

**T.C**  
**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİR AÇIK İŞLETME KÖMÜR OCAĞINDA**  
**ÜRETİMDE KULLANILAN EKİPMANLARIN**  
**VERİMLİLİK ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**T. C.**  
**Yüksek Lisans Tezi**  
**Enstitüsü**

**Nuray TOKGÖZ**

**Maden Mühendisliği Anabilim Dalı**  
**(Maden İşletme Programı)**

57967

*Danışman:* Yrd. Doç. Dr. Ayhan KESİMAL

**EKİM -1996**

## ÖNSÖZ

Dünya Enerji Konseyi'nin 1995 yılı itibarıyla rapor ettiği ve önemli birincil enerji yakıtı olarak gösterilen kömür; ülkemizde de bu açıdan giderek artan önem ve değer kazanmaktadır.

Sınırlı kömür rezervlerimizin, üretimi sırasında seçilecek iş makinalarının kullanımlarından doğacak problemlerin "en ekonomik", "optimum" yaklaşımlarla ele alınıp "verimlilik analizleri"nin titizlikle yapılması; bu doğal kaynağımızdan daha verimli ve etkin bir biçimde yararlanılmasını sağlayacaktır.

Buradan hareketle, bir açık ocak kömür işletmesinde, dekapaj işleminde kullanılan iş makinalarının (ekskavatör, loder, kamyon, dozer ve greyder) verimlilik analizleri ile ilgili büyüklükler; gerek teorik gerekse yerinde uygulamalarla değerlendirilerek, ortaya çıkan problemlere ilişkin üretilen çözüm ve öneriler verilmiştir. Ayrıca, araştırılan konunun bütünselliğini sağlamak üzere; söz konusu bu iş makinaları bazında, kapital ve işletme maliyetleri ve bunlara bağlı olarak toplam maliyet değerleri, ayrı ayrı hesaplanarak ulaşılan sonuçlar, bu tez kapsamında konu edilmiştir.

Bu çalışmayı; bilgi ve deneyimleriyle yönlendiren ve destekleyen Danışman Hocam Yrd.Doç.Dr.Sayın **Ayhan KESİMAL**'a değerli katkılarından ötürü, yürekten teşekkürlerimi sunarım

Yaptığım çalışmalarımı her zaman destekleyen ve yüreklendiren, Kıymetli Hocalarım Prof. Dr. Müh. Sayın **Ergin ARIOĞLU**'na, Yük. Müh. Sayın **Tahir PARLAK**'a teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmanın gerçekleşmesi sırasında tüm manevi desteklerinden ötürü araştırma görevlisi arkadaşlarıma ve bölüm personeline ayrı ayrı teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın, ülkemiz madencilik sektörü adına, anlamlı ve yararlı katkılar getirmesini dilerim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No:</u>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>i</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>ii</b>
<b>ÖZ</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>x</b>
<b>I. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>II. MATERYAL ve METOD</b> .....	<b>2</b>
<b>2. İŞ MAKİNALARI</b> .....	<b>2</b>
2.1. Ortak Özellikler ve Düzeltme Faktörleri .....	3
2.1.1. Yapısal Özellikler İle İlgili Faktörler .....	3
2.1.1.1. Dönme Faktörü .....	3
2.1.2. Malzeme Özellikleri İle İlgili Faktörler .....	3
2.1.2.1. Kepçe Dolma Faktörü .....	3
2.1.2.2. Kabarma Faktörü .....	3
2.1.3. Çalışma Şekli Özellikleri İle İlgili Faktörler .....	4
2.1.3.1. Derinlik Faktörü .....	4
2.1.3.2. Saatte Çalışma Süresi Faktörü, .....	4
2.1.3.3. Mekanik Mevcudiyet, (Availability) .....	4
2.1.3.4. Mekanik Verim, (Utilisation) .....	4

2.1.3.5. Uyuşma Faktörü, (Match Factor) .....	5
2.1.3.6. Periyod Süresi .....	6
<b>3. AÇIK İŞLETME KÖMÜR OCAKLARINDA DEKAPAJ ve ÜRETİMDE</b>	
<b>YAYGIN OLARAK KULLANILAN İŞ MAKİNALARI .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1. Genel .....</b>	<b>8</b>
<b>3.2. Ekskavatörler .....</b>	<b>8</b>
3.2.1. Ekskavatörlerin Çalışma Prensipleri .....	8
3.2.2. Ekskavatörün Fiili Kapasitesini Etkileyen Faktörler .....	11
<b>3.3. Loderler .....</b>	<b>12</b>
3.3.1. Paletli Loderler .....	12
3.3.2. Lastik Tekerlekli Loderler .....	13
3.3.3. Loderin Çalışma Verimini Etkileyen Faktörler .....	13
3.3.3.1. Koparma Kuvveti .....	13
3.3.3.2. Kepçe Dolma Faktörü .....	14
3.3.4. Loderin Kapasite Hesabı .....	15
<b>3.4. Kamyonlar .....</b>	<b>16</b>
3.4.1. Kamyon Tipleri ve Özellikleri .....	17
3.4.1.1. Arkadan Boşaltmalı Kamyonlar .....	18
3.4.1.2. Alttan Boşaltmalı Kamyonlar .....	19
3.4.2. Taşıma İşlerinde Kullanılacak Yolların Tasarımı .....	20
3.4.3. Lastik Tekerlekler ve Özellikleri .....	22
3.4.4. Optimum Kamyon Sayısının Saptanması .....	23
<b>3.5. Yardımcı İş Makinaları .....</b>	<b>25</b>
3.5.1. Dozer .....	25
3.5.2. Greyder .....	27

<b>III. BULGULAR .....</b>	<b>28</b>
<b>4. BİR HİPOTETİK AÇIK OCAK KÖMÜR İŞLETMESİ MODELİNDE, SAYISAL VERİ ANALİZİ ve EKİPMAN VERİMLİLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ .....</b>	<b>28</b>
4.1. Genel .....	28
4.2. Model Olarak Tasarlanan Açık İşletme ile İlgili Karakteristik Büyüklükler .....	28
4.3. Ekskavatörlere İlişkin Çalışma Süreleri ve Verimlilik Analizi .....	30
4.4. Loderlere İlişkin Çalışma Süreleri ve Verimlilik Analizi .....	34
4.5. Kamyonlara İlişkin Çalışma Süreleri ve Verimlilik Analizi .....	38
4.6. Yardımcı İş Ekipmanlarına İlişkin Çalışma Süreleri ve Verimlilik Analizi .....	42
4.7. Tüm Ekipmanların Hesaplanan Mekanik Mevcudiyet ve Mekanik Veri Büyüklüklerinin İstatistiksel Analizi ve Değerlendirilmesi .....	47
4.8. Ekipmanların Çalışma Verimliliğine Etki Eden Hız ve Yakıt Tüketim Büyüklükleri Açısından İncelenmesi .....	50
4.9. Öngörülen Fiili Kapasite ve Birim Taşıma Mesafesi Büyüklüklerinin Hesabı ..	54
<b>5. VERİMLİLİK İLE İLGİLİ YAPILACAK ÖLÇÜM ve DEĞERLENDİRMELER .....</b>	<b>59</b>
5.1. Genel .....	60
5.2. Kronometraj Ölçüm Verileri .....	61
5.3. Bilgisayar Destekli Simülasyonla Modelleme Yöntemi .....	63
5.3. Kamyon ve Ekskavatör Mekanik Verimlerinin Belirlenmesi .....	64
<b>6. EKİPMAN VERİMLİLİKLERİNİN MALİYET ANALİZİ .....</b>	<b>66</b>
6.1. Genel .....	66
6.2. Ekipmanların Kapital ve İşletme Maliyetlerinin Belirlenmesi .....	66

6.2.1. Ekipmanların Kapital Maliyet Hesabı .....	66
6.2.1.1. Amortisman Hesabı .....	66
6.2.2. İşletme Maliyeti Hesabı .....	69
6.3. İşletme Maliyet Hesaplarının “Gerçekleşen” ve “Teorik” Bazda Kıyaslaması .	78
6.4. Kapital ve İşletme Maliyetlerinin Net Bugünkü Değer (NPCV)Yöntemiyle Belirlenmesi .....	78
<b>IV. TARTIŞMA ve SONUÇLAR .....</b>	<b>84</b>
<b>V. ÖZET .....</b>	<b>89</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>91</b>
<b>VI. KAYNAKLAR .....</b>	<b>93</b>
<b>VII. ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>96</b>

## ÖZ

Açık ocak kömür madenciliği çalışma koşullarından gerek örtü - kazı oranında süregelen artış, gerekse üretim çalışmaları sırasında kazı - yükleme - taşımacılık alanlarındaki giderlerin, birim üretim maliyetlerinden aldığı yüzde payların yüksek mertebelerde olması, zorunlu olarak üretici firmaları, verimlilik ile ilgili faktör ve parametrelerin irdelenmesine yöneltmiştir. Daha genel bir anlatımla, optimizasyon için verimlilik analizini gerekli kılmıştır.

Buradan hareketle, bir açık kömür işletmesinde kullanılan iş makinalarının (ekskavatör, loder, kamyon, dozer, greyder, vd.) verimlilikle ilgili karakteristik büyüklükleri (“mekanik mevcudiyet”, “mekanik verim”, vd.); “hipotetik model işletme” oluşturulmak suretiyle gerek ekipmanlar bazında gerekse bir sistem genelinde araştırılmıştır.

Elde edilen verilere simulasyon yöntemi (OPSTCSIM) uygulanarak, ekskavatör-kamyon verimleri hesaplanmış, buradan da ideal kamyon sayısı belirlenmiştir

Ayrıca, incelenen konunun bütünselliğini sağlamak amacıyla dekapaj işlemlerinde kullanılan ekipmanların kapital maliyetleri ile işletme maliyetleri; ekipman bazında ayrı ayrı, gerekse birkaç ekipmanın birlikte çalıştığı bir sistem kabulü yapılarak, toplam maliyet değerleri belirlenmiştir.

## **ABSTRACT**

### **An Efficiency Analysis of Equipments Used for Production in Open Pit Coal Mine**

Due to the increasing values of stripping ratios in open pit coal mining applications it has been observed that excavation, loading and transportation system have gained a great importance. The expenditures and shares of this system in a mining operation have very high costs per unit of production. Therefore, mining companies must consider in detail related factors and parameters of equipment for efficiency. As a general rule, efficiency analysis is needed for optimisation of the system.

Related characteristic parameters of equipment determined in an hypothetical open-pit coal mine model were used to calculate for efficiency considering their utilities and availabilities.

Data estimated for this model were fed to a computer software program (OPSTCSIM) for simulation of a shovel-truck transportation system.

Finally net present value of costs (NPCV) of these equipment was chosen as the final design regarding with their capital and direct operating costs and also a comparison between their actual and theoretical net present value of costs was made.



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa No:

2.1.	İş Makinalarının “Mekanik Mevcudiyet” ile “Mekanik Verim” Büyüklüklerinin Hesap Yöntemi .....	5
3.1.	Bazı Kayaçlara İlişkin Kabarma ve Kepçe Dolma Faktörleri .....	10
3.2.	Bazı Malzeme Türlerine Göre Dolma Faktörü .....	10
3.3.	Ekskavatör Kapasitesinin Belirlenmesinde Kullanılan Hesap Yöntemi .....	11
3.4.	Loderin Çalışma Şartları ve Koparma Kuvveti Hesabı .....	14
3.5.	Kepçe Dolma Faktörü .....	15
3.6.	Lodere İlişkin Formasyon Bazında Kazı Süresi ve Ekipman Güçleri .....	16
3.7.	Off-Highway Arkadan Boşaltmalı Kamyonların Ağırlık Dağılımları .....	18
3.8.	Off-Highway Arkadan Boşaltmalı Kamyonların Teknik Özellikleri .....	19
3.9.	Off-Highway Alttan Boşaltmalı Kamyonların Ağırlık Dağılımları .....	20
3.10.	Açık İşletmelerde Kullanılan Alttan Boşaltmalı Kamyonların Teknik Özellikleri .	20
3.11.	Muhtelif Zeminlere Göre Dönme Direnci Değerleri .....	24
3.12.	Dozer Uygulamasında Düzeltme Faktörü .....	26
4.1.	İşletmede Kullanılan Shovellerin Belli Başlı Teknik Özellikleri .....	31
4.2.	Ekskavatör Çalışma Süreleri ve Verimlilik Analizleri .....	33
4.3.	İşletmede Kullanılan Loderlerin Belli Başlı Teknik Özellikleri .....	35
4.4.	Loderlerin Çalışma Süreleri ve Verimlilik Analizi .....	37

4.5.	Volvo Kamyonların Bazı Teknik Özellikleri .....	38
4.6.	Kamyonların Çalışma Süreleri ve Verimlilik Analizi .....	41
4.7.	Dozerin Teknik Karakteristikleri .....	43
4.8.	Yardımcı İş Makinalarının Çalışma Süreleri ve Verimlilik Analizi .....	45
4.9.	Hesaplanan “Mekanik Mevcudiyet”, “Mekanik Verim” Büyüklüklerinin, İncelenen Tüm Ekipmanlar Bazında İstatistiksel Analizi .....	48
4.10.	Ekipmanların Toplam Birim Yakıt Tüketim Değerleri .....	54
5.1.	Ekskavatör ve Kamyonların Ölçüm Verileri ve İstatistiksel Analizi .....	61
5.2.	Ölçüm Verilerinden Hesaplanan Bazı Önemli Büyüklükler .....	65
6.1.	Volvo Kamyonlara İlişkin Amortisman Hesabı .....	67
6.2.	Kamyonlara İlişkin Hesaplanan Amortisman Değerlerinin Analizi .....	68
6.3.	Tüm Ekipmanların Doğrusal Yöntemle Hesaplanmış Amortisman Değerleri .....	70
6.4.	Kamyonların İşletme ve Kapital Maliyet Hesapları .....	71
6.5.	Ekskavatörlerin İşletme ve Kapital Maliyet Hesapları .....	72
6.6.	Loderlerin İşletme ve Kapital Maliyet Hesapları .....	73
6.7.	Dozerlerin İşletme ve Kapital Maliyet Hesapları .....	74
6.8.	Greyderlerin İşletme ve Kapital Maliyet Hesapları .....	75
6.9.	1995 Yılına İlişkin Ekipmanlar Bazında Direkt İşletme Maliyet Değerleri .....	77
6.10.	1995 Yılına İlişkin Ekipman Maliyetlerinin “Teorik” ve “Gerçekleşen” Bazda Miktarlarının Değerlendirilmesi .....	79
6.11.	İşletme Ömrü Süresince 1995 Yılı “Gerçekleşen” Maliyetlerin Net Bugünkü Değer Yöntemiyle Analizi .....	81
6.12.	İşletme Ömrü Süresince 1995 Yılı “Teorik Bazdaki” Maliyetlerin Net Bugünkü Değer Yöntemiyle Analizi .....	81

## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No:</u>
3.1. Ekskavatörün Mekanik İşlevi .....	9
3.2. Lastik Yapısının Lastik Ömrü Üzerine Etkisi .....	23
4.1. Volvo Kamyonların Teknik Boyutlandırılması İle Çeşitli Yönden Görünümleri ....	39
4.2. Şematize Edilmiş Bir Dozerin Makina Elemanları .....	43
4.3. Yardımcı İş Makinalarının Çalışma Süreleri Açısından Verimlilik Analizi .....	46
4.4. Kamyonların İdeal-Gerçekleşen Hız Sınırlarının (a) Kullanılan Aynı Tür Kamyonlar İçin, (b) Bunların Aylık Baza Göre Dağılımları .....	51
4.5. 1995 Yılı İşletmede Gerçekleşen Birim Yakıt Tüketimlerinin Ekipmanlar Bazında Dağılımları .....	53
4.6. Kamyonların Fiili Kapasite Büyüklüklerinin (a) Aynı Tür Kamyon Bazında (b) Aylara Göre Trendleri .....	55
4.7. 1995 Yılı Gerçekleşen “N”(m <sup>3</sup> ) ile “t <sub>N</sub> ”(saat) Büyüklükleri Arasındaki İlişkilerin Regresyon Analizi ile Araştırılması .....	57
4.8. “Fiili Kapasite” (Q <sub>F</sub> ) ile “Taşıma Mesafesi” (L) Arasındaki Regresyon Analizi .....	57
5.1. Yerinde Ölçüm Sonucu Elde Edilen Veri Mertebelerinin Grafikselsel Gösterimi .....	62
5.2. t = 1000 dakika Çalışma Süresine Göre Simülasyon Yöntemiyle Saptanan “Kamyon Sayısı”, “Ekipman Verimlilikleri” ve “Uyuşma Faktörü” Büyüklüklerinin Optimizasyonu .....	65
6.1. Ekipmanlar Bazında Toplam Direkt İşletme Maliyet Değerlerinin , (a) Miktar Bazında, (b) % Dağılımları .....	77
6.2. Gerçekleşen ve Teorik Bbazda “İşletme Ömrü”- “Net Bugünkü Maliyet Değerleri”- “Birim İşletme Maliyetleri” Büyüklükleri ve Değişimleri	82

## I. GİRİŞ

Açık işletmelerde yapılan kazı, yükleme ve taşıma işlerine yönelik olarak kullanılan çeşitli makina ve sistemlerin, yapıları, çalışma şekilleri ve kapasiteleri, çok değişkenlik yanında çeşitlilik de sunmaktadır. Tasarlanacak işin amacına uygun olarak diğer bir anlatımla, çalışılan yer ve çalışma şartları ile ilgili ana bilgilerin ve bunların birbirleriyle olan ilintilerinin de bilinmesiyle, gerçekleştirilecek doğru bir seçim; üretkenlik artışı ve dolayısıyla azalan işletme maliyetini de beraberinde getirecektir.

Teori ve uygulamalardaki verimlilik analizlerinde, "Mekanik Mevcudiyet" ( $M_m$ ) ve "Mekanik Verim" ( $M_v$ ) büyüklükleri tam olarak ayırtedilememekte ve özellikle mekanik mevcudiyet büyüklüğü, mekanik verim olarak yanlış algılanmakta ve değerlendirilmektedir.

Bu çalışmada, yukarıda konu edilen bilgiler doğrultusunda, hipotetik bir açık ocak kömür işletme modeli çerçevesinde dikkate alınan sayısal veriler, ekipmanların bir yıllık zaman dilimi içinde öngörülen çalışma süreleri, "Mekanik Mevcudiyet" (net kullanıma hazır mekanik büyüklük) ile "Mekanik Verim" (makinanın veya sistemin mekanik mevcudiyetinden yararlanma) büyüklükleri açısından, gerek ekipmanlar bazında (ekskavatör, loder, kamyon, dozer ve greyder) gerekse bir sistem (ekskavatör-kamyon, loder-kamyon) genelinde araştırılmış ve değerlendirilmiştir.

Aynı hipotetik model işletme için, elde edilen veriler bilgisayar destekli bir OPSTCSIM paket programı yardımıyla ve kamyon-ekskavatör veriminden hareketle, optimum kamyon sayısı saptanmıştır.

Ayrıca, incelenen konunun bütünselliğini sağlamak açısından, ekipmanların modelde "öngörülen" ile "ideal şartlarda" olması gereken çalışma süreleri esas alınarak, "işletme maliyeti" ve "kapital maliyet" değerleri hesaplanmış ve net bugünkü değer yöntemine göre değerlendirilmiştir.

## **II. MATERYAL ve METOD**

### **2. İŞ MAKİNALARI**

#### **2.1. Ortak Özellikler ve Düzeltme Faktörleri**

Ekskavatör ve yükleyicilerin çalışmaları bir çok yönden birbirine benzemektedir. Bu açıdan sözkonusu bu makinalara ilişkin bazı ortak parametrelerin birarada görülmesinde yarar vardır.

Makinaların kapasite ve verimleri irdelenirken, malzeme ve teçhizatın pek çok özelliğinin gözönüne alınması gerekmektedir. En iyi şartlar saptanmış olsa bile, çalışma şartları iyi düzenlenmediğinden makina ve teçhizat en iyi verimi ile çalışmayabilir. Uygulamada, makinaların mekanik verimlerine %100 mertebesine ulaşmak mümkün değildir. Bu sebeple makinaların teorik maksimum kapasitelerinin uygulamadaki gerçek değerlere dönüştürebilmek için çeşitli düzeltme faktörleri kullanılmaktadır. Bunlar: [1]

- Makinanın yapısal özelliklerinden, (dönme, kepçe dolma faktörleri vd.)
- Malzeme niteliklerinden, (Kabarma faktörü, parça boyutu vd.)
- Çalışma şekillerinden, (derinlik faktörü, saatteki çalışma süresi , mekanik mevcudiyet, mekanik verim, periyod süresi, uyuşma faktörü, iş şartları ve organizasyon gibi.)

olarak sınıflandırılabilir.

## **2.1.1. Yapısal Özellikler İle İlgili Faktörler**

### **2.1.1.1. Dönme Faktörü:**

Özellikle ekskavatörler 360° dönebilecek bir yapıya sahiptirler. Dönme periyodu, dönme açısının büyüklüğü ile belirlenmektedir. Dönme açısındaki değişikliklerin periyod üzerindeki etkisini saptayan bu faktöre “dönme faktörü” denir. Bazı olarak 90°’lik dönme alınmaktadır. Dönme açısı ne kadar küçükse, periyod da o ölçüde küçük olmakta ve bir saat içindeki dönme hareket sayısı da o oranda artmaktadır. [1, 2]

### **2.1.1.2. Kepçe Dolma Faktörü:**

Kepçenin teorik kapasitesi ile, taşıdığı fiili miktar arasındaki orantı olarak da tanımlanan bu büyüklük kepçenin kayaca veya kırılmış malzemeye sokulabilme veya batırılabilme şartları tarafında saptanır. Bu şartlar “kolay, orta ve sert” olarak sınıflandırılmaktadır. Anılan bu büyüklüğün daha hassas bir düzeyde saptanması için arazide çok sayıda ve detaylı olarak deney yapılması gerekmektedir.. [1]

## **2.1.2. Malzeme Özellikleri İle İlgili Faktörler**

### **2.1.2.1. Kabarma Faktörü:**

Burada, yerinde hacmin gevşetilmiş hacme oranı belirlenmektedir. Diğer bir anlatımla; anılan bu büyüklük, gevşek duruma gelen malzemedeki hacim artışı olarak ifade edilmektedir.

### 2.1.3. Çalışma Şekli Özellikleri İle İlgili Faktörler

#### 2.1.3.1. Derinlik faktörü:

Ekskavatörler için bir optimum kesme derinliği vardır. Eğer makina bu optimum değerden daha değişik bir değerde çalışacak olursa makina verimi düşer.

#### 2.1.3.2. Saatte Çalışma Süresi Faktörü:

Sözkonusu bu faktör, 60 dakikalık süre içinde makinanın fiili çalışma zamanının hesaplanmasına yarar. Bir örnek vermek gerekirse; eğer makina, bir saat içinde net olarak (bekleme, arıza, bakım-onarım için harcanan sürelerin toplamı çıkarıldıktan sonraki süre) 50 dakika çalışmışsa bu faktör, “50/60 = 0.833” olarak hesaplamalara dahil edilmektedir. [1,2]

#### 2.1.3.3. Mekanik mevcudiyet ( Availability)

Literatürde iş makinalarının verimliliği ile ilgili olarak sıkça karşılaşılan ve kelime olarak “kullanıma hazır (KH) veya kullanılabilirlik” anlamına gelen “availability”, aşağıdaki gibi formüle edilmektedir: [1,2, 3, 4]

$$KH = \frac{\text{Mümkün saat} - \text{Kullanılmayan saat}}{\text{Mümkün saat}}$$

Burada “kullanılmayan saat” içine, makinayı çalışmak için planlandığı süre içinde faaliyetten alıkoyan “bütün zamanlar” dahil edilmektedir.

Yukarıdaki formülde verilen büyüklükler ile ilgili olarak aşağıdaki kabuller :

Mümkün saat → İşletmenin programlanan yıllık çalışma süresi, (saat)  
Kullanılmayan saat → Arıza + yıllık periyodik bakım

yapılmak üzere, ”mekanik mevcudiyet” adıyla bir kavram geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu kabullere göre sözkonusu bu büyüklük:

“Herhangi bir işletmedeki mevcut makinaların, programlanan yıllık çalışma dilimi içinde arıza ve yıllık periyodik bakımdan oluşacak toplam kayıp sürenin çıkarılması ile elde edilecek büyüklüğün, programlanan yıllık çalışma dilimine oranının yüzdesi” olarak tanımlanabilir. Daha

özet bir deyişle; sözkonusu bu kavram; “yıllık kullanıma hazır net mekanik büyüklük” olarak da tanımlanabilir. “ $M_m$ ” notasyonu ile verilen bu büyüklük Çizelge-2.1’deki gibi formüle edilebilir.

#### 2.1.3.4. Mekanik verim (Utilization)

Yıl içinde gerçekleştirilen net fiili çalışma süresinin “( $t_N$ )” yukarıda net kullanıma hazır mekanik süreye “( $t_m$ )” oranının yüzde olarak ifadesidir. “ $M_v$ ” olarak anılan bu büyüklükte konunun bütünselliğini sağlamak açısından yine Çizelge-2.1’de verilmiştir.

**Çizelge-2.1 Makinaların “Mekanik Mevcudiyet” ile “Mekanik Verim” Büyüklüklerinin Hesap Yöntemi**

Şekil	
Formül	$M_m = [t_{yp} - (b_y + a) / t_{yp}] \times 100, (\%)$ $M_v = [t_N / t_{yp} - (b_y + a)] \times 100, (\%)$
Açıklamalar	<p> <math>M_m</math> = Mekanik Mevcudiyet, (%)  <math>M_v</math> = Mekanik Verim, (%)  <math>k</math> = Yıllık tatiller, (saat/yıl)  <math>t_y</math> = Yıllık çalışma takvimi, (saat/yıl)  <math>t_{yp}</math> = Programlanan yıllık süre, (saat/yıl)  <math>t_m</math> = Kullanıma hazır net mekanik süre, (saat/yıl)  <math>t_k</math> = Kayıp süre (bekleme, iklim şartları, temizlik vd.), (saat/yıl)  <math>t_N</math> = Gerçekleşen net çalışma süresi, (saat/yıl)  <math>b_y</math> = Periyodik tamir-bakım süresi, (saat/yıl)  <math>a</math> = Gerçekleşen arıza kaybı (kayıtlardan), (saat/yıl) </p>



sistemlerinde (shovel-kamyon kombinasyonunda) yaygın olarak uygulanmaktadır. Literatürde “MF” (match factor) yer alan bu indeks, ekipmandan faydalanmanın optimizasyonunda sıkça kullanılmaktadır. [5]. Aşağıdaki gibi formüle edilebilir:

$$MF = \frac{\text{Kamyon Sayısı} \times \text{Ekskavatör Cycle Süresi}}{\text{Ekskavatör Sayısı} \times \text{Kamyon Cycle Süresi}}$$

Burada “MF” şu sınırlar arasında değişmektedir:

MF = 1 Kusursuz uyuşma

MF > 1 Çok yüksek yükleyici verimi, düşük taşıyıcı verimi

MF < 1 Düşük yükleyici verimi, yüksek taşıyıcı verimini

#### 2.1.3.6. Periyod Süresi:

Kesikli çalışan bütün makinalarda periyod süresi en önemli faktörlerden biridir. Periyod sürelerinin hesabı her makina için kendi bölümünde ayrıca verilecek, burada yalnızca genel olarak değinilecektir.

Bir açık işletme makinasının periyod süresi başlıca iki elemandan oluşmaktadır. Bunlardan biri “sabit”, diğeri ise “değişken”dir. Bir dekapaj ekskavatörü için “daldırma” (kazı), kepçeyi ileri itme ve geri çekme” zamanları sabittir. Daha doğru bir deyişle, her periyod için sabit bir şekilde

önceden saptanmıştır. Ancak dönme süresi bazı durumlarda değişebilmekte ve böylece periyod süresinin değişken elemanını oluşturmaktadır.

Teorik periyod süresinin hesabı oldukça karmaşıktır. Genellikle yapımçı firmalar, değişik şartlarda üniform bir periyod süresi tutturabilmek için makinayı oldukça güçlü yapmaktadırlar. Makinanın her hareketi motor gücüne ve makinanın ağırlığına bağlı olup hassas ve doğru bir şekilde kontrol grektirir. Titreşimleri, momentleri, kuvvet iletişimlerini ve ivmeleri dikkate alarak yapılan hesaplamalar sonunda yapımçı firmalar, standart periyod süreleri vermektedirler. [1,2].



### **3. AÇIK İŞLETME KÖMÜR OCAKLARINDA DEKAPAJ VE ÜRETİMDE YAYGIN OLARAK KULLANILAN İŞ MAKİNALARI**

#### **3.1. Genel**

Bu bölümde, açık işletmelerde kazı, yükleme ve taşıma işlerini yapan iş makinalarından ekskavatör, loder, kamyon, greyder ve dozerlerin yapıları, çalışma şekilleri, kullanım amaçları belli bir ayrıntıda incelenecektir. Zira, işe ve amaca en uygun makinayı veya sistemi seçmek son derece önemlidir.

#### **3.2. Ekskavatörler**

##### **3.2.1. Ekskavatörlerin Çalışma Prensipleri**

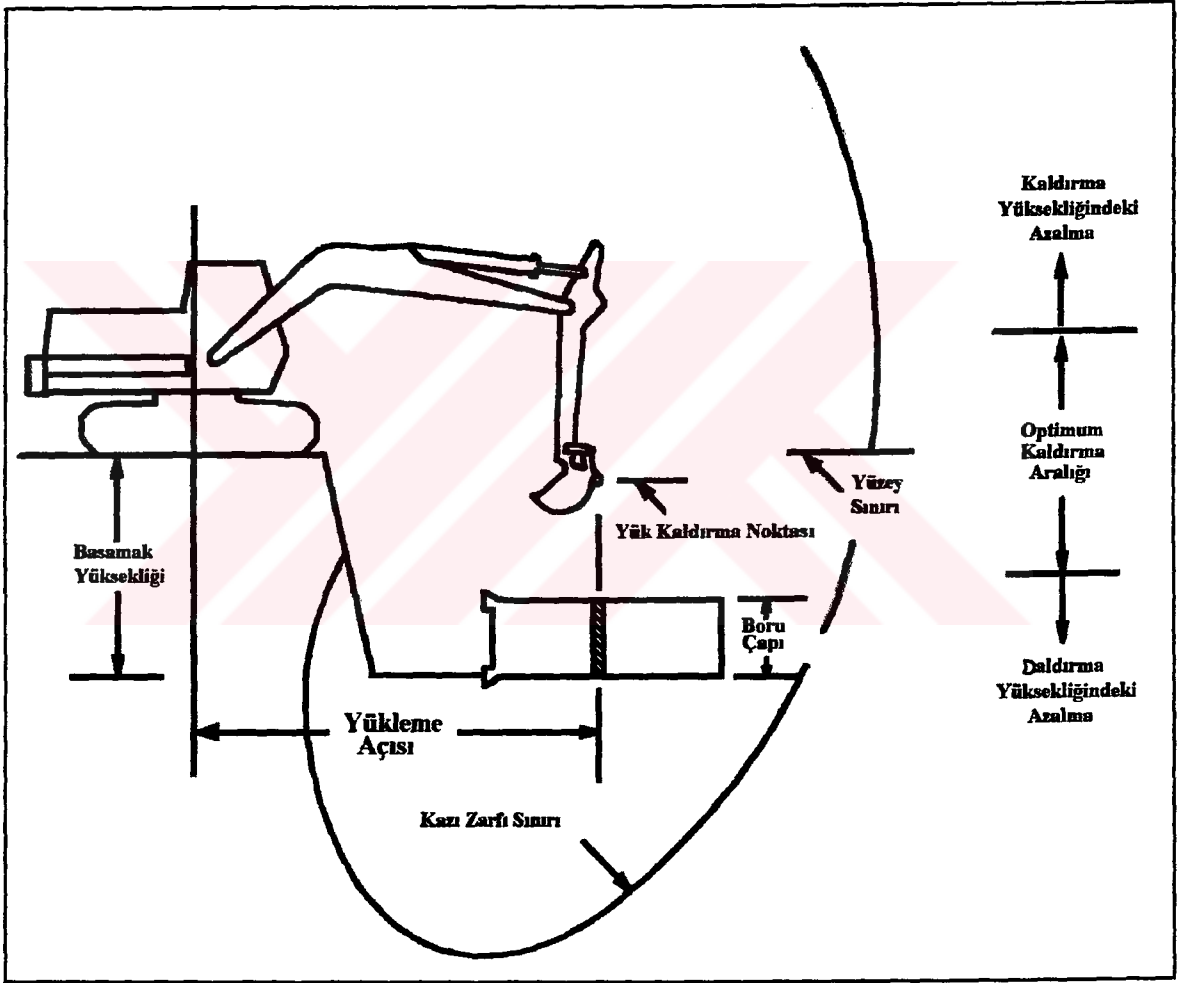
Delme-patlatma işlemi sonucu gevşetilerek hazırlanan malzemenin, aynadan ( çalışma yüzeyi) kazılarak kepçeye doldurulması ve bu malzemenin nakliyat işleminde kullanılacak araçlara boşaltılması işlemini gerçekleştiren bir ekipmandır. Diğer bir anlatımla; büyük bloklar halindeki malzemeler de dahil hemen her cins materyali kazıp yüklemeye yarayan kullanışlı bir makinadır. Bu mekanik işlevinden ötürü, gerek inşaat gerekse madencilik sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır.

Ancak oldukça katı çalışma kurallarına veya çalışma şartlarına sahiptir. Yığın yapma kapasitesi bakımından da sınırlıdır. Kazıya başladıkları seviye kendi gövdelerinin oturdukları seviyedir. Söz konusu bu ekipmanların kapasite ve verimliliklerine etki eden başlıca faktörler şöyle özetlenebilir: [1]

- Düşük derecedeki esneklikleri,
- Düşük derecedeki manevra yeteneği,

- Düşük yürüme hızı,
- Toprak kayması,
- Ocağı su basması.

Bir dekapaj ekskavatörünün mekanik işlevine ait bilgiler Şekil-3.1’de verilmiştir.



Şekil-3.1 Genel Olarak Bir Ekskavatörün Mekanik İşlevi. [6]

Kayaçların kabarma ve dolma faktörlerine ilişkin bilgi ise, Çizelge-3.1’de konu edilmiştir.

**Çizelge-3.1 Bazı Kayaçlara İlişkin Kabarma ve Kepçe Dolma Faktörleri. [1]**

Kayaçlar	Kabarma Faktörü	Kepçe dolma faktörü
Kum ve hafif kumlu balçık	1.08 - 1.17	1.10 - 1.00
Konsolide olmayan kayaçlar ve 15 mm'ye kadar kayaçlar	1.15 - 1.30	1.0 - 0.9
Konsolide yumuşak kayaçlar, gravel	1.25 - 1.35	1.0 - 0.8
Düşük sertlikte kompakt kayaçlar	1.30 - 1.40	0.85 - 0.75
Kompakt orta sert kayaçlar	1.35 - 1.45	0.80-0.70
Sert kompakt kayaçlar	1.40 - 1.50	0.75 - 0.65

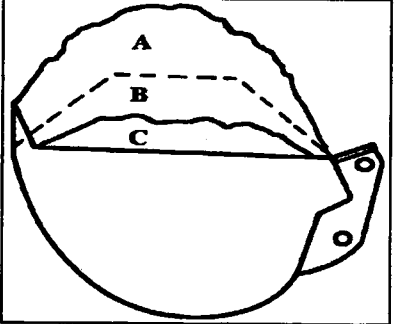
Bir ekskavatorün kepçe yükü (her bir kazı periyodunda fiili olarak kepçesine yüklediği malzeme miktarı) ;

- Kepçe boyutu ve şekline,
- Silindirlere uygulanan hidrolik basınç sayesinde gerçekleşen kazı kuvveti büyüklüğüne,
- Malzeme özelliklerine, (parça boyutu, nem, plastisite, vd.)
- Dolgu faktörüne

bağlıdır. Çizelge-3.2'de bazı malzeme türlerine göre dolma faktörü şematize edilmiştir.

**Çizelge-3.2 Bazı Malzeme Türlerine Göre Dolma Faktörü. [6]**

Malzeme türü	Kepçe dolma faktörü, (%)	
Balçık ve kumlu kil	100 - 110	A
Kum ve çakıl	95 - 110	B
Katı ve sert kil	80 - 90	C
İyi patlatılmış - gevşetilmiş kaya	60 - 75	
Kötü patlatılmış- “	40 - 50	



Gevşetilmiş veya kırılmış kayalarda kabarma katsayısı ve kepçe dolma faktörünün değerleri büyük ölçüde, parça büyüklüğüne ve kepçe büyüklüğüne bağlıdır. Parça büyüklüğü arttıkça kabarma katsayısı da büyür.. Diğer taraftan parça büyüklüğü arttıkça kepçe dolma faktörü küçülmekte, keza üretim de, özellikle küçük kapasiteli makinalarda büyük ölçüde düşmektedir..

### 3.2.1 Ekskavatörlerin Teorik ve Fiili Kapasiteleri

Ekskavatörün çalışma şartlarının ideal olduğu ortamlarda bir saatte yaptığı iş miktarı “teorik kapasite”, patlatılıp-gevşetilmiş malzemede bir saatte m<sup>3</sup> cinsinden yaptığı iş ise, “fiili kapasite olarak adlandırılmaktadır.

Ayrıca, ekskavatör kapasitesi ile ilgili hesap yöntemine ise, Çizelge-3.3’de yer verilmiştir.

Çizelge-3.3 Ekskavatör Kapasitesinin Belirlenmesinde Kullanılan Hesap Yöntemi. [1, 2, 7, 8]

Büyüklikler	Formül	Semboller	Açıklamalar
• Kapasite	$Q = \frac{3600 \times \alpha}{t_p} \times \frac{\theta_d}{\phi} \times F$	Q = Ekskavatör kapasitesi, (m <sup>3</sup> /h) α = Kepçe hacmi, (m <sup>3</sup> ) t <sub>p</sub> = Periyod Süresi, (sn) θ <sub>d</sub> = Kepçe dolma faktörü φ = Kabarma katsayısı F = Kazı teknolojisi faktörü	• Burada kazı teknolojisi faktörü, teorik hesaplamalarda mekanik mevcudiyet, “M <sub>m</sub> ”(bknz: bÖl-4.3) olarak dikkate alınmalı, yerinde hesaplamalarda; 1 saatlik sürenin 50 dakikası net çalışma süresi (50/60) olarak hesaplamalara dahil edilmelidir.
• Periyod Süresi	$t_p = t_k + t_d + t_b$	t <sub>k</sub> = Kazı için geçen zaman, (sn) t <sub>d</sub> = İleri ve geri dönüş hareketleri için geçen süre, (sn) t <sub>b</sub> = Boşaltma süresi, (sn)	-
• Kepçe dolma ve kabarma faktörleri	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bu faktörler, kayacın kazılabilirliğine, kepçenin şekil ve kapasitesine ve operatörün ustalığına bağlıdır.</li> <li>Gevşek, yumuşak ve kompakt kayalar masiften koparılıp kazılacaksa, anılan bu faktörler genellikle kayaç tipi ile belirlenirler.Gevşetilmiş veya kırılmış kayalarda bu faktörler büyük ölçüde parça büyüklüğüne ve kepçe büyüklüğüne bağlıdır.</li> </ul>		

Fiili kapasiteyi olumsuz yönde etkileyen birçok neden vardır. Bunlar şöyle sıralanabilir:

- Ekskavatörün çalışacağı malzemenin iyi hazırlanmış olmaması,
- Çalışabileceği alanın (zeminin) uygun olmaması,
- Killi ve nemli malzemenin kepçeye yapışarak olumsuz etkilenmesi,
- Yeterli kamyon temin edilememesi,
- Tek taraflı çalıştırılması,
- Uygun ayna yüksekliğinin olmaması,
- Deneyimli operatör tarafından kullanılamaması

### **3.3. Loderler**

Hidrolik sistemlerindeki gelişmeler, hareket ve güç aktarmadaki kolaylıkları nedeniyle madencilik ve inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadırlar.

Büyük ölçekli açık işletmelerde dekapaj ve kömür üretim çalışmalarına yardımcı yükleme aracı olarak, küçük ölçekli açık ocak kömür işletmelerinde özellikle kömürde, kamyon ve kırıcı ile birlikte bir sistem oluşturabilmektedirler. [1, 2, 9]

Kepçeleri ile kazı -yükleme, taşıma, yayma, tumba etme gibi değişik işleri, uygun işletme şartlarında iyi bir verimle ve kolaylıkla gerçekleştirebilmektedirler. Ayrıca kepçe yerine ön taraflarına monte edilebilecek ek donanımlarla çok değişik amaçlı kullanılabilmesi de mümkündür.

Yükleyicilerin lastik tekerlekli ve paletli olmak üzere iki ana türü vardır.

#### **3.3.1. Paletli Loderler**

Özellikle yumuşak ve kaygan zeminlerde kullanılmak üzere tasarlanmışlardır. Söz konusu bu ekipmanın çalışma koşulları açısından önemli sayılabilecek özellikleri şöyle özetlenebilir:

- Kazı güçleri yüksektir.
- Zemine uyguladıkları basıç değeri azdır. Kötü zemin koşullarında, özellikle yumuşak zeminlerde, plastik özellik içeren formasyonlu zeminlerde(kil, marn, vd.) yüksek çekiç ve tutunma güçleri vardır.
- Meyilli alanlarda çalışma yetenekleri yüksektir.
- Manevra yetenekleri fazladır.
- Yer değıştirme hızları düşüktür.
- Aşındırıcı sert zeminlerde kullanıldığında bakım onarım maliyetleri artabilir.

### 3.3.2. Lastik Tekerlekli Loderler

Lastik tekerlekli loderlerin çalışma koşulları açısından özellikleri ise; [6, 9]

- Çok hareketlidir, nakilleri kolay ve hızlıdır.
- Belden kırma tipte olanlar yüksek manevra tekniğine sahip olup, dar alanlarda çalışmaya uygundur.
- Düz ve kuru zeminde iyi performans gösterirler.
- Sert zeminlerde (özellikle aşındırıcı malzemelerde) birim lastik tüketim değerleri ve maliyetleri yüksektir.

### 3.3.3. Loderin Çalışma Verimini Etkileyen Büyüklükler

Yükleyicilerin mekanik verimlerinden en etkin bir biçimde yararlanılması için burada, koparma kuvveti, kepçe dolma faktörü ve kapasite hesapları konu edilecektir.

#### 3.3.3.1. Koparma Kuvveti

Lastik tekerlekli bir kesici yükleyicinin çalışma sırasında ekipmanın koparma kuvvetine bağlı olarak stabilitesini koruma konusunda yapılan çalışma, Çizelge-3.4'de belli bir ayrıntıda



şematize edilmiştir. Çizelgeden de anlaşılacağı üzere, özellikle lastik tekerlekli yükleyicilerde stabiliteyi korumak ve koparma kapasitesini arttırmak için, ekipmanın uygun bir yerine tesbit edilecek demir parçaları veya ağırlık teşkil edecek sıvı veya kuru maddelerle, istenen şartlar sağlanılabilir.

**Çizelge-3.4 Loderin Çalışma Şartları ve Koparma Kuvveti Hesabı. [5]**

<b>Koparma Kuvveti</b>	$P_k \leq P_y$ $P_y = \varphi \cdot G$	$P_k$ = Maksimum koparma kuvveti, (ton) $P_y$ = Maksimum yürüme (çekme) kuvveti, (ton) $\varphi$ = Yürüme düzeni ile zemin arasındaki sürtünme. $G$ = Makina ağırlığı, (ton)

### 3.3.3.2 Kepçe Dolma Faktörü

Malzemenin niteliğine bağlı olarak fiili kepçe yükü, nominal kepçe kapasitesinin %75-%100 değerleri arasında değişmektedir. Nitelik, genellikle parça büyüklüğü, uniformluk ve

nem miktarı olarak ortaya çıkmaktadır. Eğer malzeme parça boyutu artar ve köşeli bir yapı kazanırsa yüklenmesi zor fakat taşınması kolay olur. 3 mm'den büyük parçalar için nemin pratik bir etkisi olmazken, daha ince boyutlu malzemelerde taşıma niteliği ve nem artışı kısa sürede iyileşmektedir. Çizelge-3.5'de loderlere ilişkin kepçe dolma faktörü, her periyoddaki fiili kepçe yükünü, nominal kepçe kapasitesinin %'si olarak verilmiştir.

**Çizelge-3.5 Kepçe Dolma Faktörü. [1]**

<b>Gevşek Malzeme</b>	<b>Kepçe Dolma Faktörü (Kepçe kapasitesinin %'si)</b>
Toz veya taneli	95-100
Karışık	95-100
3 mm-18 mm	95
18 mm-150 mm	90-95
150 mm'den büyük	85-90
Bloklar halinde	75-85

#### **3.3.3.4. Loderin Kapasite Hesabı**

Yükleyicilerin saatteki kapasiteleri, bir saatteki cycle (tur zamanı = "yükleme, taşıma, boşaltma, dönüş süreleri toplamı" / saat) sayısı ile kepçe yükünün çarpımı sonucu elde edilmektedir. Periyod süresi iş şartları ve yükleyici stabilitesine bağlı olarak değişmektedir. [1] Bu açıklamalara göre saatteki kapasite aşağıdaki gibi;

$$Q = \alpha \cdot \gamma \cdot F \cdot n \cdot M_v$$

formüle edilebilir. Bu formüldeki sembollerin karşılığı ise aşağıda açıklanmıştır:

**Q** = Yükleyicinin kapasitesi, (ton/saat)

**$\alpha$**  = Kepçe nominal kapasitesi, ( $m^3$ )

**$\gamma$**  = Gevşek halde malzemenin birim hacim ağırlığı, ( $ton/m^3$ )

**F** = Kepçe dolma faktörü

**n** = Saatteki cycle adedi

**$M_v$**  = Fiili Mekanik Verim, (net çalışılan süre/60 dakika)

Kazı zamanı ile yükleyicinin ortalama hareket hızlarının bazı kayalar bazında mertebelerine ilişkin bir fikir verme açısından aşağıda, Çizelge-3.6 hazırlanmıştır.

**Çizelge-3.6 Loderlere İlişkin Formasyon Bazında Kazı Süresi ve Güçleri. [1]**

Formasyon Türü	Kazı Peryodu Süresi (sn)	Yükleyici Gücü (HP)	
		≤ 250 (HP)	≥ 300 (HP)
	Hız, (m/sn)	Hız, (m/sn)	
• Kumlu ve yumuşak	9-12	1.4-1.6	1.5-1.7
• Kompakt ve kaya parçaları, gravel	10-15	1.2-1.4	1.4-1.5
• İnce-patlattılmış	12-18	1.0-1.1	1.2-1.4

### 3.4 Kamyonlar (Off Highway - Karayolu Dışı)

İnşaat ve maden sektöründe yeni ve büyük projelerin devreye alınmalarıyla yıllık taşınan malzeme miktarlarında giderek artış kazanmaktadır. Cevher ve örtü nakliyatı için kullanılan kamyonlar açık ocak işletmeciliğinde, gerek arazinin topoğrafik durumuna kolaylıkla uyum sağlaması, gerekse kamyonlardan bir veya birkaçının arızalanarak devre dışı kalmaları durumunda taşıma faaliyetlerinin tamamen durmaması nedeniyle en çok tercih edilen taşıma aracıdır. [10]

Dünya madenciliğinde, ocak içi veya en yakın demiryolu istasyonu veya limana kadar olan kısa mesafelerde uygulanan kamyonlarla taşıma sistemi, diğer taşıma sistemleri içinde en pahalı olanıdır. Hemen hemen her noktaya taşıma ve boşaltma işlemi açısından olumlu yanı olmasına karşın kamyon taşımacılığı, diğer sistemlerin uygulanamaması halinde sözkonusu olabilen bir seçenektir. Bu nedenle, bu sistemle yapılan taşıma maliyetlerini düşürmek için yoğun çaba harcanmaktadır. Bu çabalar kısaca şöyle özetlenebilir: [2, 10]

- **Kamyon kapasitelerinde artış sağlanması:** II. Dünya Savaşı sırasında 15-20 ton olan kamyon kapasiteleri 150 ton'a kadar yükselmiş ve nitekim 120 ton'luk kamyonlar Tunçbilek ve Yatağan Kömür işletmelerinde termik santrale kömür taşımaktadırlar. Kamyon kapasitelerindeki bu artışlar, beher m<sup>3</sup> kasa hacmi için daha az yatırımın yapılması yanında şoför sayısında da azalma sağlanmıştır. Bu avantajlarına karşılık, kamyon ağırlığı arttıkça yol yüzeylerinin daha büyük basınçlara dayanıklı olması, virajların daha geniş tutulması gerektirmektedir. Bu sebeple kullanılacak en ağır kamyon, arazi şartlarına göre sınırlıdır. Büyük hacimdeki kepçe ve kamyonların birbirlerini beklememeleri için de zaman etüdüleri titizlikle yapılmalıdır. [2]

- **Yakıttan tasarruf sağlama:** Maden taşımacılığında kullanılan kamyonların teçizatlarında yapılan yeniliklerle yakıt tüketimi %25 oranında azaltılabilmektedir. Batı Alman Mercedes-Benz Firması yakıt olarak %15- 85 Metanol karışımı mazotla çalışan kamyonları başarı ile denemiştir. Etanol ile yapılan denemelerde de başarı sağlanmıştır. [11]

- **Lastik tekerlerin ömürlerinin uzatılması:** Lastik profilinde ve tipindeki teknik iyileştirmenin yanında yol kalitesine de büyük önem verilmiştir. Yolların eğimi maksimum %10 ve kurba yarıçapları 120 m olmalıdır. Yol üzerine düşen iri parçalar alınmalı ve oluşan çukurlar kapatılmalıdır. Sert kalkış ve ani frenlemelerden kaçınılmalıdır. [2]

### 3.4.1. Kamyon Tipleri ve Özellikleri

Kaldırılan örtü tabakası veya kazılan kömürlerin taşınmasında kullanılan kamyon tipleri çoğunlukla aşağıdaki gibidir:

- Arkadan boşaltmalı
- Alttan boşaltmalı

### 3.4.1.1 Arkadan Boşaltmalı Kamyonlar

Arkadan boşaltmalı taşıyıcılar malzemeleri kasasında meyillendirerek, yerçekimiyle üzerinden kaydırarak boşaltırlar. Genellikle iki aks'lı ünitelerdir. Maksimum taşıma kapasiteleri 40 ton-350 ton, güçleri ise, 336-2237 kW ve araç ağırlığı 33-260 ton arasında değişmektedir. Nitekim, Çizelge-3.7'de Off-highway arkadan boşaltmalı kamyonların ağırlık dağılımları verilmiştir. [5]

Çizelge-3.7 Off-Highway Arkadan Boşaltmalı Kamyonların Ağırlık Dağılımları. [5]

Ünite	Ön Aks		Arka (Sürücü) Aks	
	Boş Ağırlık (%)	Brüt Ağırlık (%)	Boş Ağırlık (%)	Brüt Ağırlık (%)
İki Aks'lı	46	33	54	67
Üç Aks'lı	36	20	64	80

Kaya ve dekapaj nakliyatında kullanılan çoğu off-highway arkadan boşaltmalı kamyonlar, daha yumuşak kullanım için gelişmiş süspansiyon sistemine, daha uzun kamyon ömrü için stresi azaltılmış yapıya, kontrolü arttırmak için daha iyi kumanda geometrisine, daha emin operatör kabinine, daha sağlıklı çevre uyumu, elektronik motor ve yakıt kontrol sistemine sahiptirler. Çizelge-3.8'de, üretici firmalar bazında, off-highway arkadan boşaltmalı kamyonların teknik özellikler verilmiştir.

**Çizelge-3.8 Off-Highway Arkadan Boşaltmalı Kamyonların Teknik Özellikleri. [5]**

Model	Sürücü	Boş Kullanım Ağırlığı (ton)	Max. Taşıma Kapasitesi (ton)	Payload <sup>(*)</sup> (ton)	Yığın Kapasitesi (m <sup>3</sup> )	Max. Motor Kapasitesi (kW)	Yükleme Yüksekliği (m)	Max. Hız (km/h)	
Caterpillar	771C	M	33.8	45	40.0	27.1	336	4.03	40.0
	773B	M	39.3	58	52.6	34.1	485	4.33	62.0
	775B	M	42.3	67	60.0	39.3	485	4.33	45.0
	777C	M	60.0	95	86.2	51.3	649	4.97	60.0
	785B	M	96.3	150	136.0	78.0	962	5.77	56.0
	789B	M	121.9	195	177.0	105.0	1272	6.15	54.0
	793B	M	143.5	240	218.0	129.0	1534	6.43	54.0
Terex	3307	M <sup>(**)</sup>	33.7	48.5	45.0	26.0	380	3.53	67.0
	3308	E <sup>(***)</sup>	40.0	55	50.0	34.0	504	3.70	60.0
	3310	E	44.2	66	60.0	38.0	507	3.73	58-69
	3311	E	63.2	94	85.0	53.5	783	4.34	47-64
	3314	M	70.3	120	109.0	75.6	940	4.98	56.0
	3315	E	106.3	170	157.0	72.3	1193	4.95	48.0
	3319	E	260.0	350	317.5	169	2237	-	48.0
Komatsu	4653	M	39.0	51	46.0	34.2	544	3.50	70.0
	7853	M	61.0	86	78.0	53.0	753	4.14	68.0
	1200M	M	86.0	132	120.0	70.0	878	4.52	60.0
	445	E	88.9	120	113.4	63.5	895	4.65	51.2
	510	E	95.2	150	136.1	76.5	1107	5.13	53.7
	630	E	113.6	190	172.4	103.2	1342	5.77	54.7
	685	E	128.4	200	181.4	110.9	1491	5.89	55.7
	830	E	149.0	240	217.7	130.7	2500	6.12	56.9

(\*) Taşıyabileceği ideal yük .

(\*\*) Mekanik sürücü

(\*\*\*) Elektrik sürücü

En geniş dizel-elektrik sürücülü (drive) arkadan-boşaltmalı kamyon bugün için 240 ton taşıma kapasiteli üniteye sahiptir. Terex -3319 no'lu, 350 ton taşıma kapasiteli, 2237 kW GM dizel motor gücüne sahip kamyonu üretmesine rağmen uygulama alanı bulamamıştır.

### 3.4.1.2. Alttan Boşaltmalı Kamyonlar

Alttan-boşaltmalı kamyonlar, yük içeren kasalarının altını açmak suretiyle malzemeyi boşaltırlar. Tek ve çift tekerlekli çeşitli kombinasyona sahip ya traktör-treyler 3 aks'lı (biri kumanda, diğeri sürücü ve treyler için) veya rijit 2 aks'lı (biri kumanda, diğeri sürücü için)

yapıya sahiptirler. Her bir aks'a ilişkin ağırlık dağılımının özelliklerine Çizelge-3.9'da yer verilmiştir.

**Çizelge-3.9** Off-Highway Altan Boşaltmalı Kamyonların Ağırlık Dağılımları. [5]

Ünite	Ön Aks		Treyler Aks		Arka (Sürücü) Aks	
	Boş Ağırlık (%)	Brüt Ağırlık (%)	Boş Ağırlık (%)	Brüt Ağırlık (%)	Boş Ağırlık (%)	Brüt Ağırlık (%)
İki Aks'lı	42	47	-	-	58	53
Üç Aks'lı	29	15	34	45	37	40

Altan boşaltmalı kamyonların teknik özelliklerine ise, Çizelge-3.10'da yer verilmiştir.

**Çizelge-3.10** Altan Boşaltmalı Kamyonların Teknik Özellikleri. [5]

Model	Sürücü	Boş Kullanım Ağırlığı (ton)	Max.Taşıma Kapasitesi (ton)	Payload (ton)	Max.Motor Kapasitesi (kW)	
Kress	CH 120	M	55.24	120	102	783
	CH 160	M	61.28	160	146	1007
	CH 180	M	62.10	180	164	-
	RH 200	M	63.50	200	185	474
Lectra Haul	BD 180	E	103.46	180	163.3	895
	BD 240	E	110.23	240	217.7	1193
	BD 270	E	117.00	270	244.9	-
Dart	4120	M	68.63	120	108.8	822
	4160	M	96.66	160	145.2	783
Rimpull	CW 150	M	79.38	120	140	895
	CW 160	M	82.24	160	145	783
	CW 180	M	85.45	180	164	783
	CW 200	M	90.72	200	182	895
Euclid	CH 120	M	65.82	120	108	1275
	CH 150	M	93.26	160	140	1715

Alttan boşaltmalı kamyonlar, çoğunlukla uzun yolların içerildiği ve meyillerin düşük olduğu kömür taşımacılığında kullanılırlar. Bunların arkadan boşaltmalı kamyonlara göre avantajları:

- Düşük kamyon yükleme yüksekliğine sahip olduğundan, yüksek kapasitesi çok fazla yükleme noktalarının miktarına işaret ettiğinden,
- Taşınabilecek malzemedeki farklılığından,
- Üç aks'lı üniteler için, lastikler üzerinde daha az yük içerdiğinden, Yükünü 15 saniyenin altında boşaltması (arkadanan boşaltmalı kamyonlarda sözkonusu bu değer, manevra, konum alma, boşaltma ile 1.5 dakikadır.), diğer bir deyişle cycle'ın bir parçası olan boşaltmanın hızlı olmasından dolayı toplam cycle süresinin azalması, şeklinde sıralanabilir.

Son zamanlarda, Caterpillar firması tarafından bazı kömür üreticileri ile yapılan ortaklaşa araştırma analizi sonucu "1, taşıma mesafesi" için

$l < 10 \text{ km}$  → arkadan boşaltmalı kamyonlar

$l > 10 \text{ km}$  → alttan boşaltmalı kamyonların

en iyi seçim olacağını göstermiştir. [5, 6]

### 3.4.2. Taşıma İşlerinde Kullanılacak Yolların Tasarımı

İyi yol tasarımı için iyi görüş mesafesi, geniş geçiş genişliği, uzun yarıçaplı yüksek irtifalı virajlar, birbirine ters en az meyiller, iyi çalışma yüzeyi, uygun ve düzenli bakım ve gelecek ile ilgili gereksinimler için hazırlıkları içermektedir.



Kamyonlar, minimum görüş ve durma mesafesine sahip olmalıdırlar.

Yokuş aşağı ve yokuş yukarı kullanımlar için maksimum meyil %8 mertebesinde önerilmektedir. Aynı koşullarda, meyili %10'dan %5'e azaltmak için hızları iki katına çıkartmak ve cycle süresini azaltmak gerekmektedir. Kaygan şartlar, durma mesafesini arttırmakta ve ekipmanda daha az yıpranmaya neden olmaktadır. Özellikle zayıf drenajdan dolayı zarar gören yollarda, yüzey tabakalarının şişmesini önlemek için verimli ve iyi bir şekilde drenaj tasarımının yapılması gerekmektedir. [5]

Taşıma yollarının tasarımı için genellikle malzemenin "California Bearing Ratio, CBR" (California Taşıma Oranı) değeri kullanılmaktadır. Bu oran yardımıyla, yağış şartları, drenaj ve topoğrafya, araç kullanımı, bakımı ve maliyet belirlenebilmektedir.[12]

### 3.4.3. Lastik Tekerlekler ve Özellikleri

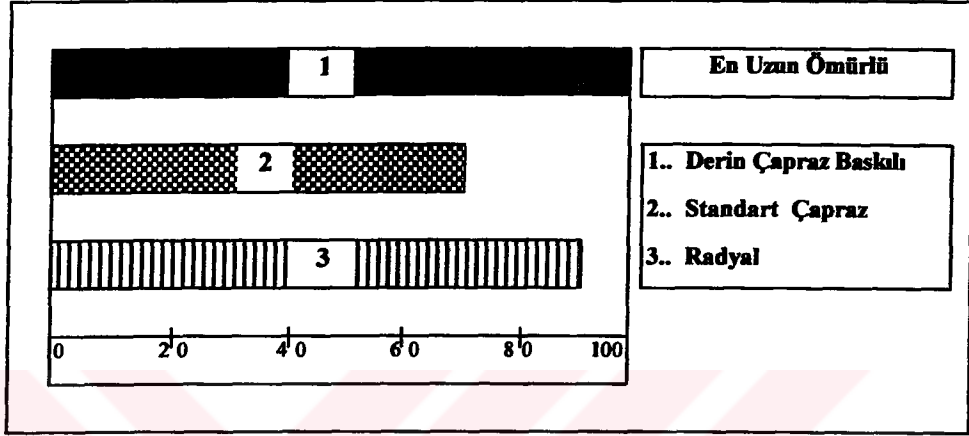
Lastik maliyetleri toplam maden işletme maliyetlerinin %25- %40'ı arasında değişmektedir. Lastik ömrü aşağıdaki nedenlere bağlıdır:

- **Yol koşulları:** Yolların meyil ve uzunluklarının düzensiz dağılımı halinde, optimum lastik performansı için %8'den az meyil olmalıdır. Fazlalık halinde, lastikler için ek çekiş kuvveti gerektireceğinden patinaj, kayma ve lastik yıpranmasında artış ve ayrıca daha fazla yakıt tüketilecektir.

- **Yükleme:** Merkez dışı yükleme lastiklerin aşırı yük almasına, ısıya ve karkasın zarar görmesine neden olabilmektedir.

- **Lastik yapısı (profili) ve tipine:** Lastikler genellikle, çapraz veya radyal türde imal edilmektedirler. Çapraz katlı lastikler daha az yük taşır, ancak; yüksek şişirme basıncı gerektirirler. Rijit yapıdan, yüksek dönme direncine (rolling resistance), daha zayıf çekiş

gücüne ve çok fazla ısı oluşumuna sahiptirler. Nitekim, lastik yapısının lastik ömrü üzerine etkisi, Şekil-3.2'deki çalışmada şematize edilmiştir.



Şekil-3.2 Lastik Yapısının Lastik Ömrü Üzerine Etkisi

Ayrıca, lastik tekerlekli ünitelerde zemin ile lastikler arasındaki alı koyucu kuvveti yenmek için gerekli olan kuvvetin ölçüsüdür. Tekerlek ne kadar derine batarsa o kadar yüksek dönme direnci meydana gelir. Dönme direnci kilogram kuvvet (kgf) veya yüzde (%) olarak ifade edilirler. Örnek olarak, araç ağırlığının her 1000 kg (ton)'ı için 20 kgf'lik bir direnç %2 'lik dönme direncini verecektir. Çizelge-3.11'de farklı zeminlere göre bu dönme direnci değerleri verilmiştir.

Dönme direnci kamyonun yıpranmasına ve aşınmasına yol açar, üretimi azaltır ve yakıt ve birim ton üretim için maliyet değerlerini arttırmaktadır.

#### 3.4.4. Optimum Kamyon Sayısının Saptanmasında Dikkate Alınması Gereken Özellikler

Yıllık taşıma miktarlarının büyük rakamlara ulaşması, uygun taşıma sisteminin

seçiminde büyük önem kazanmakta olup kamyon taşımacılığında, taşınacak malzemenin miktarı ve özelliklerinin dikkate alınması büyük önem kazanmaktadır.

**Çizelge-3.11 Muhtelif Zeminlere Göre Dönme Direnci Değerleri. [5]**

Taşıma Yolu Zemin Türü	Dönme Direnci, (%)
Asfalt	1.5
Kömür	5.7
Beton	1.5
Pürüzsüz toprak, sert, kuru, iyi bakımlı	2.0
Kuru toprak fakat düzenli sıkışmamış	3.0
Eşelenmemiş yumuşak toprak, zayıf bakımlı	4.0
Eşelenmiş yumuşak toprak	8.0
Dolgusuz toprak	8.0
Bataklı toprak	16.0
İyi sıkışmış çakıllı, kuru	2.0
Düzenli sıkışmamış çakıllı, kuru	3.0
Gevşek çakıllı	10.0
Sert çamurlu zemin	4.0
Yumuşak çamurlu süngerli zemin	16.0
Gevşek kumlu	10.0
Karla kaplı	2.5
101 mm kalmığa kadar kar, gevşek	4.5

Kamyon seçiminde dikkate alınması gereken özellikler şöyle özetlenebilir:

**Malzeme özellikleri:** Malzemenin cinsi, boyutu, miktarı, özgül ağırlığı, kabarma katsayısı, sıcaklığı, nem oranı, gibi özellikler optimum kamyon seçimine etki eden önemli faktörler olarak adlandırılabilir gibi, birbirinden bağımsız değişken olarak matematiksel bir ifadeyle de:

$$n_{k, opt} = f(x_1, x_2, x_3, \dots)$$

**İşletme şartları:** Taşıma yapılacak yol güzergahının özelliklerinden rakım ve meyil yıllık çalışma süresinin belirlenmesinde, kamyonun tam bir seferinin hesaplanmasında, gidiş dönüş süresinin belirlenmesi ile birlikte kamyonun yükleme, boşaltma, bekleme, manevra süreleri de organizasyonda dikkate alınmalıdır. [10]

**Kamyonun teknik özellikleri:** Kamyonun motor gücü, çalışma ağırlığı, faydalı taşıma ağırlığı, kasa hacmi, aks sayısı, hız kuvvet diyagramı, maksimum hız gibi özellikler de, optimum kamyon sayısının belirlenmesinde, son derece önemlidir

### 3.5. YARDIMCI İŞ MAKİNALARI

#### 3.5.1 Dozer

Yardımcı makinalar içinde dozerler, açık işletmelerde dekapaj ve kömür üretiminde çok çeşitli amaçlar için son derece ağır şartlara iyi uyum sağlayan ekipmanlardır. Lastik tekerlekli ve paletli türleri vardır. Paletli tipleri daha yaygındır. Ancak çok hareketli oluşları nedeniyle, lastik tekerlekli modeller de giderek önem kazanmaktadır. Açık işletmelerde kullanıldığı alanlar;

- Dekapaj çalışmaları sırasında kömür üzerinde kalan ve ekskavatörün alamadığı örtü tabakasının sistemli bir şekilde temizlenmesi,
- Kömürün gevşetilerek yüklenebilir hale getirilmesinde,
- Kademe şevlerinin kesilmesinde,
- Yol yapımı ve döküm sahasına dökülen malzemenin itilerek tesviye edilmesi,

gibi işlerdir.

Paletli dozerler tekerlekli olanların çalışamayacağı ağır koşul ve meyillerde çalışırlar. Paletleri aracılığı ile zeminle güçlü bir irtibat sağladıkları için kazıma, kesme, küreme, ve itme

işlerinde kullanılırlar. Tek dezavantajları, uzun mesafeli çalışmalarda (malzeme taşıma) ve gereksiz patinajlarda, yürüyüş takımlarında uzun vadeli hasarlar ve hidrolik sistemde arızalar meydana getirirler.

Tekerlekli tipler, paletlilere göre boş iken 3 defa daha hızlı hareket yeteneğine sahiptirler. Kazı ve söküm yapamazlar. Uzun mesafeli kömür küreme ve zemin tesviyesi işlerinde daha etkin verimlilikleri sözkonusudur. Bazı modeller, hidrostatik tahrikli olup kademesiz hız ayarlama imkanlarına sahiptirler.

Dozer uygulamalarında, kabarma katsayısı faktörü diğer ekipmanlara göre biraz farklıdır. Dozerlerin ömrü hemen hemen yükleyicilerle aynıdır. Çizelge-3.12'de dozer kapasitelerinin tahmin etmek için üretim miktarlarının bir düzeltme faktörleriyle çarpılması gerekmektedir. [1, 9]

**Çizelge-3.12 Dozer Uygulamasında Düzeltme Faktörleri.**

	<b>Paletli</b>	<b>Tekerlekli</b>
<b>OPERATÖR:</b>		
• Mükemmel	1.00	1.00
• Orta	0.75	0.60
• Kötü	0.60	0.50
<b>MALZEME:</b>		
• Gevşek yığın,	1.20	1.20
• Zor kazılır,	0.70	-
• Zor kürenir,	0.80	0.80
• Kaya, ripperlenmiş veya patlatılmış,	0.60-0.8	-
<b>YARIK AÇMA</b>	1.20	1.20
<b>YAN YANA DOZERLEME</b>	1.15-1.25	1.15-1.25
<b>GÖRÜŞ</b>	0.80	0.70
<b>ÇALIŞMA RANDIMANI :</b>		
• 50 dak./saat	0.84	0.84
• 40 dak./saat	0.67	0.67
<b>DOĞRUDAN TAHRİK</b> (0.1 dak. sabit zaman)	0.80	-
<b>DOZER BIÇAĞI</b> Bıçak şekillerine göre değişim aralığı;	0.6-1.30	0.5-1.30

### 3.5.2. Greyder

Greyderler açık işletme yönteminin en önemli makinalarından biridir. Özellikle ekskavatör kamyon yönteminde greyder çok önemli bir yer teşkil eder. Gerek dekapaj yollarının gerekse tüvenan nakli yollarının ve servis yollarının bakımları ve şarmpol temizlikleri greyder ile yapılmaktadır.

Greyderler çalışırken;

- Genelde saha içi ve saha dışı yollar stabilize olduğu için gerek yol tasviyesi sırasında gerekse bir yerden diğer bir yere giderken bırakılması hızını yol şartlarına göre ayarlamalıdır. Çünkü greyderler bozuk yol şartlarına karşı duyarlıdırlar ve sık sık arıza yapabilirler.

- Greyderlerin en büyük özelliği, sağa sola yatmasıyla değişik pozisyonlarda yol kesme işleminin yapabilmesi bıçağın 360° dönebilmesi için bıçağın yerle 90 °'lik açı yapabilmektedir.

- Düz ve belden kırmalı iki çeşidi vardır. Belden kırmalı çeşiti daha fazla manevra kabiliyetine sahiptirler. Daha küçük dönüş yarıçapı olan belden kırmalı greyderler bu özellikleriyle, düz-şaseli greyderlerin kullanılmayacağı küçük ve etrafı sınırlı dar alanlarda daha rahat kullanılmaktadırlar.

### III. BULGULAR

#### 4. BİR HİPOTETİK AÇIK OCAK KÖMÜR İŞLETMESİ MODELİNDE SAYISAL VERİ(\*) ANALİZİ VE EKİPMAN VERİMLİLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

##### 4.1 Genel

Verimlilik konusunda bu bölüme kadar verilen bilgi ve açıklamalarda, incelenen konu teorik kavramlarla işlenmiştir. Bu bölümde ise, ekipman verimliliği ile ilgili anılan tüm karakteristik büyüklüklerin (Mekanik Mevcudiyet, Mekanik Verim, vd.) mertebeleri, küçük ölçekli bir kömür işletmesi bazında *hipotetik case çalışması* olarak planlanmıştır. Bu işletme için tasarlanan sayısal veriler, ekipman bazında (ekskavatör, loder, kamyon ve diğer yardımcı ekipmanlar) istatistiksel analiz yöntemi ile ayrı ayrı hesaplanıp değerlendirilmiştir.

##### 4.2 Model Olarak Tasarlanan Açık İşletme İle İlgili Karakteristik Büyüklükler

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesi sırasında, açık ocak kömür üretim çalışmalarını sürdüren bir model açık ocak kömür işletmesi seçilmek üzere, sayısal veri analizi ile değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir.

Bu model işletmesi genelinde, ekskavatör (loder)-kamyon, kömürde ise; loder-kamyon-kırıcı sistemi kullanıldığı tasarlanmış ve bu sisteme yardımcı iş makinaları olarak, dozer ve greyder dahil edilmiştir.

Yukarıdaki anlatılan konulara ilişkin bilgiler, [13] ve [14]'nolu kaynaklar esas alınarak bir açık ocak kömür işletmesini karakterize edecek bir hipotetik model ölçeğinde ve belli bir

(\*) Hipotetik bir model işletme oluşturmak amacıyla bir "X" ocağı işletmesinden elde edilen sözkonusu bu veriler, "değiştirilmek" ve bu tez konusu kapsamındaki "hipotetik modele uyarlanmak" suretiyle değerlendirilmiştir. Elde edilen değerlendirme ve sonuçlar yalnızca tez sahibine aittir. Herhangi bir üretici firma, kurum veya kuruluşu hiç bir şekilde bağlamaz.

ayrıntıda incelenmek üzere, aşağıdaki kabuller yapılmıştır:

- Yörede yıllık ortalama yağış 717-1074 mm, yıllık ortalama sıcaklık 12.8-13.9°C arasında bulunduğu, dört yaz ayındaki ortalama yağış toplamı 27-34 mm, ortalama sıcaklık 19.4-20.2°C olduğu yaklaşımı esas alınmıştır. Günlük en yüksek yağışların, Ağustos ve Eylül aylarında, 76-101 mm/24 saat olarak ölçüldüğü ve karla örtülü gün sayısının 6-15 gün, sisli gün sayısının ise 17-22 gün arasında değiştiği tasarlanmıştır. Bu iklim verilerine göre, yörede nemli ve ılıman bir iklim hüküm sürdüğü varsayılmıştır. [14]

- Örtü malzemesini oluşturan toprağın ana materyalin; kum, döküm kumu, az çimentolaşmış kumtaşı, boz kil beyaz kil, kömür üst tabakasındaki çeşitlilik gösteren, bir yapı oluşturduğu, bu formasyonların birim hacim ağırlıklarının 1.30-1.50 gr/cm<sup>3</sup> mertebeleri arasında değiştiği öngörülmüştür.

- İşletmede programlanan yıllık kömür üretimi 550 000 tona karşılık yaklaşık 8 yıllık bir dinamik ömür süresi [13] sonunda, toplam üretilecek kömür rezervi 4.34 milyon ton , dekapaj ise 5.64 milyon m<sup>3</sup> olarak varsayılmış; buradan genel dekapaj oranı ise 1/1.3 olarak hesaplanmıştır.

- Ocak içi taşıma mesafelerinin, 0.5-2 km mertebeleri arasında değişen değerlerde gerçekleştiği düşünülmüştür.

- Dekapaj işleminde faaliyet gösteren ekipman sayısı:

<u>Ekipman adı</u>	<u>Sayı (adet)</u>
Ekskavatör	5
Loder <sup>(*)</sup>	3
Kamyon	14
Dozer	2
Greyder	2
<b>Toplam</b>	<b>26</b>

<sup>(\*)</sup> Aynı zamanda kömür üretiminde de kullanılması da tasarlanmıştır.



olarak saptanmıştır.

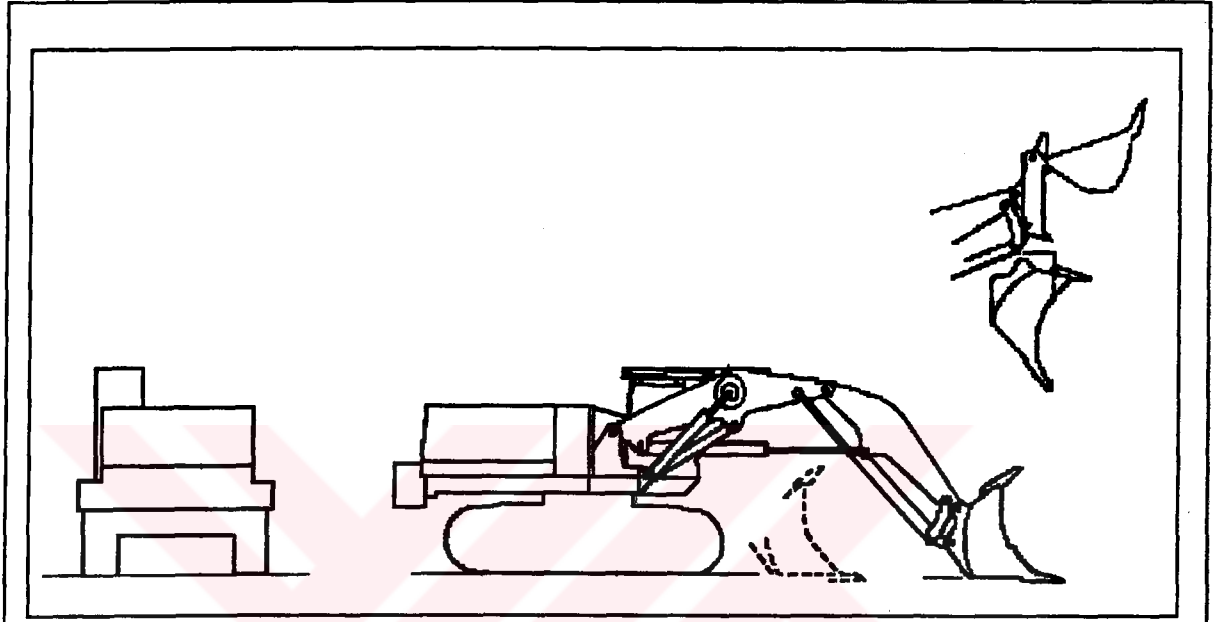
- Tasarlanan küçük ölçekli bu hipotetik model işletmeden üretilecek tüvenan kömürün kükürt ve ucucu madde içeriklerinin yüksek olması, konutlarda ısıtma amaçlı olarak tüketilmesi yönünden hava kirliliği oluşturmaması nedeniyle, kömürün sözkonusu bu istenmeyen yabancı maddelerden temizlenmesi için kömür hazırlama prosesi gerekliliği de burada dikkate alınmıştır. Zira, böylesi bir işletmeye hava kirliliği açısından getirilecek sınırlamaların kömür satışlarında dalgalanmalara neden olacağı, bununda doğrudan üretim ve dekapaj işlemindeki "gerçekleşme / programlanan " oranına ve buna bağlı olarak da ekipmanların iş verimliliklerine olumsuz bir şekilde yansıtacağı düşüncesinden hareketle, ekipmanların yıllık çalışma saatleri düşük tutulmuştur

- Yukarıda anılan bu ekipmanların yıllık periyodik bakım ve onarım süreleri bu model işletme tarafından, her 125 saat için 45 dakika ve her 1000 saat için 1 gün olarak belirlenmiştir. Buna göre, sözkonusu işletme için; yıllık programlanan 3000 (saat/yıl) çalışma süresinde 125 ve 1000 saatlik süreler için toplam 90 saatlik bir süre ekipmanların bakımı için harcanmaktadır. Nitekim bu çalışma çerçevesinde, her ekipman için ayrı ayrı saptanan "mekanik mevcudiyet" ve "mekanik verim" büyüklüklerinin hesabı sırasında, işletme için düşünülen ve bakım (a+by) değerleri toplamına, yıllık periyodik bakım ve onarım için hesaplanan 90 saat'lik bu süre de dahil edilmiştir. (Konuya ilişkin ayrıntılı bilgi her ekipmanın çalışma sürelerinin verimlilik analizi ile ilgili olarak ilerleyen bölümlerde hazırlanan çizelge ve değerlendirmelerden elde edilebilir.)

#### **4.3 Ekskavatörlere İlişkin Çalışma Süreleri ve Verimlilik Analizi**

İşletme bünyesinde dekapajda kullanılan 5 adet ekskavatör sırasıyla Caterpillar, Komatsu ve Hitachi firmaları yapımı olarak seçilmiştir. Kepçe kapasiteleri 3-4 m<sup>3</sup>, motor güçleri ise 250-360 HP arasında değişmektedir. Bu ekipmanların belli başlı teknik özelliklerine, iki ayrı üretici firma bazında Çizelge-4.1'de değinilmiştir.

**Çizelge- 4.1 İşletmede Kullanılan Shovellerin Belli Başlı Teknik Özellikleri. [6]**



Büyükükler	EX 700 B (Hitachi)	EX 235C (Catterpillar)	EX 245B (Catterpillar)
Adet	2	1	2
İşletme Ağırlığı, (ton)	67.7	43.40	68.46
Motor Kapasitesi, (HP)	300	250	360
Nominal Kepçe Hacmi, (m <sup>3</sup> )	3	2.3-1.9	3.4-3.8
Mevcut Kepçe Hacmi, (m <sup>3</sup> )	2-4	3	3
Yakıt tankı, (lt)	651	682	682
Hız, (km/h)	3.20	3.17	3.17
Min.Ekipman Uzunluğu (Kepçe yerde), (m)	13.17	11.6	13.31
Boom hariç uzunluk, (m)	6.25	5.02	5.64
Genişlik, (m)	3.60	3.61	
Kabine yüksekliği (m)	3.20	3.4	3.6
Kepçe kalktığındaki max.yükseklik, (m)	11.98	9.17	10.29
Yere temas yüksekliği, (cm)	50.8	55.9	76.2
Zemin basıncı, (kg/cm <sup>2</sup> )	0.907	0.67-0.57	1.07-0.7
Kol uzunluğu, (m)	2.95	3.4	4.85
Palet genişliği, (mm)	650	760	914

İşletmenin sözkonusu bu ekipmanları ile ilgili olarak elde edilen veriler:

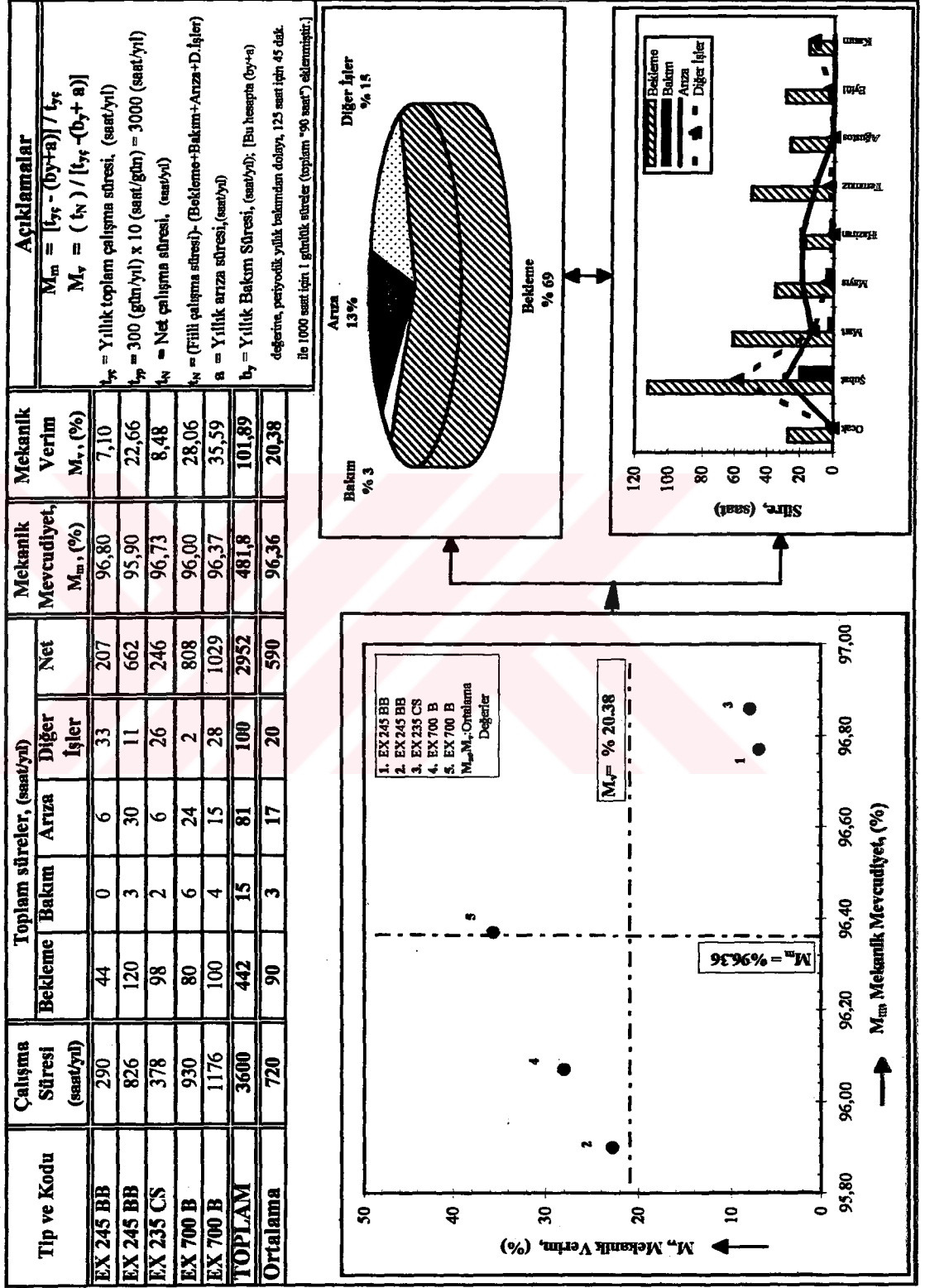
- Programlanan yıllık çalışma süresi, (saat/yıl)
- Gerçekleşen yıllık net çalışma süresi, (saat/yıl)
- Bekleme, bakım, arıza, diğer işler,

olarak kabul edilmiştir. Bu verilerden hareketle, Bölüm-I'de de hesap yöntemi ayrıntıyla işlenen "Mekanik Mevcudiyet" (kullanıma hazır net mekanik büyüklük, %) ile "Mekanik Verim" gibi belli başlı verimlilik analizinde kullanılan bu büyüklükler yıllık bazda hesaplanmıştır. Anılan bu büyüklüklerin merteye değişimleri; bekleme, arıza, bakım ve diğer işlerde geçen sürelerin, kendi içlerindeki dağılımları ve işletme şartları yanında, özellikle aylar bazında iklimin etkisini ortaya koymak üzere (kötü hava koşullarından doğacak kayıp süreler), daha yakın perspektifte incelemeye alınmıştır. Bu konuya ilişkin yapılan çalışmaya, Çizelge-4.2 çerçevesinde yer verilmiştir. Anılan bu çizelge dikkatlice incelendiğinde şu değerlendirmeler ön plana çıkmaktadır.

- Toplam 5 adet ekskavatörün çalışma süresi toplam 3600 saat/yıl, bir ekskavatör için ortalama 720 saat/yıl olarak hesaplanmıştır. Günlük vardiya süresinin 10 Saat/gün olduğu ve 1 vardiya/gün çalışıldığı göz önünde bulundurulduğunda sözkonusu bu değer, 72 gün'e (2.4 ay) karşılık gelmektedir. 3000 saat/yıl [300 (gün/yıl) =10 (ay/yıl)] yıllık çalışma süresinin planlandığı bir işletmede, 2.4(ay/yıl) gibi bir çalışma süresi, merteye olarak oldukça düşük nitelendirilebilir.

- Ekskavatörlere ait mekanik mevcudiyet değerlerinin ortalama %96.36 gibi oldukça yüksek sayılabilecek bir pay almasına rağmen, mekanik verimleri ise, ortalama %20.38 olarak gerçekleşmiştir. Diğer bir anlatımla, elde edilen bu değer, net kullanıma hazır ekskavatör mekanik büyüklüğünden yeterince faydalanılmadığına veya sözkonusu bu ekipmanın işletme bünyesinde iyi organize edilemediğine işaret etmektedir. Bu durum ise

**Çizelge-4.2** Ekskavatörlerin Çalışma Süreleri ve Verimlilik Analizleri



Bu durum ise işletmede, üretkenliği ve dolayısı ile işletme maliyetini negatif yönde etkileyeceği sonucunu ortaya koymaktadır.

- Ekskavatör, bekleme süresi veya bu ekipmana iş verilmeksizin boşa geçen süre %69'le, diğer işler (%15), arıza (%13), bakım (%3) gibi süreler yanında en büyük payı almaktadır. Özellikle bu büyüklüğün, Şubat ayında maksimum değerler alması ve Mayıs, Haziran aylarına doğru azalması, kötü hava koşulların çalışma şartları üzerinde olumsuz yöndeki etkileriyle açıklanabilir.

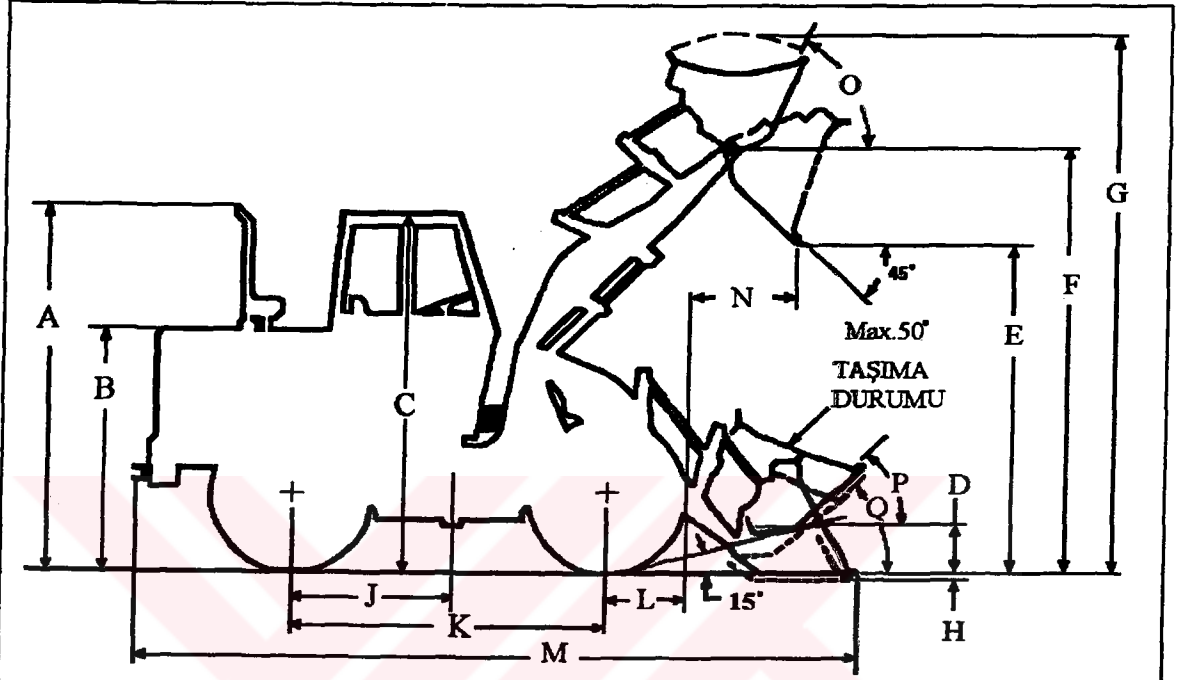
- Hesaplanan mekanik verim değerinin düşük olması ve ekskavatör bekleme süresindeki %69 'lük orana, "ekskavatörlere iş verilmeyişi"nin etken olduğu varsayılırsa bu durumun net çalışma süresine direkt yansımaları sonucu, mekanik verimi olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Konu edilen bu bekleme süresine, "ekskavatörün kamyonu bekleme süresi" olarak yaklaşıldığında ise, ekskavatörün çalışma zamanının büyük bir bölümünde kamyon sayısının azlığından ötürü boş kalmakta ve dolayısıyla yararlanma oranı düşmektedir. Daha özet bir anlatımla, ekskavatör bekleme süresindeki fazlalık, gerek ekskavatöre yeterince iş verilemeyişi veya kamyon sayısının yetersizliği ile genel olarak açıklanabilir. Ancak, işletme için öngörülen ölçümlerin değerlendirilmesiyle, 1 ekskavatöre tahsis edilen 3 adet kamyon sayısının yeterli olacağı saptanmıştır. (Bu konuya ilişkin ayrıntılı bilgi Bölüm-V'de verilmiştir.)

#### **4.4 Loderlere İlişkin Çalışma Süreleri ve Verimlilik Analizi**

İşletme bünyesinde dekapaj ve üretimde faaliyet gösteren toplam 3 adet loder tümü lastik tekerlekli olup, üretici firma genelinde Komatsu ve Caterpillar yapımı olan bu ekipmanların motor güçleri ise, 170-220 HP arasındadır.

Bu ekipmanlara ilişkin bazı teknik özellikler, Çizelge 4.3 'de iki üretici firma genelinde verilmiştir. Çizelgeden de açıkça görüleceği üzere, kepçenin malzemeyle yüklü durumda en fazla yerden kaldıracağı yükseklik 5.6 m olmaktadır.

**Çizelge- 4.3 İşletmede Kullanılan Loderlerin Belli Başlı Teknik Özellikleri. [6]**



Notasyon	Büyüklikler	950 F (Catterpillar)	966 F (Catterpillar)
	İşletme Ağırlığı, (ton)	15.87	20.63
	Motor Kapasitesi, (HP)	170	220
	Nominal Kepçe Hacmi, (m <sup>3</sup> )	2.5	2.7
A	Yakıt bacasının yerden yüksekliği, (m)	3.27	3.40
B	Motorun yerden yüksekliği, (m)	2.32	2.47
C	Operatör kabının yerden yüksekliği, (m)	3.52	3.58
D	Taşıma pozisyonunda yükseklik, (mm)	459	459
E	Kepçenin boşaltma durumunda yerden yüksekliği, (m)	2.85	2.98
F	Kepçe indiğindeki max yükseklik, (m)	3.95	4.12
G	Kepçenin yük ile kalktığındaki max yükseklik, (m)	5.54	5.59
H	Max Kazı derinliği, (mm)	52	82
J	Makina merkezinden tekerlek aksına kadarki uzunluk, (m)	1.590	1.675
K	Dingil uzunluğu, (m)	3.180	3.350
L	Tekerlek çapı, (mm)	818	864
M	Loderin tüm uzunluğu, (m)	7.55	8.07
N	Dolu halde kaldırmada ulaşabileceği yükseklik, (m)	50.8	55.9
O	Kepçenin dönme açısı (yükleme sırasında)	59°	59°
P	Kepçenin dönme açısı (taşıma sırasında)	45°	44°
Q	Kepçenin dönme açısı (yerde)	40°	40°

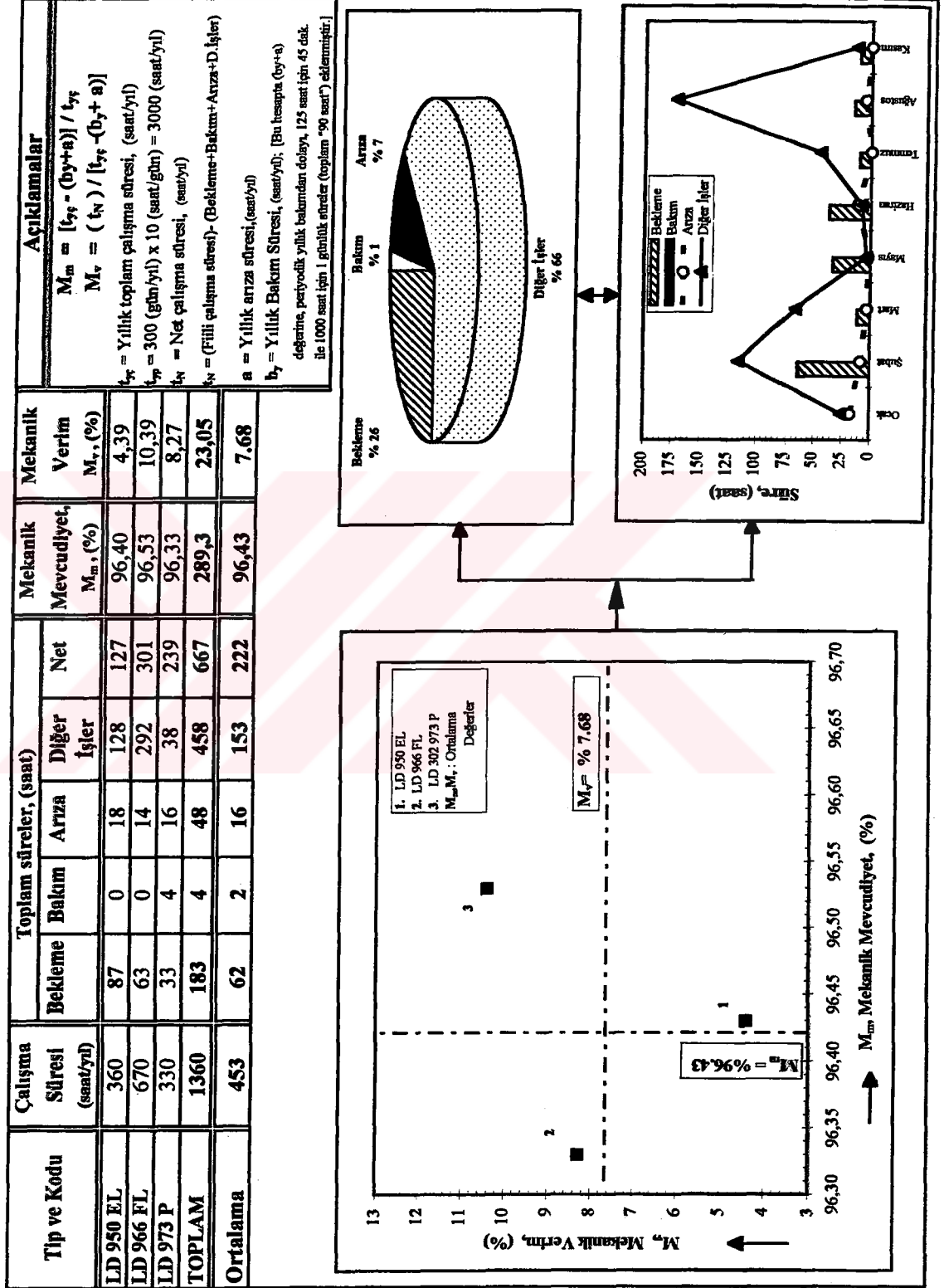
Eğer bu ekipmandan dekapaj işlemlerinde yararlanılması durumunda daha dikkatli çalışılmalıdır. Zira aynı yerde ekskavatörün çalışma yüksekliği veya diğer bir anlatımla basamak yüksekliği, 9-11 m arasında değişen değerler tasarlanmıştır.

Söz konusu bu ekipmanlar genelde, kömürde “loder + kamyon + kırıcı” sistemi çerçevesinde gerek kazı, gerekse yükleme işini gerçekleştirmektedirler. Ancak, loderlerin dekapaj işlemlerinde de kullanılacağı günlük ve aylık olarak öngörülen, çalışma süreleri yıllık süre bazında derlenerek incelemeye alınmıştır. Bu konuya ilişkin yapılan çalışmalar Çizelge-4.4’de yer verilmiştir.

Bu çizelgeden elde edilebilecek önemli değerlendirmeler şöyle özetlenebilir:

- İşletmede planlanan yıllık 3000 saat’lik çalışma programı içinde 3 adet loderin toplam fiili çalışma süresi 1360 saat/yıl olarak gerçekleşmiştir. Bir loder bazında ortalama olarak bu süre, 453 saat/yıl hesaplanmaktadır. Anılan bu süre, 10 saat/gün’lük vardiya süresi de dikkate alındığında bir loder için, ortalama çalışma süresi 45 gün /yıl’a karşılık gelmektedir. Diğer bir anlatımla, yıllık programlanan 300 gün’lük zaman dilimi içinde bir loderin, yalnızca 45 gün/yıl’lık faaliyeti öngörülmüştür.
- İşletmede söz konusu bir yıl içinde faaliyet gösteren bir loderin ortalama mekanik mevcudiyeti veya kullanıma hazır net mekanik büyüklüğü, %96.43 iken, ekipmandan faydalanmanın önemli bir göstergesi olan ortalama mekanik verim değeri ise, %7.68 gibi fevkalade düşük bir düzeyde gerçekleşmiştir.
- Çizelgeden elde edilebilecek diğer önemli bir değerlendirme ise, loderlerin çalışması gereken alanlar dışında “başka işlerde” de çalıştırıldığı yönündedir. Nitekim; bekleme, bakım, arıza gibi yararlanılmayan bu kayıp süreler içinde, diğer işler ile ilgili büyüklüğün, %66 gibi oranla temsil edilmesi, bu durumun açık bir göstergesini oluşturmaktadır. Söz konusu durum bu ekipmanın mekanik mevcudiyetinden yararlandığı yönde olumlu bir aşama olmakla

**Çizelge-4.4 Loderlerin Çalışma Süreleri ve Verimlilik Analizleri**





beraber, esas çalışması gereken iş için bu büyüklükten yeterince yararlanılamaması dikkat çekicidir.

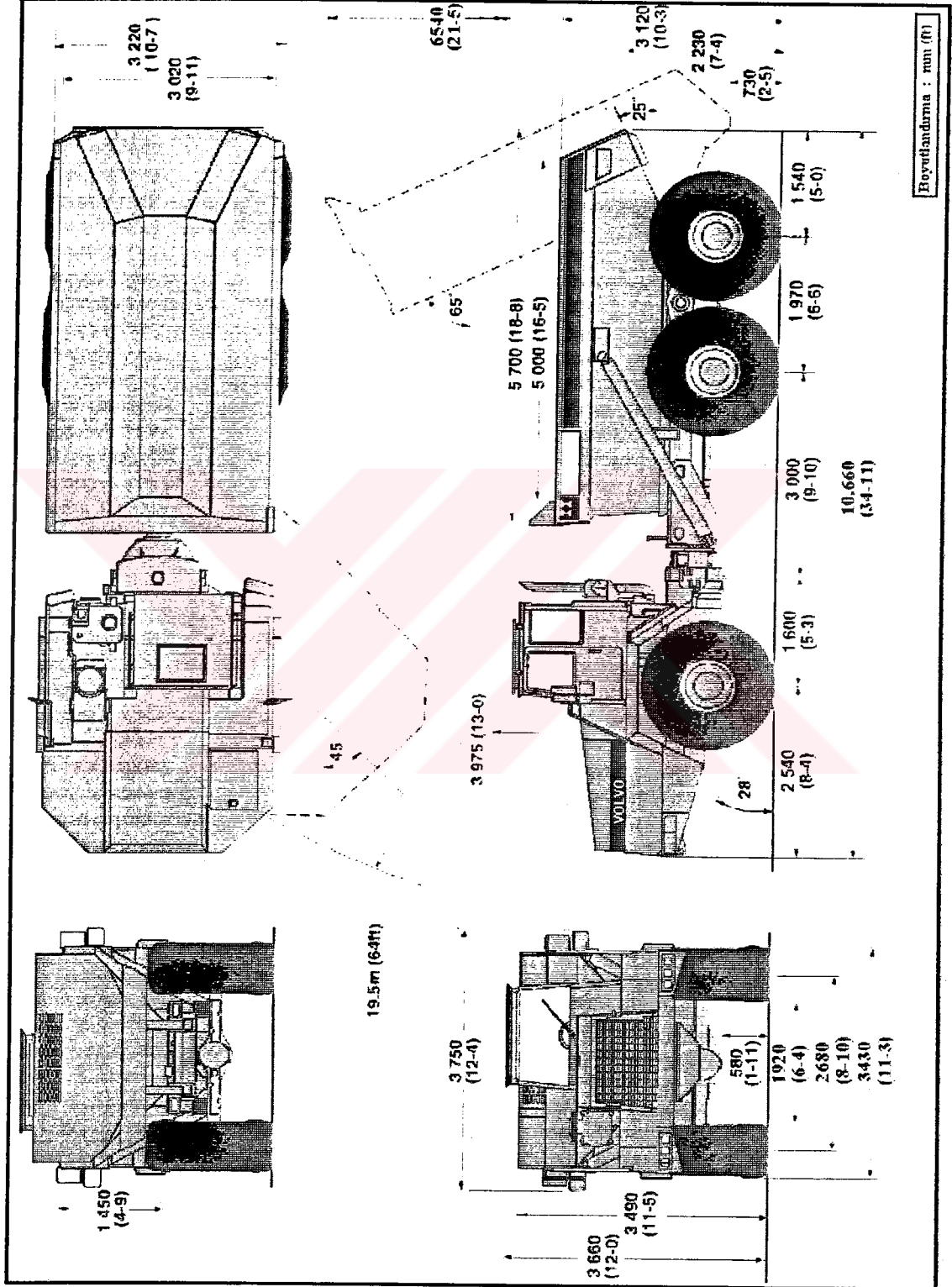
• Bekleme, bakım, arıza ve diğer işlerin toplamıyla oluşan ve faydalanılamayan süre olarak tanımlanabilen bu süreler 693 saat/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu sürelerin aylık bazda iklim parametresinin etkisi açısından incelendiğinde ise; Şubat ve Ağustos aylarında özellikle bekleme sürelerindeki artış hemen farkedilmektedir. Burada ekipmana iş verilemeyeşi gibi bir durum sözkonusu olamaz. Zira, loderlerin artan bu bekleme süresine karşılık, diğer işlerle ilgili sürenin aynı paralellikte artması açıkça görülmektedir. Ancak, efektif olarak bu süreden yararlanma çabalarına karşın, mekanik verim büyüklüğünün en az %30-40 mertebelerine bile çekilememesi, işletmenin “üretilebilirlik” ve “işletme maliyetleri” açısından üzerinde önemle durulması gereken bir noktaya işaret etmektedir.

#### 4.5 Kamyonlara İlişkin Çalışma Süreleri ve Verimlilik Analizi

Dekapajın döküm sahalarına nakli için kullanılan kamyonlar Volvo (9 adet) ve Mercedes (5 adet) firmasının yapımıdır. Bu kamyonlardan volvolara ilişkin bazı teknik özellikler Çizelge-4.5’de, boyutlandırılmasına da Şekil-4.1’de yer verilmiştir:

Çizelge-4.5 Volvo Kamyonların Bazı Teknik Özellikleri [5]

Tür	Mafsallı
Yükleme Miktarı, (ton)	32
Max.Motor Gücü, (Kw)	243
Çalışma Ağırlığı, (ton)	25.3
Kasa Hacmi , (m <sup>3</sup> )	19
Max. Hız (km/h)	53.3



Şekil-4.1 Volvo Kamyonların Teknik Boyutlandırılması ile Çeşitli Yönden Görüntüleri [5].

İşletmede kazı ve yükleme işini gerçekleştiren ekskavatörler tarafından doldurulan kamyonlar, toprak döküm sahasına gitmekte ve yükünü boşalttıktan sonra tekrar ekskavatöre geri dönmektedirler. Düzenli olarak vardiya başlarında, sonlarında ve molalarda kamyon park yerlerine gitmektedirler. Bazen ekskavatör önünde, onarım için veya yakıt alırken, önlerinde başka bir kamyon varsa kuyrukta beklemektedirler. Bu bekleme durumları yükleme boşaltma, onarım ve yakıt alma zamanlarındaki değişim ve kamyonların bu noktalara ulaşmaları arasında geçen sürenin değişken olmasından kaynaklanabilmektedir.

Buradan hareketle, sözkonusu ekipmanların çalışma sürelerinin analizleri ile kamyonların, kullanıma hazır net mekanik büyüklükleri ve Mekanik verimleri, “farklı tür” ve “aynı tür” kamyonlar bazında ayrı ayrı hesaplanmıştır. Ayrıca, iklimin çalışma şartları üzerindeki etkisini araştırmak üzere, bu değerlendirmeler aylar bazında da gerçekleştirilmiştir. Tüm bu çalışmalar, Çizelge-4.6’de topluca incelenmiştir.

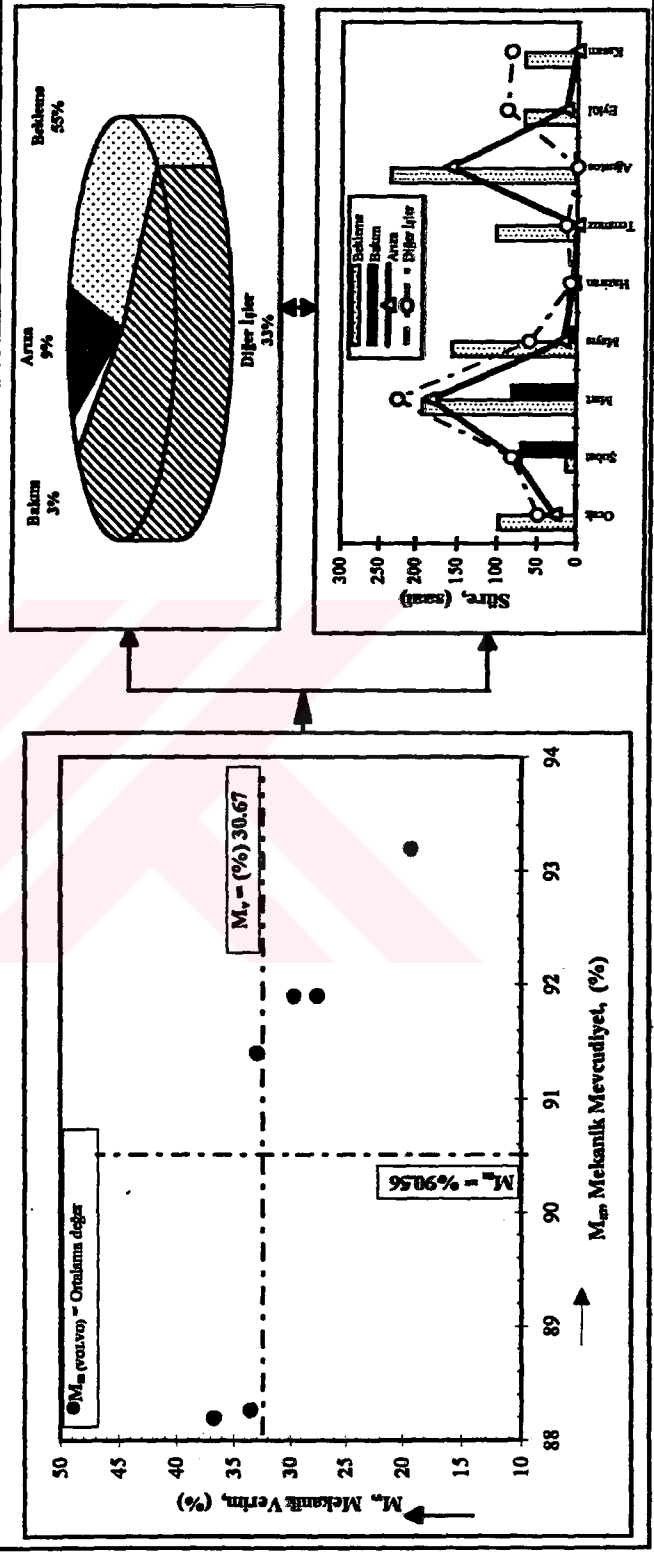
Çizelge, bu açıdan değerlendirildiğinde, şu sonuçlar üretilebilir:

- İşletmede örtü tabakasının taşınması toplam 16 adet kamyon ile gerçekleştirilmesi düşünülmüştür. Bunlardan 9 adeti volvo, 5 adedi ise mercedes kamyonudur. Volvo kamyonların kasa hacimleri  $14.5 \text{ m}^3$ , Mercedes kamyonların ise  $11 \text{ m}^3$ ’dür. Yıl içinde Volvo ve Mercedes kamyonların toplam çalışma süreleri sırasıyla, 9260 saat/yıl ve 1750 saat/yıl öngörülmüştür. Bir kamyon için ortalama süre ise, 926 saat/yıl (Volvo) ile 175 saat/yıl (mercedes) olarak hesaplanmıştır. Buradan volvo kamyonların dekapaj hafriyatında %80 oranında daha fazla iş yaptığı açıkça farkedilmektedir.

- Kamyonlar kullanıma hazır net mekanik büyüklük açısından değerlendirildiğinde, volvolarda %90.56 mertebesinde gerçekleşen bu büyüklüğün, mercedes kamyonlarda % 95.6 düzeyinde saptanmıştır. Çizelgeden de hemen görüleceği üzere, arıza ve bakım süreleri toplamı 9 adet volvo için 217 saat/yıl düzeyinde belirlenmiştir. Bir kamyon için bu süre 24 saat/yıl’a

**Çizelge- 4.6 Kamyonların Çalışma Süreleri ve Verimlilik Analizleri**

Tip ve Kodu	Çalışma Süresi (saat/yıl)	Toplam süreler, (saat)				Mekanik Mevcudiyet, $M_m$ , (%)		Mekanik Verim $M_v$ , (%)	Açıklamalar
		Bekleme	Bakım	Arıza	Diğer İşler	Net	Verim		
VOLVO 1	910	90	7	21	35	757	91,90	27,45	$M_m = [t_N - (b_y + a)] / t_{Tf}$ $M_v = (t_N) / [t_{Tf} - (b_y + a)]$ $t_{Tf}$ = Yıllık toplam çalışma süresi, (saat/yıl) $t_N = 300$ (gün/yıl) x 10 (saat/gün) = 3000 (saat/yıl) $b_y$ = Net çalışma süresi, (saat/yıl) $a$ = (Fıllı çalışma süresi) - (Bekleme+Bakım+Arıza+Diğer İşler) $a$ = Yıllık arıza süresi, (saat/yıl) $b_y$ = Yıllık Bakım Süresi, (saat/yıl); [Bu hesaba (y+y) değeriye periyodik yıllık bakımından dolayı, 125 saat için 45 dak. ile 1000 saat için 1 günlük süreler (toplam "90 saat") alınmıştır.]
VOLVO 2	650	88	2	13	11	536	93,20	19,17	
VOLVO 3	970	105	7	12	29	816	91,90	29,59	
VOLVO 4	1150	138	12	14	98	888	88,27	33,53	
VOLVO 5	1070	65	10	26	67	902	91,40	32,90	
VOLVO 6	1240	145	10	8	108	969	88,20	36,70	
VOLVO 7	800	96	2	32	45	625	91,17	22,85	
VOLVO 8	1140	78	3	15	87	955	90,90	35,02	
VOLVO 9	1330	196	3	20	108	1003	88,10	38,83	
<b>TOPLAM</b>	<b>9260</b>	<b>1001</b>	<b>56</b>	<b>161</b>	<b>588</b>	<b>7451</b>	<b>90,56</b>	<b>30,67</b>	



karşılık gelmektedir. Yıllık periyodik bakımdan 90 saat/yıl'lık süre de buna eklendiğinde toplam olarak bir kamyon için yılda 114 saat süre arıza ve bakım için harcanmıştır. Bu değer yıllık programlanan sürenin ancak %3.8'ne karşılık geldiğinden ötürü, mekanik mevcudiyet büyüklüğü yüksek düzeyde hesaplanmaktadır.

- Bekleme sürelerinin artması işletme üretim kapasitesini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Kamyon sayısı arttıkça bu bekleme sürelerinin artacağı dolayısıyla kamyon verimlerinin azalacağı açıktır. Nitekim, burada %55 olarak volvo kamyonunda belirlenen bekleme süresine karşılık mekanik verim değeri %30.67 gibi düşük bir oranla temsil edilmektedir.

- Diğer önemli bir değerlendirme ise, kamyonlarda ortaya çıkan arızaların, Ocak aylarından başlayarak Mart ayına kadar eksponansiyel bir artış sergilemesi, kötü hava koşullarından etkilenen dekapaj yollarının taşımayı zorlaştırmasından kaynaklanabileceği sonucunu ortaya koymaktadır.

- Kış aylarında özellikle killi ve çamurlu malzemenin kamyon kasasına yapışarak, boşalma işlemini zorlaştırması kaçınılmazdır. Nitekim, modellenen işletmenin örtü malzemesi kil ve marndan oluşmuş, plastisitesi yüksek bir formasyon özelliği taşımaktadır.

#### **4.6 Yardımcı İş Makinalarına İlişkin Çalışma Süreleri ve Verimlilik Analizi**

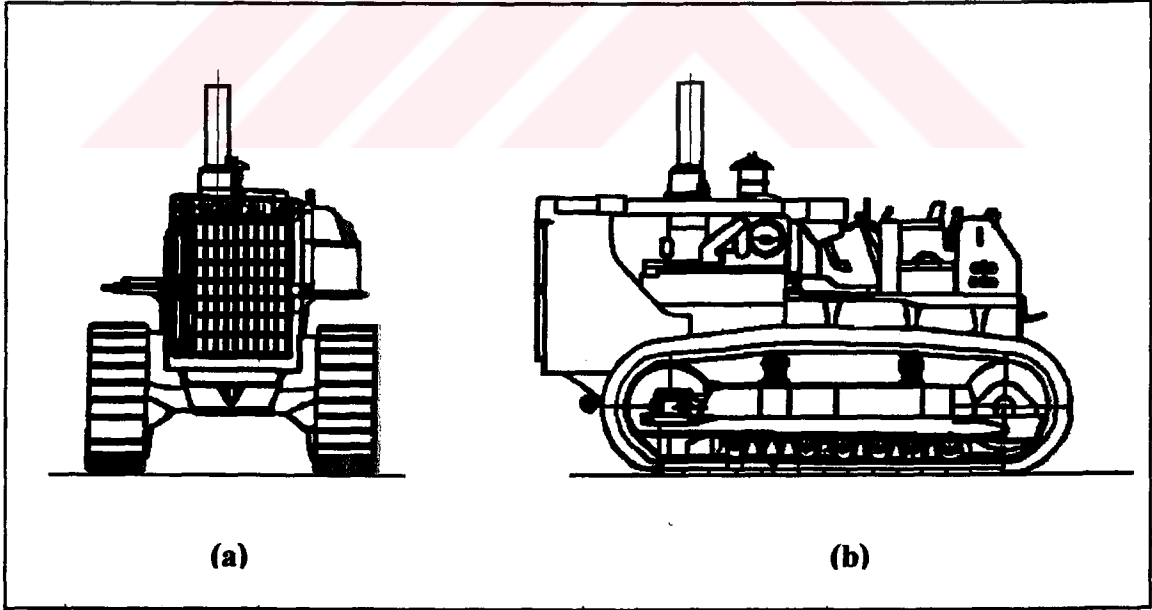
Yardımcı iş makinaları içinde dozer ve greyderler, açık işletmelerde çok çeşitli amaçlar için son derece ağır şartlara dayanıklı olarak kullanabilmektedirler. Hareketli oluşlarında dolayı lastik tekerlekli modeller giderek yaygınlaşmaktadır.

İşletmede ikişer adet olmak üzere toplam 4 adet yardımcı iş makinası bulunmaktadır. Bunlardan yalnızca dozere (Komatsu) ilişkin teknik özellikler Çizelge- 4.7 başlığı altında verilmiştir.

**Çizelge-4.7 Dozerin Teknik Karakteristikleri . [15]**

Adet	2
Tür	155 A
Çalışma ağırlığı, (ton)	33.69
Motor Gücü, (HP)	320
Güç/makina ağırlığı, (HP/ton)	9.5
Bıçak Kapasitesi, (m <sup>3</sup> )	10.4
Bıçak Uzunluğu, (mm)	4130
Bıçak Genişliği, (mm)	1590
Bıçağın zeminden kaldırma yüksekliği, (mm)	1560
Bıçağın zeminden aşağı indirme yüksekliği, (mm)	560
Max.hız, (km/h)	10-12

Ayrıca tipik bir dozerin şematize edilmiş görünümü, Şekil-4.2’de verilmiştir



**Şekil- 4.2 Şematize Edilmiş Bir Dozerin (a) Önden Görünüşü, (b) Yandan Görünüşü**

Yardımcı makinalardan dozer ve greyderin çalışma sürelerinin verimlilik açısından değerlendirilmesine Çizelge-4.8'de, grafiksel gösterimine ise Şekil-4.3'de yer verilmiştir. Çizelge-4.8 ve Şekil-4.3 birlikte incelendiğinde aşağıdaki değerlendirmeler elde edilmektedir:

- Bu ekipmanlardan 2 adet dozer, yıl içinde toplam 4644 saat/yıl çalışmıştır. Ortalama olarak bir dozer başına düşen süre ise, 2322 saat/yıl olarak gerçekleşmiştir. Bekleme süreleri toplam 1420 saat/yıl olup, çalışma süresinin yaklaşık %59'una karşılık gelmektedir. Hemen farkedileceği üzere, dozer çalışma süresinin yaklaşık 1/5'ini arıza ve bakımda geçirmiştir. Nitekim, mekanik mevcudiyet büyüklüğünün %81.1 düzeyinde olması bunun açık bir göstergesi olmaktadır. Ancak, bu değere rağmen mekanik verimin %46.7 mertebesine ulaşması sözkonusu bu ekipmanın şimdiye kadar incelenen tüm ekipmanlar içinde en fazla iş yaptığına işaret etmektedir.

- İşletmedeki toplam 2 adet greyderin toplam çalışma süresi ise 4632 saat/yıl olarak gerçekleşmiştir. Bir tek greydere düşen ortalama çalışma süresi de 2316 saat/yıl'dır. Bekleme süresi açısından değerlendirildiğinde ise, %94 ile toplam 2981 saat/yıl (2810 saat/yıl bir tek greyder için) oldukça büyük bir süre greyderlere iş verilmemiştir. Arıza süresinin ise dozerdekinden daha düşük olduğu (134 saat/yıl) açıkça görülmektedir. Buna bağlı olarak mekanik mevcudiyet değeri de %92.85 olup, mekanik verimi ise %30.4 düzeyinde hesaplanmıştır. Buradan, greyderin kullanıma hazır net mekanik büyüklüğünden yeterince yararlanılamadığı sonucu bir kez daha önem kazanmaktadır..

- Özellikle, dozerde kış aylarında arıza sürelerinin artmasının, özellikle yağıştan ötürü, problemlerli dekapaj yollarının düzeltilme işlemleri sırasında yoğun bir şekilde çalışıldığı düşünülebilir.

**Çizelge-4.8** Yardımcı İş Makinalarının Çalışma Sürelerinin İncelenmesi

Ekipman Türü	Çalışma Süresi (saat/yıl)	Toplam süreler, (saat)				Mekanik Mevcudiyet, $M_m, (\%)$	Mekanik Verim $M_v, (\%)$
		Bekleme	Bakım	Arıza	Diğer İşler		
DOZER	2320	400	4	698	20	73,6	54,3
	2324	1020	12	241	12	88,6	39,1
	4644	1420	16	939	32	81,1	46,7
GREYDER	2313	875	19	120	7	92,37	48,4
	2319	1935	6	14	5	93,33	12,4
	4632	2810	25	134	12	92,85	30,4

**Açıklamalar**

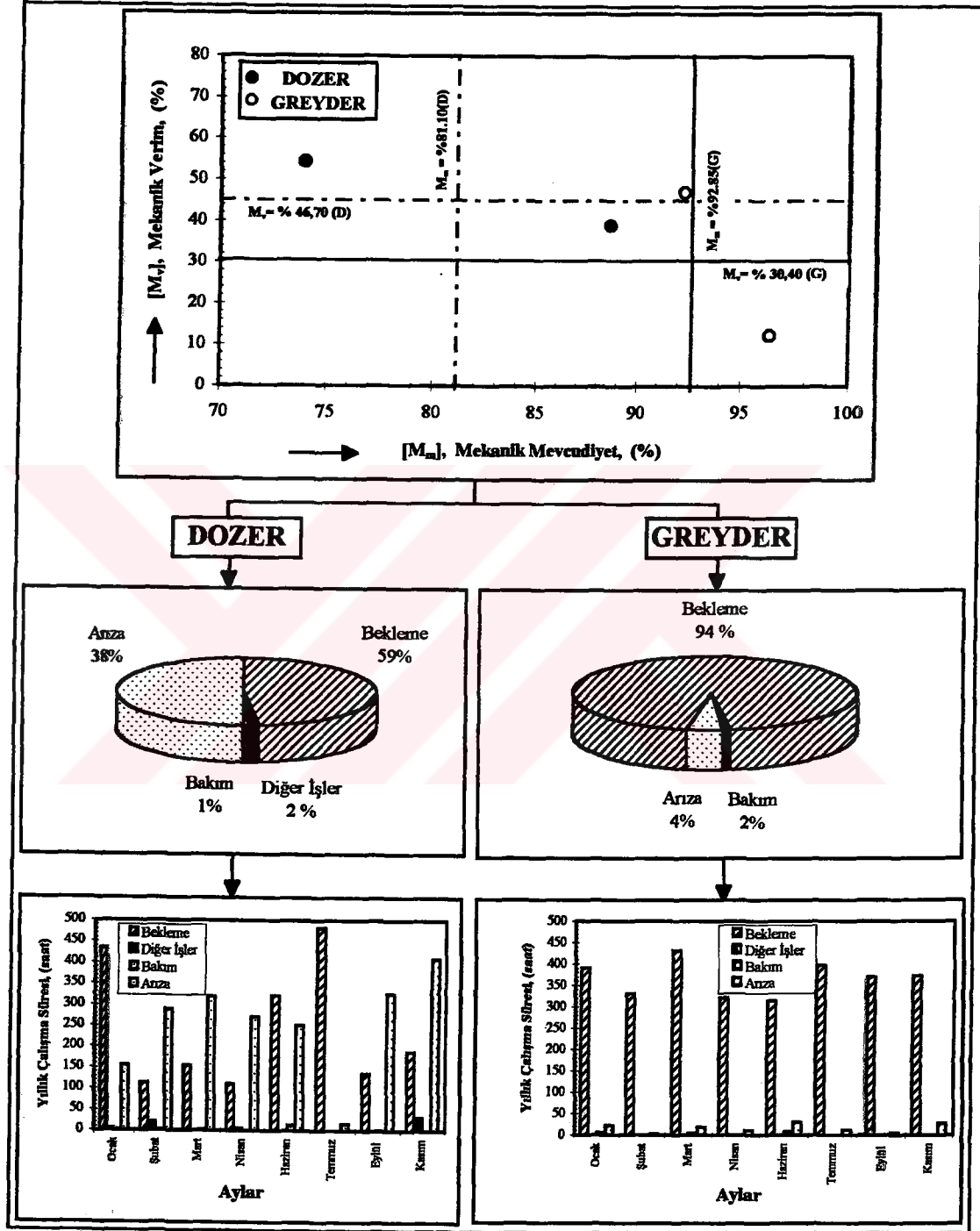
$$M_m = [t_{yc} - (b_y + a)] / t_{yc}$$

$$M_v = (t_N) / [t_{yc} - (b_y + a)]$$

$t_{yc}$  = Yıllık toplam çalışma süresi, (saat/yıl)  
 $t_{yp}$  = 300 (gün/yıl) x 10 (saat/gün)=3000 (saat/yıl)  
 $t_N$  = Net çalışma süresi, (saat/yıl)  
 $t_N$  = (Fiili çalışma süresi) - (Bekleme+Bakım + Arıza + Diğer işler), (saat/yıl)  
 $a$  = Yıllık arıza süresi, (saat/yıl)  
 $b_y$  = Yıllık Bakım Süresi, (saat/yıl)

[Bu hesapta  $(b_y + a)$  değerine, periyodik yıllık bakımdan dolayı, 125 saat için 45 dakika süre ile 1000 saat için 1 günlük süreler (toplam "90 saat") eklenmiştir.]





Şekil-4.3 Yardımcı İş Makinalarının Yıllık Çalışma Süreleri Açısından Verimlilik Analizi

#### 4.7 Tüm Ekipmanları Hesaplanan Mekanik Mevcudiyet ve Mekanik Verim Büyüklüklerinin İstatistiksel Analizi ve Değerlendirmesi

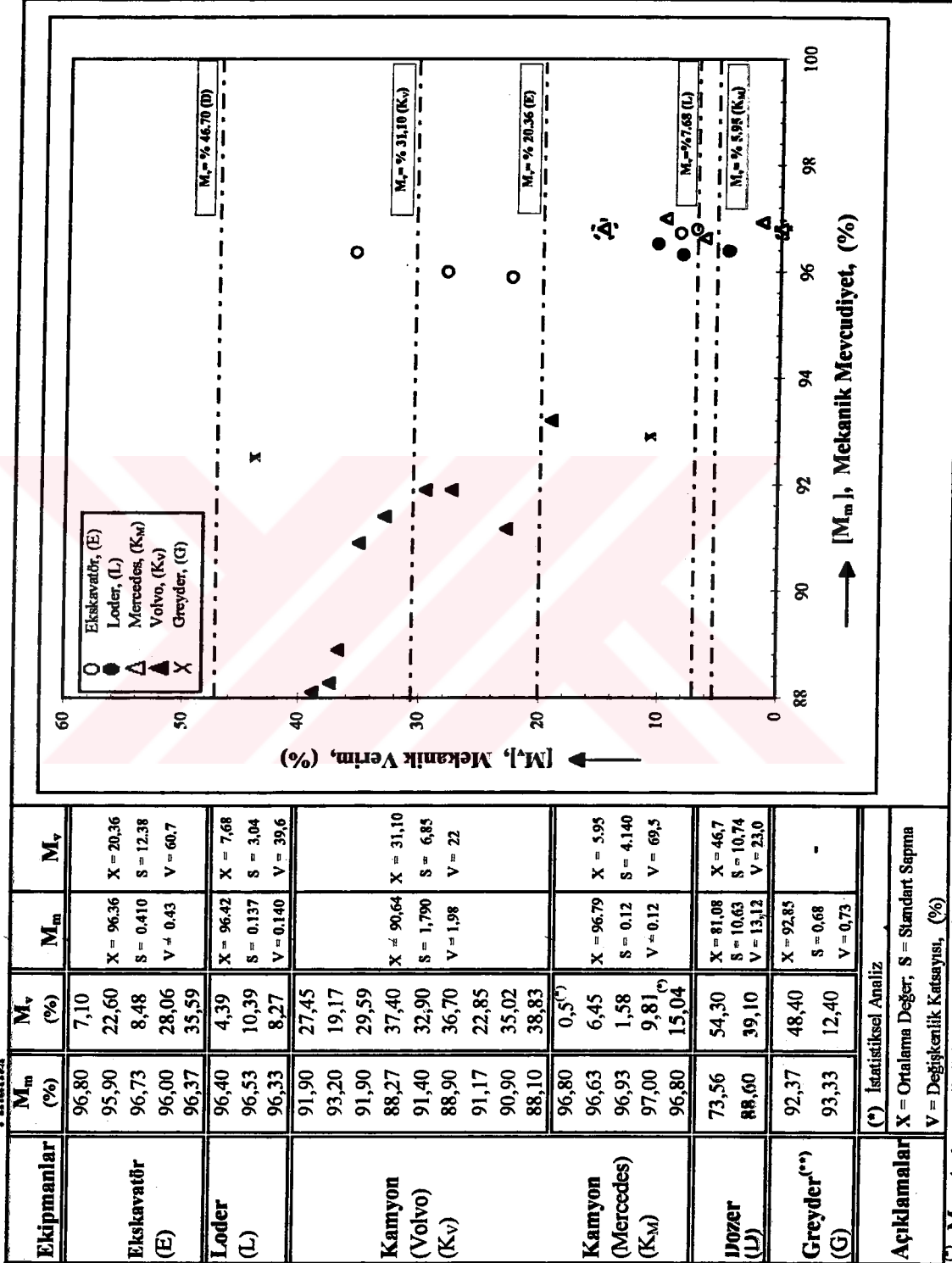
Buraya kadar, işletmede kullanılan tüm ekipmanların net kullanıma hazır mekanik büyüklüğü ( $M_m$ ) ile mekanik verimleri ( $M_v$ ); bekleme, bakım, arıza ve diğer işlerin, gerçekleşen yıllık çalışma süreleri içindeki payları, gerek işletme koşulları gerekse iklim gibi parametreler yönünden ayrıntılı olarak ayrı ayrı hesaplanarak değerlendirilmiştir.

Bu bölümde ise, hesaplanmış bu iki büyüklüğün (" $M_m$ ", " $M_v$ ") değişimleri mevcut sistem bazında araştırılarak istatistiksel analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analiz sırasında her ekipmanın ortalama değeri ile standart sapma (S) ve değişkenlik katsayıları (V, %) ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bu konuya ilişkin yapılan çalışmaya gerek sayısal gerekse grafiksel olarak Çizelge-4.9 çerçevesinde yer verilmiştir. Çizelgeden üretilen önemli değerlendirmeler şöyle özetlenebilir:

- Ekipmanların genel olarak (dozer haricinde) " $M_m$ " büyüklüklerinin, %92.85 - %96.74 gibi yüksek sayılabilecek bir düzeydedir. Nitekim, standart sapma değerlerinin %0.12-%0.41, ve değişkenlik katsayılarının %0.12-%1.98 değerleri alması, bu büyüklük ile ilgili değişim aralıklarının yukarıda belirtildiği gibi birbirlerine çok yakın değerler olmasıyla açıklanabilir. Diğer bir anlatımla, yıl içinde fiili olarak gerçekleşen "arıza ve bakım sürelerinin" toplam çalışma süresinden %2 - %10 arasında bir pay alması, net kullanıma hazır mekanik mevcudiyet büyüklüğü değişimini fazla etkilememektedir. Yardımcı iş makinalarından dozerde ise sözkonusu bu büyüklüğün  $M_m = %73.56 - %88.60$  aralığında değişimi diğer mevcut ekipmanlar için hesaplanan " $M_m$ " mertebelerine göre farklılık gösterdiği "arıza ve bakım sürelerinin" toplam çalışma süresinden %10.3 - %30.1 (bkz:Çizelge-4.8) arasında bir pay alması ile değerlendirilebilir.

Ekipmanların ortalama " $M_v$ " büyüklük değerlerinin %5.95 - %46.70, standart sapma değerlerinin %3.04 - %12.38 ve değişkenlik katsayılarının da %22 - %69.5 arasında değişen

Çizelge-4.9 Hesaplanan Mekanik Mevcudiyet ( $M_m$ ), Mekanik Verim ( $M_v$ ) Büyüklüklerinin Tüm Ekipmanlar Bazında İstatistiksel Analizi



(\*) Mercedes kamyon ile ilgili bu iki veri " $M_m$ " büyüklüğü açısından "ekstrem nokta" olarak kabul edilerek ortalamaya dahil edilmemiştir.  
 (\*\*\*) Greydere ait gerek veri sayısındaki yetersizlik, gerekse veriler arasındaki merkeze farklılığından ötürü, " $M_m$ " büyüklüğü için istatistiksel analiz uygulanmamıştır.

değerler aldığı saptanmıştır. Burada özellikle, standart sapma ve değişkenlik katsayılarının yüksek oluşu, “net çalışma sürelerini doğrudan etkileyen ve ekipmanlara yeterince iş verilemeyişi” sonucu artan “bekleme süreleri” değerlerindeki dalgalanmalar ile açıklanabilir.

• Dekapajda, “Ekskavatör-Kamyon<sub>(volvo)</sub>”, kömürde ise, “Loder- Kamyon<sub>(mercedes)</sub>” ekipmanları bir "sistem" olarak ele alındığında, “mekanik verim “M<sub>v</sub>” büyüklüğü mertebelerinin birbirlerine çok yakın değer almaları dikkat çekicidir. Bir örnek vermek gerekirse;

$$\text{“Ekskavatör} \rightarrow M_v = \%20.36 \text{ - Kamyon}_{(volvo)} \rightarrow M_v = \%31.10\text{”}$$

$$\text{“Loder} \rightarrow M_v = \%7.68 \text{ - Kamyon}_{(mercedes)} \rightarrow M_v = \%5.95\text{”}$$

olarak hesaplanmıştır. Sözkonusu bu değerler, açık işletmelerde bu tür analizlerin, sistemdeki ekipmanların çalışma sırasında, birbirleri ile süreklilik gerektirdiği ve mekanik verim hesaplamalarında, ekipmanların bir sistem olarak da mutlaka değerlendirilmeleri gerektiği yönünde önemli bir sonuca işaret etmektedir.

• Dozer ve greyderde ise, “M<sub>m</sub>” büyüklüğü standart sapma ve değişkenlik katsayısı bazında :  $S_{(D)} = 10.63 - S_{(G)} = 0.68$ ;  $V_{(D)} = \%13.12 - V_{(G)} = \%0.73$ ; “M<sub>v</sub>” büyüklüğü ise  $S_{(D)} = 10.74 - V_{(D)} = \%23$  hesaplanmıştır. Sözkonusu “M<sub>v</sub>” büyüklüğü greyder için, gerek veri yetersizliği gerekse mertebedeki dalgalanmanın sağlıklı bir değerlendirmeyi negatif yönde etkileyebilirliği düşüncesinden hareketle, istatistiksel analiz yöntemiyle değerlendirme dışında bırakılmıştır.

Ayrıca, incelenen bu konunun bütünselliğini sağlamak üzere; gerçekleşen bu çalışma süreleri, Mekanik Verim büyüklüğü açısından “teorik bazda”, diğer bir anlatımla; model işletmenin yıllık programlanan çalışma süresi olan 3000 saate göre hesaplandığının da ise,

$$\text{“Ekskavatör} \rightarrow M_v = \%79.50\text{”} \text{ - “Kamyon}_{(volvo)} \rightarrow M_v = \%83.51\text{”}$$

$$\text{“Loder} \rightarrow M_v = \%49.20\text{”} \text{ - “Kamyon}_{(mercedes)} \rightarrow M_v = \%52.63\text{”}$$

olarak hesaplanmıştır. Dikkat edileceği üzere; öngörülen değerler teorik değerlerden (ideal şartlarda olması gereken değerler) gerek "sistem" gerekse "ekipman" bazında %70-%85 oranında birbirlerinden farketmektedirler.

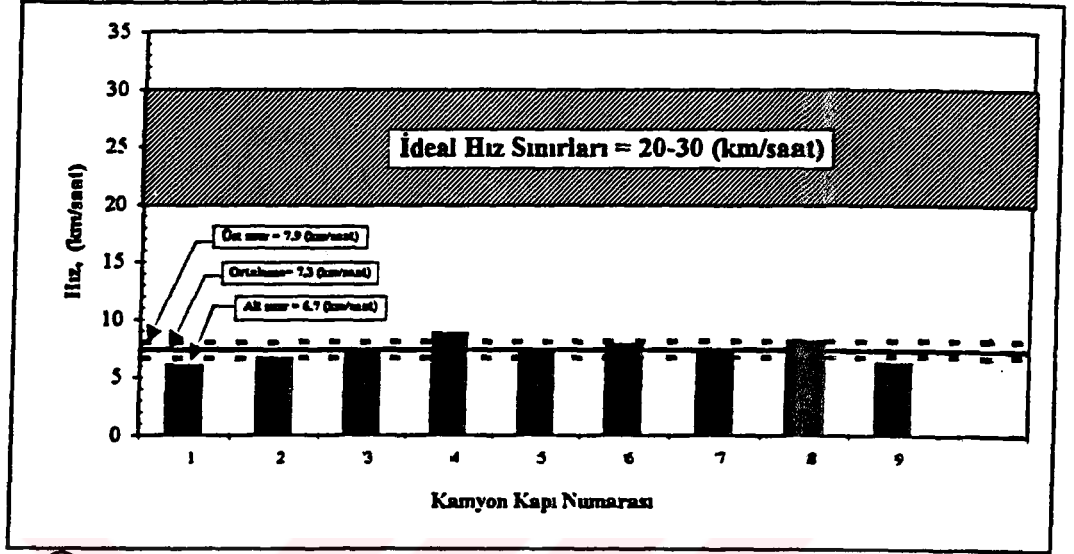
#### **4.8 Ekipmanların Çalışma Verimliliğine Etki Eden Hız ve Yakıt Tüketim Büyüklükleri Açısından İrdelenmesi**

Burada, çalışma süreleri üzerinde ekipman hızlarının ve yakıt tüketim büyüklüklerinin etkisini incelemek üzere, "net çalışma süresi" (saat), "toplam sefer sayısı", "taşınan malzeme miktarı" (m<sup>3</sup>), "toplam yakıt tüketimi"(lt), büyüklükleri ve bunların birbirleri ile olan ilişkileri, araştırılmıştır.

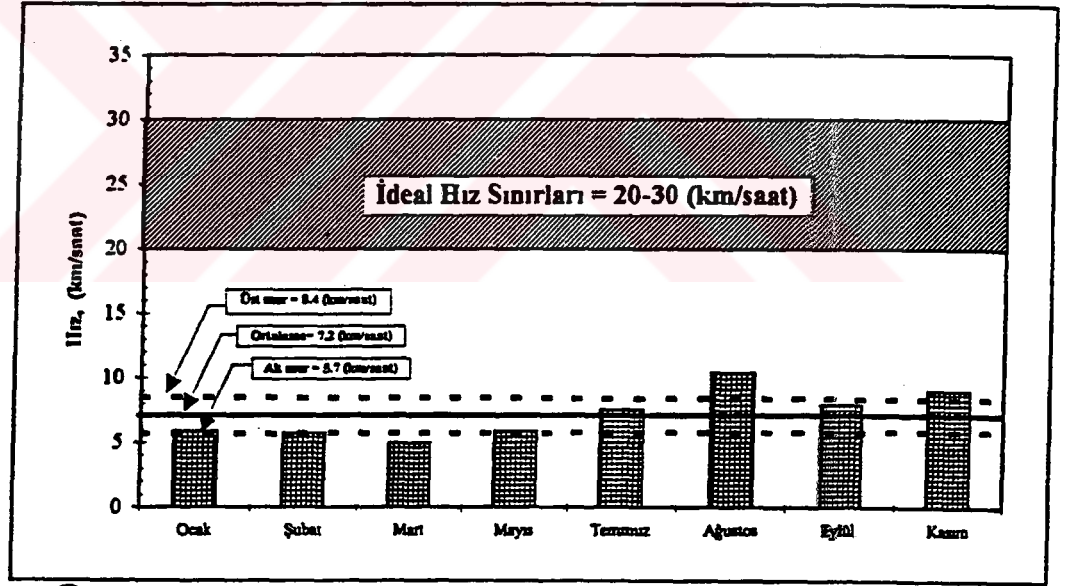
Öncelikle, ekipmanların hızları "toplam mesafe (km)" büyüklüğü "net çalışma süresi (saat)" büyüklüğüne oranlamak suretiyle, ekipmanların hızları "km/saat" olarak hesaplanmıştır. Ancak, sözkonusu bu hız değerleri hesabı, yalnızca volvo kamyon için gerçekleştirilebilmiştir. Bu konuya ilişkin yapılan çalışmaya Şekil-4.4 çerçevesinde yer verilmiştir. Şekil dikkatlice incelendiğinde şu değerlendirmeler ön plana çıkmaktadır:

- Aynı tür kamyonlar için ortalama hız değerinin 7.3 km/saat düzeyinde olduğu, %95 güven aralığında ortalamanın alt ve üst sınır değerlerinin 6.7 km/saat - 7.9 km/saat arasında değiştiği hesaplanmıştır. Kamyonun ideal şartlarda hız sınırları ise, 20-30 km/saat mertebesinde değişmektedir. Buradan, fiili hız sınırlarının ideal hız sınırlarının çok altında yer aldığı, açıkça farkedilmektedir.

- Yine aynı tür kamyonlar için, özellikle kötü hava koşullarının etkisi araştırılmak üzere, aylar bazında hız değerlerinin analizi yapılmıştır. Nitekim Şekil-4.4 b'den de hemen anlaşılacağı üzere, Ocak ve Şubat aylarında hız değerleri ortalamanın alt sınırında, Mart ayında ise, ortalamanın alt sınırı olan 5.7 km/saat 'in bile altında yer almıştır. Ağustos ayında ise, fiili hız değerinin 10 km/saat üzerinde olması, kötü hava koşullarının dekapaj yollarında taşıma işlemlerinin zorlaştırdığını ortaya koymaktadır. Bir önceki değerlendirmede olduğu gibi



(a)

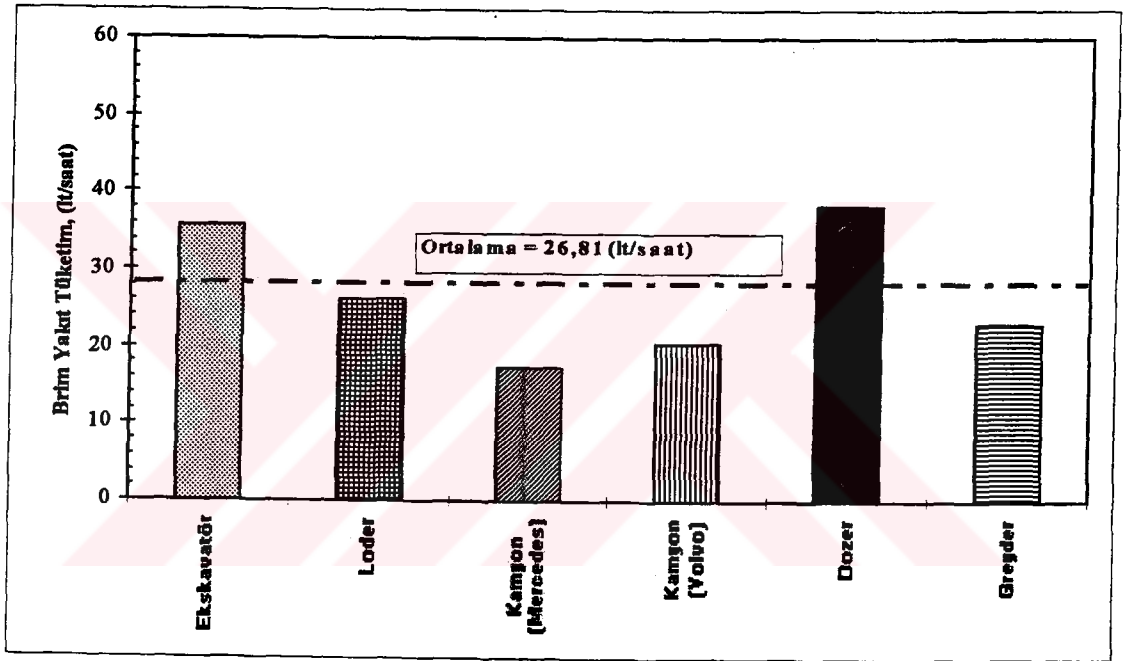


(b)

Şekil-4.4 Kamyonların İdeal-Gerçekleşen Hız Sınırlarının, (a) Kullanılan Aynı Tür Kamyonlar İçin, (b) Bunların Aylık Baza Göre Dağılımları

burada da öngörülen fiili hız değerleri ideal hız değerlerine ulaşamamış, daha da önemlisi bu değerlerin çok altında kalmıştır.

Ekipmanlar bazında yakıt tüketim değerlerinin merteye ve değişimleri ise, Çizelge-4.10 ve Şekil-4.5’de belli bir ayrıntıda konu edilmiştir.



Şekil-4.5 Birim Yakıt Tüketimlerinin Ekipmanlar Bazında Dağılımları

Çizelge-4.10 ve Şekil-4.5 birlikte değerlendirildiğinde; yakıt tüketimde en büyük değer 46.827 (lt/saat) ile dozerde, en küçük değer ise 16.641 (lt/saat) ile mercedes kamyonda gerçekleşmiştir. Ekipman hızlarının özellikle kamyonda minimum ideal hız sınırına ulaşması, 16.641 (lt/saat) - 20.560 (lt/saat) olarak gerçekleşen yakıt tüketim mertebelerini daha da aşağılara çekebilir.

**Çizelge-4.10 Ekipmanların Toplam ve Birim Yakıt Tüketim Değerleri**

<b>Ekipman Türü</b>	<b>Toplam Yakıt Tüketimi (lt)</b>	<b>Toplam Motor Saati (saat)</b>	<b>Birim Yakıt Tüketimi (lt/saat)</b>	<b>Ortalama Birim Yakıt Tüketimi (lt/saat)</b>
<b>EKSKAVATÖR</b>	153 781	4 608	33.373	32.707
	35 856	4 280	8.378	
	389 743	7 775	50.128	
	173 366	5 572	31.114	
	186 621	5 156	36.195	
<b>LODER</b>	119 553	4 674	25.578	22.233
	35 533	1 352	26.282	
	2 686	181	14.840	
<b>KAMYON (Mercedes)</b>	117 341	8 161	14.378	16.641
	102 174	6 136	16.652	
	132 933	7 642	17.395	
	143 813	10 288	13.979	
	204 225	9 817	20.803	
<b>KAMYON (Volvo)</b>	198 056	8 834	22.420	20.600
	254 160	12 562	20.232	
	174 525	8 507	20.515	
	231 021	11 053	20.901	
	218 985	10 154	21.566	
	171 006	8 706	19.642	
	169 069	8 637	19.575	
	158 079	7 493	21.097	
188 585	9 691	19.460		
<b>DOZER</b>	242 252	5 065	47.829	46.827
	206 031	4 496	45.825	
<b>GREYDER</b>	211 175	4 760	44.364	28.619
	5 883	457	12.873	



#### 4.9 Öngörülen Fiili Kapasite ve Birim Taşıma Mesafesi Büyüklüklerinin Hesabı

Örtü malzemesinin döküm sahasına kamyonlarla nakledilmesi sonucu öngörülen kamyon türüne ve aylara göre “Fiili kapasite ( $Q_F$ )” ve “Bir kamyon başına düşen ortalama taşıma mesafesi ( $L$ )” büyüklükleri, aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır

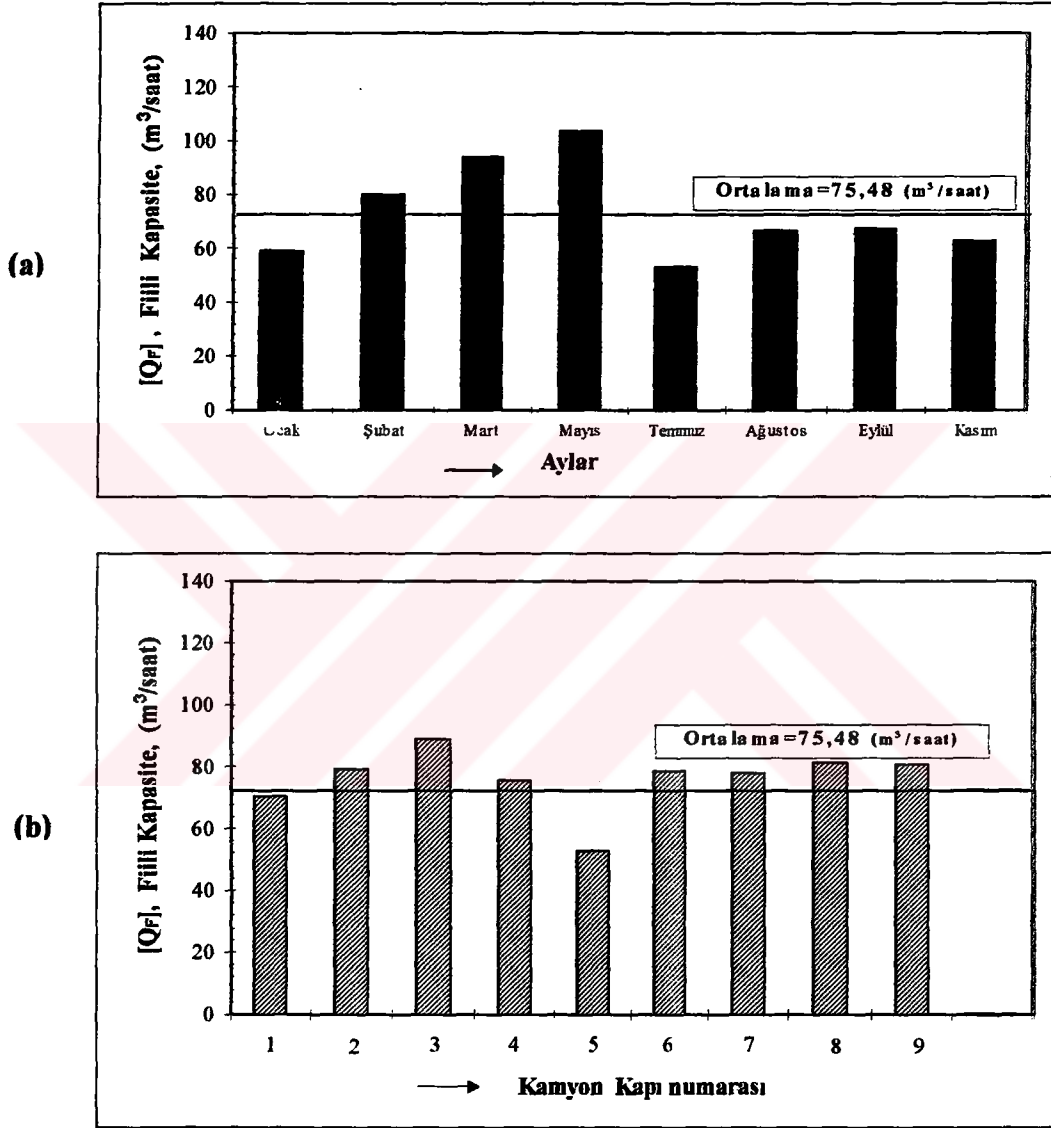
$$Q_F = \frac{\text{Nakledilen Dekapaj Miktarı, (N)}}{\text{Net Çalışılan Süre, (t_N)}}, \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{saat}} \right]$$

$$L = \frac{\text{Toplam Mesafe}}{\text{Toplam Sefer Sayısı}}, \left[ \frac{\text{km}}{\text{adet}} \right]$$

ve bu çalışmanın grafiksel gösterimine, Şekil-4.6 (a ve b)’de yer verilmiştir.

Şekil-4.6 ‘dan da anlaşılacağı üzere;

- 1-9 olarak verilen volvo kamyonların kapı numaralarına göre kamyonların kendi içlerindeki saatlik kapasite değerleri, 5 no’lu kamyon haricinde ortalama değerin (75.48 m<sup>3</sup>/saat) üzerinde yer alarak mertebe uyumu göstermektedirler. Bu ekipmanların işletmeye ilk almış yılı 1992 olduğu dikkate alındığında; sözkonusu bu değerin, 4 yıllık kamyon kullanım ömrü için, oldukça düşük değerlendirilebilecek bir kapasite olduğu açıkça farkedilmektedir. (Şekil-4.6 a)



Şekil-4.6 Kamyonların Öngörülen Fiili Kapasite Büyüklüklerinin, (a) Aylara göre ile (b) Aynı Tür Kamyon Bazında Trendleri

- Toplam 9 adet volvo kamyon genelinde öngörülen fiili kapasite ortalaması, 75.48 (m<sup>3</sup>/saat) olup, en düşük kapasite yaklaşık 55 (m<sup>3</sup>/saat) ile Temmuz ayında en yüksek kapasiteye, 105 (m<sup>3</sup>/saat) ile Mayıs ayında gerçekleşmiştir (Şekil-4.6 a). Ocak ayından başlayarak Mayıs ayna doğru %20-%25'lik oranlarla kapasite artışı, yine kötü hava şartlarının işletmedeki çalışma koşullarını olumsuz yönde etkilenmesinden kaynaklanabilmesi ile açıklanabilir. Ağustos, Eylül ve Kasım aylarının kömür üretici firmaların üretim ve satış işleri açısından önemli sayılacak bir sezon olduğu unutulmamalıdır.

Kamyonların "toplam çalışma süreleri (t<sub>N</sub>)" ile "toplam nakledilen malzeme miktarları (N)" arasında toplam 128 adet veri<sup>(\*)</sup> gerek "volvo kamyon"(96 adet veri), gerekse "mercedes kamyon"32 adet veri) için ayrı ayrı değerlendirilerek denenen regresyon analizlerinde, bu iki büyüklük arasında oldukça anlamlı sayılabilecek pozitif korelasyonlu,

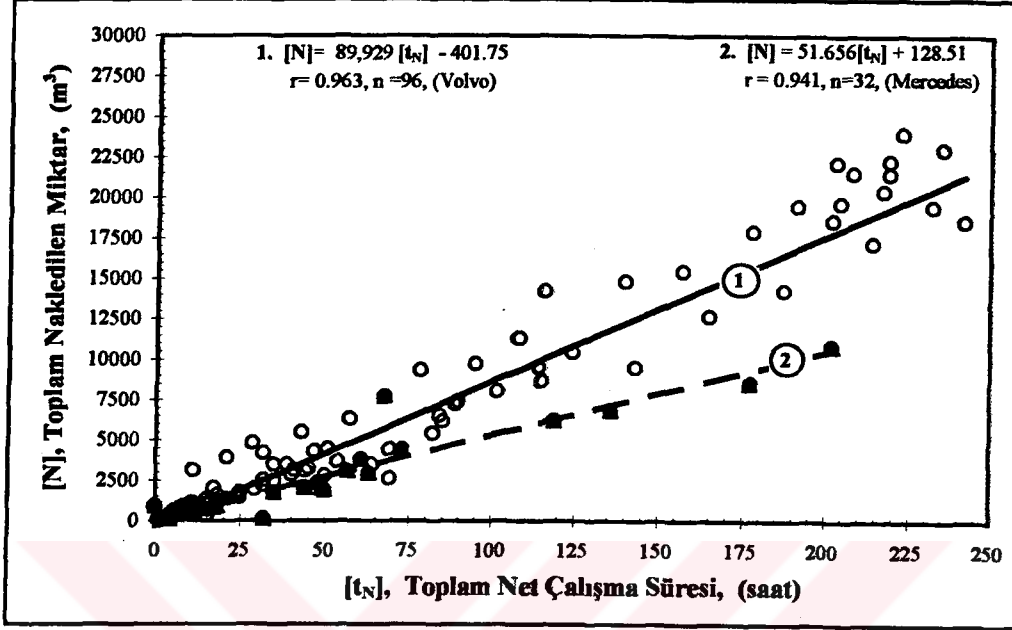
$$[N_{(volvo)}] = 89.929 [t_N] - 401.05, \quad (r = 0.963, n = 96)$$

$$[N_{(mercedes)}] = 51.456 [t_N] + 130.51, \quad (r = 0.941, n = 32)$$

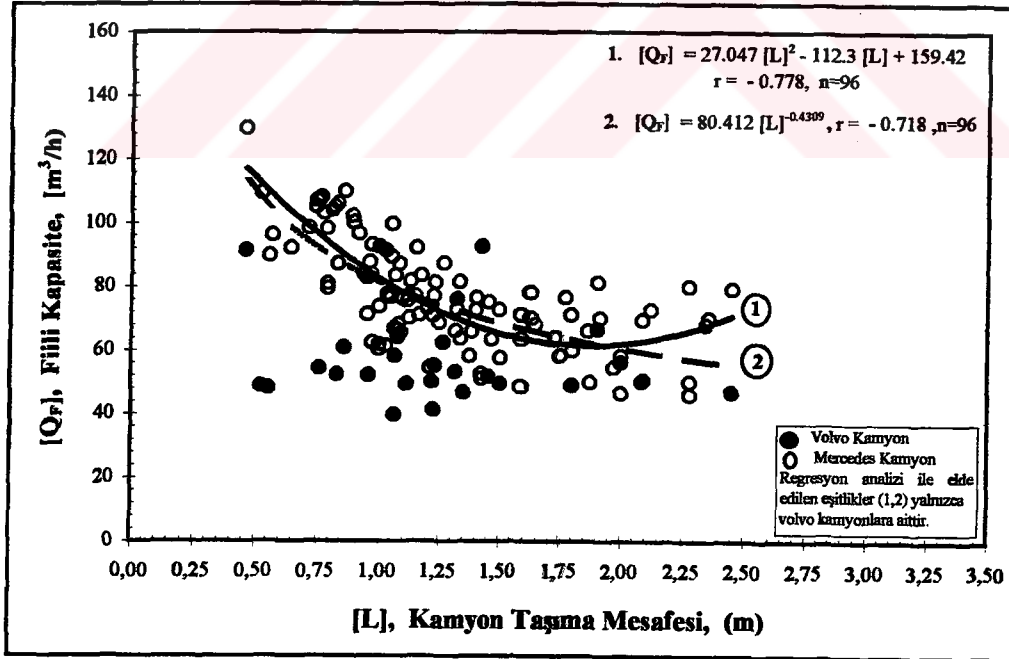
bağıntılar elde edilmiştir. (Şekil-4.7). Gerek şekil gerekse yukarıdaki bağıntılardan da hemen farkedileceği üzere; birim saatte nakledilen miktar, mercedes kamyonlarda volvolardakine oranla daha düşük mertebede gerçekleşmiştir. Nitekim, nakledilen malzeme miktarlarının volvo kamyonda 14.5 m<sup>3</sup>, mercedes kamyonda ise 11 m<sup>3</sup> kamyon kasa hacimlerinde gerçekleştirildiği ve buna bağlı olarak da farklı taşıma kapasitelerine ulaşıldığı, elde edilen bağıntılardaki katsayılardan da açıkça görülmektedir.

Ayrıca, "Q<sub>F</sub>" ve "L" büyüklüklerinin birbirleriyle olan ilişkileri, yine regresyon matematiği yardımıyla ve Şekil-4.8'de araştırılmıştır.

(\*) Hipotetik bir model işletme oluşturmak amacıyla bir "X" ocağı işletmesinden elde edilen sözkonusu bu veriler, "değiştirilmek" ve bu tez konusu kapsamındaki "hipotetik modele uyarlanmak" suretiyle değerlendirilmiştir. Elde edilen değerlendirme ve sonuçlar yalnızca tez sahibine aittir. Herhangi bir üretici firma, kurum veya kuruluşu hiç bir şekilde bağlamaz.



Şekil-4.7 "N (m<sup>3</sup>)" ile "t<sub>N</sub> (saat)" Büyüklükleri Arasındaki İlişkilerin Regresyon Analizi ile Araştırılması



Şekil-4.8 "Fiili Kapasite [Q<sub>F</sub>]" ile "Taşıma Mesafesi [L]" Arasındaki Regresyon Analizi

Şekil-4.8'deki grafiksel gösterim incelendiğinde ise şu önemli değerlendirmeler ortaya çıkmaktadır:

- Taşıma mesafeleri “L” ve fiili kapasite “Q<sub>F</sub>” büyüklükleri arasında denenen regresyon analizinde,ve bu iki büyüklük arasında korelasyon katsayısı,  $r = -0.778$  ve  $r = -0.718$  ile temsil edilen negatif korelasyonlu bağıntılar (1 ve 2 no'lu) elde edilmiştir. Diğer kelimelerle, artan taşıma mesafesinde öngörülen fiili kapasite değerlerinin azaldığı saptanmıştır. Söz konusu bu değerlendirme, yalnızca volvo kamyonuya yöneliktir. Zira, bu regresyon analizi, aynı büyüklükler arasında mercedes kamyonlar için de denenmiş, ancak herhangi bir korelasyon elde edilememiştir. Elde edilen her 1 ve 2 no'lu bağıntının ortak olarak, 0.75 km - 1.7 km arasında birbirleriyle iyi bir uyum sergilemesi oldukça dikkat çekicidir.

## 5. VERİMLİLİK İLE İLGİLİ YAPILACAK ÖLÇÜM VE DEĞERLENDİRMELER

### 5.1 Genel

Açık ocak kömür işletmelerinde taşımacılıkta yaygın olarak kamyonlar kullanılmaktadır. Kazı ve yükleme işini gerçekleştiren ekskavatörler tarafından doldurulan kamyonlar, hafriyat döküm sahalarına gider ve yükünü boşalttıktan sonra ekskavatöre geri dönerler. Bazen yakıt almaya veya arızalanarak onarım merkezine gitmeleri gerekir. Düzenli olarak vardiya başlarında, sonlarında ve molalarda kamyon park yerlerine giderler. Bazen ekskavatör önünde, onarım için veya yakıt alırken, önlerinde başka bir kamyon varsa kuyrukta beklerler. Bu bekleme durumları; yükleme, boşaltma, onarım ve yakıt alma zamanlarındaki değişim ve kamyonların bu noktalara ulaşmaları arasında geçen sürenin değişken olmasından kaynaklanmaktadır.

Bekleme sürelerinin artışı, işletmede üretkenliği azalttığı gibi genel işletme maliyetlerini arttırmaktadır. Kamyon sayısı arttıkça bu bekleme sürelerinin artacağı dolayısıyla kamyonların veriminin düşeceği açıktır. Kamyon sayısı gereğinden fazla olduğunda, uzun kuyruklar oluşmakta, eğer kamyon sayısı yeterinden az ise ekskavatör zamanının büyük bir kısmında boş kalmakta ve kullanım oranı düşmektedir. Bu sebepten dolayı ekskavatör kamyon sisteminin toplam maliyetini, birim üretim başına en aza indirgeyecek optimum kamyon sayısını belirlemek önem kazanmaktadır. [16, 17, 18]

Bekleme süreleri yanında kamyonların doldurulma, boşaltma, dolu ve boş gidiş geliş süreleri de önemlidir.

Buradan hareketle, işletmede ekipmanların çalışmaları sırasında, yerinde zaman ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

## 5.2 Kronometraj Ölçüm Verileri

Kazı ve taşıma işlerinin verimli bir şekilde yapılabilmesi için ekskavatör ve kamyonun kazı ve taşıma sürelerinin (cycle time, tur zamanı veya döngü) önemi büyüktür.

Bu ölçümler sırasında ekskavatör için, kepçenin ayna dibinden başlayarak kazma, kaldırma ve dönüş hareketini tamamladıktan sonra kepçedeki malzemeyi kamyon kasasına boşaltmasından ilk konumuna gelinceye kadar geçen süre 1 cycle olarak esas alınmıştır.

Kamyonlarda ise ölçüm sırasında, kamyonun 1 cycle'ı veya tur zamanı; ekskavatörün kamyonu doldurma zamanı, döküm sahasına gidiş ile boşaltma süresi, döküm sahasından dönüş süresi ve ekskavatöre yanaşma sürelerinin toplamı olarak değerlendirmelerde dikkate alınmıştır.

Söz konusu bu ölçümler, dekapaj işleminin gerçekleştirildiği 10-12 m'lik basamakta kazı işlemini yapan, 4 m<sup>3</sup> kepçe hacimli 1 ekskavatör (Hitachi-700B) ile, taşıma işlemini yapan 14,5 m<sup>3</sup>'lük kasa hacimli 3 adet volvo kamyonun, basamağa paralel olarak bir çalışma sistemi ortamında modellenmiştir. Büyük bir hassasiyetle gerçekleştirilen bu ölçümler sonucu elde edilen veriler, Çizelge-5.1 de topluca verilerek, Şekil-5.1'de değerlendirilmiştir. Çizelge-5.1 dikkatlice incelendiğinde, şu önemli değerlendirmeler ön plana çıkmaktadır:

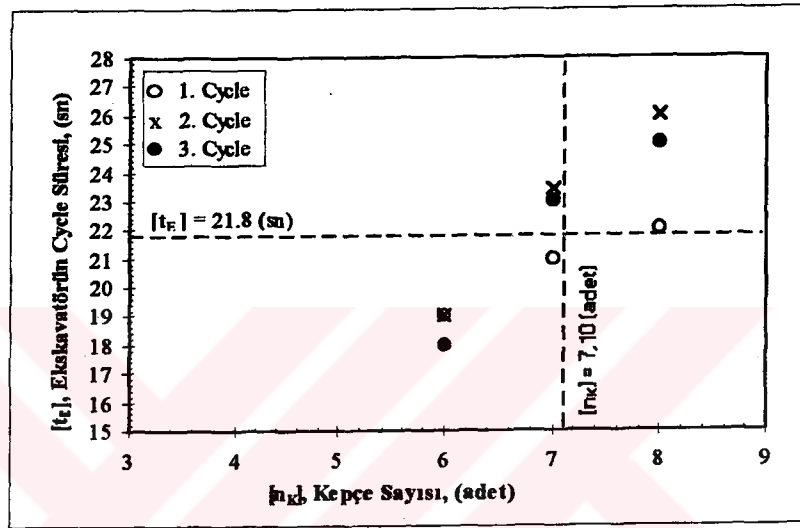
- Ekskavatörün kamyonu doldurduğu kepçe sayısı 6-8 adet arasındadır. Ortalaması ise 7 adet olarak hesaplanmıştır. Dikkat edileceği üzere, ekskavatörün kamyonu doldurması için gerekli kepçe sayısı yüksektir. Zira, kamyon seçiminde dikkat edilecek önemli bir nokta, ekskavatör kapasitesi ile iyi bir uyum içinde olmasıdır. Nitekim, ideal bir yüklemde,

Çizelge-5.1 Ekskavatör ve Kamyonların Ölçüm Verileri ve İstatistiksel Analizi

Tur sayısı	Kamyon Kapı numarası	Ekskavatör		Kamyon	
		Keçe sayısı, (adet)	Cycle süresi, (sn)	Cycle süresi, (sn)	Bekleme Süresi (sn)
1. TUR	3	8	22	417	89.4
	7	6	19	405	42
	8	7	21	432	52
	• Ortalama	7.17	21.88	418	61
	• Standart Sapma	0.98	1.50	13.52	24.98
	• Değişkenlik Katsayısı, (%)	13.7	6.86	3.20	40.86
2. TUR	3	8	26	444	28
	7	6	19	390	35
	8	8	23	408	32
	• Ortalama	7.33	21.97	414	31.66
	• Standart Sapma	1.15	1.59	27.50	3.51
	• Değişkenlik Katsayısı, (%)	15.74	7.20	6.64	11.10
3. TUR	3	7	25	418	35
	7	6	18	432	40
	8	8	23	385	38
	• Ortalama	7	21.36	412	37.66
	• Standart Sapma	1	0.85	24.13	2.68
	• Değişkenlik Katsayısı, (%)	14.2	3.98	5.86	7.06
<b>GENEL ORTALAMA</b>		7.10	21.80	418	31.43



bir kamyon için en fazla 3-6 arasında değişen kepçe (pas) sayısı verilmektedir. Belirlenen ölçümlerin ise, bu ideal ölçü sınırlarını aştığı açıkça görülmektedir. Bu durum ise, kazı sırasında parça boyutunun artmasıyla kepçe dolma faktörünün azalması ile açıklanabilir.



Şekil-5.1 Ölçüm Verilerinin Grafikselle Gösterimi

- Ekskavatörün cycle süresi, performans kitabından formasyon ve model işletme şartları esas alınmak üzere yaklaşık olarak 18-26 sn arasında değişen değerler alınmıştır. Ortalaması ise 21.8 sn düzeyinde hesaplanmıştır. Bu büyüklüğün standart sapma değeri ise 1.31, değişkenlik katsayıları ise, %6 olduğu hesaplardan elde edilmiştir. Bu hesaplamalardan da anlaşılacağı üzere, yapılan her üç adet ölçüm değeri birbirleriyle mertebe yakınsaklığı içinde olup iyi bir uyum göstermektedir

- Ekskavatörün kepçe sayısı arttıkça, doğal olarak cycle süresi de artmaktadır. Kamyon boşta bekleme sürelerine neden olan bu artışa paralel olarak da kuyruk oluşumu da kaçınılmaz olabilmektedir.

- Ekskavatörün kamyonu bekleme süresi ise, ölçüm değerlerinden ortalama olarak 43.44 sn düzeyinde hesaplanmıştır.
- Kamyonun 1 tam cycle süresi (tur süresi) ise ortalama 427 sn (~6.12 dak.) olarak alınmıştır. Toprak döküm sahasının ekskavatöre uzaklığı ise yaklaşık 1 km olarak belirlenmiştir.

### **5.3. Bilgisayar Destekli Simülasyonla Modelleme Yöntemleri**

Açık işletmelerde yaygın olarak kullanılan ekskavatör-kamyon sistemlerinde üretim kapasitesini doğru tahmin etmek ve optimum kamyon sayısını saptamak, gerek planlama, gerekse yatırım ve özellikle işletme maliyeti içinde taşıma maliyeti payını belirlemek açısından, son derece önemlidir.

Optimum kamyon seçiminde taşımacılıkla ilgili faktör ve parametrelerin çok değişkenli lineer çözüm teknikleri, bilgisayar destekli paket programlarla simülasyon yöntemiyle daha kolay hesaplanabilmektedir. [10, 16, 17, 18, 19, 20]. Bu tür hesaplamalarda,

- Kamyonun teknik özellikleri ,
- Taşınan malzemenin miktar ve özellikleri,
- Taşıma güzergahı ile ilgili bilgiler,
- Kamyonun yükleme, boşaltma, manevra süreleri,
- Yıllık çalışma süresi,
- Ekonomik kullanım ömrü

gibi parametrelerin fonksiyonel olarak birbirleri ile entegrasyonu kolaylıkla sağlanabilmektedir.

#### 5.4. Kamyon ve Ekskavatör Verimlerinin Saptanması

Burada, Çizelge-5.1' de konu edilen yerinde ölçüm değerlerinden hareketle, Kamyon ve ekskavatör verimleri, "OPSTCSIM" (Open pit- Shovels-Trucks & Conveyors Simulation) olarak adlandırılan, simülasyon modelleme sistemiyle hesaplanmıştır. [ 21, 22]

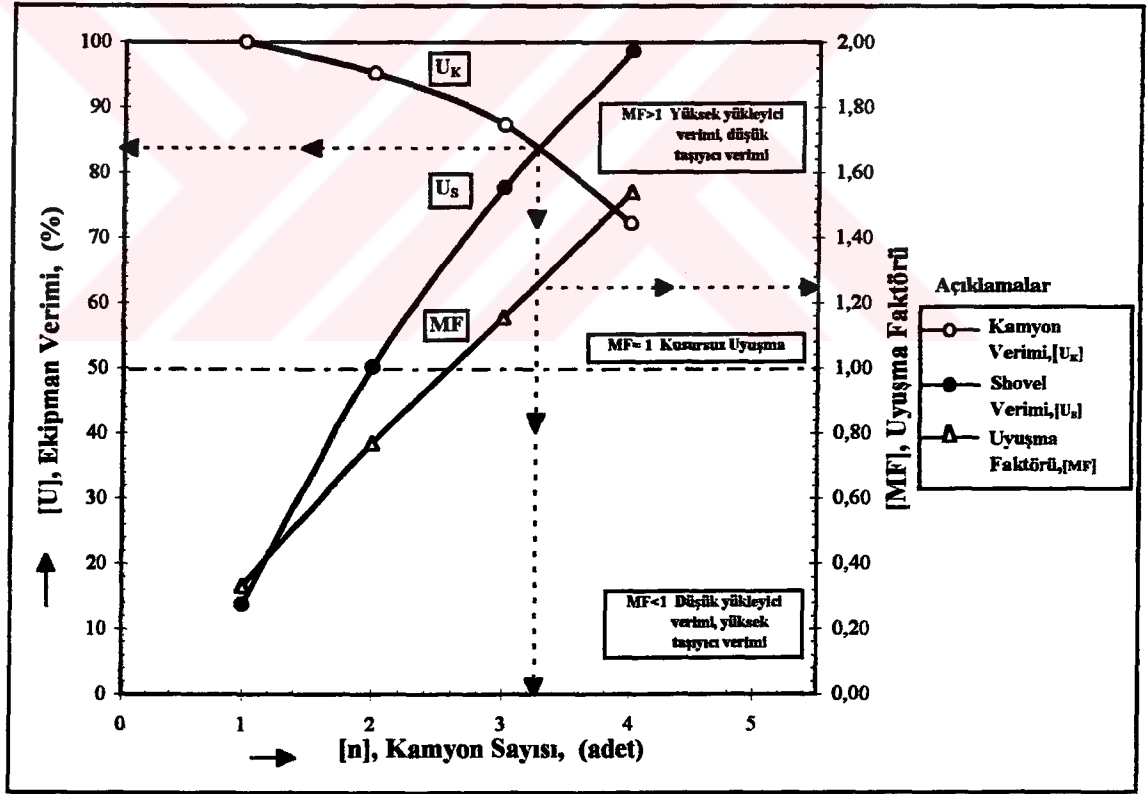
Burada, sistemin çalışma süresi 1000 dakika olarak kabul edilmiştir. Ayrıca, 1 ekskavatör ve 3 adet kamyon verisi yanında, toplam kamyon yüklenilen miktar veri olarak girilerek elde edilen kamyon ve ekskavatör verimleri, Çizelge-5.2'de bunların grafiksel gösterimine de Şekil-5.2'de yer verilmiştir. Gerek çizelge gerekse şekil birlikte değerlendirildiğinde, ortaya çıkan sonuçlar şöyle sıralanabilir:

- Kamyon sayılarını 1'den 4'e kadar arttırmak suretiyle, artan kamyon sayılarında ekskavatör kullanım oranı diğer bir anlatımla, ekskavatör veriminin arttığı, elde edilmiştir. Ancak kamyon veriminin ise artan kamyon sayısı ile ters orantılı olarak azaldığı belirlenmiştir. Daha sonra iki verimin kesim noktalarından optimum kamyon sayısı 3 adet olarak saptanmıştır.

- Ayrıca, uyuşma faktörü 1.25 olarak bulunmuştur. Bu ise, işletme faaliyeti sırasındaki 3 adet kamyon ve her iki ekipmanın (kamyon-shovelin) mekanik verim ve mekanik mevcudiyetinin %84 olduğuna işaret etmektedir. Hesaplanan "MF= 1.25" değeriyle, ideal uyuşma noktası olan "MF = 1" sınırı merteye olarak aşılmış ve "MF =1.25 > 1" olduğundan "yüksek yükleyici verimi, düşük taşıyıcı verimi"ne ulaşılmıştır. "MF" değerindeki bu artış, ekskavatör kapasitesinin mevcut kamyon kapasitesi ve dolayısıyla kamyon sayısının yeterli olamayacağına bir ölçüde işaret etmektedir. Bu nedenle, yerinde gerçekleştirilecek bu tür ölçüm sayılarının arttırılmasında yarar vardır. Zira, buradan elde edilecek veri sayısındaki artış, istatistiksel olarak yapılacak değerlendirmelerin prezisyonu açısından büyük önem taşımaktadır.

Çizelge-5.2 Ölçüm Verilerinden Hesaplanan Bazı Önemli Büyüklükler

Cycle Değerleri			Hesaplanan Büyüklükler			
Shovel		Kamyon	Kamyon Sayısı "n", (adet)	Ekipman Verimi, "U", %		Uyuşma Faktörü "MF"
Keçe (adet)	Süre (sn)	Süre (sn)		Shovel "U <sub>s</sub> ", (%)	Kamyon "U <sub>k</sub> ", (%)	
7.10	21.80	418	1	13.73	100.0	0.370
			2	50.16	95.2	0.741
			3	77.66	87.26	1.111
			4	98.62	72.10	1.481



Şekil -5.2 "t=1000 dakika" Çalışma Süresine Göre Simülasyon Yöntemiyle Saptanan "Kamyon Sayısı" "Ekipman Verimleri" ve "Uyuşma Faktörü" Büyüklüklerinin Optimizasyonu.

## **6. EKİPMAN VERİMLİLİKLERİNİN MALİYET ANALİZİ**

### **6.1 Genel**

İşletmedeki fiili çalışma sürelerinden elde edilen mekanik verim değerlerinin, kazı , yükleme ve taşımacılık alanlarındaki ekipmanlarla ilgili giderlerin, birim üretim maliyetleri üzerindeki etkisi, gerek “kapital maliyet”, “direkt işletme maliyetleri” açısından, ekipmanlar bazında ayrı ayrı incelenmiş ve bu bölüm başlığı altında konu edilmiştir. Ayrıca; bu büyüklüklerden “kapital maliyet + işletme maliyet” değeri de hesaplanmak suretiyle, işletmenin 8 yıllık dinamik ömrü süresince ve (1995-2002 yılları arası) bu maliyet büyüklüğünün değişim değerleri, “net bugünkü değer yöntemi” (net present cost value, NPCV) yardımıyla belirlenmeye çalışılmıştır.

### **6.2 Ekipmanların Kapital ve İşletme Maliyetlerinin Belirlenmesi**

#### **6.2.1 Kapital Maliyet Hesabı**

##### **6.2.1.1 Amortisman Hesabı**

Ekipmanların alınıp fiyatlarının kullanım süresi içindeki değerleri, azalarak değişen değerler almaktadır. Diğer bir anlatımla, amortisman değerleri azalmaktadır. Kapital maliyet hesaplarında da genellikle hangi kullanım süresi (yılı) için hesabı yapılacaksa o yıl için bu değer bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle, aşağıda amortisman hesabı ile ilgili yöntemler (Çizelge-6.1) ve kamyonlara ilişkin bu yöntemlerin uygulaması konu edilecektir. (Çizelge-6.2 )

Amortisman hesaplarında genellikle 3 yöntem kullanılmaktadır [23]. Bunlar;

- Doğrusal yöntem, (Straight Line Method)
- Azalmayı dengeleme yöntemi, (Declining Balance Method)
- Yılların dijit olarak toplamı yöntemi, (Sum of the Years' Digits Method)

**Çizelge-6.1 Volvo Kamyona İlişkin Amortisman Hesap Yöntemleri**

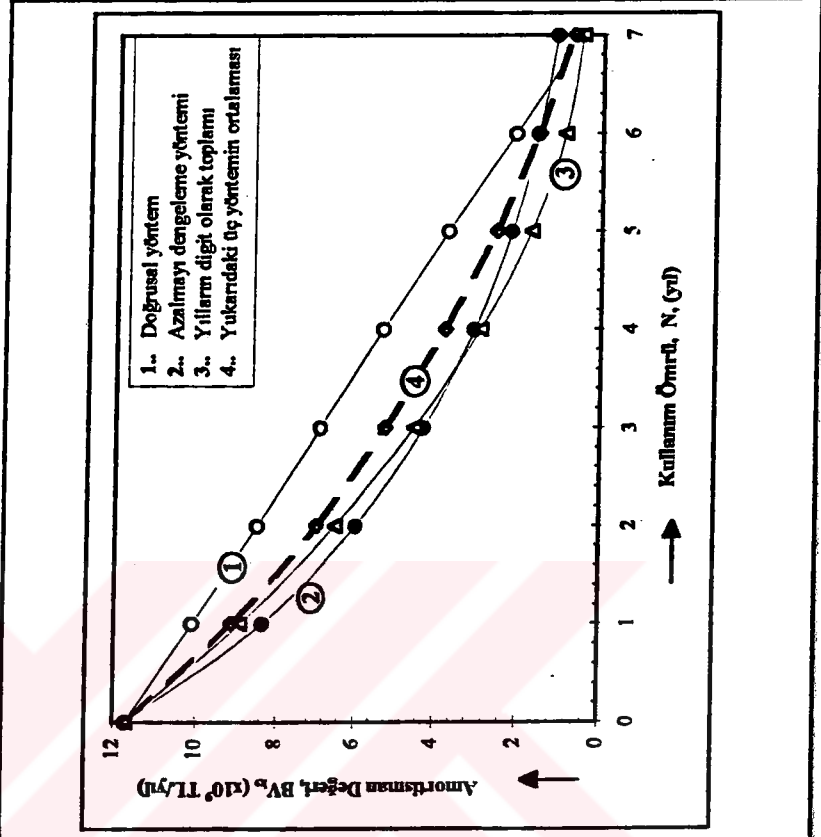
<b>Doğrusal Yöntem</b> (Straight Line Method)				
Kullanma Ömrü (k)	$d_k = \frac{M_a - H}{N}$	$D_k = \frac{k(M_a - H)}{N}$	$BV_k = M_a - \frac{k(M_a - H)}{N}$	Açıklamalar
1	1.6 x10 <sup>9</sup>	1.6x10 <sup>9</sup>	10.1 x10 <sup>9</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hurda değeri H= 0.5 x10<sup>9</sup> TL alınmıştır.</li> <li>• M<sub>a</sub>= Kapital maliyet</li> <li>• N = 7 yıl olarak kabul edilmiştir.</li> <li>• R = İzin verilebilir azalmayı dengeleme oranı. ( R= 2/N eşitliğinden R= 2/7 = 0.286 olarak hesaplanmıştır.)</li> <li>• D<sub>k</sub> = "k" sene içinde aşımının yıllık maliyeti</li> <li>• BV<sub>k</sub> = "k" sene sonra aşımın payında geriye kalan değeri.</li> </ul>
2	1.6 x10 <sup>9</sup>	3.2x10 <sup>9</sup>	8.5 x10 <sup>9</sup>	
3	1.6 x10 <sup>9</sup>	4.8x10 <sup>9</sup>	6.9 x10 <sup>9</sup>	
4	1.6 x10 <sup>9</sup>	6.4x10 <sup>9</sup>	5.3 x10 <sup>9</sup>	
5	1.6 x10 <sup>9</sup>	8.0x10 <sup>9</sup>	3.7 x10 <sup>9</sup>	
6	1.6 x10 <sup>9</sup>	9.6x10 <sup>9</sup>	2.1 x10 <sup>9</sup>	
7	1.6 x10 <sup>9</sup>	11.2x10 <sup>9</sup>	0.5 x10 <sup>9</sup>	
<b>Azalmayı Dengeleme Yöntemi</b> (Declining Balance Method)				
Kullanma Ömrü (k)	$d_k = M_a (1-R)^{k-1} \cdot R$	$D_k = M_a [1 - (1-R)^k]$	$BV_k = M_a [(1-R)^k]$	
1	3.35 x10 <sup>9</sup>	3.35 x10 <sup>9</sup>	8.35 x10 <sup>9</sup>	
2	2.39 x10 <sup>9</sup>	5.74 x10 <sup>9</sup>	5.97 x10 <sup>9</sup>	
3	1.70 x10 <sup>9</sup>	7.44 x10 <sup>9</sup>	4.26 x10 <sup>9</sup>	
4	1.22 x10 <sup>9</sup>	8.66 x10 <sup>9</sup>	3.04 x10 <sup>9</sup>	
5	0.86 x10 <sup>9</sup>	9.52 x10 <sup>9</sup>	2.17 x10 <sup>9</sup>	
6	0.63 x10 <sup>9</sup>	10.15 x10 <sup>9</sup>	1.55 x10 <sup>9</sup>	
7	0.45 x10 <sup>9</sup>	10.60 x10 <sup>9</sup>	1.11 x10 <sup>9</sup>	
<b>Yılların Sayısal Toplamı Yöntemi</b> (Sum of the Years' Digits Method)				
Kullanma Ömrü (k)	$d_k = (M_a - H) \frac{2(N-k+1)}{N(N+1)}$	$D_k = M_a - BV_k$	$BV_k = M_a - \left[ \frac{2(M_a - H)}{N} \right]_k + \left[ \frac{(M_a - H)}{N(N+1)} \right]_k(k+1)$	
1	2.80 x10 <sup>9</sup>	3.6x10 <sup>9</sup>	10.1 x10 <sup>9</sup>	
2	2.40 x10 <sup>9</sup>	5.2x10 <sup>9</sup>	8.5 x10 <sup>9</sup>	
3	2.20 x10 <sup>9</sup>	7.2x10 <sup>9</sup>	6.9 x10 <sup>9</sup>	
4	1.60 x10 <sup>9</sup>	8.2x10 <sup>9</sup>	5.3 x10 <sup>9</sup>	
5	1.29 x10 <sup>9</sup>	10.0x10 <sup>9</sup>	3.7 x10 <sup>9</sup>	
6	0.80 x10 <sup>9</sup>	10.8x10 <sup>9</sup>	2.1 x10 <sup>9</sup>	
7	0.40 x10 <sup>9</sup>	10.3x10 <sup>9</sup>	0.5 x10 <sup>9</sup>	

**Çizelge-6.2** Kamyonlara İlişkin Hesaplanan Amortisman Değerlerinin Analizi

Kullanım Ömrü, "N" (Yıl)	Farklı Yöntemlere Göre Hesaplanmış "BV <sub>k</sub> " Değerleri (x10 <sup>6</sup> TL)				Yöntemler Ortalaması (x10 <sup>6</sup> TL)
	1	2	3	4	
0	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7
1	10,1	8,35	8,9	9,12	9,12
2	8,5	5,97	6,5	6,99	6,99
3	6,9	4,26	4,5	5,22	5,22
4	5,3	3,04	2,9	3,75	3,75
5	3,7	2,17	1,7	2,52	2,52
6	2,1	1,55	0,9	1,52	1,52
7	0,5	1,11	0,5	0,7	0,7

**Açıklamalar:**

- 1.. Doğrusal Yöntem
- 2.. Yılların Digt Olarak Toplamı Yöntemi
- 3.. Azalmayı Dengeleme Yöntemi
- 4.. Yukarıdaki üç yöntemin ortalaması



İşletmenin kapital maliyet hesaplarında, ekipmanların işletmeye alınış yılından (1992 yılı) itibaren 1995 yılına gelinceye dek geçen 3 yıllık süre sonundaki “ekipman alınış fiyatı” esas alınmıştır. Bundan dolayı öncelikle ekipmanların N=7 yıl olarak belirlenen kullanım ömürlerine göre tüm ekipmanların amortisman değerleri, Çizelge-6.3 ‘de verilmiştir.

Çizelgeden de anlaşılacağı üzere;

- Hesap sırasında doğrusal yöntem esas alınmıştır. Bunun nedeni ise, basit hesap mekanizmasına sahip olmasından ve literatürde sıkça kullanılmasındandır.
- Hurda değeri 2500 \$ olarak kabul edilmiştir.

## 6.2.2 Direkt İşletme Maliyet Hesabı

Ekipmanlardan ekskavatör, loder, kamyon, dozer ve greydere ilişkin direkt işletme maliyeti hesabı 1995 yılı içinde gerçekleşen “net çalışma süreleri” baz alınarak yapılmıştır. Direkt işletme maliyeti hesabı sırasında ;

- Yakıt (mazot, yağ),
- Malzeme (lastik+yedek parça ve bunların onarım - bakım işçiliği),
- İşçilik (operatör, şöför)

gibi büyüklüklerden ortaya çıkan masraflar esas alınmıştır. Enerji giderleri ise, yalnızca malzemelerin onarım ve bakımları sırasında giderleri içerdiğinden bu değer “lastik+yedek parça” ile ilgili giderlere dahil edilmiştir. Burada, “lastik + yedek parça” ile ilgili tüketim büyüklüğü ekipman kapital maliyetinin %8’i olarak kabul edilmiştir.

Gerek direkt işletme maliyeti gerekse kapital maliyet hesapları, kamyon (Çizelge-6.4), ekskavatör (Çizelge-6.5), loder (Çizelge-6.6), dozer (Çizelge-6.7) ve greyder (Çizelge-6.8) kapsamında ayrı ayrı çıkartılmıştır. Çizelgelerdeki yakıt, işçilik gibi masraf kalemlerindeki giderler belirlenirken aşağıdaki :

**Toplam Tüketim Miktarı** = “Ekipman Sayısı (adet)” x “Bir Ekipman İçin Tüketim Miktarı”

**Toplam Yıllık Tutar, (TL, \$)** = “Toplam çalışma süresi” x “Toplam tüketim miktarı” x “Birim Fiyat (TL, \$)”

**Birim İşletme Maliyet,(TL/m<sup>3</sup>)** = “Toplam İşletme Maliyeti ,(TL)” / “Toplam Dekapaj Miktarı, (m<sup>3</sup>)”



**Çizelge-6.3 Doğrusal Yöntemle Hesaplanmış Amortisman Değerleri**

Kullanma Süresi "N", (yıl)	Amortisman Değerleri, (\$)								Açıklamalar
	Kamyon		Ekskavatör	Loder	Dozer	Greyder			
	Volvo	Mercedes							
0	270 000	180 000	500 000	400 000	350 000	250 000			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ekipmanların hurda değerleri H= 2500 \$ olarak alınmıştır.</li> <li>• Amortisman değerleri doğrusal yöntemle göre (bkz. çizelge-6.1'deki yöntemle) hesaplanmıştır.</li> </ul>
1	231 785	154 643	428 928	343 214	300 357	214 643			
2	193 572	129 286	357 858	286 430	250 714	179 286			
3	155 358	103 929	286 787	229 645	201 071	143 929			
4	117 114	78 572	215 716	172 860	151 428	108 572			
5	78 930	53 215	144 645	116 075	101 785	73 215			
6	40 716	27 858	73 574	59 290	52 142	37 858			
7	2 500	2 500	2500	2 500	2 500	2 500			

Çizelge-6.4 Kamyonların "Direkt İşletme" ve "Kapital" Maliyet Hesapları

Büyüklikler	Adet	Bir Ekipman İçin Tüketim	Toplam Çalışma Süresi (Saat/yıl)	Birim Fiyat (TL)	Toplam Yıllık Tutar		Maliyet (TL/m <sup>3</sup> )	Açıklamalar
					(x10 <sup>3</sup> TL)	(\$)		
<b>DİREKT İŞLETME MALİYETİ</b>								
<b>YAKIT</b>								
• <b>Mazot</b>	9 (Y)	20.60 (lt/saat)	828	28 000	4.30	99 546	6 099	• Yıllık çalışma süresi hesaplamalarda; yıl içinde gerçekleşen "net çalışma süresi" olarak esas alınmıştır. • Yıllık toplam dekapaj miktarı 705 000 m <sup>3</sup> öngörülmüş, bunun 628121m <sup>3</sup> 'ü volvolarla, geri kalan 76 879 m <sup>3</sup> ise mercedes kamyonlarla taşınması planlanmıştır
• <b>Yağ</b>	5 (M)	16.64 (lt/saat)	741	120 000	1.73	40 050	2 454	• Volvo kamyonları bakımı için geçen süre toplam 56 saat olarak hesaplanmıştır. (Bkncz. Çizelge-4.6) Bakım ve onarım işleri için 3 adet işçi kabul edilmiştir.
	9 (Y)	0.515	828		0.461	10 661	654	
	5 (M)	0.180	741		0.080	1 853	113	
<b>MALZEME</b>								
• (Lastik + Yedek Parça)	-	-	-	-	8.4 <sup>(*)</sup>	194 400	11 915	
• Tamir-bakım işçiliği	3	-	5.6 (gün/yıl)	1 500 000 (TL/ gbm)	3.1 <sup>(**)</sup>	72 000	4 397	
	9 (V)		82.8 (gün/yıl)		0.025 <sup>(*)</sup>	583	35	
	5 (M)		74.1 (gün/yıl)		0.025 <sup>(**)</sup>	583	35	
<b>OPERATÖR</b>								
	9 (V)		82.8 (gün/yıl)	1 500 000 (TL/ gbm)	1.118	25 882	1 586	• Vardiya Süresi 10 saat /gün'dür
	5 (M)		74.1 (gün/yıl)		0.556	12 867	789	
<b>Toplam Direkt İşletme Maliyeti</b>					<b>Volvo</b>	<b>14.304</b>	<b>331 072</b>	<b>20 289</b>
					<b>Mercedes</b>	<b>5.491</b>	<b>127 353</b>	<b>7 788</b>
<b>KAPİTAL MALİYETİ</b>								
<b>Volvo</b>			9 (adet) x 155 358 (\$/adet) =	1 398 222 \$				• 1\$ = 43 196 TL, (1995 yılı ortalaması)
<b>Mercedes</b>			5 (adet) x 103 929 (\$/adet) =	519 645 \$				• 270 000 \$ (Volvo Alış Fiyatı, 1992)
								• 180 000 \$ (Mercedes Alış Fiyatı, 1992)
								• Kapital maliyet değerleri, Çizelge-6.3'de 3. yıla (1995 yılına) karşılık gelmektedir.

(\*) V : Volvo Türü Kamyon  
(\*\*) M : Mercedes Türü Kamyon

Çizelge-6.5 Ekskavatorlerin "Direkt İşletme" ve "Kapital" Maliyet Hesapları

Büyükükler	Adet	Bir Ekipman İçin Tüketim	Toplam Çalışma Süresi (Saat/yıl)	Birim Fiyat (TL)	Toplam Yıllık Tutar		Maliyet (TL/m <sup>3</sup> )	Açıklamalar
					(x10 <sup>9</sup> TL)	(\$)		
<b>DİREKT İŞLETME MALİYETİ</b>								
<b>YAKIT</b>								
• Mazot	5	32.707 (tl/saat)	720	28 000	3.30	76 396	4 681	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yıllık çalışma süresi hesaplamalarda; yıl içinde gerçekleşen "net çalışma süresi" olarak esas alınmıştır.</li> <li>Yıllık toplam dekapaj miktarı 705 000 m<sup>3</sup> öngörülmüş, bunun 628121m<sup>3</sup>'ü volvolarla, geri kalan 76 879 m<sup>3</sup> ise mercedes kamyonlarla taşınmıştır.</li> </ul>
• Yağ	5	0.553 (tl/saat)	720	120 000	0.238	5 509	338	
<b>MALZEME</b>								
• (Lastik + Yedek Parça)	-	-	-	-	8.64	200 000	12 255	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ekskavatorlerin bakımı için geçen süre toplam 3 saat olarak hesaplanmıştır. (Bknz. Çizelge-4.2). Bakım ve onarım işleri için, 3 adet işçi kabul edilmiştir.</li> </ul>
• Tamir-bakım işçiliği	3	-	1 (gün/yıl)	1 500 000 (TL/gün)	0.0045	104	6.38	
<b>OPERATÖR</b>								
	5	-	72 (gün/yıl)	1 500 000 (TL/gün)	0.540	12 108	766	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vardiya Süresi 10 saat /gün'dür</li> </ul>
<b>Toplam Direkt İşletme Maliyeti</b>					<b>12.23</b>	<b>294 117</b>	<b>18 678</b>	
<b>KAPITAL MALİYET</b>								
Ekskavatör	5 (adet) x 286 787 (\$/adet) = 1 433 935 \$							
	<ul style="list-style-type: none"> <li>1\$ = 43 196 TL. (1995 yılı ortalaması)</li> <li>500 000 \$, (Ekskavatör Alış Fiyatı, 1992)</li> <li>Kapital maliyet değerleri, Çizelge-6.3'de 3. yıla (1995 yılına) karşılık gelmektedir.</li> </ul>							

Çizelge-6.6 Loderlerin "Direkt İşletme" ve "Kapital" Maliyet Hesapları

Büyüklikler	Adet	Bir Ekipman İçin Tüketim	Toplam Çalışma Süresi (Saat/yıl)	Birim Fiyat (TL)	Toplam Yıllık Tutar		Maliyet (TL/m <sup>3</sup> )	Açıklamalar
					(x10 <sup>6</sup> TL)	(x10 <sup>6</sup> \$)		
<b>DİREKT İŞLETME MALİYETİ</b>								
<b>YAKIT</b>								
• Mazot	3	22.233 (lt/saat)	453	28 000	0.846	19 585	1 200	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yıllık çalışma süresi hesaplamalarda; yıl içinde gerçekleşen "net çalışma süresi" olarak esas alınmıştır.</li> <li>Yıllık toplam dekapaj miktarı 705 000 m<sup>3</sup> öngörülmüş, bunun 628121m<sup>3</sup>'ü volvolarla, geri kalan 76 879 m<sup>3</sup> ise mercedes kamyonlarla taşınmıştır.</li> </ul>
• Yağ	3	0.460 (lt/saat)	453	120 000	0.075	1736	106	
<b>MALZEME</b>								
• Lastik + Yedek Parça	-	-	-	-	4.147	96 000	5 882	<ul style="list-style-type: none"> <li>Loderlerin bakımı için geçen süre toplam 2 saat olarak hesaplanmıştır. (Bkz. Çizelge-4.4) bakım için 2 adet işçi kabul edilmiştir.</li> </ul>
• Tamir-bakım işçiliği	3	-	1 (gün/yıl)	1 500 000 (TL/gün)	0.0045	64	6.38	
<b>OPERATÖR</b>								
	3	-	45.3 (gün/yıl)	1 500 000 (TL/gün)	0.204	4 722	289	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vardiya Süresi 10 saat /gün'dür</li> </ul>
<b>Toplam Direkt İşletme Maliyeti</b>					<b>5.277</b>	<b>122 107</b>	<b>7 483</b>	
<b>KAPITAL MALİYET</b>								
<b>Loder</b>								<ul style="list-style-type: none"> <li>1\$ = 43 196 TL, (1995 yılı ortalaması)</li> <li>400 000 \$, (Loderin Aliş Fiyatı, 1992)</li> <li>Kapital maliyet değerleri, Çizelge-6.3'de 3. yıla (1995 yılına) karşılık gelmektedir.</li> </ul>
								<p>3 (adet) x 229 645 (\$/adet) = 688 935 \$</p>

Çizelge-6.7 Dozerlerin "Direkt İşletme" ve "Kapital" Maliyet Hesapları

Büyüklikler	Adet	Bir Ekipman İçin Tüketim	Toplam Çalışma Süresi (Saat/yl)	Birim Fiyat (TL)	Toplam Yıllık Tutar		Maliyet (TL/m <sup>3</sup> )	Açıklamalar
					(x10 <sup>9</sup> TL)	(\$)		
<b>DIREKT İŞLETME MALİYETİ</b>								
<b>YAKIT</b>								
• Mazot	2	46.827 (lt/saat)	2322	28 000	6.09	140 985	8 638	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yıllık çalışma süresi hesaplamalarda; yıl içinde gerçekleşen "net çalışma süresi" olarak esas alınmıştır.</li> <li>Yıllık toplam dekapaj miktarı 705 000 m<sup>3</sup> öngörülmüş, bunun 628121m<sup>3</sup>'ü volvolarla, geri kalan 76 879 m<sup>3</sup> ise mercedes kamyonlarla taşınması planlanmıştır.</li> </ul>
• Yağ	2	0.785 (lt/saat)	2322	120 000	0.437	10 117	620	
<b>MALZEME</b>								
• (Lastik + Yedek Parça)	-	-	-	-	2.42	56 000	3 433	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dozerlerin bakımı için geçen süre toplam 16 saat olarak hesaplanmıştır. (Bknz. Çizelge-4.8) bakım için 3 adet işçi kabul edilmiştir.</li> </ul>
• Tamir-bakım işçiliği	3	-	2.1 (gün/yl)	1 500 000 (TL/gün)	0.0095	220	13.47	
<b>OPERATÖR</b>								
	2	-	232.2 (gün/yl)	1 500 000 (TL/gün)	0.697	16 126	989	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vardiya Süresi 10 saat /gün'dür</li> </ul>
<b>Toplam Direkt İşletme Maliyeti</b>					<b>9.654</b>	<b>223 488</b>	<b>13 693</b>	
<b>KAPITAL MALİYET</b>								
<b>Dozer</b>								<ul style="list-style-type: none"> <li>1\$ = 43 196 TL, (1995 yılı ortalaması)</li> <li>350 000 \$, (Dozerin Alış Fiyatı, 1992)</li> <li>Kapital maliyet değerleri, Çizelge-6.3'de 3. yıla (1995 yılına) karşılık gelmektedir.</li> </ul>
								<p>2 (adet) x 201 071 (\$/adet) = 402 142 \$</p>

Çizelge-6.8 Greyderin "Direkt İşletme" ve "Kapital" Maliyet Hesapları

Büyüklikler	Adet	Bir Ekipman İçin Tüketim	Toplam Çalışma Süresi (Saat/yıl)	Birim Fiyat (TL)	Toplam Yıllık Tutar		Maliyet (TL/m <sup>3</sup> )	Açıklamalar
					(x10 <sup>5</sup> TL)	(\$)		
<b>DİREKT İŞLETME MALİYETİ</b>								
<b>YAKIT</b>								
• Mazot	2	28.619 (lt/saat)	2316	28 000	3.712	85 934	5 265	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yıllık çalışma süresi hesaplamalarda; yıl içinde gerçekleşen "net çalışma süresi" olarak esas alınmıştır.</li> <li>Yıllık toplam dekapaj miktarı 705 000 m<sup>3</sup> öngörülmüş, bunun 628 121m<sup>3</sup>'ü volvolarla, geri kalan 76 879 m<sup>3</sup> ise mercedes kamyonlarla taşınması planlanmıştır.</li> </ul>
• Yağ	2	0.460 (lt/saat)	2316	120 000	0.256	5 926	363	<ul style="list-style-type: none"> <li>Greyderin bakımı için geçen süre toplam 25 saat olarak hesaplanmıştır. (Bknz. Çizelge-4.8) bakım için 3 adet işçi kabul edilmiştir.</li> </ul>
<b>MALZEME</b>								
• Lastik + Yedek Parça	-	-	-	-	1.727	40 000	2 450	
• Tamir-bakım işçiliği	3	-	2.5 (gün/yıl)	1 500 000 (TL/ gün)	0.0125	289	17.7	
<b>OPERATÖR</b>								
	2	-	231.6 (gün/yıl)	1 500 000 (TL/ gün)	0.695	16 085	986	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vardiya Süresi 10 saat /gün'dür</li> </ul>
<b>Toplam Direkt İşletme Maliyeti</b>					<b>6.403</b>	<b>148 234</b>	<b>9 082</b>	
<b>KAPITAL MALİYET</b>								
<b>Greyder</b>	2 (adet) x 143 929 (\$/adet) = 431 787 \$							

- 1\$ = 43 196 TL, (1995 yılı ortalaması)
- 250 000 \$, ( Greyderin Alış Fiyatı, 1992)
- Kapital maliyet değerleri, Çizelge- 6. 3' de 3. yıla (1995 yilına) karşılık gelmektedir.

hesap yöntemleri baz alınmıştır. Dekapaj birim maliyet hesabında, dekapaj miktarı olarak alınan 705 000 m<sup>3</sup> değer, işletmede 1995 yılı sonunda gerçekleşen toplam dekapaj değerine karşılık gelmektedir. Tüm bu çizelgelerin değerlendirilmesiyle elde edilen toplam işletme maliyeti ise, Çizelge-6.9 başlığı altında verilmiştir. Ayrıca, bu çizelgenin grafiksel olarak yapılan değerlendirmesine de Şekil-6.1’de yer verilmiştir.

Çizelge-6.9 ve Şekil-6.1 birlikte incelendiğinde şu önemli sonuçlar elde edilebilir:

- 1995 yılına ilişkin gerçekleşen bazda hesaplanan işletme maliyet değerleri yakıt (mazot, yağ) malzeme ve işçilik alanlarında hesaplanmış ve bunların ekipmanlar genelinde en yüksek maliyet değerleri “malzeme”, en düşük maliyet değerleri ise “işçilikte” gerçekleşmiştir.

- Malzeme maliyeti, ekskavatörde 200 000 \$ ile ekipmanlar içinde en yüksek maliyet, greyderde ise 40 000 \$ ile en düşük değeri almıştır.

- 1995 yılı tüm ekipmanlar için hesaplanan toplam işletme maliyeti (yakıt, malzeme, işçilik) ise, 1 244 488 \$ mertebesinde hesaplanmıştır. Bu maliyet değeri içinde en fazla harcama, %53 (658 400 \$) ile malzeme (lastik+yedek parça tamir-bakım işçiliği), %40’ı yakıt (mazot, yağ), ve %7’si ise işçilik (operatör, şöför) olarak dikkat çekmektedir.

- Volvo kamyon ile ekskavatörlerde malzeme tüketimi sırasıyla, 194 400 \$ ve 200000 \$ ile pik değerlere ulaşmaktadır. Bu iki ekipmanın dekapaj işlemi sırasında birbirleriyle birlikte uyumlu bir sistem olarak çalıştığı, bu mertebelerden de açıkça anlaşılmaktadır.

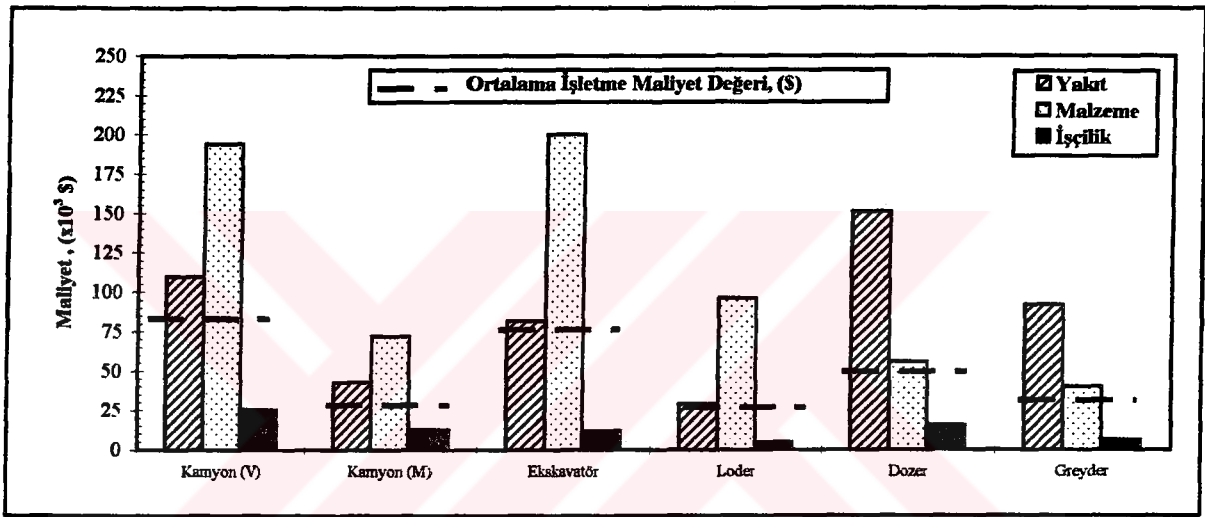
- Yardımcı iş makinalarından dozer ve greyder de ise en yüksek tüketim yakıtta gözlenmektedir.

### **6.3 Direkt İşletme Maliyet Hesaplarının “Gerçekleşen” ve “Teorik” Bazdaki Kıyaslaması**

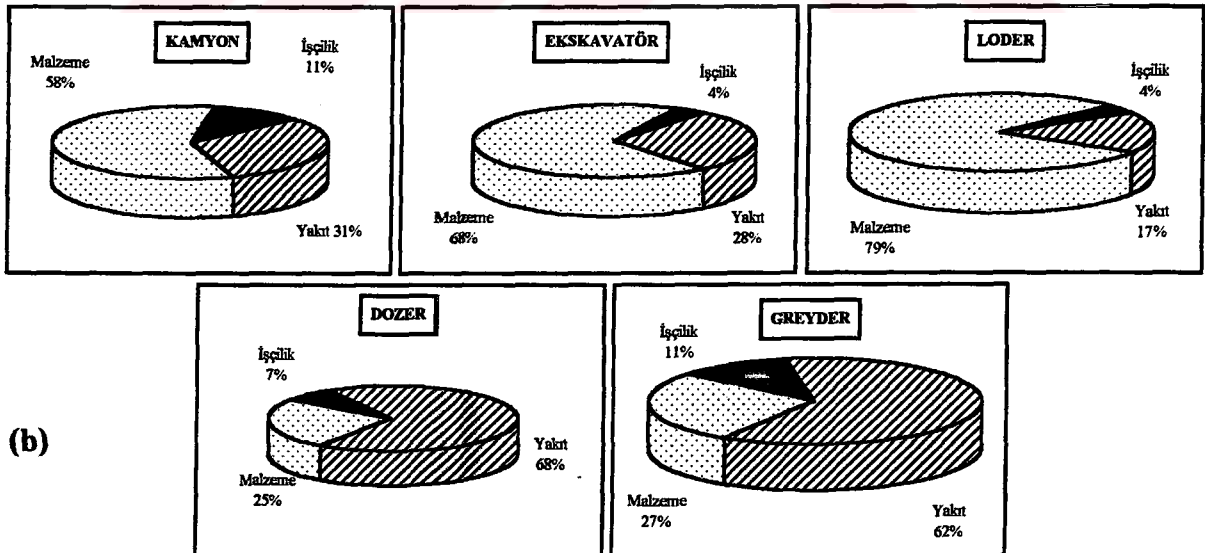
Buraya kadar gerçekleştirilen maliyet hesapları, işletmenin 1995 yılı itibarıyla gerçekleştirilen değerlerini yansıtmaktaydı. Burada ise, işletmenin yıllık çalışma süresi olan

**Çizelge-6.9 1995 Yılına İlişkin Ekipmanlar Bazında Gerçekleşen Direkt İşletme Maliyet Değerleri**

Büyüklikler	Kamyon, (\$)		Ekskavatör (\$)	Loder (\$)	Dozer (\$)	Greyder (\$)	TOPLAM (\$)
	Volvo	Mercedes					
Mazot	99546	40050	76396	19585	140985	85934	462496
Yağ	10661	1853	5509	1736	10117	5926	35802
Malzeme	194400	72000	200000	96000	56000	40000	658400
İşçilik	25882	12867	12108	4722	16126	16085	87790
<b>TOPLAM</b>	<b>330489</b>	<b>126770</b>	<b>294013</b>	<b>122043</b>	<b>223228</b>	<b>147945</b>	<b>1244488</b>
<b>Ortalama</b>	<b>82622</b>	<b>31693</b>	<b>73503</b>	<b>30511</b>	<b>55807</b>	<b>36986</b>	<b>311122</b>



(a)



**Şekil-6.1 Ekipmanlar Bazında Toplam Direkt İşletme Maliyet Değerlerinin, (a) Miktar Bazında (b) % Dağılımları**



3000 saate göre hesabı (bu hesap için Çizelge-6.4 ile Çizelge-6.8'deki hesap yöntemleri esas alınmış, yalnızca malzeme giderleri gerçekleşen bazdaki değerleri ile hesaplama dahil edilmiştir.) hesaplama mertebeleri ile değer yapılarak "teorik" bazdaki maliyet değerleri hesaplanmıştır. Bu konuya ilişkin yapılan çalışmaya ise Çizelge-6.10 çerçevesinde yer verilmiştir. Bu çizelgeyle ilgili olarak şu değerlendirmeler ön plana çıkmaktadır:

- İşletmedeki dekapaj işlemlerinde kullanılan tüm ekipmanların, 1995 yılı gerçekleşen direkt işletme maliyet değerleri 1 244 488 \$ mertebesinde olurken, teorik maliyet değeri ise, 2 269 776 \$ düzeyinde hesaplanmıştır. Diğer bir anlatımla, "gerçekleşen/teorik" maliyet payı kamyon, ekskavatör ve loderde %40-45, dozer ve greyder de ise %80 - 82 mertebelerinde elde edilmiştir. Söz konusu bu iki değer arasındaki fark, işletmede yıllık olarak gerçekleşen çalışma sürelerinin fevkalade düşük olmasından kaynaklanmaktadır.

#### **6.4 Kapital ve İşletme Maliyetlerinin Net Bugünkü Değer Yöntemiyle Belirlenmesi**

Bir yatırım projesinin net bugünkü değeri, yatırımın ekonomik ömrü içinde sağlayacağı nakit girişlerinin önceden belirlenmiş bir faiz oranıyla bugüne indirgenmiş değerlerinin toplamı ile yatırımın yol açtığı nakit çıkışlarının aynı oranla bulunan bugünkü toplam değerleri arasındaki farktır. [24]

Daha genel bir tanımla bugünkü değer yöntemi, aşağıdaki matematiksel formül yardımıyla,

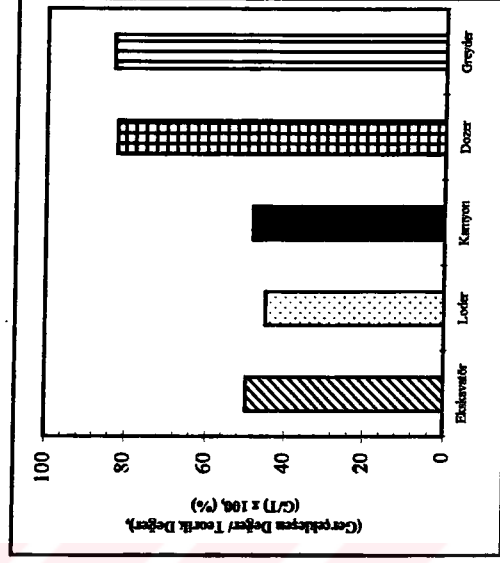
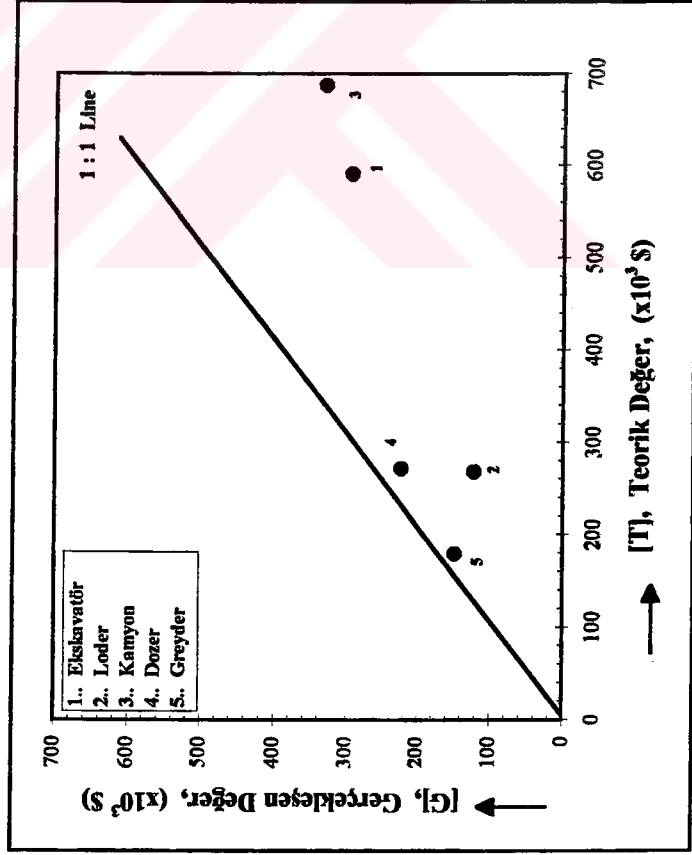
$$NPCV = FNV / (1+i)^n$$

verilebilir [23, 25]. Burada,

**Çizelge-6.10 1995 Yılına İlişkin Ekipmanların Direkt İşletme Maliyetlerinin "Teorik" ve "Gerçekleşen" Bazda Değerlendirilmesi**

Karakteristikler	Ekskavatör		Loder		Kamyon		Dozer		Greyder	
	Çalışma Süresi (saat)	Maliyet ( $\times 10^3$ \$)	Çalışma Süresi (saat)	Maliyet ( $\times 10^3$ \$)	Çalışma Süresi (saat)	Maliyet ( $\times 10^3$ \$)	Çalışma Süresi (saat)	Maliyet ( $\times 10^3$ \$)	Çalışma Süresi (saat)	Maliyet ( $\times 10^3$ \$)
<b>Gerçekleşen, (G)</b>	720	294.117	453	122.107	828	331.072	2322	223.488	2316	148.234
<b>Teorik,<sup>(C)</sup> (T)</b>	3000	591.507	3000	268.471	3000	687.476	3000	272.057	3000	179.824

<sup>(C)</sup> İşletmede yıllık çalışma süresi 3000 saat olarak esas alınmaktadır. Buna göre teorik maliyet hesapları yapılarak Çizelge-6.8'de verilen aynı hesap yöntemleri esas alınmıştır. Yalnızca malzeme giderleri ile ilgili hesaplamalar değişikliğiniz "teorik bazdaki" toplam direkt işletme maliyeti ile ilgili hesaplara dahil edilmiştir.



- NPCV** = Net bugünkü maliyet değeri,  
**FNV** = Gelecekteki net maliyet değeri,  
**i** = İndirgeme oranı, (%)  
**n** = İşletmenin ekonomik süresi, (yıl)

tanımlamaktadır. Matematiksel formülden de anlaşılacağı üzere, bir yatırımın net bugünkü değeri; “i” indirgeme oranı ve “n” yatırımın ömrü gibi değişkenlere büyük ölçüde bağlıdır.

Kapital ve işletme maliyetleri işletmenin ekonomik ömrü 8 yıl (bknz. bölüm-4.2), indirgeme oranları ise, %10, %15 ve %20 sınırları arasında kabul edilmek üzere sözkonusu bu maliyetlerin net bugünkü değeri ve işletmede bu süre içinde ortalama olarak gerçekleşen 705 000 m<sup>3</sup>/yıl esas alınarak, 1. yıldan (1995) 8. yıla (2002) kadar olan zaman dilimi için “gerçekleşen maliyet” değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca, incelenen konunun bütünselliğini sağlamak amacıyla; işletmede yıllık planlanan 3000 saatlik (300gün) süreye göre dekapaj miktarı 2 500 000 m<sup>3</sup>/yıl yaklaşımından hareketle işletmenin “teorik maliyet” değerleri de hesaplanmıştır.

Bu konuya ilişkin yapılan çalışmalara sırasıyla Çizelge: 6.11 ve 6.12’de, grafiksel gösterimine ise Şekil-6.2’de yer verilmiştir. Anılan çizelgeler ve şekil birlikte incelendiğinde şu önemli değerlendirmeler elde edilebilir :

- Amortisman hesaplarında, ekipmanların ömrü her ne kadar 1992 (ekipmanların işletmeye alınış yılı) yılından 1999 yılına kadar 7 yıllık bir süre baz alındıysa da, işletme şartlarında bu ekipmanların ömürlerinin 2002 yılına kadar çalışabileceği yaklaşımı burada esas alınmıştır.
- İşletmenin ekonomik ömrünün sona ermesi beklenen 8.yıl (2002 yılı) sonunda maliyetin net bugünkü değeri %15 indirgeme oranına göre hesaplandığında, toplam net bugünkü maliyet değeri ise 7 773 882 \$ mertebesinde hesaplanmaktadır.

**Çizelge-6.11 İşletme Ömrü Süresince, 1995 yılı "Gerçekleşen Maliyetlerin" Net Bugünkü Değer Yöntemiyle Analizi**

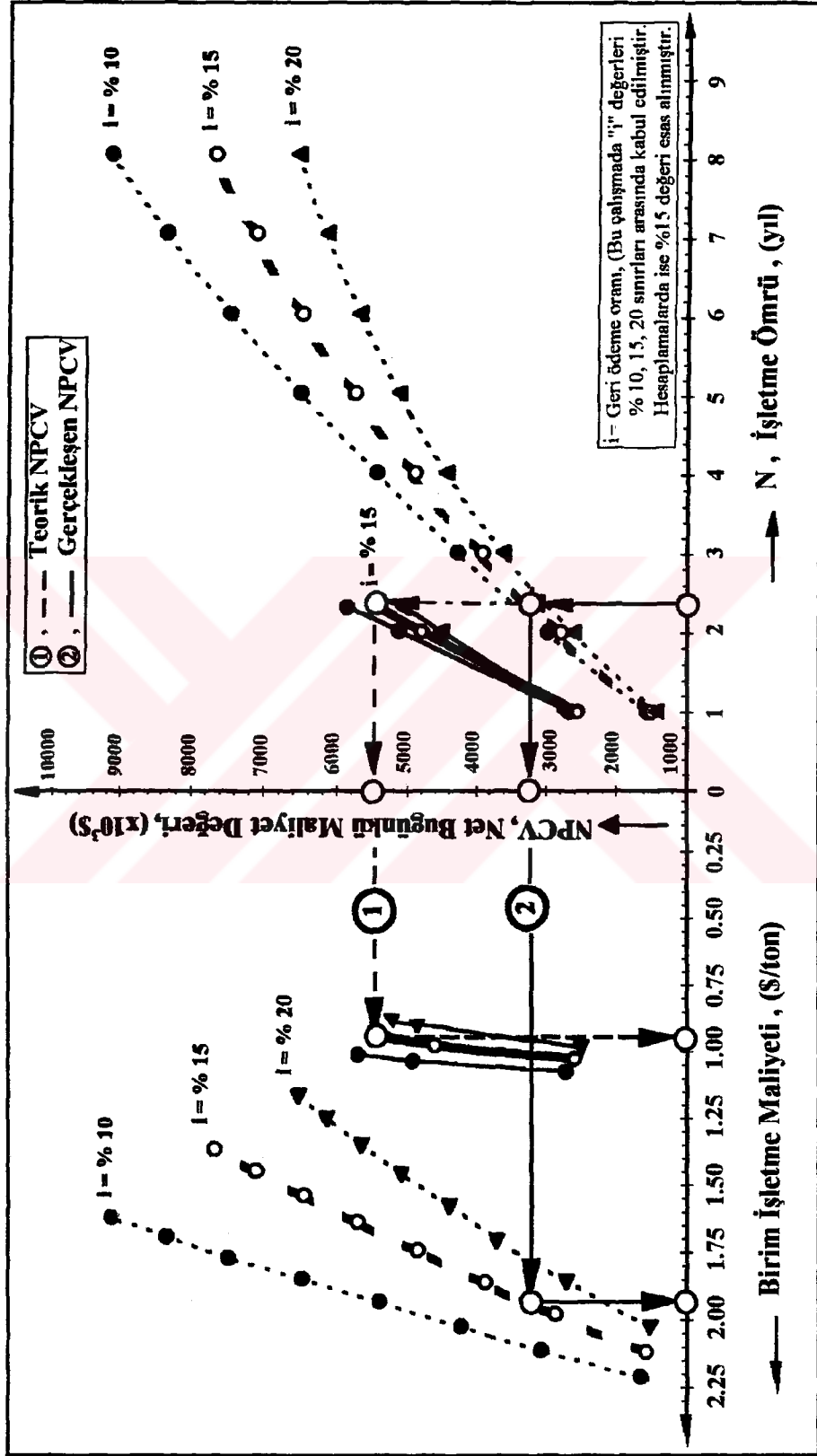
İşletme Ömrü "n", (yıl)	Kapital Maliyet (\$)	İşletme Maliyeti (\$)	Toplam Maliyet (\$)	Net Bugünkü Maliyet Değeri, (\$)						Dekapaj (m <sup>3</sup> )	Birim Maliyet <sup>(*)</sup> (\$/m <sup>3</sup> )
				NPCV = FV / (1 + i) <sup>n</sup>							
				i = %10	Toplam	i = %15	Toplam	i = %20	Toplam		
1992-1995	975 000	?	?								
1995 (1.yıl)	487 500	1 245 000	1 732 500	1 575 000	1 575 000	1 506 522	1 506 522	1 443 750	1 443 750	705 000	2,136
1996 (2.yıl)	487 500	1 245 000	1 732 500	1 431 818	3 006 818	1 309 524	2 816 046	1 203 125	2 646 875	705 000	1,997
1997 (3.yıl)	487 500	1 245 000	1 732 500	1 301 653	4 308 471	1 139 053	3 955 099	1 002 604	3 649 479	705 000	1,870
1998 (4.yıl)	487 500	1 245 000	1 732 500	1 183 321	5 491 792	990 566	4 945 665	835 503	4 484 982	705 000	1,753
1999 (5.yıl)	487 500	1 245 000	1 732 500	1 075 746	6 567 538	861 512	5 807 177	696 253	5 181 235	705 000	1,647
2000 (6.yıl)	487 500	1 245 000	1 732 500	977 951	7 545 489	749 027	6 556 204	580 210	5 761 445	705 000	1,550
2001 (7.yıl)	487 500	1 245 000	1 732 500	889 046	8 434 535	651 316	7 207 520	483 509	6 244 954	705 000	1,460
2002 (8.yıl)	487 500	1 245 000	1 732 500	808 224	9 242 759	566 362	7 773 882	402 790	6 647 744	705 000	1,378
<b>TOPLAM</b>	<b>4 875 000</b>				<b>9 242 759</b>		<b>7 773 882</b>		<b>6 647 744</b>	<b>5 640 000</b>	<b>1,378</b>

(\*) Sözkonusu büyüklüğün hesabı i=%15 değerine göre gerçekleştirilmiştir.

**Çizelge-6.12 İşletme Ömrü Süresince, 1995 yılı "Teorik Bazdaki Maliyetlerin" Net Bugünkü Değer Yöntemiyle Analizi**

İşletme Ömrü "n", (yıl)	Kapital Maliyet (\$)	İşletme Maliyeti (\$)	Toplam Maliyet (\$)	Net Bugünkü Maliyet Değeri, (\$)						Dekapaj (m <sup>3</sup> )	Birim Maliyet <sup>(*)</sup> (\$/m <sup>3</sup> )
				NPCV = FV / (1 + i) <sup>n</sup>							
				i = %10	Toplam	i = %15	Toplam	i = %20	Toplam		
1992-1995	1 393 000	?	?								
1995 (1.yıl)	696 500	2 269 776	2 966 276	2 696 615	2 696 615	2 579 370	2 579 370	2 471 897	2 471 897	2 500 000	1,031
1996 (2.yıl)	696 500	2 269 776	2 966 276	2 451 468	5 148 083	2 242 931	4 822 301	2 059 913	4 531 810	2 500 000	0,968
1997 (3.yıl)	209 159 <sup>(**)</sup>	972 761 <sup>(**)</sup>	972 761	730 850	5 878 933	639 606	5 461 907	562 940	5 094 750	640 000	0,964
1998 (4.yıl)	696 500										
1999 (5.yıl)	696 500										
<b>TOPLAM</b>	<b>4 875 000</b>				<b>5 878 933</b>		<b>5 461 907</b>		<b>5 094 750</b>	<b>5 640 000</b>	<b>0,964</b>

(\*\*) 3. yılda dekapaj faaliyeti 3 aylık bir çalışmayı içermektedir. Kapital maliyet ve diğer işletme maliyeti değerleri 3 aylık düşünülmüştür. Geriye kalan değer başka faaliyetlere yansıtılmaktadır. Ayrıca ekipmanların verimli aşama payı ömrü 7 yıl olarak alınmıştır.



Şekil-6.2 Gerçekleşen ve Teorik Bazda "İşletme Ömrü" - "Net Bugünkü Maliyet Değerleri" - "Birim İşletme Maliyetleri" Büyüklükleri ve Değişimleri.

- 1995-2002 yılı dekapaj miktarı toplam 5 640 000 m<sup>3</sup>, ortalama 705 000 m<sup>3</sup>/ yıl için: (ekonomik işletme ömrü 5 640 000 m<sup>3</sup> için yaklaşık 8 yıl hesap edilmiştir.)

$$\text{Bugünkü yatırım} = 1.378 (\$/\text{m}^3),$$

ortalama 2 500 000 m<sup>3</sup>/yıl için: (ekonomik işletme ömrü 5 640 000 m<sup>3</sup> için yaklaşık 2 yıl 3 ay hesap edilmiştir.)

$$\text{Optimum yatırım} = 0.964 (\$/\text{m}^3)$$

olarak hesaplanmıştır.

- Dekapaj miktarı 5 640 000 m<sup>3</sup>/yıl değeri ile 2 yıl 3 ay gibi işletme süresine göre yapılan teorik hesaplamalar sonunda indirgeme oranı;  $i = \%15$  için teorik birim işletme maliyetleri **0.964 (\$/m<sup>3</sup>)**, aynı işletme süresi (2 yıl.3 ay), aynı “i” değeri ve 705 000 m<sup>3</sup>/yıl olan dekapaj miktarı için “gerçekleşen birim işletme maliyetleri” ise **1.962 (\$/m<sup>3</sup>)** elde edilmektedir. Daha genel bir anlatımla; aynı işletme süresi ve aynı indirgeme oranlarında arttırılacak dekapaj miktarına bağlı olarak, “teorik birim işletme maliyeti” değerinin, “gerçekleşen birim işletme maliyeti” ne oranla bu çalışma kapsamında, yaklaşık olarak %100 mertebesinde azaldığı saptanmıştır.(Şekil-6.2)

#### IV. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Bu çalışma genel olarak değerlendirildiğinde şu sonuçlar ön plana çıkmaktadır:

- Ekipmanların genel olarak (dozer haricinde) “ $M_m$  (net kullanıma hazır mekanik büyüklüğü)” büyüklükleri, %92.85 - %96.74 gibi yüksek sayılabilecek bir düzeydedir. Nitekim, aynı büyüklük için standart sapma değerlerinin %0.12-%0.41 ve değişkenlik katsayılarının %0.12-%1.98 değerleri alması, bu büyüklük ile ilgili değişim aralıklarının yukarıda belirtildiği gibi birbirlerine çok yakın değerler almasıyla açıklanabilir. Diğer bir anlatımla, yıl içinde fiili olarak gerçekleşen “arıza ve bakım sürelerinin” toplam çalışma süresinden %2 - %10 arasında bir pay alması, net kullanıma hazır mekanik mevcudiyet büyüklüğü değişimini fazla etkilememektedir. Yardımcı iş makinalarından dozerde ise sözkonusu bu büyüklüğün  $M_m = %73.56 - %88.60$  aralığında değişimi diğer mevcut ekipmanlar için hesaplanan “ $M_m$ ” mertebelerine göre farklılık gösterdiği “arıza ve bakım sürelerinin” toplam çalışma süresinden %10.3 - %30.1 (bkz:Çizelge-4.9) arasında bir pay alması ile değerlendirilebilir.

- Ekipmanların ortalama “ $M_v$ ” büyüklük değerlerinin %5.95 - %46.70, standart sapma değerlerinin %3.04 - %12.38 ve değişkenlik katsayılarının da %22 - %69.5 arasında değişen değerler aldığı saptanmıştır. Burada özellikle, standart sapma ve değişkenlik katsayılarının yüksek oluşu, “net çalışma sürelerini doğrudan etkileyen ve ekipmanlara yeterince iş verilemeyişi” sonucu artan “bekleme süreleri” değerlerindeki dalgalanmalar ile açıklanabilir.

- Dekapajda, “Ekskavatör-Kamyon<sub>(volvo)</sub>”, kömürde ise, “Loder- Kamyon<sub>(mercedes)</sub>” ekipmanları bir sistem olarak ele alındığında, “mekanik verim “ $M_v$ ” büyüklüğü mertebelerinin birbirlerine çok yakın değer almaları oldukça ilginçtir. Bir örnek vermek gerekirse;

$$\begin{aligned} \text{"Ekskavatör} \rightarrow M_v = \%20.36 & - \text{Kamyon}_{(volvo)} \rightarrow M_v = \%31.10" \\ \text{"Loder} \rightarrow M_v = \%7.68 & - \text{Kamyon}_{(mercedes)} \rightarrow M_v = \%5.95" \end{aligned}$$

olarak hesaplanmıştır. Tüm ekipmanlar için hesaplanan mekanik verim değerlerinin %25-30'ların altında yer alması, net kullanıma hazır mekanik büyüklüğünden yeterince faydalanılmadığına veya sözkonusu bu ekipmanların, işletme bünyesinde iyi organize edilemediğine ve açık işletmelerde bu tür analizlerin, sistemdeki ekipmanların çalışma sırasında, birbirleri ile süreklilik ve koordinasyon gerektirdiği ve mekanik verim hesaplamalarında, ekipmanların bir "sistem" olarak da mutlaka değerlendirilmeleri gerektiği sonucuna işaret etmektedir. Bu durumun ise işletmede, üretkenliği ve dolayısı ile işletme maliyetini negatif yönde etkileyeceği sonucunu ortaya koymaktadır

- Ayrıca, gerçekleşen bu çalışma süreleri, "Mekanik Verim ( $M_v$ )" büyüklüğü açısından "teorik bazda" (olması gereken ideal şartlarda), diğer bir anlatımla; işletmenin yıllık çalışma süresi olan 3000 saate göre hesaplandığında ise,

$$\begin{aligned} \text{"Ekskavatör} \rightarrow M_v = \%79.50" & - \text{"Kamyon}_{(volvo)} \rightarrow M_v = \%83.51" \\ \text{"Loder} \rightarrow M_v = \%49.20" & - \text{"Kamyon}_{(mercedes)} \rightarrow M_v = \%52.63" \end{aligned}$$

mertebeleri elde edilmektedir. Dikkat edileceği üzere; gerçekleşen değerler teorik değerlerden gerek sistem gerekse ekipman olarak %70-%85 oranında birbirlerinden farketmektedirler.

- Aynı tür kamyonlar için ortalama hız değerinin 7.3 km/saat düzeyinde olduğu, %95 güven aralığında ortalamanın alt ve üst sınır değerlerinin 6.7 km/saat - 7.9 km/saat arasında değiştiği hesaplanmıştır. Kamyonun ideal şartlarda hız sınırları ise, 20-30 km/saat mertebesinde değişmektedir. Buradan, fiili hız sınırlarının ideal hız sınırlarının çok altında yer aldığı, açıkça farkedilmektedir. (Şekil-4.4 a). Yine aynı tür kamyonlar için, özellikle kötü hava koşullarının etkisi araştırılarak aylar bazında elde edilen hız değerlerinin, Ocak ve Şubat aylarında hız ortalamasının alt sınırında, Mart ayında ise, ortalamanın alt sınırı olan 5.7



km/saat'in bile altında kaldığı saptanmıştır. Ağustos ayında ise, fiili hız değerinin 10 km/saat üzerinde olması, kötü hava koşullarının dekapaj yollarında taşıma işlemlerinin zorlaştırdığını ortaya koymaktadır. Daha özet bir ifadeyle; bir önceki değerlendirmede de olduğu gibi, işletmedeki fiili hız değerleri ideal hız değerlerine ulaşamamış, daha da önemlisi bu değerlerin çok altında kalmıştır. (Şekil-4.4 b)

- 9 adet volvo kamyon genelinde öngörülen fiili kapasite ortalaması, 73.37 (m<sup>3</sup>/saat) olup, en düşük kapasite yaklaşık 55 (m<sup>3</sup>/saat) ile Temmuz ayında en yüksek kapasiteye, 105 (m<sup>3</sup>/saat) ile Mayıs ayında gerçekleşmiştir (Şekil-4.6 b). Ocak ayından başlayarak Mayıs ayna doğru %20-%25'lik oranlarla kapasite artışı, yine kötü hava şartlarının işletmedeki çalışma koşullarını olumsuz yönde etkilenmesinden kaynaklanabilmesi ile açıklanabilir. Ağustos, Eylül ve Kasım aylarının kömür üretici firmalar açısından üretim ve satış önemli sayılacak bir sezondur.

- Bekleme sürelerinin artışı, işletmede üretkenliği azalttığı gibi işletme maliyetlerini arttırmaktadır. Kamyon sayısı arttıkça bu bekleme sürelerinin artacağı dolayısıyla kamyonların veriminin düşeceği açıktır. Kamyon sayısı gereğinden fazla olduğunda, uzun kuyruklar oluşmakta, eğer kamyon sayısı yeterinden az ise ekskavatör zamanının büyük bir kısmında boş kalmakta ve kullanım oranı düşmektedir. Bu sebepten dolayı ekskavatör kamyon sisteminin toplam maliyetini, üretim birimi başına en aza indireyecek optimum kamyon sayısını belirlemek önem kazanmaktadır. Bu bağlamda, ekskavatörün yerinde gerçekleştirilen ölçümlerinde, ortalaması 21.8 sn, kamyonun ortalama cycle süresi ise 418 sn düzeyinde hesaplanmıştır. Bu büyüklüğün standart sapma değerleri ise, ekskavatör için 1.31, kamyon için de değişkenlik katsayıları ise, %6 olduğu hesaplardan elde edilmiştir. Bu hesaplamalardan da anlaşılacağı üzere, yapılan her üç adet ölçüm değerleri birbirleriyle mertebe yakınsaklığı içinde olup iyi bir uyum göstermektedir. Elde edilen bu verilere OPSTCSIM paket programıyla simülasyon uygulanarak kamyon ve shovel verimi (olması gereken) %84 ile uyuşma faktörü (Match factor), "MF"= 1.25 'olarak hesaplanmıştır. Buradan elde edilecek optimum kamyon

sayısı ise yaklaşık 3 adet olarak saptanmıştır. (Bknz. Çizelge-5.2 ve Şekil-5.2). Hesaplanan "MF= 1.25" değeriyle, ideal uyuma noktası olan "MF = 1" sınırı merteye olarak aşılmış ve "MF =1.25 > 1" olduğundan "yüksek yükleyici verimi, düşük taşıyıcı verimi"ne ulaşılmıştır. "MF" değerindeki bu artış, ekskavatör kapasitesinin mevcut kamyon kapasitesi ve dolayısıyla kamyon sayısının yeterli olamayacağına bir ölçüde işaret etmektedir. Bu nedenle, yerinde gerçekleştirilecek bu tür ölçüm sayılarının artırılmasında yarar vardır. Zira, buradan elde edilecek veri sayısındaki artış, istatistiksel olarak yapılacak değerlendirmelerin prezisyonu açısından büyük önem taşımaktadır.

- 1995 yılı tüm ekipmanlar için hesaplanan toplam direkt işletme maliyeti (yakıt, malzeme, işçilik) ise, 630 371 \$ mertebesinde hesaplanmıştır. Bu maliyet değeri içinde en fazla harcama, %55 (343 613 \$) ile yakıt (mazot, yağ), %33'ü malzeme (lastik+yedek parça ve tamir-bakım işçiliği), %12'si ise işçilik (operatör, şöför) olarak dikkat çekmektedir. (Çizelge-6.9, Şekil-6.5)

- İşletmenin ekonomik ömrünün sona ermesi beklenen 8. yıl (2002) sonunda maliyetin net bugünkü değeri %15 faiz oranına göre hesaplandığında toplam maliyet değeri 7 773 882 \$ olarak elde edilmiştir.

- 1995-2002 yılı dekapaj miktarı toplam 5 640 000 m<sup>3</sup>, ortalama 705 000 m<sup>3</sup>/ yıl için: (ekonomik işletme ömrü 5 640 000 m<sup>3</sup> için yaklaşık 8 yıl hesap edilmiştir. Çizelge-6.11)

$$\text{Bugünkü yatırım} = 1.378 (\$/\text{m}^3),$$

öngörülen ortalama 2 500 000 m<sup>3</sup>/yıl dekapaj miktarı için: (ekonomik işletme ömrü, 5 640 000 m<sup>3</sup> dekapaj miktarı için yaklaşık 2 yıl 3 ay hesap edilmiştir. Çizelge-6.12 )

$$\text{Optimum yatırım} = 0.964 (\$/\text{m}^3)$$

olarak hesaplanmıştır.

- Dekapaj miktarı 5 640 000 m<sup>3</sup>/yıl değeri ile 2 yıl 3 ay gibi işletme sũresine gũre yapılan teorik hesaplamalar sonunda indirgeme oranı;  $i = \%15$  için teorik birim işletme maliyetleri **0.964 (\$/m<sup>3</sup>)**, aynı işletme sũresi (2 yıl.3 ay), aynı “i” değeri ve 705 000 m<sup>3</sup>/yıl olan dekapaj miktarı için “gerçekleşen birim işletme maliyetleri” ise **1.962 (\$/m<sup>3</sup>)** elde edilmektedir. Daha genel bir anlatımla; aynı işletme sũresi ve aynı indirgeme oranlarında arttırılacak dekapaj miktarına bağlı olarak, “teorik birim işletme maliyeti” değerinin, “gerçekleşen birim işletme maliyeti” ne oranla bu çalışma kapsamında, yaklaşık olarak %100 mertebesinde azaldığı saptanmıştır.(şekil-6.2)

- Bu çalışmada elde edilen tũm değerlendirme ve sonuçlar bir açık ocak kũmũr işletmesindeki dekapaj işlemlerini kapsamaktadır. Dekapaj işlemine tahsis edilecek ekipmanlara, işletmenin kũmũr ũretimini gerçekleştirmediği zamanlarda inceltme dekapajı adı altında gelecekte yapılacak çalışmalara yardımcı olması bakımından sũrelerini “boşta geçirmemek” ũzere, iş verilebilir veya sũz konusu ekipmanlar “kiraya verilerek”, işletmeye ekonomik yarar sağlanılabılır. Zira, ekipmanların çalışmadığı zamanlardaki “aşınma payı” değerlerinin genel işletme maliyeti ũzerine yũk getireceği unutulmamalı, gerek maden gerekse inşaat sektũrũnde ũlke ekonomisine katma değer sağlayan “kũũk - orta - bũyũk ۆlekli ũretici firmalar” genelinde bu konu, titizlikle araştırılmalıdır.

## V. ÖZET

Mekanik Mevcudiyet (net kullanıma hazır mekanik büyüklük) ve Mekanik Verim (yararlanma verimi) işletmede verimliliğin saptanmasında, ekipmanların seçiminde ve işletme maliyetlerinin kontrolünde, hayati öneme sahip bir büyüklüktür. Gerçek şudur ki, yüksek mekanik mevcudiyet ve mekanik verim ekipmanlarda yüksek verimlilik, aynı zamanda daha düşük düzeyde birim işletme maliyeti sağlar.

Bu çalışma; bir hipotetik model açık ocak kömür işletmesinde dekapaj işlemlerinde kullanılması planlanan ekipmanların, Mekanik Mevcudiyet ve Mekanik Verim büyüklüklerini içeren verimlilik analizine yöneliktir. Ayrıca, bu büyüklüklerin öngörülen ve teorik değerleri (olması gereken ideal şartlarda) arasında bir kıyaslaması yapılmıştır.

Kullanılan ekipmanların gerçekleşen işletme faaliyetleri sırasında bekleme zamanı, arıza ve onarım gibi büyüklükler bu açık ocak kömür işletmesinde analiz edilmiş ve Mekanik Mevcudiyet ( $M_m$ ) ve Mekanik Verim ( $M_v$ ) büyüklükleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamalara göre, izleyen genel sonuçlar şu sınır değerleri içermektedir:

$$M_m = 92.85\% - 96.74 \%$$

$$M_v = 5.95\% - 46.70 \%$$

Eğer benzer hesaplamalar bu sistem için teorik olarak gerçekleştirilseydi, mekanik mevcudiyet ve mekanik verimleri sırasıyla 70-80% ve 40-55% olacaktı.

Beşinci bölümde, eğer kamyon sayısı birden dörde kadar artan değerler içerdiğinde shovelin mekanik verimi daha yüksek değerler elde edilecektir (%98.62). Burada kamyon

verimi daha az değere sahip olacaktır (%72.10). Optimum şartlarda bir karşılaştırma için uyuşma faktörü incelenmiştir. Bu çalışmada OPTSCIM olarak bilinen bir bilgisayar paket programı bu sistemin simulasyonunda kullanılmış ve uyuşma faktörü 1.25 olarak bulunmuştur. Bu ise, işletme faaliyeti sırasındaki 3 adet kamyon ve her iki ekipmanın (kamyon-shovelin) mekanik verim ve mekanik mevcudiyetinin %84 olduğu anlamındadır.

Son olarak , kapital ve işletme maliyetlerinin sekiz yıllık yatırım süresine göre , her bir ekipman için maliyetinin net bugünkü değeri (NPCV) çıkartılmıştır. İzleyen sonuca göre;

$$\begin{aligned} \text{Bugünkü yatırım (8 yıl)} &= 1.378 \text{ \$ / m}^3 \\ \text{Optimum yatırım (2 yıl 3 ay)} &= 0.964 \text{ \$ / m}^3 \end{aligned}$$

olarak gerçekteşmiştir.

Sonuçtan da görüleceği gibi; bu hipotetik model açık ocak kömür işletmesi uygulamasında optimum yatırım değeri bugünkü yatırım değerinden daha düşüktür.

## **SUMMARY**

Availability and utilisation are vital parameters for determining of efficiency and selection of equipment and cost control of operations. It is a fact that high availability and utilisation of equipment provide high productivity and have less operation cost compared to same size one.

In this study, an efficiency analysis was carried out considering availabilities and utilities of equipment used in this hypothetical open pit coal mining model. Additionally, a comparison between actual and theoretical parameters was made.

Using estimated equipment actual time parameters such as down time, breakdown and repair the system in this coal mine were analysed and calculated in terms of availability ( $M_m$ ) and utilisation ( $M_v$ ). According to these calculations, the general following results comprises these ranges:

$$M_m = 92.85 \% - 96.74 \%$$

$$M_v = 5.95 \% - 46.70 \%$$

If the same calculation is theoretically carried out for the system, the result will be 70 - 80% and 40-55 % of average equipment availability and utilisation, respectively.

In chapter five, it has been obtained that if truck numbers are increased from one to four the utilisation of shovel will increase to higher value (98.62%). In this case the utilisation of truck will have less value (72.10%). In order to meet optimum condition a match factor is

generally performed. Therefore, a computer simulation package program called OPTSCSIM was used for simulating the system and the match factor has been found 1.25 that means 84% of utilisation and availability of both equipment and 3 trucks in the operation.

Finally, net present value of costs (NPCV) for each equipment was chosen to calculate their investments for eight years in terms of capital and operating costs.

**Present investment (8 years) = 1.378 \$ / cubic meter**

**Optimum investment (2 years and 3 months ) = 0.964 \$ / cubic meter**

As can be seen from the result, optimum investment has a lower investment than present mining application of the hypothetical open pit coal mining model.

## VI. KAYNAKLAR

- [1] **ESKİKAYA, Ş.** (1986): İş Makinalarının Verimlilik Analizi, TKİ Genel Müdürlüğü, Teknoloji ve Uygulama Geliştirme Projesi, Ankara.
- [2] **PARLAK, T.,** (1994): Madenci Rehberi, ABC-TKİ Genel Müdürlüğü Yayını.
- [3] **RASTOĞI, S. P.** (1986): Capacity Utilisation and Project Planning: A Case Study, Journal of Mines Metals and Fuels, pp: 201-212, July.
- [4] **CZAPLICKI, J.M.** (1990): A Simple Methods for the Estimation of Shovel-Truck System Efficiency, Mineral Research Engineering, Vol.: 3, No:1, pp: 21.29, March.
- [5] **KESİMAL, A.** (1995): Madenlerde Ulaşım Ders Notları, İ.Ü Müh. Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- [6] \_\_\_\_\_ ,(1991): Caterpillar Performance Handbook, Caterpillar Equipment Manufacture, 22 nd Edition, Illinois, USA
- [7] **PARLAK, T.** (1988) : Kömür Açık İşletmeciliğinde Uygulamalı Örtü Kazı Yöntemleri, TKİ Marmara Linyitleri İşletmesi, Şubat, Bursa.
- [8] **ARIOĞLU, E.** (1994) : Çözümlü Madencilik Problemleri Kitabı, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, Genişletilmiş 3.Baskı, Ankara.
- [9] \_\_\_\_\_ , (1988 ) : Açık İşletme Uygulama Notları, TKİ Soma İşletmesi Proje Etüd,s:1-20



- [10] **ŞENTÜRK, A.**, (1995): Kamyon Taşımacılığında Bir Simülasyon Modeli, Madencilikte Bilgisayar Uygulamaları Sempozyumu, (Eds: Köse ve Kızıl), s:109-116, İzmir.
- [11] \_\_\_\_\_, (1991 ): Mining Magazine, Vol:12, pp. 92-94.
- [12] **PEURIFOY, R.L ., LEDBETTER, W. B.** (1985): Construction Planning Equipment and Methods, 4th Edition, McGraw Hill, Newyork.
- [13] **TOKGÖZ, N., İZİBELLİ, Ü.** (1995): İstanbul Bölgesi Ağaçlı Kömür Yataklarının Kısa Bir Tanıtımı, Hava Kirliliği ve Kömür Gerçeği, (Editör: Arıoğlu, E.), TMMOB Maden Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Yayını, s: 247, ISBN 975-395-149-3, Mayıs, İstanbul.
- [14] **KANTARCI, D.** (1988): Çatalca Yarımadası Kuzey Kesiminde (Ağaçlı Yöresi), Linyit Kömürü Açık İşletme Alanlarında Arazi Kullanımı ve Ağaçlandırma İçin Temel Ekolojik İncelemeler ve Değerlendirmeler, İ.Ü Orman Fakültesi Dergisi, Seri: A, Cilt:38, Sayı:1, İstanbul.
- [15] \_\_\_\_\_, (1980 ): Komatsu Performance Handbook, Komatsu Equipment Manufacture, Edition:5.
- [16] **TORAMAN, S., ONUR, A.H.** (1995): Açık İşletme Madenciliğinde Kamyon Sevk Sisteminin Bilgisayar Yardımıyla Kontrolü, Madencilikte Bilgisayar Uygulamaları Sempozyumu, (Eds: Köse ve Kızıl), s:117-123, İzmir.
- [17] **ERÇELEBİ, S.G., KIRMANLI, C.** (1995): Açık İşletmelerde Kyruk Teorisi Yardımıyla Optimizasyon, Madencilikte Bilgisayar Uygulamaları Sempozyumu, (Eds: Köse ve Kızıl), s:123-132, İzmir.

- [18] **SRAJER, V.** (1987): Optimization for Maximum Production of Truck/Shovel Mining System, Ph.D.Thesis, Department of Mining Engineering , The University of Nottingham.
- [19] **CEBESoy, T.** (1993): Cost Modelling System for Discontinuous Surface Mining Equipment, Ph.D.Thesis, Department of Mining Engineering, The University of Nottingham.
- [20] **MONROE, M.D.** (1992): Optimising Truck and Haul Road Economics, Mining Engineering, pp: 311-315, April.
- [21] **KESİMAL, A.,** (1994): A Comparative Study of Transportation Systems in Surface Mines, Ph.D. Thesis, The University of Nottingham.
- [22] **KESİMAL, A.,** (1995): Açık İşletmelerde En Uygun Ocak İçi Nakliye Ekipmanlarının Seçiminde Geliştirilen Modelleme Sistemi, Madencilikte Bilgisayar Uygulamaları Sempozyumu, (Eds: Köse ve Kızıl), s:105-108 , İzmir.
- [23] **DEGARMO, E.P., SULLIVAN, G.W., CANADA, R.J.** (1984): Engineering Economy, Seventh Edition, Macmillan Publishing Newyork, Collier Macmillan Publishers-London, pp: 920
- [24] **GÜRDOĞAN, N.** (1986): Ticari ve Sosyal Açıdan Proje Değerlendirme Yöntemleri, DPT, Yayın No: 2063-MGS: 15, s:1-167, Ankara.
- [25] **HUSTRULID, W., KUCHTA, M.** (1995): Open Pit Mine Planning & Design, Volume 1- Fundamentals, A.A.Balkema, pp:1-635, Netherlands.

## VII. ÖZGEÇMİŞ

1963 yılında İstanbul'da doğdu. 1980'de İstanbul Kız Lisesini bitirdi. 1993 yılında İTÜ Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümünden "Maden Mühendisi" ünvanını aldı.

1989-1996 yılları arası yayınlanmış 5 adedi yabancı dilde (İngilizce), 13 adedi Türkçe olmak üzere toplam 18 adet bilimsel yayını (bildiri + makale) bulunmaktadır. Mayıs 1995 - Kasım 1996'ya kadar İÜ Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, Maden İşletme Anabilimdalında, Aralık 1996'dan bugüne kadar ise sözkonusu görevini aynı üniversite ve fakültenin İnşaat Mühendisliği Bölümünde sürdürmektedir.

İstanbul İTÜ Maden Fakültesi  
Maden Mühendisliği Bölümü  
Dokümantasyon Birimi