DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AÇIK İŞLETMELERDE YAYGIN KULLANILAN AĞIR İŞ MAKİNALARININ TEKNİK VE PERFORMANS İNCELEMESİ

Sermin KUN

Eylül, 2014

İZMİR

AÇIK İŞLETMELERDE YAYGIN KULLANILAN AĞIR İŞ MAKİNALARININ TEKNİK VE PERFORMANS İNCELEMESİ

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Maden İşletme Programı

Sermin KUN

Eylül, 2014

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

SERMİN KUN tarafından **DOÇ. DR. ÇAĞATAY PAMUKÇU** yönetiminde hazırlanan **"AÇIK İŞLETMELERDE YAYGIN KULLANILAN AĞIR İŞ MAKİNALARININ TEKNİK VE PERFORMANS İNCELEMESİ "** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Çağatay PAMUKÇU

Yönetici

Doç. Dr. Hasan ÖZTÜRK

Jüri Üyesi

Doç. Dr. M. Kemal ÖZFIRAT

Jüri Üyesi

Prof.Dr. Ayşe OKUR
Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her adımında yardımlarını esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerini benimle sürekli olarak paylaşan tez yöneticisi değerli hocam Sayın Doç. Dr. Çağatay PAMUKÇU' ya en içten teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

Ayrıca yüksek lisans çalışmam boyunca desteğini benden esirgemeyen Öğr. Gör. Dr. Mete KUN' a teşekkür ederim.

AÇIK İŞLETMELERDE YAYGIN KULLANILAN AĞIR İŞ MAKİNALARININ TEKNİK VE PERFORMANS İNCELEMESİ

ÖZ

Açık işletme yöntemleri ile üretim yapılan madencilik operasyonlarında kullanılan ağır iş makineleri, işletmelerin genel verim ve performans analizlerine etki eden en önemli faktörler arasındadır. Üretim ve/veya farklı amaçlar için yapılan girişimlerde, makinelerin seçimi ve verimli kullanımı kadar, bakım, onarım ve performansa bağlı olarak gelişen diğer parametrelerde etkin rol üstlenmektedir. Amaca göre seçilen doğru makine, sistemin zamanlama ve verimine direk etki ederken, işletmelerde yapılan yanlış makine tercihleri çoğunlukla zaman, para, emek ve performans kayıplarına yol açmaktadır.

İşletmelerde üretim maliyetlerinin düşürülmesi ve işletme verimliliğinin arttırılması için başvurulan birçok alternatifin yanı sıra, kullanılan makine performanslarının arttırılması da ilk akla gelen kriterler arasındadır. Bu kriterlerin sağlanması ancak makinelerinin kullanım ve durma nedenlerinin analiz edilmesi ile mümkün olmaktadır. Bu analizler sonucunda performans ve verim kavramları net olarak ortaya koyulup, gerekli iyileştirmeler yapılabilir.

Madencilik operasyonlarında kullanılan ağır iş makinelerinin değerlendirilip analiz edildiği bu çalışmada, sıklıkla tercih edilen makine ve ekipmanların ayırt edici teknik özellikleri, uygulama şekilleri, bakım ve onarım prosedürleri detaylı olarak ele alınarak değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler sonucunda çalışmada; makineler, sorunları ve iyileştirme yolları tespit edilerek, kolay kullanım işaret ve şemalarına yer verilmiştir.

Anahtar kelimeler: İş makinası, madencilik, performans analizi, bakım ve onarım.

TECHNICAL AND PERFORMANCE ANALYSIS OF HEAVY WORK MACHINES WIDELY USED IN OPEN PIT MINES

ABSTRACT

The heavy work machinery which is employed in the open pit mining operations is one of the most important factors that influence overall mine efficiency and performance analyses. In the enterprises that are intended for production and/or other purposes, miscellaneous parameters that develop related to repair, maintenance and performance play an effective role as well as the selection and efficient use of work machinery. The correct machine, which is selected for the desired purpose, directly influences system efficiency and timing whereas incorrectly selected machine preferences usually lead to losses of time, capital, effort and performance.

Besides many alternatives that are implemented in order to reduce production costs and increase efficiency in mines, increasing of the performances of already used machines stands also as one of the most outstanding criteria. The provision of these criteria is only possible with the analysis operation and stoppage times of these work machines. As a result of these analyses, performance and efficiency concepts can be clearly set forth clearly and necessary amendment attempts can be achieved.

In this study, in which the heavy work machinery used in mining operations were evaluated and analysed thoroughly, distinctive technical properties, application practices, repair and maintenance procedures of widely used machinery and equipment were handled and evaluated in detail. As a consequence of these evaluations; possible problems related to the work machines and mitigation measures were determined and also several signs and schemes were included for easier use of these machines.

Keywords: Construction equipment, mining, performance analysis, maintenance and repair.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ SINAV SONUÇ FORMU ii
TEŞEKKÜR iii
ÖZ iv
ABSTRACT v
ŞEKİLLER LİSTESİ xi
TABLOLAR LİSTESİ xii

BÖLÜM BİR – GİRİŞ 1

BÖLÜM İKİ – AÇIK İŞLETMELERDE YAYGIN KULLANILAN AĞIR İŞ MAKİNELERİ 3

2.1 Genel Özellikler 4
2.1.1 Kazı ve Yükleme Makine Ekipmanının Belirlenmesi 5
2.1.2 Ana Ekipmanların Seçimi 5
2.1.3 Zaman Faktörü ve Ekipmanların Gerçek Randımanları 6
2.2 Açık Ocaklarda Kullanılan Kazı ve Yükleme Makineları 6
2.2.1 Halatlı Ekskavatör 8
2.2.1.1 Tasarım Özellikleri 9
2.2.1.2 Yürüyüş Sistemi 9
2.2.1.3 Kazı-Yükleme Sistemi 10
2.2.1.4 Çalışma Şekli 11
2.2.2 Hidrolik Ekskavatör 12
2.2.2.1 Paletli Ekskavatör 12
2.2.2.1.1 Tasarım Özellikleri 12
2.2.2.1.2 Yürüyüş Sistemi 13
2.2.2.1.3 Kazı-Yükleme Sistemi 14
2.2.2.1.4 Güç Üretimi ve İletim Sistemi 14
2.2.2.1.5 Çalışma Şekli 14
2.2.2.2 Lastik Tekerlekli Ekskavatör 15

2.2.2.2.1 Tasarım Özellikleri....15
2.2.2.2.2 Yürüyüş Sistemi....15
2.2.2.2.3 Kazı-Yükleme Sistemi....16
2.2.2.2.4 Güç Üretimi ve İletim Sistemi....16
2.2.2.2.5 Çalışma Şekli....16
2.2.3 Dragline....16
2.2.3.1 Tasarım Özellikleri....16
2.2.4 Paletli Yükleyiciler....19
2.2.4.1 Tasarım Özellikleri....19
2.2.4.2 Teknik Özellikleri....20
2.2.4.3 Çalışma Şekli....20
2.2.5. Lastik Tekerlekli Yükleyiciler....21
2.2.5.1 Tasarım Özellikleri....21
2.2.5.2 Yürüyüş Sistemi....22
2.2.5.3 Kazı-Yükleme Sistemi....22
2.2.5.4 Güç Üretimi ve İletim Sistemi....23
2.2.5.5 Çalışma Şekli....23
2.2.6 Paletli ve Lastik Tekerlekli Yükleyicilerin Karşılaştırılması....24
2.3 Nakliye Araçları (Kamyonlar)....25
2.3.1 Kamyon Tipleri ve Özellikleri....26
2.3.1.1 Arkadan Boşaltmalı Kamyonlar....26
2.3.1.2 Yandan Damperli Kamyonlar....27
2.3.1.3 Alttan Boşaltmalı Kamyonlar....28
2.4 Yardımcı İş Makineleri....28
2.4.1 Dozer....28
2.4.2 Greyder....35

BÖLÜM ÜÇ – İŞ MAKİNELERİNİN PERFORMANS DEĞERLENDİRMELERİ....37

3.1 Performans Değerlendirmesinde Ele Alınan Özellikler ve Düzeltme Faktörleri....38

3.1.1Yapısal Özellikler İle İlgili Faktörler 40
3.1.1.1 Dolum ve Kepçe Kapasitesi.....40
3.1.1.2 Dönme Faktörü 40
3.1.1.3 Çevrim Süresi.....41
3.1.2 Malzeme Özellikleri İle İlgili Faktörler.....42
3.1.2.1 Malzeme Hacmi 43
3.1.2.2 Kepçe Dolum Faktörü.....43
3.1.2.3 Kabarma Faktörü 45
3.1.3 Örnek Üretim Hesaplama Yöntemi 46
3.1.4 Çalışma Şekli Özellikleri İle İlgili Faktörler 47
3.1.4.1 Kullanım Oranı 48
3.1.4.1.1 Mekanik Kullanım Oranı 48
3.1.4.1.2 Fiziksel Kullanım Oranı.....49
3.1.4.1.3 Efektif Kullanım Oranı 49
3.1.4.2 Derinlik Faktörü 51
3.1.4.3 Uyuşma Faktörü.....51
3.2 İş Makine ve Ekipman Verimliliklerinin Değerlendirilmesi.....52
3.2.1 Ekskavatör Çalışma Süreleri ve Verimlilik Analizi 56
3.2.1.1 Ekskavatör Saatlik Yükleme Kapasitesi Tespiti 58
3.2.2 Dragline Verimlilik Analizi.....60
3.2.2.1 Çekme Kepçe Yorgunluk Ömrü ve Üretkenlik 61
3.2.2.2 En uygun Kazı Alanları ve Enerji Sarfiyatına Etkisi 63
3.2.2.3 En Uygun Kepçe Dolum Alanları ve Dişlerdeki Kuvvete Etkisi 64
3.2.2.4 Tur Periyodu ve Operatör Etkisi 65
3.2.3 Kamyon Verimlilik Analizi 66
3.2.3.1 Kamyon Kapasite Hesapları 67
3.2.3.1.1 Kamyon Çevrim Zamanı.....67
3.2.3.2 Gerekli Kamyon Sayısının Belirlenmesi 75
3.2.4 Yardımcı İş Makinelerinin Çalışma Süreleri ve Verimlilik Analizi 75
3.2.4.1 Dozer İş Üretim Hesabı 75
3.3 Makine ve Ekipman Yönetiminin Temel Kuralları.....77

BÖLÜM DÖRT – İŞ MAKİNELERİNİN PERİYODİK BAKIMI.....82

4.1 İş Makinelerinin Periyodik Bakımının Önemi 82
4.2 İş Makinelerinin Periyodik Bakımı 84
4.2.1 Bakım Şekilleri 85
4.2.1.1 Kontrol 85
4.2.1.2 Tamamlama.....86
4.2.1.3 Değiştirme.....86
4.2.1.4 Ayarlama.....86
4.2.1.5 Kuru Yağlama.....86
4.2.1.6 Onarım 86
4.2.2 Bakım Zamanları 87
4.2.2.1 Günlük Bakım.....87
4.2.2.1.1 Çalıştırma Öncesi Kontrol ve Bakım 87
4.2.2.1.2 Isıtma Sırasında Kontrol 88
4.2.2.1.3 Çalışma Sırasında Kontrol 88
4.2.2.1.4 İş Bitimi Kontrol ve Bakım.....89
4.2.2.2 Periyodik Bakım 89
4.2.2.3 S.O.S. Bakım (Erken Uyarı) 89
4.2.2.4 Depolama Bakımı veya Kışlık Bakım 90
4.2.2.4.1 Dizel Motorun Uzun Zamanlı Korumaya Alınması.....92
4.2.2.4.2 Makinenin Korumaya Alınması (Bir yıla kadar) 95
4.2.2.4.3 Jeneratörü Korumaya Alma (Bir Yıla Kadar) 98
4.3 İş Makinelerinin Arıza Belirtileri, Operatör Tarafından Yapılabilecek Küçük Onarımlar 99
4.3.1 Marş Sistemi Arızaları.....99
4.3.2 Şarj Sistemi Arızaları.....99
4.3.3 Motor Arıza 100
4.3.4 Hidrolik Şanzımanların Arızaları 102
4.3.5 Hidrostatik Sistemin Arızaları 103
4.3.6 Fren Sisteminin Arızaları.....103
4.3.7 Hidrolik Sistemin Arızaları 104

BÖLÜM BEŞ – SONUÇLAR.....109

KAYNAKLAR 111

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 Halatlı ekskavatörün şematik görünümü 9
Şekil 2.2 Halatlı ekskavatörün kepçesinin doldurulması 11
Şekil 2.3 Halatlı ekskavatörün bir tam çalışma döngüsü 12
Şekil 2.4 Paletli ekskavatör görünümü 13
Şekil 2.5 Paletli ekskavatör yürüyüş takımı 13
Şekil 2.6 Lastik tekerlekli ekskavatör 15
Şekil 2.7 Lastik tekerlekli ekskavatör yürüyüş takımı 15
Şekil 2.8 Dragline ve ekipmanları 17
Şekil 2.9 Paletli yükleyici 19
Şekil 2.10 Paletli yükleyici çalışma şekli 21
Şekil 2.11 Lastik tekerlekli yükleyici 21
Şekil 2.12 Lastik koruma zinciri 22
Şekil 2.13 Lastik tekerlekli yükleyici çalışma şekli 23
Şekil 2.14 Arkadan damperli konvansiyonel tip kamyonlar 27
Şekil 2.15 Arkadan damperli treyler tip kamyonlar 27
Şekil 2.16 Yandan damperli kamyon 28
Şekil 2.17 Alttan boşaltmalı kamyon tipi 28
Şekil 2.18 Dozer 29
Şekil 2.19 Hidrolik tip 30
Şekil 2.20 Halatlı tip 31
Şekil 2.21 Greyder 36
Şekil 3.1 Ters kepçe ekskavatörün en uygun kazı derinliği 58
Şekil 3.2 Çekme-kepçenin dört kazı bölümü ve bunların güç tüketimine etkisi 63
Şekil 3.3 Kepçenin yükleme alanları 65
Şekil 3.4 Kamyon hareket performans diyagramı 72
Şekil 3.5 Yavaşlatma performans diyagramı 75
Şekil 4.1 Makinelerle ilgili temel işaretler tablosu…. 106
Şekil 4.2 Makinelerle ilgili temel semboller/1 107
Şekil 4.3 Makinelerle ilgili temel semboller/2 108

TABLOLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1 Dozerlerin karakteristik değerleri 33
Tablo 2.2 Greyder karakteristik değerleri 36
Tablo 3.1 Yükleyiciler için dönme katsayısı 41
Tablo 3.2 Kepçe dolma katsayıları.....44
Tablo 3.3 Bazı kayaçlara ilişkin kabarma ve kepçe dolum katsayıları 45
Tablo 3.4 Tanımlanan kullanım oranlarının formüllerle kısaltılmış gösterimi.....50
Tablo 3.5 Çekme işleminin kepçenin dişlerindeki yüke etkisi 64
Tablo 3.6 Malzeme ve kepçe dolum faktörü arasındaki ilişki 69
Tablo 3.7 Eğim direnci (açı ve yüzde cinsinden).....71
Tablo 3.8 Yol durumuna göre yuvarlanma dirençleri.....71
Tablo 3.9 Ortalama hız faktörü 72
Tablo 3.10 Yolun durumuna göre cevher kamyonu standart analizi 73
Tablo 3.11 Boşaltma süresi.....74
Tablo 3.12 Manevra süresi.....74
Tablo 3.13 Üretim şartları düzeltme katsayısı ilişkisi.....77

BÖLÜM BİR
GİRİŞ

Maden üzerindeki örtü tabakasının alınarak, üzeri açılan maden kitlesinin üretiminin yapılmasıyla oluşan maden işletme yöntemi, "açık işletme" olarak tanımlanmaktadır. Dünya maden üretiminin yaklaşık üçte ikisi, açık işletme yöntemiyle yapılmaktadır. Teknolojideki gelişmelere paralel olarak, açık işletmelerde kullanılan makinelerin iş kapasiteleri ve üretkenlikleri gün geçtikçe artmakta ve bunun sonucu olarak birim maliyetler azalmaktadır (Köse ve Mallı, 2012). Bu nedenle günümüz madencilik çalışmalarında, şartlar el veriyorsa kapalı işletme yöntemi yerine açık işletme yöntemi tercih edilmektedir.

Madencilik girişimlerinde açık işletme planlaması, işletmenin her aşamasının birbiri ile uyum içinde olacağı şekilde yapılmalıdır. Planlama sırasında dikkate alınması gereken parametrelerin başında genel olarak; jeoloji, jeoteknik ve hidrojeolojik koşullar ile rezerv yayılımı, topoğrafya, ekipman seçimi, ekonomik faktörler ve maliyet, yatırım tutarı, kar miktarı, cevher çeşidi, ocak ve basamak şev açıları, basamak yüksekliği, yol eğimleri, cevher zenginleştirme ve pazarlama olanakları gibi parametreler yer almaktadır. Bölge jeolojisinin ve cevherleşmenin getirdiği zorunluluklar bir tarafa bırakıldığında ise, planlamayı ve yukarıda sayılan maliyet faktörlerinin tümünü ve ocak geometrisini etkileyen faktörlerin başında üretim yada farklı amaçlar için seçilen iş makineleri gelmektedir.

Açık işletmelerde kazı, yükleme ve taşıma işleri; yapıları, çalışma şekilleri ve kapasiteleri çok değişik olabilen çeşitli makine veya sistemlerle gerçekleştirilmektedir. İşe ve amaca en uygun makineyi veya makine sistemini seçmek en önemli durumdur. Madencilik faaliyeti öncesinde karar verilen bu olgunun yanlış ya da tam olarak uygun olmaması durumunda, işletmede sürekli verimsiz bir üretim durumu gözlenirken, doğru makine ve ekipman seçimi gerek üretimde istenen verimin alınmasında gerekse işin sürekli ve emniyetli olarak devam etmesinde en önemli unsurdur.

Bu nedenle açık işletmelerde kullanılan iş makinelerinin, iş verimliliği gibi üretimi ve makine seçimini, dolayısı ile maliyetleri etkileyen faktörlerinin belirlenmesi oldukça önemlidir. Araştırmada, özellikle madencilik faaliyetlerinde kullanılacak ağır iş makinelerinin seçiminde dikkat edilmesi gereken faktörler, bakım ve onarım aşamaları ile performans değerleri incelenmiştir. Yine de madencilik faaliyetleri için gerekli olan makine ve ekipman seçiminde en önemli unsur, maden sahası ile ilgili yeteri kadar veri elde edildikten sonra bu seçimin yapılmasıdır. İş makinelerinin dolayısı ile madencilik operasyonlarının verimlilikleri, doğru makine seçimi ile paralel olarak artar. Yanlış bir seçim, sürekli verimsizlik demektir. Doğru makine seçimi ise gerek sistem ve makine ile ilgili, gerekse çalışılan yer ve çalışma şartlarıyla ilgili ana bilgilerin ve aralarındaki bağıntıların bilinmesiyle mümkündür (Eskikaya, 1986).

Hazırlanan tez çalışmasında özellikle madencilik operasyonlarında kullanılan makine ve ekipmanların ayırt edici teknik özellikleri, uygulama şekilleri, özel işaretlemeler, bakım ve onarım prosedürleri detaylı olarak ele alınmıştır. Bunun yanı sıra ağır iş makinelerinde verim ve performans terimleri ile bunlara etki eden faktörler irdelenerek, makinelerin işletmelerde doğru yönetim şekilleri üzerinde durulmuştur.

BÖLÜM İKİ
AÇIK İŞLETMELERDE YAYGIN KULLANILAN AĞIR İŞ MAKİNELERİ

Modern mekanize madencilik yöntemlerinde kullanılan makine ve ekipman (dragline, döner kepçeli ekskavatör, halatlı ekskavatör vb.), çoğu zaman o yöntemin parametrelerinin ana belirleyicisi olmakta, hatta yönteme kendi adını vermektedir. Bu makine ve teçhizatın boyutları, yüksek üretim kapasitesi ve düşük birim kazı maliyeti ile orantılı olması nedeniyle gün geçtikçe büyümektedir ve bugün açık ocaklarda 350 ton taşıma kapasiteli kamyonlar, 170 m^3 kepçe hacimli dragline'lar, 140 m^3 kepçe hacimli halatlı ekskavatörler ve 240000 m^3 (yerinde)/gün kazı kapasiteli döner kepçeli ekskavatör kullanılabilmektedir (Köse ve Mallı, 2012). Bu bağlamda özellikle maden işletmelerinde, açık işletmelerde kullanılan ağır iş makinelerinin sınıflandırılması gerekmektedir.

Litaratürde farklı iş kolları, farklı çalışma prensipleri ile bu makineleri çok farklı açılardan sınıflandırmışlardır. Bunun yanı sıra madencilik açısından bir sınıflama yapmak gerekirse, açık işletmelerde yaygın olarak kullanılan ağır iş makineleri; kazma makineleri, yükleyici makineler, taşıma makineleri, kaldırma makineleri, sondaj makineleri, transmikser ve beton pompa makineleri olarak sınıflandırılabilinir.

- Kazma Makineleri
    - a) Dozerler
    - b) Skeyperler
    - c) Ekskavatörler
    - d) Greyderler
    - e) Loderler
    - f) Yol freze makinaları

- Yükleyici Makineler
    - a) Loderler
    - b) Ekskavatörler

c) Shovel

d) Manyetik yükleyiciler

e) Elevatörler

f) Helezonlar

- Taşıma Makineleri
    a) Kamyonlar
        a1. Kaya kamyonları
        a2. Damperli kamyonlar
        a3. Traylerler
        a4. Tankerler
    b) Skreyperler

- Kaldırma Makineleri
    a) Forkliftler
    b) Sepetli liftler
    c) Teleskobik kaldırıcılar
    d) Mekanik kaldırıcılar
    e) Vinçler, kreynler

- Sondaj Makineleri
- Transmikserler ve Beton Pompaları

2.1 Genel Özellikler

Günümüz modern mekanize madencilik yöntemlerinde kullanılan makine ve ekipman (dragline, döner kepçeli ekskavatör, halatlı ekskavatör vb.), çoğu zaman o yöntemin parametrelerinin ana belirleyicisi olmakta, hatta yönteme kendi adını vermektedir. Bu makine ve teçhizatın boyutları, yüksek üretim kapasitesi ve düşük birim kazı maliyeti ile orantılı olması nedeniyle gün geçtikçe büyümektedir ve bugün açık ocaklarda 350 ton taşıma kapasiteli kamyonlar, 170 m^3 kepçe hacimli

dragline'lar, 140 m^3 kepçe hacimli halatlı ekskavatörler ve 240000 m^3 (yerinde)/gün kazı kapasiteli döner kepçeli ekskavatör kullanılabilmektedir (Köse ve Mallı, 2012) .

Bu ekipmanlar arasında kesintisiz kazı yapabilen tek araç, yumuşak tabakaların (kum, gevşek toprak, yumuşak linyit v.b) kazılmasında kullanılan döner kepçeli ekskavatör olup, diğerleri kepçeyi doldurma-dönme-kepçeyi boşaltma şeklinde döngüsel hareketler kapsamında çalışırlar.

2.1.1 Kazı ve Yükleme Makine-Ekipmanının Belirlenmesi

Yerüstü madenciliğinde üretilen cevherin tenörünün genellikle düşük olması, endüstrinin ihtiyacını karşılayabilmek için yüksek üretim kapasitelerini gerektirmektedir. Bunun yanında, üretilecek olan cevherin üzerindeki örtü kalınlığının, dolayısıyla kazılacak ve nakledilecek malzeme miktarının da fazla olması kazı, yükleme ve nakliye ekipmanlarının da büyük kapasitelere sahip olmalarını gerektirmektedir (Köse ve Çebi, 1987).

Büyüyen kapasiteleri ile birlikte artan makine ve ekipman fiyatları, açık işletme planlamasında en büyük yatırımı oluşturan etken makine ve ekipman olduğundan, oldukça önemli yer tutmaktadır. Bir açık işletme için en uygun yöntemin ve optimal makine ekipman adedinin belirlenmesinde yapılabilecek hatalar, işletmeyi büyük miktarlara varabilecek zararlara sokabilir. Bu nedenle bir açık işletme için yöntem ve makine-ekipman seçilirken kazılacak malzemenin özellikleri de göz önünde bulundurulmalı, mümkün olduğunca fazla sayıda alternatif değerlendirilmelidir. Ancak fazla sayıda alternatifin incelenmesi sonucunda seçilecek yöntem veya yöntemlerin oluşturduğu bir kombinasyon en iyi sonucu verecektir (Köse ve Mallı, 2012).

2.1.2 Ana Ekipmanların Seçimi

Ana ekipmanların seçiminde göz önünde bulundurulması gereken önemli faktörlerden biri, ocağa en uygun makine ve ekipmanların seçimidir. Maden için

mümkün olduğunca tek tip makine seçme yoluna gidilmeli, yani makine-ekipman standardizasyonu sağlanmalıdır. Kullanılacak ekskavatörün boyutları belirlenirken, aşağıdaki faktörler göz önünde bulundurulmalıdır.

- Üretim planı
- Kazı yüksekliği
- Kayaçların özellikleri
- Diğer faktörler

2.1.3 Zaman Faktörü ve Ekipmanların Gerçek Randımanları

Zaman faktörü, yıllık ulaşılabilir gerçek çalışma saati olarak tanımlanmakta ve ekipmanların seçiminde önemli rol oynamaktadır. Planlama aşamasında, yılda mevcut olan 8760 saat baz alınmalıdır. Tatil günleri ve çalışma koşulları göz önünde bulundurularak, bu sayı azaltılmalıdır. Değişik madenlerde çalışan ekskavatörlere ait istatistikler, bu rakamın gerçekte 4200 çalışma saatine kadar düştüğünü göstermektedir. Bu da % 47,95'lik bir randımana denk gelmektedir. Elverişsiz çalışan bir madende, bu rakam 3780 saate (% 43,15) kadar düşebilmektedir. Planlama sırasında kural olarak bir ekskavatörün efektif randımanı, nominal kapasitesinin % 50' si kadar alınabilir (Köse ve Mallı, 2012).

2.2 Açık Ocaklarda Kullanılan Kazı ve Yükleme Makineleri

Açık ocaklarda yerinden sökülen malzemenin, örtü döküm sahasına veya depolanmak üzere silolara nakledilmesi için bulunduğu yerden alınıp kaldırılarak nakliye düzeneğine (bant, kamyon, vagon vs.) verilmesine "yükleme" denir. Belirli uzunluktaki periyotlar şeklinde kesintili kazı yapılan ocaklarda (sert kayaç madenciliği) gevşetme, delme-patlatma ve yükleme olarak iki ana operasyon olarak ele alınırken, sürekli kazı yapılan ocaklarda (delme-patlatmaya gerek duyulmayan gevşek tabaka madenciliği), bu işlemler "kazı" adı altında bir arada irdelenir.

Açık işletmelerde kullanılan yükleme araçları (bundan sonra yapılacak açıklamalarda ekskavatör, loder, bager vb., "yükleyici" olarak anılacaktır), en başta kepçe sayılarına göre sınıflandırılır.Yumuşak tabakalarda uygulanan döner kepçeli ekskavatör (DKE) dışında anılacak tüm yükleyiciler, tek kepçeli türdedir. Tek kepçeli yükleyiciler kendi aralarında yapılarına, tahrik sistemlerine, tahrik motoru sayılarına, güç iletim türlerine ve kumanda edilme türlerine göre sınıflandırılır.

Buna göre yükleyiciler tahrik motoru ve kumanda sistemlerine göre;

- dizel motoru tahrikli
- elektrik motoru tahrikli
- dizel-elektrik tahrikli
- dizel-hidrolik tahrikli
- elektro-hidrolik tahrikli
- mekanik kumandalı
- hidrolik kumandalı
- pnömatik kumandalı
- elektrik kumandalı
- elektronik kumandalı

olarak sınıflandırılabilir. Tek kepçeli yükleyiciler kullanım şekillerine göre de şöyle sınıflandırılır;

a) 0,15 ile 2,5 m^3 kepçe hacimli, lastik tekerlekli veya paletli, açık İşletmelerde yardımcı iş makinesi olarak kullanılan küçük yükleyiciler,
b) 3 ile 8 m^3 kepçe hacmine sahip, açık işletmelerde zor kazı koşullarında kullanılan paletli yükleyiciler,
c) 4 ile 64 m^3 kepçe hacimli, çok zor kazı koşullarında ve örtü kazıda temel araç olarak kullanılan paletli yükleyiciler,
d) 4 ile 168 m^3 kepçe hacmine sahip, kazı kolu uzunluğu 100 m'ye ulaşan, örtü kazıda kullanılan yürüyen dragline'lar.

Yükleyicileri bu şekilde sınıflandırılmalarının dışında, aşağıda verilen parametreler, bunların çalışma yerlerini ve koşullarını belirler;

- Belli zemin koşullan için öngörülmüş kepçe hacmi (m^3)
- Motor(ların) türü ve gücü (kW veya BG)
- Tam teçhizatlı çalışma ağırlığı (ton)
- Dingiller arası ve paletler arası mesafe (cm)
- Özgül zemin basıncı (kPa)
- Yükleyicinin motorundan maksimum güç elde edilmesiyle ve mekanik sağlamlığının zarar görmeden çalışabileceği ekstrem koşullar.

Yükleyicinin büyüklüğü, zemin türüne bağlı olarak değişen kepçe hacmiyle karakterize edilir. Yüksek kazı direncine sahip ağır zeminlerde, kepçe hacmi daha küçük seçilir. Bir yükleyicinin başlıca çalışma parametreleri;

- Kazı yüksekliği
- Kazı derinliği
- Kazı alanı (kazı kolunun erişim sahası)
- Boşaltma yüksekliği

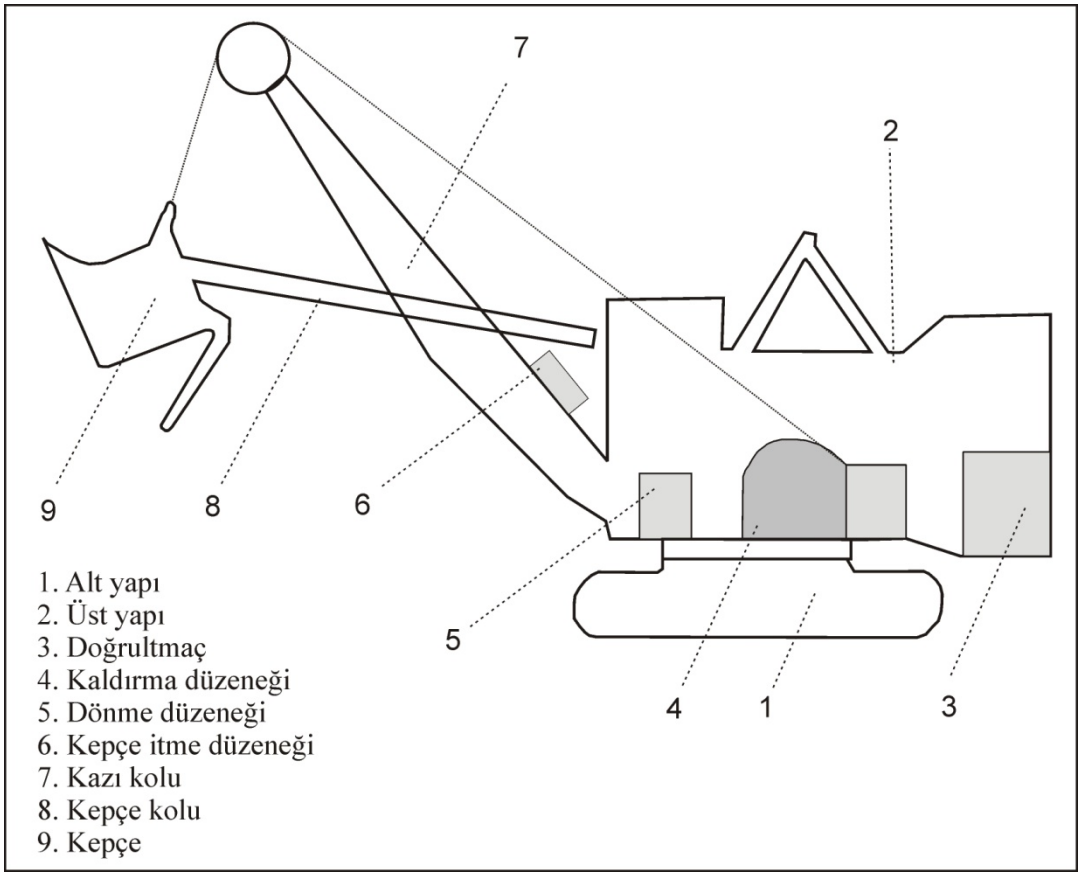
olarak sayılmaktadır (Köse ve Mallı, 2012).

2.2.1 Halatlı Ekskavatörler

Ekskavatörler, direk kazı makinesi olup kazı işlerinin ana makinasıdır. Hareket kabiliyetinin çok yüksek olması, kazı ve yüklemeyi aynı anda yapabilmesi nedeniyle en yaygın iş makinasıdır. Ekskavatörün büyüklüğü yapılacak kazının amacına göre değişir. Motor gücü, kova hacmi ve kazabileceği kazı derinliği ile orantılı olarak artar (Özbay, 2013).

2.2.1.1 Tasarım Özellikleri

Halatlı ekskavatörlerin yapısı prensip olarak Şekil 2.1'deki gibidir. Alt yapı; şase, paletli yürüyüş takımları ve üst yapıyı döndürme düzeneğinden oluşur. Malzemenin kepçeye alınıp nakliyat düzeneğine dökülme işleminde üst yapı, kaldırma, ileri itme, dönme düzenekleri rol oynar. Tahrik üniteleri, üst yapının içinde bulunur. Güç iletimi ekskavatörün tanımına uygun olarak halatlar yardımıyla yapılır.



Şekil 2.1 Halatlı ekskavatörün şematik görünümü (Köse ve Mallı, 2012).

2.2.1.2 Yürüyüş Sistemi

Yürüyüş takımı (alt yapı), yükleyicinin zemine oturmasını ve bağımsız olarak hareketlerini sağlar. Alt yapı bir şasi, paletler, tahrik dişlileri ve üst yapıyı döndürme düzeneğinden oluşur. Şasi sağlam bir kaynaklı konstrüksiyon olup, üst yapı tarafından iletilen kuvvetlerin alınıp zemine iletilmesine yarar.

Paletler, birbirine pimlerle bağlı döküm malzemeden imal edilmiş palet pabuçlarından oluşurlar, paletlerin üzerinde döndüğü cer dişlilerinden birisi tahrik, diğeri gergi (paletlerin gerginliğini sağlamak için) cer dişlisidir. Tahrik motorları şimdiye kadar üst yapı içinde yer alıyor ve hareket, miller ve dişliler yardımıyla cer dişlisine iletiliyor idiyse de, sürtünmeden kaynaklanan güç kaybı, aşınma ve yüksek bakım giderlerini ortadan kaldırmak amacıyla, son zamanlarda elektrikli ve hidrostatik tahrik üniteleri alt yapı içinde yer almaktadırlar.

Döndürme düzeneği, alt yapı ile üst yapı arasındaki mekanik bağlantıyı oluşturur ve dolayısıyla reaksiyon kuvvetleri ile devrilme momentlerini alt yapıya iletir. Sayıları dörde kadar çıkabilen döndürme motorları, üst yapıya 360° lik bir dönüş olanağı sağlar.

2.2.1.3 Kazı-Yükleme Sistemi

Bir halatlı ekskavatörün kazı-yükleme sistemi, üst yapı, kazı kolu, kepçe kolu, kepçe ileri itme kolu ve dönme düzeneğinden oluşur. Üst yapının içinde tahrik üniteleri, şalterler, dişli kutuları, halat tamburları, ön ucunda da kazı kolu yer alır. Genelde kaynaklı bir konstrüksiyon olan kazı kolu, alt ucundan üst yapıya mafsallıdır ve üst ucunda, kepçenin hareketlerini yapmasına yarayan bir veya birden fazla halat tamburlar yer alır.

Kepçe kolu dört köşe profilden imal edilmiştir ve yapı şekline göre ya kazı kolunun her iki yanında (çatal şeklinde kepçe kolu) veya kazı kolu, kepçe kolunun kendi içinden geçebileceği şeklinde dizayn edilmiştir. Kepçenin ileriye doğru (malzeme yığınına doğru) itilmesi, kepçe kolunun üzerine monte edilmiş motorlar veya halatlar yardımıyla yapılır.

Malzemenin yüklenmesini sağlayan kepçe özel, aşınmaya dayanıklı çelikten imal edilmiştir. Kepçe yüklenecek malzemeyi alıp boşaltma noktasına geldikten sonra,

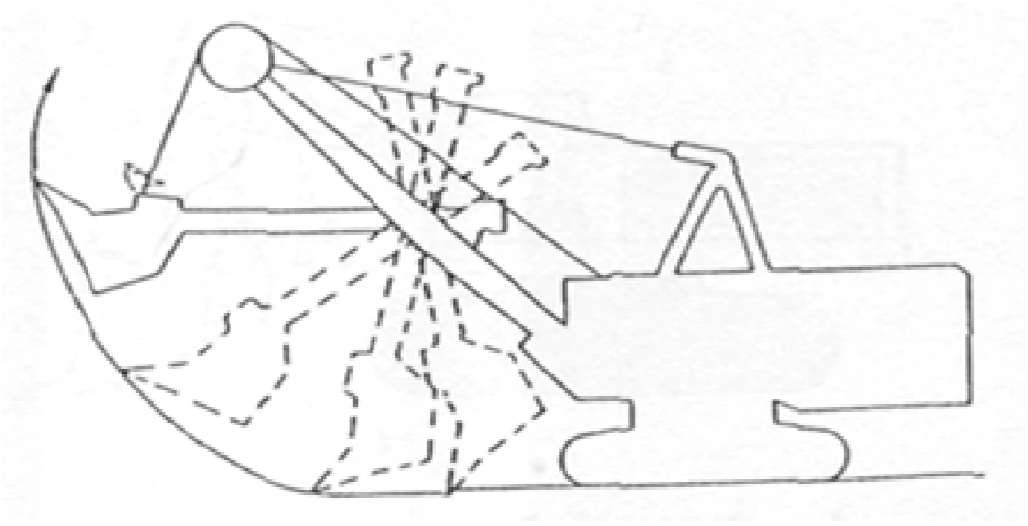
altındaki sürgülü kilit yardımıyla alt kapağı açılır ve malzeme boşalır. Kapağın kapatılması, kepçenin indirilmesi sırasında kepçenin kendi ağırlığıyla gerçekleşir.

2.2.1.4 Çalışma Şekli

Bir halatlı ekskavatörün çalışma döngüsü (periyodu), birbirini izleyen ve kısmen iç içe geçmiş şu aşamalardan oluşur;

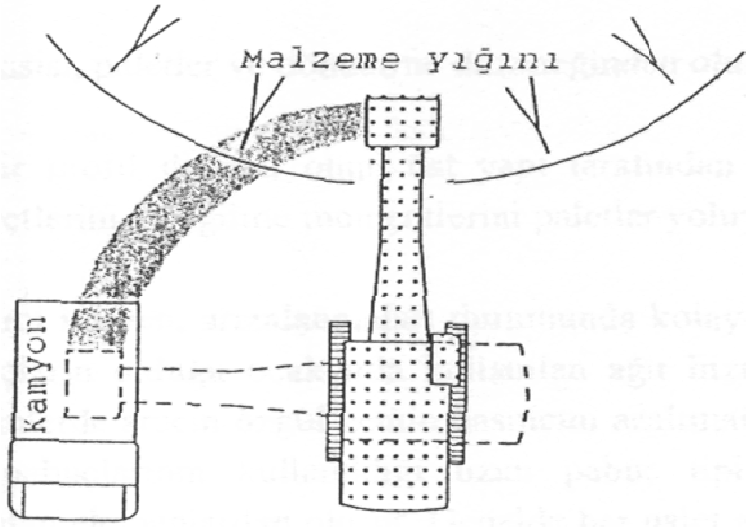
a) Malzemenin kepçeye doldurulması
b) Ekskavatör üst yapısının dönmesi
c) Malzemenin boşaltılması
d) Yeniden malzeme almak üzere geriye dönmesi

Kepçenin doldurulması sırasında ekskavatör aynanın önündedir; kepçe malzemeye daldırılır, ayna yönünde itme uygulanarak kaldırılır (Şekil 2.2)



Şekil 2.2 Halatlı ekskavatörün kepçesinin doldurulması (Köse ve Mallı, 2012).

Boşaltma işleminden sonra, geriye dönüş sırasında kepçe indirilir ve geriye çekilir (bu sırada alt kapak kendiliğinden kapanır). Şekil 2.3'de halatlı ekskavatörün bir tam çalışma döngüsü görülmektedir.



Şekil 2.3 Halatlı ekskavatörün bir tam çalışma döngüsü (Köse ve Mallı, 2012).

2.2.2 Hidrolik Ekskavatörler

Öncelikli ve ortak işi kazma işlevi olan, bunun yanı sıra çeşitli ölçülerle kanal açma, dolmuş kanalları temizleme, toprak, hafriyat, yığma, yükleme, kum, çakıl vb. malzemeleri kazma ve gerektiğinde araçlara yükleme gibi özelliklere de sahiptir. Kendi bulundukları düzeyin üzerinde ve altında toprak kaldırabilen çalışma esnasında 360° hareket kabiliyetine sahip, kendinden tahrikli paletli veya lastik tekerlekli üstün yetenekli makinelere denir. Kazı yükleme işlerinde sıkça kullanılır.

Mermer ocaklarında genellikle paletli tip ekskavatörler kullanılır. Hidrolik prensibi ile çalışırlar. Kollara çatal, kepçe ve kırıcılar takılmak sureti ile çalışma alanı genişletilebilmektedir.

2.2.2.1 Paletli Ekskavatörler

2.2.2.1.1 Tasarım Özellikleri. Alt yapı: şase, paletli yürüyüş takımları ve üst yapı döndürme düzeneğinden oluşur. Malzemenin kepçeye alınıp nakliyat düzeneğine dökülme işleminde üst yapı, kaldırma, ileri itme, dönme düzenekleri rol oynar.



Şekil 2.4 Paletli ekskavatör görünümü (Özbay, 2013)

Tahrik üniteleri, üst yapının içinde bulunur. Güç iletimi ekskavatörün tanımına uygun olarak hidrolik kollar yardımıyla yapılır. Şekil 2.4 ’de paletli ekskavatör görülmektedir.

2.2.2.1.2 Yürüyüş Sistemi. Yürüyüş takımları (alt yapı), yükleyicinin zemine oturması ve bağımsız olarak hareketlerini sağlar. Alt yapı bir şasi, paletler, tahrik dişlileri ve üst yapıyı döndürme düzeneğinden oluşur. Şasi sağlam bir kaynaklı yapı olup, üst yapı tarafından iletilen kuvvetlerin alınıp zemine iletilmesine yarar.

Paletler, birbirine pimlerle bağlı döküm malzemeden imal edilmiş palet pabuçlarından oluşurlar, paletlerin üzerinde döndüğü çer dişlilerinden birisi tahrik, diğer gergi cer dişlisidir.

Döndürme düzeneği, alt yapı ile üst yapı arasındaki mekanik bağlantıyı oluşturur ve dolayısıyla reaksiyon kuvvetleri ile devrilme momentlerini alt yapıya iletir. Sayıları dörde kadar çıkabilen döndürme motorları, üst yapıyı 360°’lik bir dönüş olanağı sağlar.



Şekil 2.5 Paletli ekskavatör yürüyüş takımı (Özbay, 2013).

2.2.2.1.3 Kazı ve Yükleme Sistemi. Paletli ekskavatörün kazı-yükleme sistemine üst yapı, kazı kolu, kepçe kolu ve kepçe dâhildir. Üst yapı içerisinde tahrik motorları, hidrolik sistem üniteleri, döndürme motorları ve operatör kabini yer alır. Mekanik ve hidrolik elemanlar, üst yapı içerisinde bakım-onarım sırasında kolay ulaşılabilecek, aynı zamanda verim düşmesine neden olmamaları için hidrolik bağlantıların mümkün olduğunca kısa tutabileceği pozisyonda yerleştirilir.

Üst yapıya, tek veya çok parçalı olabilen kazı kolu bağlıdır. Kazı ve kepçe kolu üzerindeki hidrolik silindirler yardımıyla ekskavatör, kepçesini doldurma, kaldırma, boşaltma ve indirme hareketini yapar.

Ekskavatör menzilinin (kazı ve kepçe kolları toplamı erişim mesafesi) büyümesi, daha büyük periyot sürelerinin doğmasına ve daha küçük koparma kuvvetlerinin meydana gelmesine neden olur. Bu nedenle ekskavatör menzilinin söz konusu çalışma yerine uygun olup olmadığının kontrol edilmesi gerekir.

2.2.2.1.4 Güç Üretimi ve İletimi Sistemi. Hidrolik pompaların tahrik edilmesinde dizel veya elektrik motorları kullanılabiliyorsa da, yaygın uygulama dizel motorlarının kullanılması şeklindedir. Çünkü elektrik motor kullanımı, aracın yüksek hareket yeteneğini, araca bağlı elektrik kablosundan dolayı kısıtlamaktadır.

Hidrolik pompalar, bir veya iki dizel motoru tarafından tahrik edilir. Genelde açık hidrolik devreleri (pompanın hidrolik sıvısını bir kaptan emdiği durum) kullanılır ve belli basınca ulaştırılan sıvı hidrolik silindirlere ve motorlara iletilir. Bazı modellerde enerji kaybını önlemek amacıyla, üst yapıyı döndürmede ayrı bir hidrolik devre kullanılır.

2.2.2.1.5 Çalışma Şekli. Bir paletli ekskavatörün çalışma döngüsü, birbirini izleyen ve kısmen iç içe geçmiş aşamalardan oluşur. Bunlar;

- Malzemenin kepçeye doldurulması
- Ekskavatör üst yapısının dönmesi

- Malzemenin boşaltılması
- Yeniden malzeme almak üzere geriye dönmesi şeklinde sıralanabilir.

2.2.2.2 Lastik Tekerlekli Ekskavatörler

2.2.2.2.1 Tasarım Özellikleri. Alt yapı: şase, lastikli yürüyüş takımları ve üst yapı döndürme düzeneğinden oluşur. Malzemenin kepçeye alınıp nakliyat düzeneğine dökülme işleminde üst yapı, kaldırma, ileri itme, dönme düzenekleri rol oynar. Lastik tekerlekli ekskavatör Şekil 2.6'da gösterilmiştir.



Şekil 2.6 Lastik tekerlekli ekskavatör (Özbay, 2013).

2.2.2.2.2 Yürüyüş Sistemi. Yürüyüş takımları paletli ekskavatörden farklı olarak tekerleklerden oluşur. Alt yapı bir şasi, tekerleklerden, tahrik dişlileri ve üst yapıyı döndürme düzeneğinden oluşur.

Çalışma esnasında lastik tekerlerin üzerine yük binmemesi için dört adet bağımsız dış dayanak veya iki bağımsız dış dayanak ve bir dozer bıçağı bulunur (Şekil 2.7). Her dış dayanak veya dozer bıçağı bir anahtar ve dozer kolu ile kontrol edilir.



Şekil 2.7 Lastik tekerlekli ekskavatör yürüyüş takımı (Özbay, 2013).

2.2.2.2.3 Kazı ve Yükleme Sistemi. Lastik tekerlekli ekskavatör de kazı-yükleme sistemine üst yapı, kazı kolu, kepçe kolu ve kepçe dâhildir.

Lastik tekerlekli ekskavatör paletli ekskavatöre nazaran daha hafif işlerde kullanılır. Lastikli ekskavatör kazı ve yükleme sistemi paletli ekskavatör ile aynı sistemde çalışır. Paletli ekskavatördeki kriterler lastik tekerlekli ekskavatör içinde geçerlidir.

2.2.2.2.4 Güç Üretimi ve İletimi Sistemi. Hidrolik pompaların tahrik edilmesinde dizel motorlar kullanılır. Çünkü elektrik motor kullanımı, aracın yüksek hareket yeteneğini, araca bağlı elektrik kablosundan dolayı kısıtlamaktadır.

Güç üretimi dizel motorlarla yapıldığından daha hareketli ve seri hareket etme kabiliyetine sahiptirler.

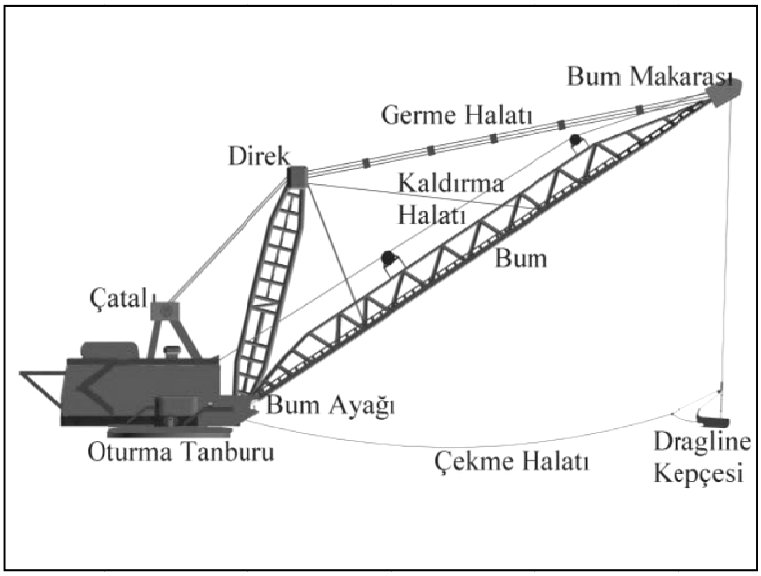
2.2.2.2.5 Çalışma Şekli. Çalışma şekli olarak paletli ekskavatörle aynıdır.

- Malzemenin kepçeye doldurulması
- Ekskavatör üst yapısının dönmesi
- Malzemenin boşaltılması
- Yeniden malzeme almak üzere geriye dönmesi

2.2.3 Dragline

2.2.3.1 Tasarım Özellikleri

Dragline, üst ve alt yapı olmak üzere iki kısımdan oluşur. Üst yapı, alt yapı üzerinde 360^{o} dönebilmektedir. Alt yapıda, yürüyüş mekanizması, oturma tabanı, şasi, göbek dişlisi, taşıyıcı bandaj, üst yapıda ise tahrik ve operatör kabini ile kazı, nakil ve döküm elemanlarını oluşturan bum, kepçe ve halat gibi kısımlar bulunur. Dragline'ın boyutları Şekil 2.8' de sistematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.8 Dragline ve ekipmanları

Dragline'lar değişik tiplerde imal edilirler. Madencilikte kullanılan en küçük dragline 1,5 yd^3, en büyük dragline ise 220 yd^3 (168 m^3) kepçe kapasitelidir.

Kazı işlemi kepçenin ağırlığı sayesinde yapıldığından, kepçe dişlerine mümkün olduğu kadar fazla ağırlığın gelmesi istenir. Eğer kepçe tabanı öne doğru uzatılmış olursa, dişlere kepçe ağırlığının % 50'si etki eder. Bu şekilde kepçe az kazı kuvveti gerektiren, kumlu ve çakıllı yani gevşek malzeme dekapajında kullanılır. Kepçe tabanı ön tarafta kısa olursa (yani kepçe dişleri geride olursa), dişler üzerine kepçe ağırlığının % 60- % 70'i gelir. Bu tip kepçeler killi ve sıkı malzemeli dekapaj işlerinde tercih edilir (Genç, 2002). Kepçenin araziye girişini ve malzemeyi kavramasını kolaylaştırmak için, bazı konstrüksiyonlarda kulp çapraz olarak yapılır. Bu tip kepçeler kazı derinliği fazla ve sert arazilerde tercih edilir.

Dragline, çok esnek ve madencilik uygulamalarında kullanılan en ağır iş makinelerindendir. Tüm yıl boyunca çalışabilir ve ekskavatör + kamyon yöntemi kadar iklim koşullarından etkilenmez. Kömür damarındaki kıvrımları izleyebilir ve kömür üzerini çok temiz açar, böylece kömüre çok az tavan taşı karışır. Ekskavatör için çalışma şartları zor olan bölümlerde kömür kazısı dragline'a yaptırılabilir. Dragline kendi yürüyeceği yolu yapabilir, çalışacağı alanı düzleyebilir. Oturduğu düzlemin altında ve üstünde kazı işlemini yapabilir. Kazı düzeyinin üstünde

bulunduğundan, yer altı sularından etkilenmez. Bu sistem kamyon gerektirmediğinden, çalışan sayısı birkaç kişiden oluşur. Güvenli ve verimli bir çalışma için önkoşul, dilim yüzeyinin çok iyi düzlenmiş olmasıdır. Bu nedenle, dragline dilimlerinde mutlaka bir dozer bulundurulmalıdır (Genç, 2002).

Dragline, sallama kepçesi olan bir ekskavatördür. Belli kalınlık ve genişliği olan örtü-kazı dilimi üzerinde çalışır. Hareket düzlemi üzerindeki ve altındaki malzemeyi kazarak alır ve yanındaki kömürü alınmış bir önceki dilime döker.

Dragline'ın çalışma periyodu (cycle, döngü), aşağıdaki hareketlerden oluşur;

a) Kazı ve malzemenin kepçeye doldurulması,
b) Dragline üst yapısının düşey ekseni etrafında dönmesi ve kepçenin kaldırılması,
c) Kepçenin malzemeyi toprak harmanına boşaltması,
d) Üst yapının düşey ekseni etrafında geri dönmesi ve kepçenin aşağı indirilerek ilk pozisyonuna gelmesi.

Bu hareketler birbirinden soyutlanamaz, ancak birbirlerine göre süreleri azaltılıp çoğaltılabilir (Genç, 2002). Açık işletmelerde paletli draglineların bir yükleme aracı olarak kullanımı aşağıda belirtilen sebepler yüzünden az olmaktadır;

a) Kazma hareketi ekskavatörlere nazaran daha azdır. İyi bir şekilde gevşetilmemiş arazide düşük kapasiteli draglaynların çalışma imkânı güçtür.

b) Draglineların eşit kapasiteli bir ekskavatöre nazaran devir süreleri daha fazladır.

c) Yükleme sırasında kepçeyi yüklenecek noktaya yöneltmek imkanı ekskavatöre nazaran daha azdır.

Draglineların en uygun derin kazı özelliklerine, kepçenin zeminin altında kazı yaptığı düşük meyillerdeki kamyon ve tren nakliyatında ulaşılabilinmektedir. Derin kazı

özelliklerine sahip olması yüzünden paletli draglaynlar daha ziyade sulu ocak operasyonlarında (kum, çakıl vs.) tatbikat sahası bulurlar. Ekskavatörlerin kapasitesini tayinde kullandığımız formülü paletli draglaynlar içinde tatbik edebiliriz. Ancak paletli draglaynların açık işletmelerde mahdut bîr şekilde kullanımı yüzünden meseleyi derînine incelemek lüzumu gerekli görülmemiştir (Atkinson, 1971).

2.2.4 Paletli Yükleyiciler

2.2.4.1 Tasarım Özellikleri

Paletli yükleyiciler, dozerlerin traktör kısmına bıçak yerine kepçe dizayn edilmiş şeklidir. Öndeki kepçe, hidrolik silindirler ve kollar vasıtası ile hareket ettirilmektedir. Kepçe kapasiteleri 1,5 m^3 – 4,5 m^3 arasında değişen büyüklükteki modeller, açık işletmelerde ve özellikle mermer, kum ve çakıl ocaklarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Paletli yükleyicilere bir takım ataşmanlar takarak birden fazla amaçla kullanılmaktadır. Arka tarafa riper bağlanıp riperleme işlemi yapabileceği gibi, ön kısma bağlanan bıçak ile dozer işlevi de görülebilir. Ayrıca kepçe ataşmanı da kullanım amacına göre değişik tipteki aletler ile değiştirilebilir (Özbay, 2013).



Şekil 2.9 Paletli yükleyici

2.2.4.2 Teknik Özellikleri

Paletli yükleyiciler ana hatlarıyla dizel motor, aktarma organları, şasi, paletler, kumanda kabini, kepçe, bom ve hidrolik kollardan oluşurlar.

Yükleyici kepçeleri, kazılıp yüklenecek malzemelerin özellik ve yoğunluğuna göre değişik biçim ve hacimlerde olabilir. Kepçe uçlarında aşınmaya dayanıklı malzemelerden yapılmış düz plaka veya kepçe dişleri bulunur. Bom'un bir ucu kepçeye, bir ucu yükleyici gövdesine (şasi) bağlı olup, hidrolik bom kaldırma kollarının çalıştırılması ile bom'un kaldırılıp indirilmesi ve doldurulup boşaltılması gibi hareketler sağlanır. Mekanik kolların birer ucu hidrolik kepçe kollarına, birer ucu da kepçeye bağlı olup, kepçenin hareketlerini sağlar.

Bu tür makineler çeşitli büyüklükte olup, 350 HP'a kadar tahrik gücü sağlayanlar mevcuttur. Kepçeye hareket veren hidrolik silindirlerin sayısı 4 tanedir. Bunların ikisi kaldırma, ikisi de itme görevi yapar.

2.2.4.3 Çalışma Şekli

Paletli yükleyicilerin çalışma şekli de lastik tekerlekli yükleyicilerle aynı safhalardan oluşur. Çalışma şekli safhaları;

a- Malzemenin alınması – Kepçenin doldurulması
b- Yüklü durumda hareket
c- Malzemenin dökülmesi – Kepçe boşaltılması
d- Boş durumda hareket

şeklide sıralanabilir.



Şekil 2.10 Paletli yükleyici çalışma şekli (Özbay, 2013).

2.2.5 Lastik Tekerlekli Yükleyiciler

2.2.5.1 Tasarım Özellikleri

Lastik tekerlekli yükleyici, kepçesini doldurduğu yer ile boşalttığı yer arasındaki mesafeyi, hareket ederek kat etmesiyle çalışan bir araçtır. Araç şasisi ve lastik tekerlekler yürüyüş sistemini oluşturur. Kazı-yükleme sistemi kazı kolu, kepçe ve hidrolik silindirlerden oluşur. Güç üretimi için dizel motorlar kullanılır. Güç iletimi hidrodinamik, hidrostatik veya elektrikli yollardan olur (Özbay, 2013).



Şekil 2.11 Lastik tekerlekli yükleyici

2.2.5.2 Yürüyüş Sistemi

Çok büyük istisnalar dışında, lastik tekerlekli yükleyiciler genellikle mafsallı şasi (ortadan kırma) kullanılmaktadır. Bu, aracın hareket yeteneğini artırmakta, karşılaştığı dirençleri azaltmakta ve dolayısıyla periyot süresinin kısalmasını sağlamaktadır.

Çalışma şekilleri nedeniyle lastikler, bu araçlarda büyük önem kazanmaktadır. Maliyet nedeniyle sıkça diyagonal lastikler tercih ediliyorsa da, radyal lastikler düşük aşınma, yüksek sağlamlık ve hasarlara karşı yüksek dayanaklılık göstermeleri nedeniyle daha fazla uygulama alanı bulmaktadırlar. Ayrıca lastiklerin aşınmalarını azaltarak ömürlerini uzatmak amacıyla, sert kayaçların kazıldığı ocaklarda zincir kullanımı oldukça yaygın bir yöntem haline gelmiştir (Özbay, 2013).



Şekil 2.12 Lastik koruma zinciri

2.2.5.3 Kazı ve Yükleme Sistemi

Kazı kolu, kepçe ve hidrolik silindirlerden oluşan bir sistemde kepçe, iki tarafından kazı koluna bağlanmıştır ve tek veya çift hidrolik silindir yardımıyla hareket ettirilir. Kazı kolunun aşağı yukarı hareketiyle yine şasiye bağlı çift yönde etkili hidrolik silindirler yardımıyla olur.

2.2.5.4 Güç Üretimi ve İletim Sistemi

Güç üretimi için, 75 kW'dan büyük güçlerde turbo sistemli olarak dizayn edilen su soğutmalı dizel motorlar kullanılmaktadır. Genelde tek motor kullanılmasına karşın, yükleyicilerde çift motor kullanılmaktadır.

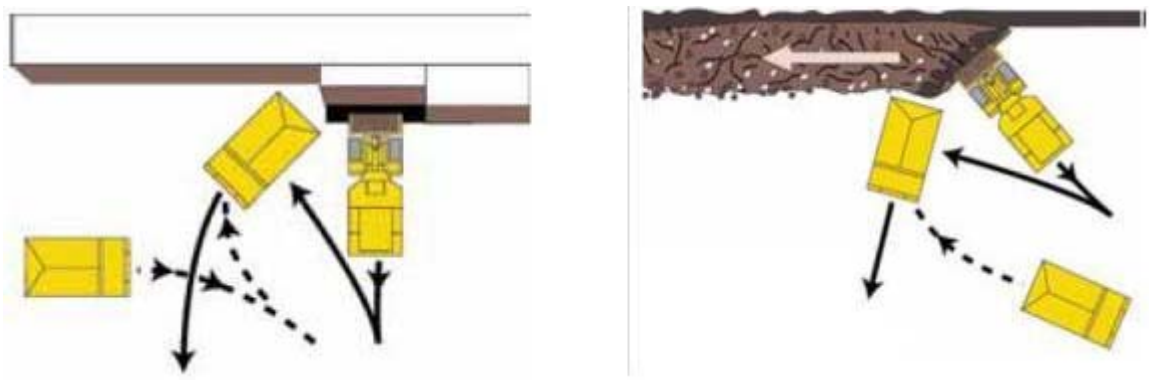
Üretilen gücün tekerleklere iletimi, klasik sistemde tork konventer, ağır yük şanzımanı, diferansiyel ve planet dişli sistemi yardımı ile olur. Bunun dışında nadiren de olsa hidrostatik veya elektrikli tahrik kullanılmaktadır.

2.2.5.5 Çalışma Şekli

Bir lastik tekerlekli yükleyicinin çalışma şekli şu safhalardan oluşur:

a- Malzemenin alınması – Kepçenin doldurulması
b- Yüklü durumda hareket
c- Malzemenin dökülmesi – Kepçe boşaltılması
d- Boş durumda hareket

Burada, yüklü ve boş durumdaki hareketler mümkün olan en kısa yol üzerinden yapılır. Malzemenin alınması sırasında kepçe, aracın hareket etmesiyle malzeme yığınına daldırılır. Kepçenin dolmasıyla kepçe yukarı kaldırılır. Bu durumda yükleyici geri gelip daha sonra kamyona yanaşıp kepçesini boşaltır. Geri gelme ve kepçeyi yığına daldırma hareketiyle, yükleyici yükleme işlemini sürdürür.



Şekil 2.1 Lastik tekerlekli yükleyici çalışma şekli

2.2.6 Paletli ve Lastik Tekerlekli Yükleyicilerin Karşılaştırılması

Paletli yükleyicilerin, lastik tekerlekli yükleyicilere göre avantajları şunlardır:

- Koparma ve itme kuvvetleri büyüktür.
- Sert zeminde daha yüksek verimle kazı yapar.
- Kötü zeminlerde performansları lastiklilere göre daha fazladır.
- Paletler sayesinde madenlerde temizleme işlemlerinde dozer yerine kullanılabilirler.
- Çalışma ağırlığının yüksek olması nedeniyle özellikle mermer ocaklarında mükemmel sonuç verir.
- Paletli yükleyiciler maden işletmeciliğinin bazı alanlarında vazgeçilmez kazı ve yükleme aracı olarak kullanılmaktadır. Özellikle mermer ocaklarında paletli yükleyicilerin kullanılması, bu sahadaki tüm ihtiyaçlara cevap verebilecek özellikte olmasından dolayıdır.
- Paletli yükleyicilerin tercih edilmesinde en büyük etken çalışma alanının özelliğidir. Özellikle arızalı arazide ve sert arazide kullanıma uygundur. Palet özelliğinden dolayı itme ve koparma kuvveti artarken, çalışma ağırlığının fazlalığı nedeni ile de kaldırma kuvveti artmaktadır.

Dezavantajları ise:

- Hareket kabiliyeti azdır.
- Paletli olmaları nedeniyle daha fazla bakım ve yenileme masrafı gerektirir.
- Daha yavaş hareket eder.
- Makinenin bir başka çalışma sahasına nakli için ek yatırım gerektirir, özel araçlar ile nakledilir.
- Çalışma zamanı içinde verimi düşük olarak sayılabilir.

2.3 Nakliye Araçları (Kamyonlar)

Açık ocak işletmelerinde taşıma, öncelikle yatay hareketi tanımlar ve yaygın olarak kamyonlar kullanılır. Kamyonların çalışma sistemi yükleme, yüklü hareket, boşaltma ve boş hareket olmak üzere dört aşamadan oluşur (Karpuz ve Hindistan, 2005).

Ekonomik olduğu tüm açık işletmelerde ve özellikle derin işletmelerde uygulanır. Aşağıdaki durumlarda vazgeçilmez konumdadır:

- Malzemenin yerinden çok iri parçalar halinde koparılıp kazanılması gerekiyorsa (mermer ocakları gibi)
- Üretime geçiş süresinin kısa tutulması istendiğinde
- Kısa ömürlü (10 seneye kadar) küçük ve orta büyüklükte üretim kapasitesine (2 milyon ton/yıl'dan küçük) sahip ocaklarda
- Selektif üretim ve taşımanın söz konusu olduğu durumlarda
- Demiryolu veya bant tesisinin uygun olmadığı veya olanaksız olduğu, yataklanmanın kesikli yapı gösterdiği durumlarda veya dağlık arazide
- Uygun eğimi sağlamak için demiryolunun çok uzun olması gereken ve bant taşımacılığının uygun veya ekonomik olmadığı derin ocaklarda
- Demiryolu veya bant tesisinin sık sık yer değiştirmesiyle zaman kaybının çok olacağı kısa arınlı dik veya yatay uzanımlı kütlelerin hızlı şekilde üretiminde kullanılır.

Bu yöntemin kullanım avantajları şöyle sıralanabilir;

- Yükleme yerinin değişmesine çok kolay uyum sağlaması
- Yükleme ve boşaltma işlerinde demir yolu sistemine göre çok daha büyük hareketlilik yeteneği
- Ocaktan daha basit selektif üretim olanağı
- Taşınan malzemenin şekil ve büyüklüğüne daha az bağımlılık
- Patlamadan sonra yüklemeye başlama süresinin kısa oluşu

- Daha basit nakliye hızı değişimi
- Demiryolu sistemine göre taşıma yolunun büyük ölçüde kısalmasını sağlayan daha büyük eğimlerin katedilebilmesi yeteneği (yüklü durumda % 15'e, uzun çıkışlarda en çok % 8-10, boş durumlarda % 20' ye kadar)
- Demiryolu sistemine göre yükleme ve taşımada daha az iş gereksinimi
- Araçların bozulmasına diğer sistemlere göre daha az duyarlılık

Kamyon nakliyatının dezavantaj oluşturduğu durumlar ise;

- Lastik ömürlerinin kısa oluşu ve lastik masraflarının maliyetinin % 20'sini bulabilmesi
- Araçların yüksek bakım, onarım ve amortisman masrafları
- Zor arazi koşullarında motor ömürlerinin kısa olması
- Yüksek işçilik giderleri
- Onarım için pahalı atölyelere gerek görülmesi
- İklime fazla bağımlılık

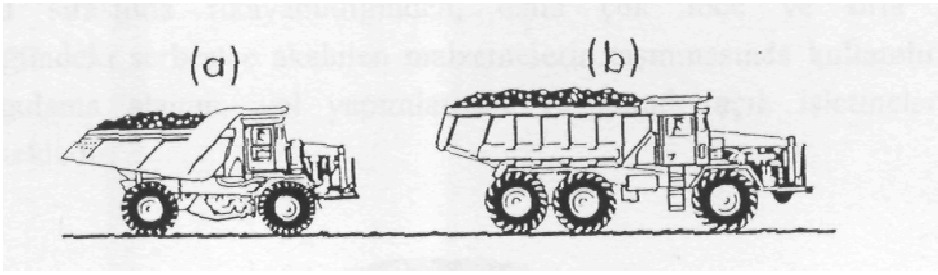
2.3.1 Kamyon Tipleri ve Özellikleri

2.3.1.1 Arkadan Boşaltmalı Kamyonlar

a) Konvansiyonel Tip: Şasi üzerine monte edilmiş üç yanı kapalı (arkası açık) çelik bir kasa ve bunu kaldırmaya yarayan hidrolik silindirlerden oluşan kamyonlar, en çok kullanılan lastik tekerlekli araçlardır. Her tip malzemenin taşınmasında uygun olan bu tip kamyonlar, genellikle patlatılmış kaya, cevher gibi ağır ve iri taneli malzemelerin taşınmasında kullanılırlar. Şekil 2.14' te görüldüğü gibi 2 değişik tipte imal edilirler, (a)'da görülen tip, aksların birisi veya her ikisinin birden tahrik edildiği çift akslı tip, (b)'deki ise arkada iki aksın tahrik edildiği tiptir.

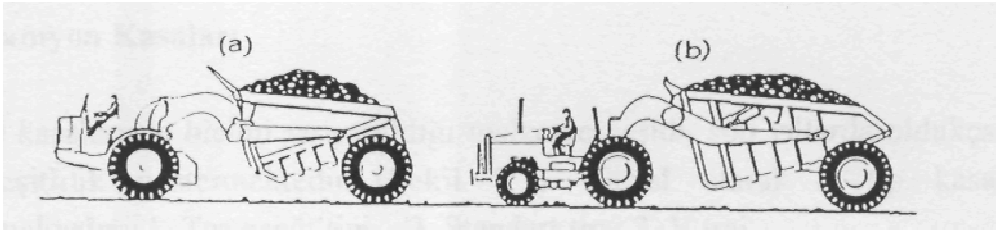
b)Traktör-Treyler Tip: Çok yaygın olarak kullanılmayan bu tipler askı tip ve traktörlü tip olmak üzere iki çeşittir. Şekil 2.14.(a)' da verilen askı tip kamyonlar, ileriye doğru yol almadan, üzerinde asılmış durumdaki karavan ile birlikte 90°'lik bir

dönüş yeteneğine sahiptir. Böylesi büyük manevra yeteneği özellikle tünel inşaatlarında, dar yollu dağlık arazide ve sıkışık durumda çalışan taş ocağı gibi işletmelerde kullanım alanı bulabilmektedir.



a- Çift akslı b- Üç akslı

Şekil 2.14 Arkadan damperli konvansiyonel tip kamyonlar (Köse ve Mallı, 2012).



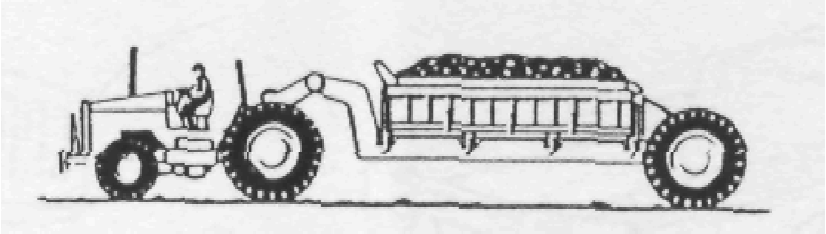
a- Askı tip b- Traktörlü tip

Şekil 2.15 Arkadan damperli treyler tip kamyonlar (Köse ve Mallı, 2012).

(b)'de verilen ve çift akslı tipe göre manevra yeteneği düşük olan üç akslı tip, daha iyi gidiş (hareket) karakteristikleri nedeniyle daha uzun taşımanın gerektiği yerlerde kullanılırlar.

2.3.1.2 Yandan Damperli Kamyonlar

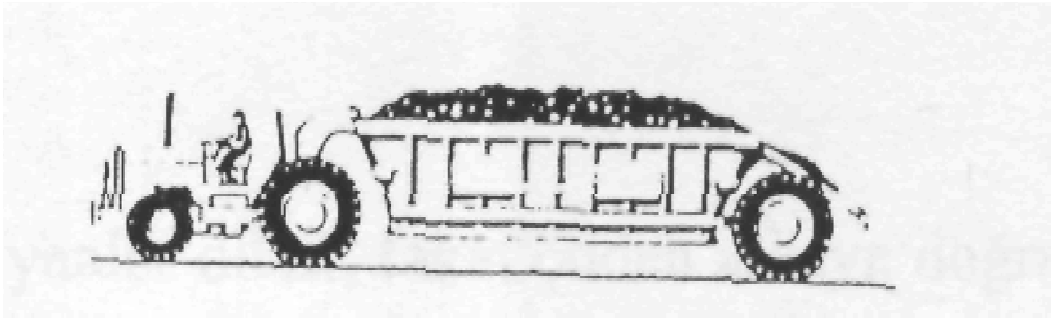
Yakın zamana kadar bu tipler, taş ocaklarında, inşaat İşlerinde ve madencilikte kullanılmışlardır. Ancak eğim artışı ve diğer olumsuz parametreler, bunların sınırlı kullanılmalarına neden olmuştur (Şekil 2.16).



Şekil 2.16 Yandan damperli kamyon (Köse ve Mallı, 2012)

2.3.1.3 Alttan Boşaltmalı Kamyonlar

Tahrik kaynağı olarak traktör tipi bir çekici ile kasa görevi gören tabanı açılabilen bir treylerden oluşmuştur (Şekil 2.17). Treylerin ön kısmı, tahrik edilen aksa daha fazla yük binmesini sağlamak amacıyla, arka kısımdan daha geniş ve derindir. Aynı şekilde üst kısım, yan duvarların içe doğru koniklik kazanmalan için alt kısmından geniştir. İri kaya parçaları taban açıklığını boşaltma sırasında tıkayabildiğinden, daha çok ince ve orta tane büyüklüğündeki serbestçe akabilen malzemelerin taşınmasında kullanılır. En çok uygulama alanını, yol yapımlarında ve kömür açık işletmelerinde bulabilmektedir.



Şekil 2.17 Alttan boşaltmalı kamyon tipi (Köse ve Mallı, 2012).

2.4 Yardımcı İş Makineleri

2.4.1 Dozer

Toprak tesviyesinde kullanılan paletli bir iş makinesidir. Ön tarafından düşey doğrultuda aşağı yukarı hareket edebilen güçlü bir uzun kepçe vardır. Dozer bu kepçenin alt tarafındaki kesici bıçakla toprağı parçalar ve kazıyarak kaldırır.

Kaldırılan toprağı kepçesi vasıtasıyla ileri doğru iterek sürükleyebilir. Kepçe hareket halinde yukarı konumda dururken toprak yüzeyini kazımak için bir miktar aşağıya indirilir.

Günümüzde kullanılan gelişmiş tiplerde bıçağın buldozerin hareket yönüne göre konumu istenildiği gibi değiştirilip ayarlanabilmektedir. Ağırlıkları 4-40 t arasında değişen buldozerler, güçlü bir (50-700 BG) dizel motorla donandığından yüksek bir itme ve çekme gücüne sahiptir.



Şekil 2.18 Dozer

Genel maksatlı iş makineleri denildiğinde ilk akla gelen makineler sıralandığında ve halk arasında da hemen hemen her iş makinesi için sıkça kullanılan "dozer" kelimesidir. Ancak iş makineleri ile ilgili açıklamalarda her birinin ayrı özellik ve yetenekte olduğu görülecektir. Çekici makine ve dozer bıçağı ölçülerini tanımlamasında;

A. Uzunluk (bıçak düz konumda)
Bıçak ölçüsü tanımlama:
B. En (standart ağız ve aşınmalar)
C. Yükseklik
D. Maksimum kazma derinliği
E. Bıçak tam kaldırıldığında yerden yüksekliği
F. Maksimum eğim (Tilt Manual kumanda)
G. Maksimum bıçak yatma açısı ayarı

H. Maksimum eğim (hidrolik kumanda)

J. Hidrolik eğim (manual gergi merkezli)

K. İtici kol muylu açıklığı (muylu merkezlerinden)

B. Sınıflandırma

1. Yürüyüs sistemine göre:

A. Paletli

B. Lastik tekerlekli

2. Hareket aktarma sistemine göre:

A. Tork konverterli-hidrolik şanzımanlı

B. Hidrostatik-şanzımanlı

3. Bıçak fonksiyonlarına göre:

A. Düz bıçaklı

B. Yan açılı bıçaklı (angıl)

C. Eğimli (tilt) bıçaklı şeklinde sınıflandırılırlar.

Üstünlükleri:

1. Arızalı arazide kazı yapabilir

2. Kazı, iletim ve yayma işlemlerini tek başına yapabilir

Dezavantajları:

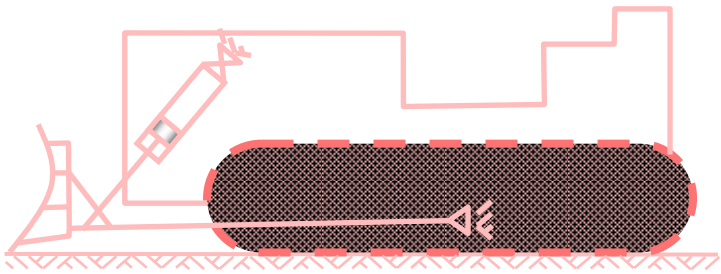
1.Kısa kazı mesafelerinde ($\approx \leq 150$ m) ekonomiktir.

2. Verim zemin cinsine ve hava koşullarına göre çok değişir.

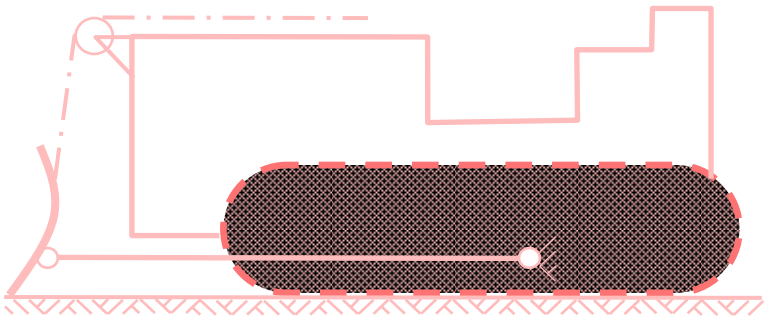
3. Aşırı zorlanması nedeniyle bakım gideri fazla, ömrü kısadır.

4. Arızalı arazide levha fazla hareket ettiği için tesviye yeteneği iyi değildir.

Tanımlama noktaları (Ateş, 2011).



Şekil 2.19 Hidrolik tip



Şekil 2.20 Halatlı tip

Dozerlerde etkin bir karar verme mekanizması gerektiren konu da dozer bıçağının seçimidir. Dozer için kullanılacak doğru bıçağın seçimi, üretimin verimi için doğrudan etkilidir. Bunu belirlerken dozer makine kapasitesi ve dozerlenecek malzeme özellikleri göz önüne alınmalıdır.

Hemen hemen her malzemeyi dozerle sıyırmak mümkündür. Ancak dozer verimi malzeme özelliklerine göre değişir. Bu malzeme özellikleri şöyle sıralanabilir:

a) Parçacık boyutu ve şekli: Büyük boyutlu, sert ve köşeli şekillerdeki malzemenin dozerlenmesi için yuvarlak ve yumuşak malzemeye göre daha fazla güç harcamak gerekecektir.
b) Boşluklar: Doğal yapıdaki malzeme sıkışmış ve sert olduğu için dozerle sıyrılması oldukça güçtür. Bu yapı dozerlenmeden önce riperlenerek gevşetilmelidir. Ancak patlatılmış malzeme rahatlıkla dozerle sıyrılabilir ve itilebilir.
c) Nem oranı: Nem oranı düşük malzeme iyice sıkışmış ve yoğunlaşmış olacağı için dozerlemek zordur. Ancak ıslak malzemede yapışarak ağırlaşacağı için daha fazla itme gücü gerekecektir. Optimum nemli malzeme tozumayacak ve rahatça dozerlenecektir. Malzemenin donması yine nem oranın bağlıdır. Nem oranı yüksek malzeme donduğunda daha sıkı bir yapıya kavuşarak dozerlenmesi zorlaşacaktır. Ancak kuru malzeme için bu söz konusu olmayacaktır. Dozer bıçağı kapasitesini tanımlarken kW/metre olarak kesme gücüde göz önüne alınır. Yüksek kW/m güçlü bıçağın verimininde yüksek

olacağı açıktır. kW/Lm^3 bıçağın itebileceği gevşek (Loose) malzeme kapasitesini tanımlar. Yüksek değerli bıçakla daha hızlı malzeme sürülmesi mümkün olacaktır.

d) Makine: Makine ağırlığı ve gücü malzeme itme kapasitesini belirler. Dozer ağırlığından daha fazla ağırlıktaki malzemeyi, makine gücü ne olursa olsun itmek mümkün olmayacaktır. Ancak arazi yapısı ve eğimi gibi değişkenlere göre dozer itme gücü farklılıklar gösterir. Bu değişik veriler makineye ait verim tablolarında gösterilebilir.

Dozer bıçakları; U (Universal) bıçak, SU (Semi Universal) bıçak, S (Straight) genel maksatlı dozer bıçağı, güç eğimli bıçak, VR (VaiableRadius) bıçak, CU (Cushion) yastıklı bıçak ve Tırmık bıçak olarak sınıflandırılabilir.

U (Universal) bıçak: Bıçağın yapısı itibarı ile geniş yan kanat kesici ağızları bulunur. Malzeme stoklama, silo doldurma ve hafriyat için sıyırılan büyük miktardaki malzemeyi uzun mesafede dozerleme ve sürükleme imkânı sağlar. S ve SU tipi bıçaklara göre daha düşük kW/m özellikte olup kullanımı tesviye, şev kesme benzeri kolay dozerlenebilen malzemede tercih edilmelidir (Ateş, 2011).

*SU (Semi Universal) bıça*k *:* S ve U bıçak özelliklerinin karışımı özellikler gösterir. Yan kanat kesici ağızları daha kısa tutularak bıçak dozerleme kapasitesi arttırılmıştır. Kolay kazılabilen ve çok çeşitli özellikteki malzeme hafriyatında değişik uygulamalarda kullanılabilir. Bıçak silindirlerinin kullanımı ile çok yönlü üretim yeteneği kazandırılabilir. İtme plakası takılarak sıyırma işleri için de kullanılabilir.

S (Straight) genel maksatlı dozer bıçağı: S dozer bıçağı düz yapıda olup hemen her iş için kullanılabilir. Ölçüleri U ve SU bıçaklara göre daha küçük olduğu için dozerin manevra yeteneği daha yüksek olup her türlü malzeme için kullanılabilir. kW/Lm^3 kapasitesi yüksek olup ağır malzemeyi kolaylıkla dozerleyebilir.

Güç eğimli bıçak: Bıçağın eğim ve yatma açısı kontrol ağır hizmet tipi dozerleme ve tesviye işlerinde kullanılır. Bıçak öne yatırılarak zor ve sıkı malzeme kesilebilir ve arkaya yatırılarak tesviye için kullanılabilir.

VR (VaiableRadius)bıçak: Arazi ıslahı veya orman arazisinde ağaç kökleri temizliği, buz kırma benzeri işlerde kullanılan özel bıçaktır. U bıçak özelliklerini taşır. Bıçak yapısı nedeni ile malzeme ortadan yanlara akar.

CU (Cushion) yastıklı bıçak: Yük itme işlerinde kullanılır. Bıçak lastik yastıklarla dozerlemeden kaynaklanan titreşimleri emer. Düzeltme, tesviye ve genel itme işlerinde kullanılır.

Tırmık bıçak: Dozer bıçağına takılan özel bıçakla arazi tırmıklama ve temizlik işlemi yapılabilir. Askeri amaçla mayın temizliği v.b. işlemler içinde kullanılabilir.

Genel madencilik ve diğer ağır işlerde kullanılan dozerlerin karakteristik değerleri şu şekilde verilebilir;

Tablo 2.1 Dozerlerin karakteristik değerleri

	Değer	Birim
Tahrik gücü	70 ~ 850	HP
İşletme ağırlığı	7,1 ~ 113	t
Levha uzunluğu	3,98 ~ 6,71	m
Levha yüksekliği	0,84 ~ 3,26	m
Levha kapasitesi	1,26 ~ 43,6	m^3
İleri maksimum hız	10,0 ~ 11,7	km/h
Geri maksimum hız	12,2 ~ 14,0	km/h
Çekme kuvveti	2,940 ~ 12,560	t

Dozerleme işlemi için özellikle çok sert zemini yumuşatmak için riper kullanılır. Bir riperden en yüksek verimi almak için doğru tekniklerin kullanılması son derece önemlidir. Etkin ve ekonomik riperleme, operatörün tecrübe ve yeteneğine bağlıdır.

Riperleme yapılırken dozerde birinci vites kullanılmalıdır. Riperleme için en yüksek tork gücü gerekir. Şok yükler ve riper hasarları hıza bağlı artar. Düşük hızla riperleme yapılması ile aşınma ve kırılma riski azaltılır, yürüyüş takımının ömrü artar.

Yokuş aşağı riperleme yapılmalıdır. Yokuş aşağı riperleme, yer çekimi gücünü de makinenin gücüne katacak ve riper verimliliğini arttıracaktır. Daha yüksek kavrama ve daha düşük palet aşıntısı için dozerleme yapılırken yastık tabakası bırakılmalıdır. Riperlenmiş tüm malzeme zeminden alınmayıp. bir kısmı bırakılmalıdır (Ateş, 2011).

Eşit derinlikte riperleme yapılmalıdır. Bıçağın söküme girmeden gevşek malzeme ile yüklenmesi sağlanarak, makine aşınma ve hasarları azaltılır. Arazi yapısı katmanlı ise sığ taraftan derine doğru riperleme yapılmalıdır. Bu yaklaşım riper ucunun daha derine dalmasını, zeminin daha kolay yarılmasını ve verimliliğin artmasını sağlar.

Uygun riperleme açısı kullanılmalıdır. Şank açısı mekanik olarak ya da büyük riperlerdeki gibi hidrolik sistemlerle ayarlanabilir. Bu, operatöre düşey pozisyonda ileri veya geri yönde riper şank açısı ayarını seçme imkanı verir. Riper şank boyuna veya riperleme derinliğine bağlı olmaksızın, şank açısını sadece etkin tırnak açısını sağlayacak şekilde ayarlamak yeterlidir. Bu şekilde, riperleme boyunca en yüksek verim sağlanacaktır (Ateş, 2011).

Riper ile üretim hesabı yapılırken, malzeme gevşetme işlemi, delme ve patlatma yöntemleri ile riperleme yönteminin ton ya da birim m^3 başına maliyetinin karşılaştırılması yapılmalıdır.

Riperleme maliyetinin hesaplanmasında üç ana yöntem kullanılabilir. En iyi yöntem, riperleme için harcanan zamanı kaydedip, riperlenen malzemenin yüklenirken arttırılması ile bulunur. Toplam ağırlık, harcanan zamana bölünerek saat başına ton olarak üretim hesaplanır. İkinci yöntem ise, kesit hacmin, riperlenmesi

için harcanan zamana bölünmesi ile birim zamandaki riperlenen hacmin bulunmasıdır. Diğer bir yöntem ise, belirlenen mesafedeki riperleme zamanının tahmini süre ile kıyaslamasıdır. Bulunan ortalama çevrim süresi ve kaç çevrim gerçekleştiği hesaplanır. Buna göre çevrim başına riperlenen hacim hesaplanır. Bu yöntemle kesite hacme göre %10 ila 20 daha fazla üretim hesapladığı tecrübelerle sabittir (Ateş, 2011).

2.4.2 Greyderler

Greyder kullanımında öncelikle, levha dönüş açısı, zemin cinsine ve yapılacak işleme uygun olmalıdır. Açı büyüdükçe kazı şeridi genişliğinin cm'sine gelen yük büyür, açı hafif zeminde 20°, normal zeminde 30° ve sert zeminde 45° alınır. Levhanın kesme açısı, kazıda küçük, ötelemede büyük alınır ve bu işlem motoru zorlamayan en yüksek vites ile yapılmalıdır.

Kazı sırasında levhaya etki eden kuvvetin yanal bileşeni greyderi gidiş yönünün dışına çıkarmaya zorlar (Şekil 2.21). Özellikle eğimli zeminlerde bu etki daha da artar. Buna karşı ön tekerleklere uygun bir eğim verilmelidir. Ötelenecek malzeme ya ön tekerlekler arasında ya da dışında kalmalı, aynı durum, ötelenmiş malzeme ile arka tekerlekler için sağlanmalıdır. Sert zeminde çalışılacaksa, zemin önce gevşetilmelidir.

Greyderlerde kazı kuvveti oldukça küçük, ancak dozere göre, tesfiye yeteneği oldukça büyüktür. Greyderler genellikle; yol altyapısında; drenaj hendeklerinin açılması, şevlerin tesfiyesi ve yol profillerinin oluşturulmasında, yol kaplaması olarak figüre edilmiş malzemenin yayılmasında, yolların tamir ve bakımı ile kar temizleme işlerinde aktif olarak kullanılırlar . Çalışma uzaklığına bağlı olarak; kısa uzaklıklarda (~100 m), işi bitince, levha kaldırılıp yüksek hızla geri getirilir, işleme yeniden başlanır. Kurp çizmeye uygun olmayan ve >100 m uzaklıklarda levha geri çevrilip işlem yaparak uygun vitesle geri getirilir. İşlem bitince levha kaldırılır, kurp çizilir, işlem yapılarak dönülür (>300 m için).



Şekil 2.21 Greyder

Levha arada olduğundan, tekerleklerin geçmekte olduğu engebeler tesfiye işlemine greyderde küçültülerek, angldozerde büyütülerek yansır.

Tablo 2.2 Greyder karakteristik değerleri

	Değer	Birim
Tahrik gücü	30 ~ 200	HP
Ağırlığı	11,4 ~ 62,0	t
Levha uzunluğu	3,66 ~ 7,32	m
Levha yüksekliği	0,61~ 1,07	m
İleri maksimum hız	42,6 ~ 37,7	km/h
Geri maksimum hız	33,7 ~ 36,0	km/h

BÖLÜM ÜÇ
İŞ MAKİNELERİNİN PERFORMANS DEĞERLENDİRMELERİ

Yatırım maliyeti milyon dolarları bulan iş makinelerinin performansının yani üretkenliğinin ve verimliliğinin azami düzeyde olması maden işletmeciliğinin başarısı ve karlılığı açısından çok büyük önem taşımaktadır (Demirel, 2009).

Makinelerin üretkenliğini ve verimliliğini etkileyen başlıca faktörleri planlama ile ilgili faktörler ve operasyonla ilgili faktörler olarak sınıflandırabiliriz. Planlanan dilim geometrisi ve kazı-üretim programı ile seçilecek olan makinelerin tutarlı olması, uygun kepçe tasarımının seçilmesi, yeniden kazı oranının ekonomik olarak belirlenen belirli bir oranı geçmeyecek şekilde uygun birimin seçilmesi gerekmektedir. Aynı zamanda işletmedeki kazı, yükleme ve taşıma işlemleri için seçilecek makinelerin en verimli kullanım özellikleri tespit edilmeli uzun vadede ekonomik olurluğuna bakılarak birden fazla birimin uyumlu şekilde eş zamanlı kullanılması planlanmalıdır (Demirel, 2009).

Açık işletmelerde kazı-yükleme ve taşıma işleri; yapıları, çalışma şekilleri ve kapasiteleri çok değişik olabilen çeşitli makine veya sistemlerle gerçekleştirilmektedir. İşe ve amaca en uygun makineyi veya sistemi seçmek en önemli husustur. Yanlış bir seçim, sürekli verimsizlik demektir. Doğru seçim gerek sistem ve makine ile ilgili, gerekse çalışılan yer ve çalışma şartlarıyla ilgili ana bilgilerin ve aralarındaki bağıntıların bilinmesiyle mümkündür (Eskikaya, 1986).

Performans analizlerinde genel yaklaşım kazı makinesinin kısa sürelerde kazı performansının gözlemlenmesidir. Kazıya ait performans çalışmasına başlamadan önce kazı makinesinin çalıştığı zeminin jeolojik ve jeoteknik özellikleri belirlenmeli, patlatmaya gerek olup olmadığı tespit edilmeli, patlatma sonrası oluşacak parça büyüklüğü ve formasyonun nem durumu ile operatörün tecrübesi araştırılmalıdır.

3.1 Performans Değerlendirmesinde Ele Alınan Özellikler ve Düzeltme Faktörleri

Açık ocak işletmeciliğinde sıklıklı kullanılan iş makinelerinin performans analizlerinde genel yaklaşım, kazı makinesi için makinenin kısa sürelerde kazı performansının gözlemlenmesidir. Kazıya ait performans çalışmasına başlamadan önce kazı makinesinin çalıştığı zeminin jeolojik ve jeoteknik özellikleri belirlenmeli, patlatmaya gerek olup olmadığı tespit edilmeli, patlatma sonrası oluşacak parça büyüklüğü ve formasyonun nem durumu ile operatörün tecrübesi araştırılmalıdır (Durutürk, 1994).

Performans analizi sırasında makine seçimi yapılırken kazılarak ya da patlatılarak yüklenecek malzemenin özellikleri ve saha durumunun yanı sıra aşağıdaki temel unsurlar göz önüne alınmalıdır. Bu temel unsurlar;

- Çalışma koşullarının zorluk derecesi,
- Zemin durumu,
- Gerekli kazı kuvveti,
- Makine hareketlerinin hassasiyet derecesi,
- Makinenin erişim kapasitesi,
- Makinenin kaldırma kapasitesi,
- Makinenin yürüyüş ve dönüş yeteneği olarak sıralanabilir. Ayrıca makinede üretimi doğrudan etkileyecek özelliklerin bulunması ve bunun maliyet analizi ile değerlendirilmesi de makine seçiminde etkili bir kıstastır.

Makine verimi hesaplanırken maliyet analizi değerlendirmesinde saat başına olan üretim ve işletme maliyeti esas alınmalıdır. Bunu şöyle formüle edebiliriz:

$$\text{Min. ton maliyeti} = \frac{\text{Saat başına olabilecek min.maliyet}}{\text{saatte olabilecek max.üretim}} \tag{3.1}$$

Bir maden işletmesinde iş makinelerinin performansı, işletmenin üretim kapasitesini direk olarak etkiler. İşletme verimliliğinin arttırılması için üretim

maliyetleri düşürülmeli ve işletmenin daha ekonomik olmasının sağlanması bakımından iş makinelerinin performansları arttırılmalıdır. Bu da ancak iş makinelerinin kullanımlarının ve durma nedenlerinin analizi ile mümkündür. Performans analizinde en önemli faktör makinelerin kullanım oranları ve bu oranların kabul edilebilir sınırlar içinde olmasıdır (Erçelebi ve diğer., 1999).

Açık işletmelerde iş makinelerinin çalışma ve durma süreleri aylık ve yıllık istatistikler halinde tutulmaktadır. İşletmede tutulan çalışma zamanından olan kayıpları gösteren istatistikler genellikle şu şekilde organize edilmektedir.

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

Maden işletmeleri gibi bakım ve onarımı mümkün olan iş makinelerinin kullanıldığı yerlerde, performans analizi yapılırken göz önüne alınması gereken en önemli faktörlerden biri de bu makinelerin kullanım oranlarıdır. Kullanım oranları amacına göre farklı şekilde hesaplanır. Makinenin mekanik performansı için, mekanik kullanım oranı; iş organizasyonu performansı için fiziksel kullanım oranı; iş

makinelerinin üretim performanslarının analizi için de efektif kullanım oranı hesaplanmalıdır (Erçelebi ve diğer., 1999).

3.1.1 Yapısal Özellikler İle İlgili Faktörler

Performansı etkileyen faktörlerin başında iş makinesinin yapısal özelliklerine bağlı olarak değişen parametrelerden söz edilebilir. Örneğin ekskavatörlerin performanslarının belirlenmesinde kullanılan parametreler saatlik kapasite, kepçe dolum faktörü, kepçe periyodu, kazı süresi ve saatlik kazı kapasitesidir.

3.1.1.1 Dolum ve Kepçe Kapasitesi

Damper ve kepçe dolum kapasiteleri; silme veya tepeleme olarak aşağıdaki gibi tanımlanır.

Silme dolum, kepçe tam dolu iken, yan ön ve arka duvarları üst seviyesinden geçen düzlem altında kalan hacmi tarif eder. Tırnaklar ve kepçe sıyırma ağzı seviyesi ile malzeme cinsi dikkate alınmaz. Tepeleme dolum ise, silme dolum seviyesi üzerinde kalan ve CECE (The Committee on European Construction Equipment) standartlarına göre 2 : 1 oranına göre eğimli malzeme hacminin tanımıdır. Tırnak ağızları ve kepçe sıyırma ağzı ile malzeme cinsi dikkate alınmaz. CECE' ye göre dolu malzemenin tepeleme eğimi, silme düzleminin üzerinde ve 2:1 oranında olmalıdır.

3.1.1.2 Dönme Faktörü

Dönme açısındaki değişikliklerin kepçe devri üzerindeki etkisini tayin eden katsayıya "dönme katsayısı" denir. Baz olarak 90^0'lik dönme açısı alınmaktadır. Dönme açısı ne kadar küçükse, devir de o ölçüde küçük olmakta ve bir saat içindeki dönme hareketi sayısı o nispette artmaktadır (Eskikaya, 1986). Dolayısıyla, dekapaj çalışmalarında kullanılan makineler dönme açıları minimum olacak şekilde çalıştığında, kepçe devir süresi en aza inerken, aynı zamanda saatlik iş miktarı

artmaktadır. Tablo 3.1' de literatürde verilen, kazı yükleme makinelerinin dönme açılarına göre dönme katsayıları verilmiştir.

Tablo 3.1 Yükleyiciler için dönme katsayısı (Eskikaya,1986).

Dönme açısı (^{0})	45	60	75	90	120	150	180
Dönme katsayısı	1,2	1,1	1,05	1	0,91	0,91	0,77

3.1.1.3 Çevrim Süresi (Cycle time)

İş makinesinin malzeme yüklemesi dört ana işlemle gerçekleşir.

- Kepçenin veya kovanın doldurulması
- Yüklü halde dönüş ya da yürüyüş
- Kepçe ya da kovanın boşaltılması
- Boş olarak dönüş ya da yürüyüş

İş makinesinin kepçe periyodu ölçümlerinde kepçenin kazıda geçirdiği zaman ve toplam kepçe periyodu hesaplanır. Kepçenin yere inip kazıya başladığı an kazının başlangıç anı, kepçenin dolup kazının biterek dönmeye başladığı an ise kazının bitiş anı olarak kabul edilir. Bu iki zaman arasındaki süre kepçe dolum süresidir. İkinci kazı işlemine geçinceye kadar geçen süre ise kepçe periyodudur (Durutürk, 1994).

Makine özellikleri, operatör yeteneği ile malzeme ve diğer etkenler çevrim süresini belirler. Hesaplamalarda kullanılmak üzere makine çevrim süresi (cycle time) için diyagramlar bulunabilir.

Kazı ve taşıma işlerinin verimli bir şekilde yapılabilmesi için ekskavatör ve kamyonun kazı ve taşıma sürelerinin (cycle time) 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 bir döngü (cycle) olarak esas alınmıştır. Kamyonlarda ise ölçüm sırasında, kamyonun bir 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 (Tokgöz ve Kesimal, 1997).

Ekskavatör ve kamyon bir sistem olarak ele alındığında, bu ekipmanlarla ilgili olarak bekleme sürelerinde gerçekleşecek artışlar, işletmede üretkenliği olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Diğer bir anlatımla, azalan üretkenlik, genel işletme maliyeti üzerindeki artışı da beraberinde getirebilmektedir. Kamyon sayısının gereğinden fazla artışı ekskavatör önünde uzun kuyruklar oluşmasına ve dolayısıyla kamyon veriminin düşmesine, kamyon sayısındaki azalma ise ekskavatörün uzun süre boşta beklemesine ve neticede söz konusu ekipmanın kullanım oranının düşmesine neden olduğu bilinmektedir. Ekskavatör ve kamyon sisteminin sürekliliği açısından istenmeyen söz konusu bu durum ise, zorunlu olarak "optimum kamyon sayısının" belirlenmesi gereğine işaret etmektedir. Buradan hareketle, işletmede ekipmanların çalışması sırasında, yerinde zaman ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Ekskavatör kepçe kapasitesinin artmasıyla, aynı kapasitede kamyonu doldurmak için daha az sayıda döngü gerekmekte, bir seferde bırakılan büyük yükler kamyon altyapısını zorlamakta, gerek kamyon şasisine, gerekse de diğer donanımlarına zarar verebilmektedir.

Kamyon kapasitesinin artması ile de, bir ekskavatör bir kamyonu doldurmak için çok sayıda döngüye ihtiyaç duymakta, bu sayı işletme organizasyonu ve teknik düzenlemeleri bozacak boyutlara erişebilmektedir (Çebi ve Aksoy, 2000).

3.1.2 Malzeme Özellikleri İle İlgili Faktörler

Açık ocak işletmeciliğinde çalışılan malzemenin özellikleri çalışma yöntemi seçiminde, kullanılacak iş makinelerinin seçiminde etkili olduğundan performans açısından önemli bir parametredir. İş makinelerinin verimli kullanımları açısından çalışılan malzeme özellikleri ile ilgili faktörler büyük önem taşımaktadır.

3.1.2.1 Malzeme Hacmi

- Doğal hacim (bank volume): Malzemenin topoğrafik ölçümle m^3 olarak bulunan doğal koşullardaki hacmidir.
- Gevşek hacim (loose volume): Patlatılmış veya riperlenmiş malzemenin m^3 olarak hacmidir. Kabarmış hacim olarak da anılır.
- Sıkıştırılmış hacim (compacted volume): Araçlar yardımı ile sıkıştırılmış malzemenin m^3 olarak hacmidir.

Pek çok maden ya da ocak üretiminde yapılan üretim hesabında; makinenin saatte yaptığı yükleme sayısı başına yükleme miktarı (load/cycle) ile makinenin saatte yaptığı yükleme sayısı (cycle/hour) çarpılır.

$$\text{Üretim} = \frac{\text{yük}}{\text{yükleme sayısı x saat başına yapılan yükleme sayısı}} \tag{3.2}$$

3.1.2.2 Kepçe Dolum Faktörü

Kepçe dolum faktörü, kepçenin nominal kapasitesi ile taşıdığı fiili miktar arasındaki orandır. Kepçenin kayaca veya kırılmış malzemeye sokulabilme veya batırılabilme şartları tarafından tayin edilir. Makinenin kapasitesini etkileyen bu katsayı; malzeme parça boyutuna, operatör maharetine, patlatma verimine, makinenin sıkıştırma oranına ve formasyon özelliklerine bağlıdır. Paşamehmetoğlu ve diğerlerinin 1988' de Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) dekapaj sahaları için yapmış olduğu çalışmalar sonucunda, ortalama kepçe dolma katsayısında patlatma öncesi ve sonrası %11 oranında farklılık oluşmuştur. Patlatma ile hem saatte üretilen malzeme miktarı, hem de birim enerji ile üretilen malzeme miktarı artmaktadır (Koçak, 2006).

Kazı zorluğuna göre kepçe dolma katsayılarındaki değişim Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2 Kepçe dolma katsayıları (Koçak, 2006).

Kazı sınıfı	Dolum faktörü (DF)
Kolay kazı	DF>0,95
Orta kazı	0,90<DF<0,95
Orta- zor kazı	0,80<DF<0,90
Zor kazı	0,70<DF<0,80
Çok zor kazı	DF<0,70
Dolum faktörü (Tepeleme dolan malzemenin kova kapasitesinin % si olarak hacmi)	
Islak toprak ya da kumlu çamur	A — % 100-110
Kum ve çakıl	B — % 95-110
Sert killi toprak	C — % 80-90
Gevşek malzeme için dolum faktörü	
Karışık nemli agrega	% 95-100
0 - 3 mm agrega	% 95-100
3 mm - 9 mm agrega	% 90-95
12 mm-20 mm agrega	% 85-90
24 mm ve üstü agrega	% 85-90
Patlatılmış kaya için dolum faktörü	
İyi patlatma	% 80-95
Ortalama patlatma	% 75-90
Zayıf patlatma	% 60-75
Diğer malzeme çeşitleri	
Kaya ve toprak karışımı	% 100-120
Islak toprak (çamur)	% 100-110
Toprak, iri çakıl, ağaç kökü	% 80-100
Yapışmış malzeme	% 85-95

3.1.2.3 Kabarma Faktörü

Bu katsayı, yerinde malzemenin hacminin gevşetilmiş duruma geçerken hacminde meydana gelen artışın yüzdesini ifade etmektedir. Kabarma katsayısı, malzemenin formasyon özelliklerine, kullanılan patlayıcı madde miktarı ve patlatma verimine bağlıdır. Ayrıca literatürde verilen, kayaçların kabarma katsayısı ile kepçe dolma katsayısı arasındaki ilişki Tablo 3.3'de verilmiştir. Tabloda da görüldüğü gibi, kayacın kabarma katsayısı arttıkça, kepçe dolma katsayısı azalmaktadır. Gevşetilmiş veya kırılmış kayaçlarda kabarma katsayısı ve kepçe dolma katsayısı büyük ölçüde parça büyüklüğüne ve kepçe büyüklüğüne bağlıdır. Parça büyüklüğü arttıkça, kabarma katsayısı artarken kepçe dolma katsayısı azalmaktadır. Buna bağlı olarak, özellikle küçük kapasiteli makinelerde, üretim de büyük ölçüde düşmektedir (Koçak, 2006).

Tablo 3.3 Bazı kayaçlara ilişkin kabarma ve kepçe dolum katsayıları (Eskikaya, 1986).

Kayaç	Kabarma katsayısı	Kepçe dolum katsayısı
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

Örtü katmanlarının kabarma katsayılarının tayini için, yerinde ve gevşetilmiş haldeki birim ağırlıklardan faydalanılır.

3.1.3 Örnek Üretim Hesaplama Yöntemi

1. adım

Makine özelliklerine göre ve malzeme tipine göre kepçe yükleme faktörü ilgili tablodan bulunur. Bu bilgi makinenin satış biriminden ya da dokümanlarından öğrenilebilir. Örneğin: Patlatılmış kaya ortalama değeri = % 75 ile % 90

2. adım

Tahmini çevrim süresi (cycle time) belirlenmelidir. Bu bilgi makinenin satış biriminden ya da dokümanlarından öğrenilebilir. Örnek: CxxxB model makine için sert kaya/patlatılmış kaya = 0,43 ile 0,52 dakika

3. adım

Saatteki geçerli çevrim sayısı hesaplanır. (60 dakika çevrim süresine bölünerek bulunur.) Bu değere diğer etkenler eklenerek hesaplanır.

Örnek: Çevrim süresi (Cycle Time) 0,48 dakika

Çevrim sayısı / 60 dakika (1 saat)

$60/0{,}48 = 125$

Operatör tecrübe/verimi 0,9 (%90)

Makine verimi 0,95 (%95)

Genel iş verimi 0,83 (50 dk/saat)

Saat başına etkin çevrim sayısı

$125\text{x}0{,}9\text{x}0{,}95\text{x}0{,}83 = 89$

4. adım

Gereken kepçe kapasitesi hesaplanır. Hedeflenen saatteki üretim miktarı saatteki etkin çevrim sayısına bölünerek bulunur. Malzeme yoğunluğu ve dolum etkisi hesaba katılır.

Örnek:

Hedeflenen saatte üretim miktarı 500 ton/ saat,

Çevrim sayısı / saat

89 = olması gereken yükleme miktarı

$500/89 = 5{,}6$ ton

Malzeme yoğunluğu (kabarmış)

1,6 Ton / m^3

Kepçe yükleme kapasitesi

$5{,}6/1{,}6 = 3{,}5\ m^3$

Kepçe dolum kıstası

0,85 (%85)

Uygun kepçe ölçüsü

$3{,}5/0{,}85 = 4{,}1\ m^3$

5. Adım

Üretim yelpazesinden uygun kepçe kapasitesine sahip ölçüdeki seçilir. Markalara göre satış birimlerinden ya da tanıtıcı dokümanlarından istenen bilgi alınabilir. Malzeme yoğunluğu, kepçe tipi ve ölçüsünün seçiminde etken bir kıstastır.

Örnek: İstenen miktardaki malzeme üretimi için yaklaşık 4,1 m^3 kepçe kapasitesi gerekmektedir (Ateş, 2011).

3.1.4 Çalışma Şekli Özellikleri İle İlgili Faktörler

Açık ocak işletmeciliğinde kullanılan iş makinelerinin verimliliğinin arttırılmasında incelenmesi gereken parametrelerden bazıları da makinelerin kullanım oranları, kazı derinliği, makinelerin birbirleriyle koordineli çalışabilmesi, periyot süreleri gibi çalışma koşullarıyla ve şekliyle ilgilidir.

Performans incelemesinde kazı yöntemi ve bu kazı için gerekli makinenin seçiminde esas hedef, malzemenin naklini mümkün olan en düşük maliyetle yapmaktır. Diğer taraftan, ocak geometrisinin verimli olarak kullanılacak

makinelerin türü ve büyüklüğü üzerinde önemli etkisi vardır (Karpuz ve Hindistan, 2005).

3.1.4.1 Kullanım Oranı

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

$$\text{Kullanım Oranı (\%)} = \frac{\text{Toplam çalışılabilir süre}}{\text{Toplam çalışılabilir süre+Toplam durma süresi}} \times 100 \qquad (3.3)$$

Kullanım oranı amaca göre üç gurupta incelenebilir. Bunlar; mekanik kullanım oranı, fiziksel kullanım oranı ve efektif kullanım oranıdır.

3.1.4.1.1 Mekanik Kullanım Oranı. Mekanik kullanım oranı, makinenin arıza yapması veya bakım yapılması dışında ne kadar süre kullanılabileceğini gösterir. Bir makinenin eskimeden dolayı azalan performansının bir göstergesidir. Ekipman kullanabilirliğini, mekanik sebeplerden dolayı durma sürelerine bağlı olarak gösterir (Erçelebi ve ark., 1999). Başka bir ifadeyle, herhangi bir işletmedeki mevcut makinelerin, programlanan yıllık çalışma dilimi içinde arıza ve yıllık periyodik bakımdan oluşacak toplam kayıp sürelerinin çıkarılması ile elde edilecek büyüklüğün, programlanan yıllık çalışma süresine oranının yüzdesi olarak ifade edilebilir (Koçak, 2006).

$$\text{Mekanik Kullanım Oranı (\%)} = \frac{\text{Çalışılan süre (saat)}}{\text{Çalışılan süre (saat)+Tamir−bakım süresi (saat)}} \times 100 \qquad (3.4)$$

Çalışılan süre; makinenin çalışabilir olduğu ve operatörün bulunduğu süreyi kapsar. Bunun dışında her türlü durma süresini ihtiva eder. İşe başlama, operatör dinlenmesi, hava şartlarından dolayı durma, kırıcı bekleme, vb. gibi durma süreleri buna dahildir.

Tamir bakım süresi; ekipman bozulduğunda tamir için harcanan süreyi, planlı bakım sürelerini ve parça beklemeden dolayı durma sürelerini kapsar.

Mekanik kullanım oranı, makinenin bozulma ve bakım dışında ne kadar süreyle kullanabileceğini gösterir. Farklı markalardaki makinelerin karşılaştırılmasında oldukça faydalıdır. Ayrıca bir makinenin yaşlanma ve eskimeden dolayı azalan performansının bir göstergesidir.

3.1.4.1.2 Fiziksel Kullanım Oranı. İdari planlamanın ve organizasyonun ne derecede iyi olduğunun bir göstergesidir. Bir makinenin ne kadar süre kullanılabileceğini gösterir.

$$\text{Fiziksel Kullanım Oranı (\%)} = \frac{\text{Çalışılan süre (saat)+Yedek süre (saat)}}{\text{Çalışması planlanan süre (saat)}} \times 100 \qquad (3.5)$$

Çalışması planlanan süre; çalışılan süreyi, tamir bakım sürelerini ve makinenin yedekte bekletildiği süreyi kapsar. Bir başka deyişle, toplam süreden planlı durma sürelerinin çıkarılmasıyla bulunur. Planlı durma süreleri (PDS) ise şu şekilde hesaplanır:

$$\text{PDS} = \text{Bakım} + \text{Revizyon} + \text{İşe başlama kayıpları} + \text{Operatör dinlenmesi} \qquad (3.6)$$

Makinenin yedekte bekletildiği süre planlı durma süresine dahil edilmez. Eğer fiziksel kullanım oranı, mekanik kullanım oranından çok büyükse bu makinenin tam kapasite kullanılmadığını gösterir.

3.1.4.1.3. Efektif Kullanım Oranı. Makinenin gerçekte üretim için kullanıldığı süre efektif kullanım oranı ile hesaplanabilir.

$$\text{Efektif kullanım oranı(\%)} = \frac{\text{Fiili iş süresi (saat)}}{\text{Toplam süre (saat)}} \times 100 \qquad (3.7)$$

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

Tek bir kullanım oranı tam olarak gerekli bilgiyi vermeyecektir. Bu yüzden her üç kullanım oranının hesabı detaylı bir analiz için gereklidir. Tablo 3.4 belirtilen kavramları özet olarak göstermektedir.

Tablo 3.4 Tanımlanan kullanım oranlarının formüllerle kısaltılmış gösterimi (Erçelebi ve diğer., 1999 dan düzenlenerek)

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

Sonuç olarak; ekskavatörlerin mekanik kullanım oranları %40-60 arasında, fiziksel kullanım oranları %60-80 arasında ve efektif kullanım oranları da %30-40 arasında değişmektedir.

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

Kamyonların kullanım oranları ekskavatör ve loderlere paralel bir eğilim göstermektedir. Kamyonlarda da efektif kullanım oranlarının en düşük, fiziksel kullanım oranlarının ise en yüksek olduğu bulunmuştur (Erçelebi ve diğer., 1999).

3.1.4.2 Derinlik Faktörü

Açık ocak madencilik işlemlerinde en uygun kazı derinliğine kadar kepçenin doldurulmasında sorun yoktur. Ancak kazılması gereken örtü tabakasının ince veya kazılabilirliği zor olması durumunda kepçeyi doldurmak için çekme – kaldırma süresi artacağından devir süresi de artacaktır. Uygun koşullarda, makine enerji tüketiminin minimum düzeyde sağlanabilmesi için kepçe kesme derinliği, optimum kepçe yüksekliği seviyesinde %100 doluluk oranına uygun ayarlanmalıdır. Makinenin çalıştığı şevde, yüksek kesme derinliği uygulanarak kepçe doluluğunun sağlanması, üretim miktarı bakımından isteneni sağlasa da, tüketilen enerji miktarı açısından iyi bir işletme randımanı oluşturmamaktadır. %100 optimum kazı derinliği sağlandığında, derinlik katsayısı 1'e eşit olmaktadır (Karpuz ve Hindistan, 2005).

Kepçeli ekskavatörler için optimum bir kesme derinliği vardır. Eğer makine bu optimum değerden daha değişik bir değerde çalışacak olursa, makinenin verimliliği düşer (Eskikaya, 1986).

3.1.4.3 Uyuşma Faktörü

Ekskavatör kamyon sistemlerinin birlikte çalışmalarındaki uyumu incelemek üzere diğer bir yaklaşım da uyuşma faktörüdür. Ekipmandan faydalanmanın optimizasyonunda sıkça kullanılmaktadır.
Aşağıdaki gibi formüle edilebilir:

$$MF = \frac{\text{Kamyon sayısı x Ekskavatörün toplam periyod süresi}}{\text{Ekskavatör sayısı} \times \text{Kamyon tur süresi}} \quad (3.8)$$

Bu eşitlikte ekskavatörün toplam periyod süresi; kepçe periyod süresi ile bir kamyonu yüklemesi için gerekli kepçe sayısının çarpımıdır.

MF şu sınırlar arasında değişmektedir (Kesimal, 1995),
MF= 1 ise; kusursuz uyuşma
MF>1 ise; çok yüksek yükleyici verimi, düşük taşıyıcı verimi
MF< 1 ise düşük yükleyici verimi, yüksek taşıyıcı verimi.

3.2 İş Makine ve Ekipman Verimliliklerinin Değerlendirilmesi

Verimlilik kavramı, bir üretim ya da hizmet biriminin ürettiği çıktı ile bu çıktıyı üretmek için kullanılan girdi arasındaki ilişki anlamına gelmektedir. Yani verimlilik, çeşitli mal ve hizmetlerin üretiminde yararlanılan kaynakların etkin kullanımıdır.

Verimlilik, çıktı ile bu çıktıyı üretmek için kullanılan girdi arasındaki oran olup aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir.

$$\text{Verimlilik} = \text{Çıktı}/\text{Girdi} \tag{3.9}$$

Ekonomistlere göre verimlilik; teknik verimlilik ve tahsis verimlilik olarak ikiye ayrılmaktadır. Teknik verimlilik, aynı şartlar altında bir dizi girdiden en yüksek düzeyde çıktı üretilmesi veya aynı çıktının daha az girdi ile elde edilmesi olarak tanımlanabilir.

Tahsis verimliliği ise literatürde, girdi maliyetlerini göz önünde bulundurarak, belirli çıktıların sağlanmasında, en uygun girdi bileşimini seçme başarısı olarak tanımlanmaktadır. Farklı olarak verimlilik sonuçlarla, bu sonucu elde etmek için harcanan zaman arasındaki ilişki olarak da tanımlanabilir.

Verimlilik hesaplama yöntemlerinde üç yol kullanılmaktadır. Bunlar:

- Kısmi verimlilik,
- Çok öğeli verimlilik
- Toplam verimliliktir.

Bunlardan en yaygın olarak kullanılanı kısmi verimliliktir.

Kısmi verimlilik: Üretilen çıktının (ürün), girdilerden sadece birine oranlanması ile bulunan verimliliktir. Diğer girdilerin hesaplamaya dahil edilmemesi ve tek bir girdiye göre hesaplanması nedeniyle kısmi verimlilik olarak tanımlanmaktadır. Bir işçi saatindeki üretim, bir makine saatteki üretim ya da bir kw saatteki üretilen miktarlarının hesaplanması ve bunların sektörde kabul görmüş değerlerle

karşılaştırılması işletme için önemli verilerdir. Sektör değeri yoksa işletme kendi geçmiş ay değerleri ile karşılaştırarak verimliliğini sürekli izleyebilir.

Çok Öğeli Verimlilik: Çıktıların birden fazla girdilerin toplamına bölünmesi ile yapılan verimlilik hesabı olup genellikle bu yöntem pek kullanılmamaktadır.

Toplam Verimlilik: Çıktıların toplamının, girdilerin toplamına bölünmesi ile bulunan verimliliktir. Bu yöntem, işletmenin genel durumunu bilmek adına yararlıdır. Ancak, kısmi verimlilik hesabına göre daha karmaşıktır. Nedeni ise çıktılarda ve girdilerde çeşitlilik olması ve bunların toplanır hale getirilmesindeki güçlüklerden kaynaklanmaktadır.

İşletmelerde kullanılan makinelerin verimlilik analizlerinin incelenmesinde şu parametreler kullanılmaktadır.

- Verimlilik oranı,
- Verim oranı,
- Makine verimlilik indeksi (Taşer, 2007).

Verimlilik = çıktı / girdi
Verimlilik = üretim (m^3) / çalışma saati
Verim oranı=[çalışma saati / çalışılabilir süre] $\times 100$
İndeks = verimlilik $\times$ verim oranı

Bir makinenin verimlilik analizinin yapılmasında sadece verimlilik oranının ya da sadece verim oranının hesaplanması net bir sonuç vermeyebilir. İki ana başlığın hesaplanıp bu başlıkların çarpımından elde edilecek makine verimlilik indeksi, daha net bir sonucun elde edilmesini sağlayacaktır. Bir makinenin verimlilik oranı düşük olduğu halde, verim oranı yüksek olabilmekte aynı şekilde verim oranı düşük verimlilik oranı ise yüksek olabilmektedir. Bu nedenle sadece bir hesaplama yeterli değildir. Bir makinenin verimlilik oranının ya da verim oranının yüksek olmasına bakılarak bu makine verimlidir şeklinde bir yorum yapılması hatalı olacaktır.

Böylece, yapılacak analizde verimlilik oranı ve verim oranının, ayrı ayrı hesaplanıp elde edilecek sonuçlar ile makine indekslerine bakılarak bir değerlendirme yapılması önerilmektedir (Taşer, 2007).

Açık işletmelerde kazı-yükleme ve taşıma işleri; yapıları, çalışma şekilleri ve kapasiteleri çok değişik olabilen çeşitli makine veya sistemlerle gerçekleştirilmektedir. İşe ve amaca en uygun makineyi veya sistemi seçmek en önemli husustur. Yanlış bir seçim, sürekli verimsizlik demektir. Doğru seçim gerek sistem ve makine ile ilgili, gerekse çalışılan yer ve çalışma şartlarıyla ilgili ana bilgilerin ve aralarındaki bağıntıların bilinmesiyle mümkündür (Eskikaya, 1986).

Büyük ölçekli iş makinelerinin seçilmesinde ve kullanılmasında, kazısı yapılacak formasyona uygunlukları, kapasite ve verimlilikleri bakımından birbirleriyle uyumlulukları, önem verilmesi gereken hususlardandır. Yanlış makine, ekipman seçimi sistemin genelini etkilemekte ve verimsizliğe neden olmaktadır.

Açık işletmecilikte verimlilik, gün geçtikçe artmaktadır. Verimlilikteki bu artış, açık işletmecilikte yüksek kapasiteli makine ve ekipmanların geliştirilmesi ve işletme faaliyetlerine bilgisayarlı ölçme-izleme-kontrol sistemlerinin uygulanmasıyla gerçekleşmektedir. Bu uygulamalarda ekskavatörlerin ve kamyonların kazı, yükleme ve taşıma-boşaltma süreleri en uygun şekilde düzenlenmekte, çalışan makinelerden yağ numuneleri alınarak analizler yapılmakta ve makinelerin bakım onarım süreleri ile yağ tüketiminde önemli tasarruflar sağlanmaktadır (Anonim,1996).

Makine kapasitelerindeki artışın verimlilik üzerindeki etkisine Kanada-Fordig Coal Ltd. ocağından örnek verilirse; 11,5 m^3 kapasiteli shovel yerine, 23 m^3'lük ve 46 m^3'lük shovel kullanıldığında, yükleme maliyetlerinde sırasıyla %45 ve %70 oranında düşme saptanmıştır. Kamyonla taşıma maliyetinde de benzer durum yaşanmış olup 110 tonluk kamyon yerine 155 ve 218 tonluk kamyonlar kullanılmış, taşıma maliyetlerinde sırasıyla %37 ve %63 düşme saptanmıştır. Avustralya ve ABD açık işletmelerinde de, gerek makine kapasitelerindeki artış gerekse bilgisayarlı izleme-kontrol sistemleriyle, verimlilikte önemli artışlar kaydetmişlerdir. Avustralya'da 1983 yılında 5020 ton/işçi olan satılabilir üretim verimliliği,

1991yılında 7539 ton/işçi düzeyine çıkmıştır. ABD de ise bu değer 11595 ton/işçi düzeyindedir (Koçak, 2006).

Rekabetin giderek arttığı günümüzde, işletmelerin sahip oldukları varlıkları verimli kullanabilmeleri çok önemlidir. Toplam verimli bakım (TVB), toplam kalite yönetimi felsefesi çerçevesinde üretimin ve hizmetin sağlandığı her türlü makinenin ve ekipmanın verimli kullanılması ile sıfır arıza ve sıfır kaybı hedefleyen bir anlayıştır (Görener ve Yenen, 2007).

Toplam verimli bakım, üretim faaliyetleri içinde çalışanların tamamının katılımını gerektiren, operatörlere üzerinde çalıştıkları makine veya ekipmanın otonom bakım sorumluluğunu da getiren, arızaları önleyen ve ekipman etkinliğini en üst düzeye çıkarmayı hedefleyen bir yaklaşımdır. 1971 yılında, Japonya'da, Japon Fabrika Bakım Enstitüsü (JIMP) tarafından geliştirilen, toplam verimli bakım, toplam kalite yönetimi kavramından sıfır üretim hatası düşüncesini alıp bunu, hedefin sıfır arıza ve minimum üretim kayıplarına sahip olmak olduğu anlayışıyla ekipmanlara uygulayan bir kavramdır (Chaneski, 2002; Karaman, 2004; Chan ve diğer., 2005).

Toplam Verimli Bakım'ın temelinde yatan ana fikir, makine, ekipman ve teçhizatların verimli çalışmalarını engelleyecek faktörleri yok ederek daha verimli çalışmalarını sağlamaktır. Bu faktörler günümüzde çok farklı şekilde ifade edilmektedir. En sık kullanılan ifade şekli ise altı büyük kayıp adı altında kayıpların ifade edilmesidir. Bu kayıplar şu şekilde sıralanabilir (Pomorski, 2004 ve Karaman, 2004).

- Arızalardan kaynaklanan kayıplar
- Hazırlık ve ayar zamanlarından kaynaklanan kayıplar
- Duruşlardan kaynaklanan kayıplar
- Hız düşüşlerinden kaynaklanan kayıplar
- Hata ve tekrar işlemlerinden kaynaklanan kayıplar
- Başlangıç kayıpları

TVB anlayışı; faaliyetleriyle, kayıpların, arızaların ve hataların azaltılmasını bu sayede de verimliliğin artmasını hedefleyen bir anlayıştır. TVB faaliyetlerinin işletmelerin verimliliğine olan katkısı incelendiğinde; hataların giderilmesi, sürekli iyileştirme çalışmalarındaki artış ve iş kazalarının azalması konularında, uygulanan sistemin olumlu etkileri görülmektedir. TVB sisteminin en önemli faydası ise genel ekipman verimliliğindeki artıştır. (Görener ve Yenen, 2007)

3.2.1 Ekskavatör Çalışma Süreleri ve Verimlilik Analizi

Ekskavatör + kamyon sistemlerinde; birim maliyetleri düşürmek için ekskavatör ve kamyonların maksimum verimle kullanılmaları gerekir. Bunun için de, ekskavatörler ile yükleyecekleri kamyon sayıları arasında bir denge kurulmalıdır.

Bir ekskavatörün verimliliğini hesaplarken; ekskavatörün birim maliyeti 180$/saat ve saatte yüklediği malzeme miktarı 1 yd^3 olarak kabul edildiğinde, yaptığı işin maliyeti, 180$/saat/1$yd^3$/saat=180$/yd^3 olur. Buna göre maliyet sabit tutulduğunda, makinenin verimliliğini artırmanın yolu, mümkün olduğunca makinenin yapacağı iş miktarını arttırmaktır.

Makinenin en verimli şekilde çalışması için gereken kamyon sayısına karar verirken dikkat edilmesi gereken hususlar;

• Ekskavatör yükleme süresi (örn: 1,5 dak.)
• Kamyon sefer süresi (örn: yüklenme süresi dahil 6 dak.)

Örnek veriler kullanarak ekskavatör + kamyon dengesi hesaplandığında: 6 dak./ 1,5 dak.=4 kamyon olacaktır. 1 kamyon kullanıldığında, makine 1,5 dak. çalışacak ve 4,5 dak. kamyonun geri gelmesi için bekleyecektir. Hesaplama sonucuna göre, sistem 4 kamyonla dengelendiğinde, kamyonların ve ekskavatörün bekleme ile zaman kaybı olmayacak, makinenin en verimli ve ekonomik şekilde kullanımı sağlanmış olacaktır (Koçak, 2006).

Yükleme süresi:

Ekskavatörlerin kamyonları yükleme süresi, verimlilik açısından çok önemlidir. Örneğin yükleme süresi 1,5 dakika değil de 1 dakika olduğunda, makine saatte 60 kamyon yükleyecektir. Balansın kurulması için, yukarıda verilen örneğe göre, 4 kamyon yerine 6 kamyonun çalışması gerekirken, maliyeti \$0,57/yd^3'den \$0,50/yd^3'e düşecektir. Ekskavatör yükleme süresi; kepçe kapasitesi, malzemenin cinsi, kazı derinliği ve dönme (swing) süresine bağlıdır.

Kepçe kapasitesi:

Ekskavatörlerin verimliliğinde en önemli faktörlerden biridir. Daha büyük hacimli kepçe kullanımı, bir kamyonu yüklemek için gerekli kepçe sayısını azaltacaktır. Fakat, kepçe hacminin büyümesiyle kazı kuvveti küçülecek, özellikle yüklenecek malzeme sert olduğunda makinenin kazı verimi düşecektir.

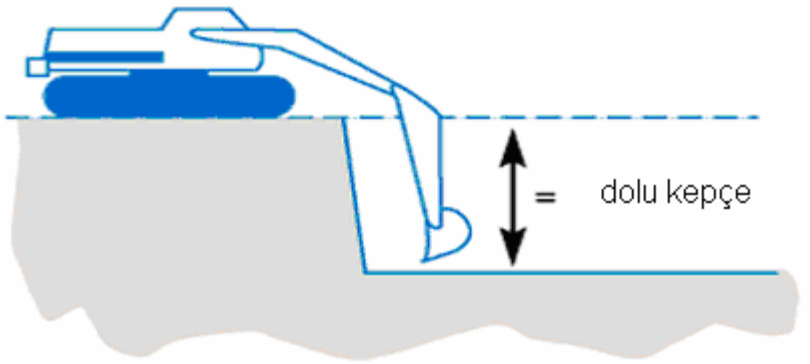
Kazı malzemesinin yoğunluğu büyük olduğunda, dolu bir kepçe; ekskavatörün aşırı yüklenmesine ve dolayısıyla, makinede dengesizliğe neden olacak, makineye zarar verebilecektir. Yoğunluğu düşük olan malzemelerde, büyük hacimli kepçe kullanımı faydalı olabilir. Ağır malzemelerde, iş miktarını artırmak için büyük hacimli kepçeler kullanılmak istendiğinde; kısa bom ve stick'e sahip makineler kullanılarak kepçenin makineye yakın olması sağlanır. Kepçe seçiminde genel kural, makinenin kolaylıkla kaldırabileceği kepçeyi seçmektir.

Kepçe şekli:

Kepçenin kesme kuvvetini, kepçenin eni belirler. Kesme kuvvetini artırmak için, sert malzeme kazısında dar kepçeler seçilmelidir. Dar kepçe seçilirken, kova kapasitesini arttırabilmek için de daha derin kepçeler tercih edilmelidir. Fakat malzeme killi, nemli ise çok derin kova kullanımıyla da, malzemenin kepçeye yapışma problemi oluşacaktır.

Kazı derinliği:

Verimli bir kazı için, kepçenin tamamen malzemeyle dolması sağlanmalıdır. Eğer makinenin çalıştığı basamak boyu çok düşükse, makine kepçeyi tam doldurmaya çalışırken zaman kaybı olacak veya kepçe tam olarak dolamayacaktır. Eğer basamak gereğinden çok yüksekse, makinenin kazması için ve kepçeyi kaldırması için gereken süre uzayacaktır. Şekil 3.1'de ters kepçe ekskavatörün en uygun kazı derinliği gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Ters kepçe ekskavatörün en uygun kazı derinliği

Dönme (swing) süresi:

Makinenin verimliliğini arttırabilmek için, dönme süresinin en aza indirilmesi gerekir. Bu da yüklenecek kamyon sayısı balansı ve kazı - yükleme işleminin zaman kaybetmeksizin zincirleme bir şekilde devam etmesi ile sağlanabilir. Sert malzemede, patlatma yapılarak, yüklenecek malzemenin hazırlanması zincirin aksamadan devamını sağlayacaktır (Koçak, 2006).

3.2.1.1 Ekskavatörlerin Saatlik Yükleme Kapasitelerinin Tespiti

Ekskavatörün çalışma şartlarının ideal olduğu ortamlarda bir saatte yaptığı iş miktarı "teorik kapasite", patlatılıp-gevşetilmiş veya doğrudan kazı ile fiili olarak bir

saatte gerçekleştirdiği iş miktarına ise, "fiili kapasite" denir. Fiili kapasiteyi olumsuz yönde etkileyen nedenler aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

• Ekskavatörün çalışacağı malzemenin kazı zorluğu,

• Kazılacak malzemenin (zor, orta-zor kazı sınıfı için) gevşetilmemiş olması,

• Ayna yüksekliğinin uygun olmaması,

• Ekskavatörün kapasitesine göre kamyon kapasitesi ve sayısının uygun olmaması,

• Makinenin tek taraflı çalıştırılması, dönme açısının büyük olması,

• Killi ve nemli malzemenin kepçeye yapışarak üretim miktarını olumsuz etkilemesi,

• Malzemenin iri ve bloklu olması,

• Patlatma sonrası tabanda tırnak oluşması,

• Kullanıcı operatörün deneyiminin yetersiz olması vd.

Ekskavatörlerin yükleme kapasiteleri tespit edilirken genel madencilik uygulamalarında kullanılan kapasite tespit formülü kullanılır. Formülde kullanılan değerler ve tespit edilme şekilleri aşağıda gösterilmiştir.

Ekskavatörün yükleme kapasitesi (saatlik iş miktarı), aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır.

$$Q = \frac{C_d \text{x } 0{,}764 \text{ .x } 3600 \text{.x F x E}}{t_s \text{ x S}} \tag{3.10}$$

Q = Saatlik iş miktarı (yerinde malzeme için) (m^3/saat)

C_d = Kepçe hacmi (yd^3)

t_s= Devir süresi (sn)

E = Verimlilik katsayısı (%)

E = $f_1.f_2$

f_1= İşyeri organizasyon katsayısı (%)

f_2= Operatör randımanı (%)

F = Kepçe dolum katsayısı (%)

S = Kabarma katsayısı

Zaman faktörü, yıllık ulaşılabilir gerçek çalışma saati olarak tanımlanmakta ve ekipmanların seçiminde önemli rol oynamaktadır. Planlama aşamasında, yılda mevcut olan 8760 saat baz alınmalıdır. Tatil günleri ve çalışma koşulları göz önünde bulundurularak, bu sayı azaltılmalıdır. Değişik madenlerde çalışan ekskavatörlere ait istatistikler, bu rakamın gerçekte 4200 çalışma saatine kadar düştüğünü göstermektedir. Bu da % 47,95 'lik bir randımana denk gelmektedir. Elverişsiz çalışan bir madende, bu rakam 3780 saate (% 43,15) kadar düşebilmektedir. Planlama sırasında kural olarak bir ekskavatörün efektif randımanı, nominal kapasitesinin % 50'si kadar alınabilir.

3.2.2 Dragline Verimlilik Analizi

Dragline açık ocak kömür madenciliğinde genellikle üst örtünün dekapajı için kullanılan kazı birimidir. Türkiye Kömür İşletmeleri bünyesindeki müesseselerde sekiz adet, özel sektörde bir adet olmak üzere ülkemizdeki çekme-kepçe popülasyonu dokuzdur. Yatırım maliyeti 100 milyon ABD dolarını bulan çekme-kepçelerin performansının yani üretkenliğinin ve verimliliğinin azami düzeyde olması maden işletmeciliğinin başarısı ve karlılığı açısından çok büyük önem taşımaktadır (Demirel, 2009).

Çekme-kepçe doğru kullanıldığında ve en uygun operasyon şartları sağlandığında üretkenlik açısından diğer yer kazarlarla kıyaslandığında oldukça avantajlıdır. Kepçe kapasitesi 40 ile 143 yd^3 arasında değişen, dökme yarıçapı 100 metreyi bulan bu yer kazarlar ortalama 60 saniyede yaklaşık 100 tonluk malzemeyi 100 m. uzağa başka bir nakliye birimi kullanmadan dökebilmektedirler (Demirel, 2006). Çekme-kepçe

operasyonlarının ekonomik fizibilitesi performansın bir başka deyişle üretkenliğin ve verimliliğin azamiyetini gerekli kılmaktadır **(**Demirel, 2009).

Çekme-kepçenin üretkenliğini ve verimliliğini etkileyen başlıca faktörleri planlama ile ilgili faktörler ve operasyonla ilgili faktörler olarak sınıflandırabiliriz. Planlanan dilim geometrisi ve kazı-üretim programı ile seçilecek olan çekme-kepçenin tutarlı olması, uygun kepçe tasarımının seçilmesi, yeniden kazı oranının ekonomik olarak belirlenen belirli bir oranı geçmeyecek şekilde uygun birimin seçilmesi gerekmektedir. Aynı zamanda çok katmanlı kömür damarlarında ara tabakaların kazılması işlemi de bilgisayar ortamında benzetim teknikleri ile modellenerek en verimli kullanım tespit edilmeli uzun vadede ekonomik olurluğuna bakılarak gerekli ise birden fazla çekmekepçe birimi eşzamanlı kullanılmalıdır. Planlanması gereken diğer bir konu da malzemenin uygun tane boyutuna ve gevşekliğe sahip olması yani patlatma ve parçalama faaliyetleridir. Çekme-kepçe elektrikli ya da hidrolik yerkazarlar gibi yeri kazan değil yeri sürükleyen kazı birimleridir. Bu nedenle eğer dekapaj yapılacak malzeme gevşek değilse uygun hale gelene kadar parçalanması gerekir. Uygun olmayan malzeme, çekme süresinin uzamasına dolayısıyla üretkenliğin azalmasına neden olduğu gibi yüksek bakım-onarım maliyeti de gerektirir. Planlama ile ilgili faktörler en başta dikkatle gözetilmesi gereken ve şartlara göre kısa sürede değiştirilmesi kolay olmayan etkenlerdir. Çekme-kepçenin üretkenliği ve verimliliğinde planlama kadar önemli olan diğer etkenler de çekme-kepçenin kullanım şekli ve çalıştırıldığı şartlar, kepçe yükü, kullanılırlık oranı, tur periyodu, operatör eğitimi ve yetkinliği, yorgunluk ömrü, tamir-bakım planları, parça değiştirme politikası gibi birbirleri ile de çelişebilen operasyonel faktörlerdir **(**Demirel, 2009).

3.2.2.1 Çekme-Kepçe Yorgunluk Ömrü ve Üretkenlik

Çekme-kepçe kullanımındaki nihai amaç en kısa sürede en fazla üst örtünün kazılıp dökülmesidir. Makinenin kullanımı ve malzeme özelliklerine bağlı olan üretkenlik birbiri ile ilişkili birçok parametre tarafından belirlenmektedir. Çekme-kepçenin üretkenliği aşağıdaki eşitlikte verilmiştir (Rai ve diğer., 2000).

$$Q=\frac{B\times BF\times HS\times A\times J\times 3600}{(1+S)\times C\times(1+R)} \quad (3.11)$$

Q = Aylık üretim (yerinde m^3)

B = Kepçe kapasitesi (m^3)

BF = Kepçe dolma faktörü

HS = Planlanan aylık çalışma saati

A = Mevcut olma oranı (çekme-kepçenin kullanıma hazır mevcut bulunma saatlerinin planlanan çalışma saatine göre yüzde oranı)

J = Kullanılırlık oranı (çekme-kepçenin kullanılabilir olduğu saatlerin kullanıma hazır bulunduğu saatlere göre yüzde oranı)

S = Kabarma faktörü

C = Ortalama tur periyodu (saniye)

R = Yeniden kazı oranı (%)

Yukarıdaki eşitlikten de anlaşılacağı gibi üretkenlik tur periyodu arttıkça azalır, kepçedeki yük ve kullanılırlık oranı arttıkça da artar. Yeniden kazı oranının artması ise üretkenliği azaltmakla birlikte çekme-kepçenin işletme ve yatırım maliyetlerini arttırmaktadır.

Yapılan araştırmalar çekme-kepçe üretkenliğini en fazla etkileyen faktörün kullanılırlık oranı ve tur periyodu olduğunu ortaya çıkarmıştır. Yapılan bir araştırmada kullanılırlık oranının yüzde beş oranında azaltılması üretkenliğin yüzde iki oranında azalmasına, tur periyodunun yüzde beş oranında arttırılması ise saatlik üretkenliğin yüzde dört oranında azalmasına neden olmuştur (Bandopadhyay ve Ramani, 1985). Bir başka çalışmada ortalama bir tur periyodundaki bir saniyelik azalmanın yılda yaklaşık 500000 ABD doları eş değeri kömür üretimine neden olacağı savunulmuştur (Lubbert ve diğer., 2001).

Ancak üretkenliğin arttırılmasına yönelik alınan, kepçe yükünün arttırılması gibi tedbirler çekme-kepçenin uzun vadede, metal yorgunluğu ve gerilim dağılımındaki

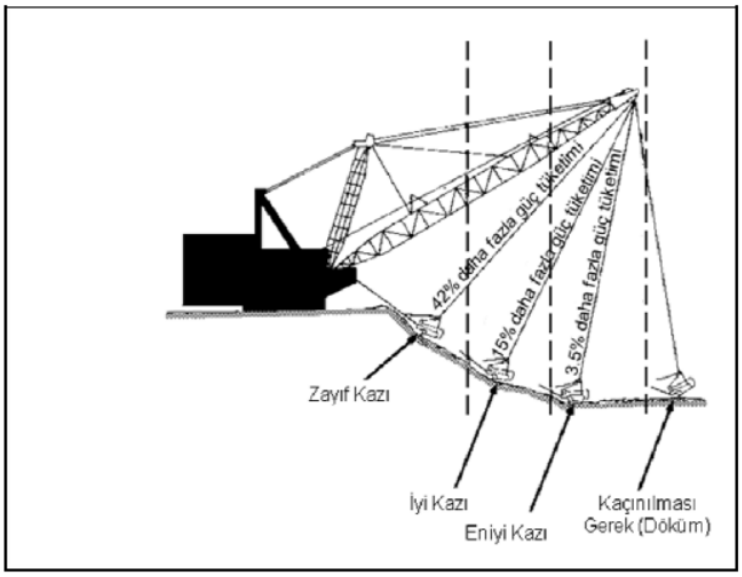
artış gibi nedenlerle servis ömrünün kısalmasına veya bakım-onarım maliyetlerinin artmasına neden olmaktadır (Şekil 3.2.). Kepçe yükü ile yorgunluk ömrü arasındaki bağıntı aşağıda verilmiştir (Guan ve diğer., 1999).

$$\text{Yorgunluk ömrü (saat)} = 3 \times 10^9 / B^3 \qquad (3.12)$$

B = Kepçe yükünün toplam asılı yüke göre yüzde oranı

3.2.2.2 En Uygun Kazı Alanları ve Enerji Sarfiyatına Etkisi

Çekme-kepçenin operasyonu sırasında çekme, kaldırma, ve dönme işlemleri tur periyodunun en önemli bileşenleridir. Kaldırma ve çekme en fazla güç gerektiren işlemlerdir. Çekme-kepçenin bir tur döngüsü sırasında tükettiği enerjinin % 41-52'si çektiriş (drag), % 42-53'ü kaldırış (hoist) motoru, % 0-9'u döndürüş motorunca tüketilmektedir (Özdoğan, 2003b). Çekme-kepçenin yürümesi için gereken güç kepçenin kaldırılması için gereken gücün yaklaşık üçte biri kadardır (Martin ve diğer., 1982). Kepçenin dolumu sırasında aynı zamanda kazı işlemi de gerçekleşmiş olur ki bu süreçte yalnızca çekme motoru güç sağlar. Kepçenin en verimli şekilde doldurulacağı alan ile kepçenin pozisyonu arasındaki ilişki, dört kazı alanı ve bu alanların güç tüketimindeki etkisi Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Çekme-kepçenin dört kazı bölümü ve bunların güç tüketimine etkisi (Lubbert, 2001).

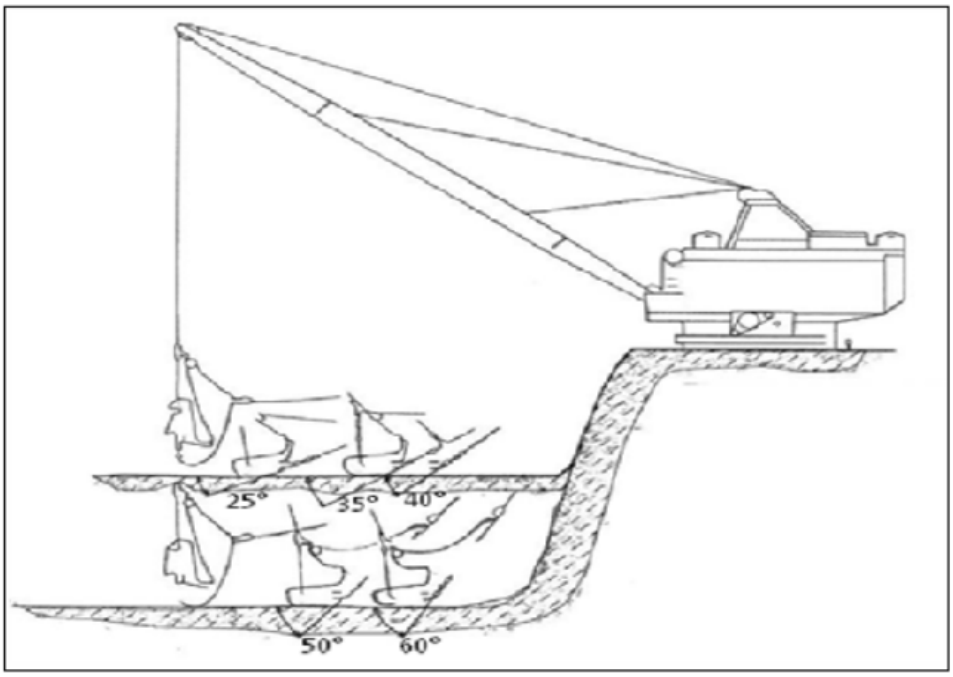
Şekil 3.2'de zayıf kazı diye işaretlenen alanda çekme-kepçe, kepçeyi kaldırma sırasında düşey kaldırmaya göre %42 daha fazla güç harcar. İyi kazı alanı olarak gösterilen alanda bu oran %15'e, en iyi kazı alanı olarak gösterilen bölmede ise bu oran %3,5 olarak belirlenmiştir. Bom makarasını takip eden düşey doğrultudan kepçe saptıkça kepçedeki malzemenin dökülmesi gerçekleşebileceğinden bu alandan mümkün olduğunca kaçınılmalıdır.

3.2.2.3 En Uygun Kepçe Dolum Alanları ve Dişlerdeki Kuvvete Etkisi

Kepçe ucundaki dişlerin yere saplanması ve kepçenin ortalama kazı koşullarında 1,5-2 kepçe boyu mesafede sürüklenmesi yoluyla dolar. Bu süreçte yerin kopmaya karşı dişlere uyguladığı kuvvet, kepçenin dolma süresi, dişlerdeki aşınma-yıpranma ve üretkenlik açısından büyük rol oynar. Özdoğan (2003a) çekme-kepçe yerkazarlarda kepçe saplanış kuvveti ile kepçe saplanış açısı, kepçe ağırlığı, kazı basamağı eğim açısı gibi etkenler arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Kepçe saplanış kuvvetinin kepçenin saplanma açısı yani kepçe tabanın yatay düzlemle yaptığı açı ile arttığı bu açı 90° iken azami düzeye çıktığını ispatlamıştır (Özdoğan, 2003a). Kepçenin dişlerine yansıyan kuvvet ise kepçenin pozisyonu ve çekme halatının yatayla yaptığı açı ile yakından ilişkilidir. Bu bağıntı Tablo 3.5 ve Şekil 3.3'de gösterilmiştir. Şekil 3.3 kepçenin en uygun doldurulma alanlarında, kepçenin dişlerindeki yükün toplam yüke göre yüzdesini ve çekme halatının yatayla yapması gereken açıları göstermektedir. Şekilden ve tablodan da anlaşılacağı gibi çekme halatının yatayla yaptığı açı arttıkça dişlere yansıyan yükün toplam yüke göre yüzdesi azalmaktadır. Dişlerdeki aşınma ve yıpranma da bu oranda azalmaktadır. Bu durumda operatörün yetkinliği ve tecrübesi büyük önem taşımaktadır.

Tablo 3.5 Çekme işleminin kepçenin dişlerindeki yüke etkisi. (Lubbert ve diğer., 2001)

Çekme Halatının Yatayla Açısı	Dişlere Yansıyan Yükün Toplam Yüke Göre Yüzdesi
25°	52%
35°	45%
40°	32%
50°	30%



Şekil 3.3 Kepçenin yükleme alanları (Lubbert, 2001).

3.2.2.4 Tur Periyodu ve Operatör Etkisi

Makinenin kazı tur periyodu ya da döngü (kazı-nakil-döküm) süresi makinenin üretim yeteneğini doğrudan etkileyen önemli bir faktördür (Özdoğan, 2002). Çekme kepçeli yürüyen yer kazarların kazı döngüleri 90° dönüş açısında, 65-75 saniye arasında değişir (Özdoğan, 2004). Bu süre kazı basamağının geometrisine, kazı türüne ve operatör yetkinliğine göre değişiklik gösterebilir. Artan (2005) dönme miktarlarının göreceli olarak kazı ve boşaltma yerine ve operatör yetisine, doldurma ve boşaltmanın ise sadece operatör yetisine bağlı olduğunu dolayısıyla operatör yetisinin önemini vurgulamıştır. Operatörün yetkinliği ve tecrübesi performansı etkilediği kadar, çekme-kepçe bomu üzerindeki gerilmeleri de büyük oranda etkilemektedir. Aynı çekme-kepçede farklı vardiyalarda farklı operatörlerin çalışma saatlerinde alınan gerilim değerleri operatör etkisinin çekme-kepçe bomunun yorgunluk ömrüne etkisini ortaya çıkarmıştır (Guan ve diğer., 1999).

Görüldüğü gibi tur periyodunun, çekme-kepçe bomu üzerindeki gerilim dağılımına dolayısıyla da yorgunluk ömrüne etkisi büyüktür. Üretkenliğin

arttırılmasına yönelik tur periyodunun azaltılması çalışmaları yorgunluk ömrünü kısaltabilir dolayısıyla da uzun vadede çekme-kepçe performansına olumsuz etki edebilir.

Çekme-kepçe performansını izlemek var olan operasyonel sorunların tespiti ve giderilmesi, bakım-onarım maliyetlerinin azaltılması, ve üretkenliğin arttırılması için gereken önemli bir etkendir. Dünya üzerindeki çekme-kepçelerde 2000 tarihi itibari ile izleme sistemleri ile donatılmışların sayısı yaklaşık 65 olarak bilinmektedir, ancak bu sayı gün geçtikçe artmaktadır (Hansen, 2000).

3.2.3 Kamyon Verimlilik Analizi

Ekskavatör - kamyon dengesi ile verimliliğin sağlanması yanında, kamyon verimliliğini etkileyen birçok faktör vardır. Bu faktörler:

- Uygun eğimde, genişlikte, uzunlukta ve düzgün yüzeyli yolların oluşturulması,
- Keskin virajlara ve görüş mesafelerine dikkat edilmesi,
- Kamyonların damper şekli, damper boyutu, lastik boyutları, yükleme şekli, boşaltma şeklidir.

Damper şekli, yüklenen malzemenin cinsine göre seçilmelidir. Kare köşeli damperler, ağırlık merkezinin korunmasına, daha fazla yükleme yapılabilmesine olanak sağlarken, killi nemli malzemelerde damperde yapışma olmaması için, yuvarlak köşeli damperler tercih edilmelidir.

Damper boyutu, verimlilik için en önemli faktörlerden biridir. Büyük damperle çok daha fazla yük taşınabilirken, aşırı yük kamyonun sefer süresini uzatır. Kamyonun taşıma kapasitesi ile yüklenen malzeme miktarı optimum olmalıdır. Olması gerekenden fazla yükleme zaman kaybına yol açarken, kamyona da zarar verecektir.

Lastik boyutu, kamyonun çekişi ve gücü üzerinde etkilidir. Büyük lastik ebadı, kamyonun çekişini ve potansiyel hızını arttırırken; küçük lastik ebadı daha büyük torkla daha fazla güç sağlar, özellikle ağır yüklerde küçük lastik ebadı tercih edilmelidir.

Döküm sahası, kamyonun verimli çalışabilmesi için düzenlenmelidir. Döküm yerine gelen kamyonun, tumbaya yanaşma ve boşaltma sürelerini en aza indirmek için, döküm sahasının düzgün olması gerekir. Yığılan malzemenin dozerle ötelenerek ve sahanın greyderle tesviye edilerek döküm için hazır hale getirilmesi gerekir (Koçak, 2006).

3.2.3.1 Kamyon Kapasite Hesapları

Açık işletmelerin sahip oldukları çalışma koşullarına, rezerv miktarına, örtü tabakasının cinsine ve kalınlığına, yıllık üretim miktarına, dolayısıyla yıllık örtü - kazı miktarına göre en uygun makine-ekipman seçimi yapılmalıdır. Kullanılan iş makinelerinin kapasitelerinin yüksek olması, tamir bakım ve işçilik maliyetlerinin daha az, ocak içi trafiğinin ve kontrolünün daha kolay olmasını sağlayacaktır.

Uygun yükleyicilerle uyumlu çalışacak kapasiteye sahip, belli sayıdaki kamyonla çalışılacak işletmelerde yapılacak olan operasyonların verimliliği, aşağıda verilen hesaplar yardımıyla belirlenmektedir.

3.2.3.1.1 Kamyon Çevrim Zamanı. Kamyon çevrim zamanı aşağıdaki faktörleri içermektedir. Kamyonun dolması için gerekli,

1. Yükleme zamanı, t_1
2. Taşıma süresi, t_2
3. Kamyonun yükünü boşaltması ve yüksüz olarak harekete geçmesi için harcadığı manevra süresi, t_3
4. Boş dönüş süresi, t_4
5. Yükleyici yanındaki manevra süresi, t_5

Kamyon Çevrim Zamanı,

$TK = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5$ olarak ifade edilir.

Kamyon çevrim zamanı aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$TK = n \cdot T_Y + (D / V_1) + t_3 + (D / V_2) + t_5 \quad (3.13)$$

Burada;

n : Kamyonun dolması için gerekli kepçe sayısı

$n = C_1/(q_1 \times K)$

C_1: Kamyon kasa kapasitesi

q_1: Yükleyici kepçe kapasitesi

K : Kepçe dolum faktörü

T_Y:Yükleyici çevrim zamanı (dak)

D : Kamyon nakliye yolu mesafesi (m)

V_1: Yüklü kamyon ortalama hızı

V_2 : Boş kamyon ortalama hızı

Yükleme Süresi (YS) ise, yükleyicinin kamyona yüklemeyi yapabilmesi için gerekli süre aşağıdaki eşitlikle elde edilir.

$$YS = \text{Yükleyici çevrim zamanı(Ty) x Kamyonun dolması için gerekli kep. sa. (n)} \quad (3.14)$$

Yükleyici çevrim süresi, kullanılan yükleyici tipine bağlı olarak değişmektedir (ekskavatör, paletli yükleyici, lastik tekerlekli yükleyici vs.) Kamyonun yük taşıma kapasitesi, kasa hacmine (m^3) veya ağırlığına bağlı olarak değişmektedir. Kasanın dolması için gerekli kepçe sayısı (n) ise ;

$$n = (\text{Kamyon kasa hac.}/(\text{Yükleyici kepçe kap.} \times \text{Kepçe dolum faktörü}) \quad (3.15)$$

Ayrıca ağırlığa bağlı olarak;

$$n = \text{Kamyon taşıma kapasitesi} \,/\, \text{Kepçe kap. x Kepçe dol. fak. x M. yoğunluğu} \quad (3.16)$$

şeklinde elde etmek mümkündür. Kepçe dolum faktörü, malzemenin herhangi bir gevşetme yapılmadan kırılıp yüklenebilme yeteneğine bağlı olarak seçilir. Tablo 3.6'da bu faktörün değişimi verilmektedir.

Tablo 3.6 Malzeme ve kepçe dolum faktörü arasındaki ilişki

Malzeme türü	Kepçe dolum faktörü
Kumlu - killi (humuslu) malzeme	1,0 - 1,1
Zemin toprağı	0,9 - 1,0
Kum ve çakıl	0,85 - 0,95
Sert kil	0,8 - 0,9
İyi patlatılmış kayaç	0,6 - 0,75
Kötü patlatılmış kayaç	0,4 - 0,5

Malzeme taşıma süresi ve boş dönüş süresi, dolu ve boş olarak nakliye yollarında geçen sürelerin belirlenmesi, yolun belli bölümlerindeki eğim ve yuvarlanma dirençlerine bağlı olarak aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

Eğim ve yuvarlanma dirençleri, kamyonun hareketini etkileyen parametrelerdendir. Eğim (+) veya (-) olabilir. Eğim direnci, yüzde eğim veya eğim direnç faktörü (EDF) olarak tanımlanır ve şu eşitlikle hesaplanır:

$$\text{EDF} = 10\,\text{kg/ton} \times \%\ \text{eğim} \quad (3.17)$$

Burada aracın ağırlığının %1'i, 10 kg/ton'a eşdeğerdir. Eğim Direnci (ED) ise;

$\text{ED} = 10\,\text{kg/ton} \times \text{Araç ağırlığı(ton)} \times \%\ \text{eğim}$ veya,

= EDF x Araç ağırlığı (ton) eşitliği ile bulunur. (3.18)

Örneğin; 130 t ağırlığındaki bir kamyon - % 8 eğimle aşağıya doğru giderken - 80 kg/ton eğim direnç faktörüne ve 10880 kg eğim direncine sahiptir. Yuvarlanma direnci ise, yük altında lastiğin esnemesi, rulman sürtünmesi, lastiğin zemine gömülmesi ve rüzgar veya hava akımından dolayı meydana gelen ve harekete karşı oluşan dirençtir. Yuvarlanma direnci genellikle, araç ağırlığının kg/ton'u olarak ifade edilir.

Yuvarlanma direnç faktörü' nün hesaplanmasında ise,

$$YDF = R_f + (R_s \times P) + (K \times A \times V^2/W)\ (kg/t) \quad (3.19)$$

eşitliği ile bulunur. Burada;

R_f : Lastik esnemesinden ve tekerlek rulmanından oluşan direnç (genellikle radyal lastiklerde 15 kg/t, normal lastiklerde 20 kg/t alınır)

R_S : Lastiğin zemine gömülmesinin her cm.'si için 5.9 kg/t

P : Gömülme miktarı (cm)

K : Hava direnç katsayısı (0.0066)

V : Hava hızı (km/sa)

A : Kamyonun önyüz kesit alanı (m^2)

W : Kamyon ağırlığı (t)

Yuvarlanma direnci (YD), kamyon hızı ve yuvarlanma direnç faktörü ile ilişkilidir.

$$YD = YDF \times \text{Araç ağırlığı (t)} \quad (3.20)$$

Toplam direnç (TR) ise, eğim ve yuvarlanma dirençlerinin toplamıdır.

$$TR = ED + YD \quad (3.21)$$

Nakliye yolları için eğim açısının % cinsinden değerleri Tablo 3.7'den, yuvarlanma direnci ise Tablo 3.8'den bulunabilir.

Kamyon maksimum hızının belirlenmesinde ise, nakliye yolunun sahip olduğu yol direncine bağlı olarak araç maksimum hızı, kamyon üretici firma kataloglarında verilen ağırlık - hız - meyil grafiklerini kullanılmaktadır (Şekil 3.4).

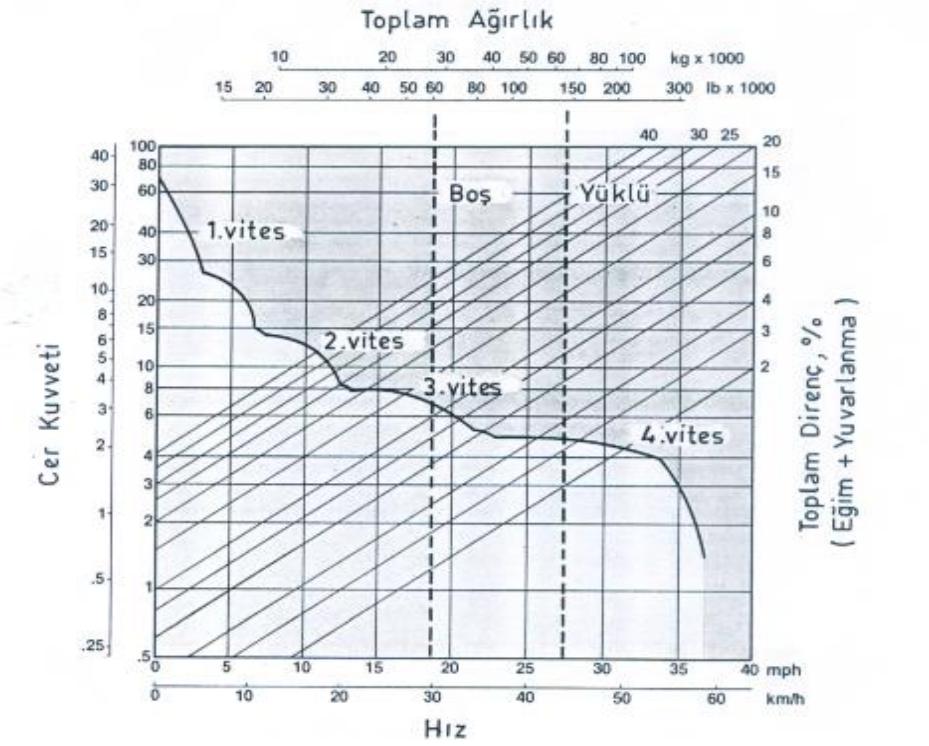
Tablo 3.7 Eğim direnci (açı ve yüzde cinsinden)

Açı (^{0})	%	Açı (^{0})	%	Açı (^{0})	%
1	1,8	11	19	21	35,8
2	3,5	12	20,8	22	37,5
3	5,2	13	22,5	23	39,1
4	7,0	14	24,2	24	40,2
5	8,7	15	25,9	25	42,3
6	10,5	16	27,6	26	43,8
7	12,2	17	29,2	27	45,4
8	13,9	18	30,9	28	47,0
9	15,6	19	32,6	29	48,5
10	17,4	20	34,2	30	50,0

Tablo 3.8 Yol durumuna göre yuvarlanma dirençleri

Nakliye yolunun durumu	Yol direnci (%)
Çok iyi, yolun yüzeyi düz, az nemli, yük ağırlığı ile ezilmeyen yol	2
Sıkıştırılmış çakıl, kırık taş	3
Yolun durumu iyi, yüzey ağırlık ile ezilebilir	3,5
Yolun durumu çok iyi değil, kuru, ağırlıktan etkilenebilir	5
Taşlı ve çakıllı yol	10
Bakımsız, sert, çukurlu, oldukça kötü yol	15 - 20

Ağırlık – hız – meyil grafiğinin kullanılışı: Araç ağırlık noktasında düşey doğrultuda bir çizgi çizilir. Dikey çizginin, çalışılacak nakliye yol güzergahı toplam direnç çizgisiyle kesişme noktasından yatay bir çizgi çizilir. Bu yatay çizginin kestiği vites numarasından inilen düşey çizgi, maksimum hızı verir.



Şekil 3.4 Kamyon hareket performans diyagramı (Köse ve Mallı, 2012).

Tablo 3.9 Ortalama hız faktörü

İki nokta arası taşıma uzaklığı (m)	İlk harekete başlama	İki nokta arasında hareket halinde
0 - 100	0,25 – 0,50	0,50 – 0,70
100 - 250	0,35 – 0,60	0,60 – 0,75
250 - 500	0,50 – 0,65	0,70 – 0,80
500 - 750	0,60 – 0,70	0,75 – 0,80
750 - 1000	0,65 – 0,75	0,80 – 0,85
1000 -	0,70 – 0,85	0,80 – 0,90

Kamyon hareket performans kartlarından elde edilen hız değerleri, teorik değerlerdir. Uygulanabilir ortalama hız değerini bulmak için, elde edilen bu değer, üretici firmalar tarafından hazırlanmış olan tablolardan bulunan hız faktörü ile çarpılmalıdır. Tablo 3.9' da örnek bir ortalama hız faktörü ilişkisi verilmektedir.

Taşıma yolunun değişik eğimlerdeki kısımlarının uzunlukları ve bu kısımlardaki ortalama hızlar ayrı ayrı hesaplandığı takdirde, taşıma süresinin hesabı mümkün olmaktadır. Dolu ve boş gidiş süreleri birlikte toplandığı taktirde elde edilen süre, toplam dolu gidiş ve boş dönüş süresi olmaktadır. Tablo 3.10' da Etibank Kırka Boraks açık işletmesindeki 30 tonluk bir kamyonun 2000 metrelik nakliye yolundaki toplam dolu gidiş ve boş dönüş süreleri örnek olarak verilmiştir.

Tablo 3.10 Yolun durumuna göre cevher kamyonu standart analizi

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Yukarı	1020	+3	5	8	27	450,0	0,90	405,0	2,52
Yukarı	100	+9	5	14	12	200,0	0,75	150,0	0,67
Yukarı	266	+5	5	10	20	333,3	0,90	266,6	1,0
Yukarı	560	+3	5	8	27	450,0	0,80	360,0	1,56
Aşağı	560	-3	5	2	49	816,7	0,70	571,7	1,10
Aşağı	266	-5	5	0	49	816,7	0,80	653,3	0,40
Aşağı	100	-9	5	-4	30	500,0	0,70	350,0	0,29
Aşağı	1020	-3	5	2	49	816,7	0,90	735,0	1,40
Yolda geçen toplam süre								8,94	

A- Uzaklık (m)
B- Eğim (%)
C- Yol direnci (%)
D- Toplam direnç
F- Hız (m/dak)
G- Hız faktörü
H- Ortalama hız (m/dak)
I- Süre (dak)

E- Maksimum hız (km/sa)

Aşağı eğimli yollarda kamyon hız limitinin belirlenmesinde ise, toplam direncin negatif olması durumunda, aracın hızı, engelleyici (yavaşlatıcı) kuvvetlerle belli oranda sınırlanmaktadır. Aracın aşağıya doğru emniyetli bir şekilde yol alabilmesi için gerekli hızın belirlenmesi, Şekil 3.5 'de örnek olarak verilen ve üretici firma kataloglarından temin edilebilen hız limit performans diyagramlarından bulunmaktadır. Bu diyagramın kullanılması da, daha önce verilen ağırlık hız-eğim diyagramının kullanımıyla aynıdır.

Boşaltma Süresi; bu süre, kamyonun örtü döküm sahasına girdiği andan, boşaltmayı bitirip boş olarak dönüşe başladığı ana kadar geçen zaman dilimini kapsamaktadır. Boşaltma süresinin uzunluğu çalışma koşullarının iyi, orta ve kötü olma durumlarına göre Tablo 3.11' de verilmektedir. Tabloda verilen değerler ortalama değerler olup, olağandışı durumlarda bu değerlerden daha farklı değerler elde etmek doğaldır.

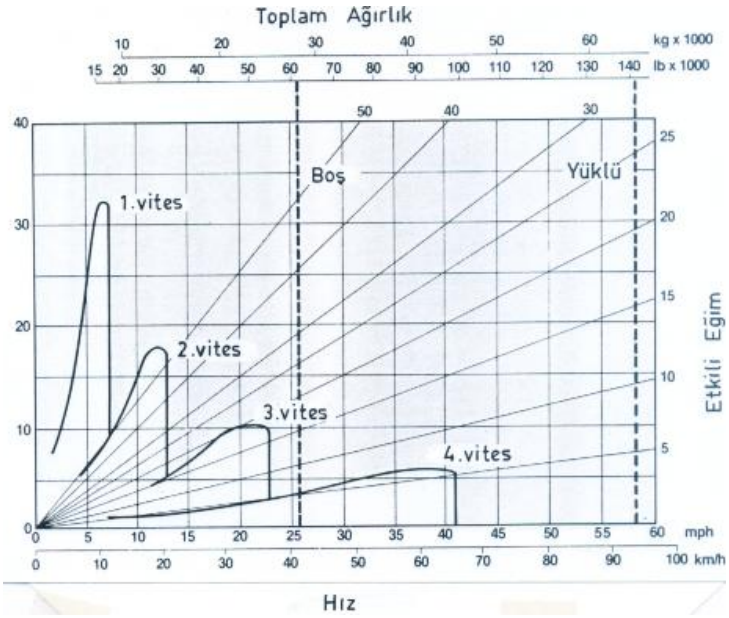
Tablo 3.11 Boşaltma süresi

Çalışma yeri şartları	t_1 (dak)
İyi	0,5 – 0,7
Orta	1,0 – 1,3
Kötü	1,5 – 2,0

Manevra Süresi; Bu sürenin uzunluğu da çalışma şartlarına bağlı olarak değişmektedir. Ortalama süreler Tablo 3.12'de verilmiştir.

Tablo 3.12 Manevra süresi

Çalışma yeri şartları	t_2 (sn)
İyi	6 - 12
Orta	15 - 21
Kötü	24 - 30



Şekil 3.5 Yavaşlatma performans diyagramı (Köse ve Mallı, 2012).

3.2.3.2 Gerekli Kamyon Sayısının Belirlenmesi

Kamyonun yükleyicilerle birlikte (ekskavatör, lastik tekerlekli yükleyici vb.) kullanımında, maksimum iş veriminde gerekli olan kamyon sayısı (M) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$M = \text{Kamyon çevrim zamanı} / \text{Yükleme zamanı} \quad (3.22)$$

$$= T_K/(nxT_y)$$

Burada n kepçe sayısı, T_Y ise kepçe çevrim zamanıdır.

3.2.4 Yardımcı İş Makinelerinin Çalışma Süreleri ve Verimlilik Analizi

3.2.4.1 Dozer İş Üretim Hesabı

Dozer üretici firması tarafından belirlenmiş üretim eğrileri varsa gerekli düzeltme katsayılarını uygulayarak aşağıdaki formüle göre üretim hesabı yapılabilir:

$$\text{Üretim } \left(\frac{Lm^3}{saat}\right) = \text{maksimum üretim x düzeltme katsayısı} \quad (3.23)$$

Dozere ait teknik özellikler tablolarında genel olarak U (üniversal), SU (yarı üniversal) ve S (düz) bıçak üretimlerinin hesaplanmış teorik değerleri varsayılır.

Bu hesaplamalarda genel olarak kullanılan veriler sıralanırsa:

- %100 verim (çevrim saatte 60 dakika)
- Makine yön değiştirme süresi sabit olarak 0,05 dakika
- 15 metre dozerleme yaparak malzemenin yüksek bir yerden aşağı atılması (Boşaltma süresi 0 dakika)
- Malzeme yoğunluğu 1370 kg/Lm^3
- Çekiş düzelme katsayısı: *

a*. Paletli dozerde 0,5 veya daha yüksek

b*. Lastik tekerlekli dozerde 0,4 veya daha yüksek alınır.

* Çekiş düzeltme katsayısı en az 0,4 olarak belirlenir. Çekiş şartlarının zayıf olması bıçak yükünün azalması yani üretimin düşmesi anlamına gelecektir. Bu durum lastik tekerlekli dozer için daha etkendir.

- Bıçak kontrolleri hidrolik
- Kazı 1 F ** (1. Viteste ileri) Dozerleme 2 F ** (2. Viteste ileri) Dönüş 2 R ** (2. Viteste geri)

** Seçilen vites kademeleri düz ve aşağı meyilli zeminde, hafif veya orta yoğunlukta malzeme bıçaklarda ilave aşınma ve saçıntı plakaları takılmamış varsayımı ile belirlenmiştir. Gerçek standart üretim şartlarında dozerlenen malzeme yükünün artması nedeni ile dozerleme işlemi için 1F ileri vitesi kullanmak gerekebilecektir.

Tahmini üretimi bank (sıkı, doğal arazi) hacim için hesaplarken, üretim şartları tablosundan bulunarak uygulanacak düzeltme kat sayısı loose (kabartılmış) hacim ile çarpılmalıdır.

$$\text{Üretim}\left(\frac{\text{Bm}^3}{\text{saat}}\right) = \frac{\text{Lm}^3}{\text{saat}} \text{x katsayı} \tag{3.24}$$

Tablo 3.13 Üretim şartları düzeltme katsayısı ilişkisi

Operatör niteliği	Paletli Dozer Katsayısı	Lastik Tekerlekli Dozer Katsayısı
Tecrübeli	1,00	1,00
Orta Tecrübeli	0,65	0,65
Zayıf	0,70	0,50
Malzeme cinsi		
Gevşek stoklanmış	1,20	1,20
Zor kesilen, sıkı veya donmuş		
Bıçak eğimli iken	0,80	0,75
Bıçak eğim verilmemiş iken	0,70	-
Bıçak daldırma zor ve katı	0,80	0,80
Riperlenmiş ya da patlatılmış kaya	0,60-0,80	-
Yarma dozerleme	1,20	1,20
Yan yana birlikte dozerleme	1,15-1,25	1,15-1,25
Görüş şartları: toz, yağmur, kar v.b.	0,80	0,70
Çevrim (cycle-time) verimi		
50 dakika/saat	0,83	0,83
40 dakika/saat	0,67	0,67

Açılı veya yastıklı bıçaklar için üretim göz önüne alınmamıştır. Şartlara bağlı olarak S düz bıçak üretiminin % 50-75 i A ve C tipi bıçaklar için kullanılabilir. Eğim % sine göre dozerleme etkisi düzeltme katsayı tablosu değerlendirilip hesaplanmalıdır.

3.3 Makine ve Ekipman Yönetiminin Temel Kuralları

İş makinelerinin kullanımında makineyi talep eden proje yönetiminin, işle ilgili bilgi eksikliği, makineleri yeterince tanımaması, hatalı makine seçimi yapılmasıyla başlayan, arazide yanlış uygulamalar, eğitimsiz ve deneyimsiz operatörler, eksik ve hatalı makine bakım onarımı, yetersiz ikmal, kötü makine yönetiminden oluşan hatalar zinciri iş makinesinin verimli kullanımını engeller. Süregelen bu hataların iş

içinde düzeltilmeye çalışılmasının projeye maliyeti gittikçe artar. Bu durum gereksiz harcamalara ve iş gücü kaybına neden olur (Köylü, 2003).

İş makineleri işletmeciliğinde makine tanımlarının, özlük bilgilerinin ve sicil bilgilerinin tutulması son derece önemlidir. Düzenli tutulmuş makine kayıtları ile makine parkında bulunan makinelerin seçimi daha sağlıklı yapabilirken, makinelerin hangilerinin işe hazır olduğu, problemleri ve çözümleri rahatlıkla tespit edilebilir (Köylü, 2003).

Kötü makine yönetiminden oluşan hatalar zinciri iş makinesinin verimli kullanımını engellediğinden işletmede doğru kullanımına yönelik makine ve ekipman yönetiminde temel olarak sayılabilecek kuralları, Tellioğlu (2010) aşağıdaki biçimde sıralamıştır.

- **Doğru alım:** Araçlara yapılan yatırım uzun dönemli olacağı için araç seçimi konusunda dikkatli olmak gerekir. Satış sonrası hizmet ilk yatırım bedelinden daha önemlidir. Ekipmanlar çok çalışır ve işletmenin başarısı işi zamanında ve en az maliyetle bitirmektir. Bunu yapabilmek için makinelerin tüm gün ve her gün çalışabilecek kalite ve yeterliliğe sahip olması gerekir. Ayrıca, operatörlerin de nerede çalışıyor olursa olsun makineleri çalışır ve iş görür durumda tutacak uzmanlığa sahip olması gerekir. Elbette bütün makineler bir gün arızalanacaktır. İşletmenin makine seçimindeki isabeti ise arıza durumunda onların yeniden işler duruma getirilmelerindeki hız, verimlilik ve yapılan harcama tarafından belirlenecektir.

- **Operatörlerin geliştirilmesi:** Operatörler bir arıza durumunda ilk savunma hattıdır. Filonun işletme masrafı ve verimliliğini belirleme konusunda operatörler en önemli unsuru oluştururlar. Bu sebeple operatörler kendilerini geliştirmeye mecburdurlar. Üreticiler makinelerin güvenilirlik ve becerilerini sürekli geliştirmeye devam etmekte ve bu operatörlerden daha fazla şeyler beklenmesine neden olmaktadır. İşletmeler iş makinelerini tam olarak eğitim

almamış ve verimlilik ile makine bakımı arasında denge kuramayan operatörler ile kaybetmemelidirler. Bunun için işletmelerin ekipman ve operatörleri önemsediklerini göstermeleri, operatör eğitimine ağırlık vermeleri ve operatörlerde çalıştıkları makinelere dair bir sahiplenme duygusu uyandırmaları, ayrıca verimlilik ve maliyet konularında üstlendikleri önemli rolü anlamalarını sağlamaları gerekmektedir.

- **Bakımın düzenli yapılması:** Önleyici bakım bir maliyet değil yatırımdır. Bu nedenle gerekli kalite standartlarına uygun olarak zamanında yapılması sağlanmalıdır. Şantiye (arazi) teknisyenleri makineleri düzenli olarak ziyaret etmelidirler. İnceleme yapacak, rapor bildirecek zamana, eğitime ve araçlara sahip olmalıdırlar. Yalnızca kontrol etmek, ayar yapıp yağlamak yeterli değildir.

- **Maliyetlerin kategoriler halinde yönetilmesi:** Gerçek bütçenin planlanan bütçeyi aşması durumunda, hangi kategorinin bu fazlalığa sebep olduğunu bilmeden uygun bir çözüm bulma ihtimali zordur. Bu yüzden, gerçek ve planlanan bütçe uygun sayıda kategorilere bölünmelidir. Bir makinenin toplam maliyetini düşündüğümüzde sahip olma ve işletme maliyetleri bir arada alınmalıdırlar. Fakat ikisini birbirinden bağımsız kategorilerde düşünmek yararlı olacaktır. Sahip olma maliyeti büyük ölçüde sabittir ve saatlik maliyet yıllık kullanıma göre değişmektedir. İşletme maliyeti ise çalışılan saat sayısı ile orantılı olup, saatlik maliyet makinenin yaşı ve kullanım şekli ile beraber bakım, onarım ve yeniden yapım tercihlerine de bağlıdır. Uygulamaya konabilir maliyet bilgisi bu kategoriler ve onların alt kategorileri eğer birbirinden bağımsız planlanır ve yönetilirse elde edilebilir.

- **Onarım maliyetlerinin artacağı bilinci:** Onarım maliyetleri makine yaşlandıkça artar. Ancak işletmeler genelde bu gider sabit kalacakmış gibi bütçe yapmaktadırlar. Bu durum iki soruna yol açmaktadır. Birinci sorun, genç makineler onarım maliyeti bütçelerinin altında giderlere sahip olurlar. Bu nedenle işletmeler onların para kazandırdığına inanırlar. İkinci olarak, yaşlı makineler onarım maliyeti bütçelerinin üstünde giderlere sahip

olduklarından biz bunu makinelerin toplam ömrüne ait maliyet gibi görmek yerine bir sorun olarak görürüz. Bunun yerine, onarım bütçelerini makinenin ömrünün üçte birine karşılık gelen dönemlere göre yapmak, gerçekten de onarım bütçesini aşan makineleri ayırt etmekte yardımcı olacaktır.

- **Değer kaybı:** Vergi hesaplamalar tek bir amaçla yapılır (ödenmesi gereken vergiyi hesaplamada bir temel oluşturmak için) ve buradaki her aşama vergi kanunları ile belirlenmiştir. Bir makinenin kullanıma konması ile yaşadığı değer kaybını anlamanın ölçütü ikinci el piyasası tarafından verilir. Eğer değer kaybı tahminlerinin "doğruya" yakın olması isteniyorsa, ikinci el piyasasına dair bilgilere dayandırılmalıdır.

- **Girdi ve çıktıların denetimi:** Parayı ve ana girdiyi ölçme konusunda çok iyi olmamıza karşın, bulunabilirlik, kullanılırlık, ve güvenilirlik gibi çıktıları ölçmede güçlükler yaşarız. Bakım ve onarıma daha çok para harcamanın istediğimiz sonuçları verip vermediğini bilmemiz gerekir. Hem girdi hem de çıktıları ölçmek yöntemlerimizin verimliliğine odaklanmamızı sağlar. Aynı zamanda ucuza alıp maliyet düşürmenin kullanılırlık, güvenilirlik ve verim göz ardı edildiğinde ne kadar yanlış olduğunu gösterir.

- **Sürekli yatırımın sağlanması:** Eğer bir makine 16000 saat dayanıyor ve siz bunlardan sekizini senede 2000 saat çalıştırıyorsanız, her sene yeni bir makineye eşdeğer yatırımı yapmanız gerekir. Bu karmaşık bir durum değildir fakat disiplin ve filonuza sürekli yatırım yapma gerekliliği gerçeğini kabul etmeniz gereklidir. Harcadığınız şeyi alın demek, elinizdeki sermayeden yememek, çalışarak değer kaybına uğrayan filonuza geri yatırım yapmaktır. Kararlı bir filo-yatırımı programı filonuzun ortalama yaşını koruyacak ve aynı zamanda dengesiz onarım giderleri ve keskin değer kayıplarını önleyecektir.

- **İşlevlere odaklanma:** Ekipman yöneticileri bazen ekipmanlara o kadar odaklanırlar ki, çalıştıkları işletmelerin ihalelerde iyi rekabet ederek ve kaliteli iş üreterek başarılı olduğunu unuturlar. Ekipman yönetimi "gerçek iş"

değildir. İç hesaplar ve politika ile uğraşıp para kazanmayı unutan işletmeler ayakta kalamazlar. Altı basit işlevi anlamak ve onlara odaklanmak başarı getirecektir. Bu nedenle ekipman en iyi fiyata alınmalı ve satılmalı, ekipman lisanslı, denetimden geçmiş ve yasal olmalıdır. Ekipmanı işten işe yönlendirebilmek ve doğru zamanda doğru yerde olması sağlanmalı, etkili arazi-şantiye bakımı ile ekipman sürekli işler durumda tutulmalıdır. Ekipman sayısı ile orantılı olarak verimli onarım bölümleri ve atölyeleri kurulmalı, ekipman filosu tek başına bir değer olarak en iyi biçimde yönetilmelidir.

Yukarıda verilen altı noktaya odaklanmak, iyi bir organize yönetim şeması ile birlikte sonuçlarını ölçmek ve değerlendirmek, başarıyı garantileyecektir. Bu bağlamda ekipman yöneticisinin rolü oldukça önemlidir. Ekipman yöneticisinin rolünü belirlemede iki yaklaşım vardır. İlki ekipman yönetimini "atölye yönetimi" ile eşdeğer görür. Burada ekipman yöneticisinin temel görevi istenen ekipmanları istendiği şekilde sağlamaktır. Önemli konular, örneğin filonun yürürlükte olan planları destekleyebilecek nitelikte olması, dikkatten kaçar. Filoyu şirkete ait bir değer olarak yönetme sorumluluğu yoktur. Diğer yaklaşım ise ekipman yönetimini filoyu beşikten mezara destekleyen, bu konuda uzmanlık öneren, alınan kararları bütünleştiren ve bilgi veren yönetici bir konumda tanımlar. Ekipman yöneticisi, yönetim kadrosunun bir parçası olup, stratejik karar vermede yer alır. Filoyu bilgili ve proaktif biçimde yönetir. Hangi yaklaşımın uygulandığı şirkete kattığınız değere bağlıdır (Tellioğlu, 2010).

BÖLÜM DÖRT
İŞ MAKİNELERİNİN PERİYODİK BAKIMI

Açık işletmelerde kullanılan makinelerin ekonomik ömürleri, makine satıcılarının verdikleri sürelerle birlikte, uygulamada farklı kullanım şartlarına göre değişir. İş makinelerinin uzun süre verimli bir şekilde kullanılabilmeleri için tamir işlerinin düzenli, zamanında ve uygun atölye koşullarında özenle yapılması gerektiği gibi bakım işlemlerinin de makine satıcılarının makine bakım kataloglarında verdikleri bakım periyotlarını takip ederek yapılması gerekir. Makine operatörünün kullanımından kaynaklanan etkiler ile kullanımda gösterilen titizlik, makinenin kapasitesine göre iş yaptırılması, kayaçların cinsi, patlatılma durumları, doğru arazi şartlarında ve doğru iş şartlarında doğru makinelerin kullanılması gibi birçok faktör de makinelerin ekonomik ömürlerini etkiler. Ekonomik ömürleri dolmuş veya sonuna yaklaşmış makinelerin verimlerinin düşük olacağı şüphesizdir (Koçak, 2006).

4.1 İş Makinelerinin Periyodik Bakımının Önemi

İş makinelerine;

- Uzun ömürlü olmaları
- Verimli çalışmaları
- Ekonomik çalışmaları için yapılması gereken işlemlere bakım adı verilir.

Bu gerekçelerin içinde makinenin arıza yapmadan çalışması, onarım ve yedek parça maliyetinin düşürülmesi, öngörülen revizyon sürelerinin sağlanması gibi unsurlar vardır.

Makine üreticileri talimatlarında gün, saat, km cinsinden yapılması gereken bakımlar operatör veya yardımcıları tarafından yerine getirilir. Makine işleticilerinin bakımla ilgili statüleri farklılıklar gösterebilir. Ancak bakım işlemi yardımcılar tarafından yerine getirilse bile operatörün 1. derece sorumlu tutulabilmesi bir standart

olmalıdır. Makinelere nerede, ne zaman, nasıl bakım yapılacağı üretici firmaların bakım talimatlarında belirtildiği şekilde yerine getirilmelidir.

Bakım yapılabilmesinin en önemli şartı kayıt tutmaktır. Bu da makineye ait çalışma sürelerini gösteren çalışma saatlerinin faal durumda olmaları ile mümkündür. Operatör gün sonunda çalışma saatinden okuduğu değeri yazmalıdır.

İşletmelerin daha verimli çalışabilmesi için makine, takım, alet ve tezgâhların her zaman çalışmaya hazır durumda olması gerekmektedir. Teknolojik gelişmeler ve işletmelerle ilgili organizasyon değişiklikleri, makinelerin faal durumda olma önemini artırmaktadır. Ayrıca piyasa rekabeti, makine ve tesislerin daha verimli kullanılması için işletmeleri zorlamaktadır. Faal durumda tutmada önemli üç faktör vardır. Bunlar bakım, arıza tespiti ve onarımdır (Adıgüzel, 2010).

Bir işletmede çalışan her türlü makinenin, işletme şartlarına göre zaman zaman arızalanması ve üretim faaliyetlerini etkilemesi söz konusudur. Bunun özellikle maden işletmelerinin aşındırıcı ve yıpratıcı çalışma koşulları göz önüne alındığında önemi daha da artmaktadır. Üretim sisteminin etkin ve kesintisiz bir şekilde çalışması, sistemi oluşturan makine ve yardımcı tesislerin kesintisiz çalışmasına bağlıdır. Üretim planlarının aksamadan yürümesi makinelerin bakımlarının düzenli ve etkin yapılması ve böylece sistemdeki makine arızalarından kaynaklanan durma sürelerinin en aza indirgenmesi ile gerçekleşecektir.

Düzenli ve planlı koruyucu bakım onarım yapılmasıyla;

- Üretim yapan makinelerin duraklamasını en aza indirerek mümkün olan en yüksek düzeyde üretimin sağlanması,
- Önceden hazırlanan üretim planlarının sağlanması,
- Makinelerin ömrünün uzaması,
- Arızaları zamanında ve önceden tespit ederek maliyeti yüksek arızaların önlenmesi,
- Toplam bakım ve onarım masraflarının azaltılması,
- Nihai ürün kalitesinin arttırılması,

- Piyasa ürün sunulmasında aksaklıların önlenmesi, mümkün olacaktır (Adıgüzel, 2010).

İş makinelerine yapılacak doğru yatırım doğru araçlara sahip olmakla başlamaktadır. Araçlara yaptığınız yatırım uzun dönemli olacağı için hangi aracın tercih edilecek olduğu önemli bir konudur. Uygun fiyata sahip bir aracı alırken, satış sonrası hizmetin ilk ödediğimiz araç bedelinden daha önemli olduğu unutulmamalıdır. Ekipmanlar çok çalışır ve işletmenin başarısı işi zamanında ve bütçe dahilinde bitirmektir. Bunu yapabilmek için makinelerin tüm gün ve her gün çalışabilecek kalite ve yeterliliğe sahip olması gerekir. Ayrıca operatörlerin de nerede çalışıyor olursa olsun bunları çalışır ve iş görür durumda tutacak uzmanlığa sahip olmaları gerekmektedir. Bütün makineler bir gün arızalanacaktır. İşletmenin makine seçimindeki isabeti ise arıza durumunda onları yeniden işler duruma getirmedeki hızınız, veriminiz, ve yaptığınız harcama tarafından belirlenecektir (Tellioğlu ve Özdere, 2010).

Önleyici bakım bir maliyet değil yatırımdır ve bunun gerekli kalite standartlarına uygun olarak zamanında yapılmasını sağlayacak sistemlerin önemi tartışılamaz. Şantiye (arazi) teknisyenleri makineleri düzenli olarak ziyaret etmelidirler ve inceleme yapacak aynı zamanda rapor bildirecek zamana, eğitime ve araçlara sahip olmalıdırlar; yalnızca kontrol edip, ayar yapıp yağlanmasından sorumlu olmamalıdırlar (Tellioğlu ve Özdere, 2010).

Sonuçta ne kadar kaliteli makine kullanılırsa kullanılsın bilinçli servis, tamir personeli ve kullanıcı olmadığı, her tamir ve bakım yerinde konunun uzmanı bir makine mühendisi çalışmadığı sürece iş makineleri gerek yakıt tüketimi gerekse diğer maddi kayıplar nedeniyle ülke ekonomisine küçümsenmeyecek yükler getirecektir.

4.2 İş Makinelerinin Periyodik Bakımı

Ülkemizde birçok kurum ve işletmede periyodik bakım konusuna hala gereken önem verilmemekte ve bu konu, tamir konusunun bir alt başlığı olarak ele

alınmaktadır. Uygulamada tüm periyodik bakım ve ayarları düzenli yapılan bir makinenin yakıt ve yağ sarfiyatı, kötü koşullarda çalışan bir makineye oranla % 15-20 kadar azalmaktadır. Örneğin, tıkalı hava filtresi elemanı bile tek başına yakıt tüketimini % 3 ile % 5 oranında arttırmaktadır. Periyodik bakım sadece genel üretim masraflarını düşürmesi yönü ile ele alınmamalıdır. Periyodik bakım aynı zamanda, verimliliği de maksimum düzeye çıkarır. Bakımsız, sorun çıkaran bir makine, aynı işi daha fazla sürede yaparak zaman ve iş gücü kaybına neden olur (Adıgüzel, 2010).

Günümüzde kullanılan makine ve ekipmanlar giderek daha ileri teknolojiler içermeye başlamışlardır, buna bağlı olarak da işletmelerde geleneksel tamir-bakım faaliyetlerinden daha etkin bir bakım anlayışına ihtiyaç duyulmaktadır.

Ortaya çıkan arızaların onarılması anlayışının ötesinde, arızaların oluşmasını önleme, planlı bakım ve operatörlerin otonom çalışmaları kapsamında uygulanan TVB sisteminin, özellikle imalat işletmelerinde makinelerin etkin kullanımı ve maliyetlerin düşürülmesi noktalarında stratejik bir araç olarak karşımıza çıktığı açıktır (Görener ve Yenen, 2010).

4.2.1 Bakım Şekilleri

Operatörler ve yardımcılarının iş makinelerinde yapacakları bakım işlemleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

4.2.1.1 Kontrol

İş makinesi operatörünün makinesiyle işe başlamadan önce ya da iş bitiminde yapmış olduğu kontrolde gözle muayenesi ve şüphelendiği durumlarda elle yapmış olduğu kontrollerdir (makinenin genel durumunun değerlendirilmesi, gevşek civataların kontrolü ve sıkılması).

4.2.1.2 Tamamlama

İş makinesi motorunda ve diğer elemanlarında kullanılan yağ, hidrolik, su kontrolü ile sıvıların eksik olması durumunda tamamlanması işlemidir (motor yağı, hidrolik yağı, soğutma suyu, akümülatör sıvısı).

4.2.1.3 Değiştirme

Makinelerde kullanılan bazı parçaların ve yardımcı sıvıların kullanma sürelerinin bitiminde yenisiyle değiştirilmesi işlemidir (motor yağı, filtreler, tekerlek lastiği vb.).

4.2.1.4 Ayarlama

İş makinelerinde çalıştırma talimatı değerlerinin üstünde ya da altında bir durum söz konusu ise belirlenen değere ulaşabilmesi için yapılması gereken işlemlerdir. (Motor ayarları, vantilatör kayışının gerginlik ayarı, basınç ayarları, ekipman ayarları vb.)

4.2.1.5 Kuru Yağlama (Şasi Yağlaması)

Makine üreticisi ve işleticisi firmaların bakım talimatlarına göre makine üzerindeki gresörlüklerin, açıkta çalışan dişli, zincir, halat gibi parçaların gresle yağlanması işlemidir.

4.2.1.6 Onarım

Operatörün bilgi ve öğrendikleri çerçevesinde makinesinin çalışmayan aksamlarını çalışır duruma getirmesi işlemidir. Onarım maliyetleri makine yaşlandıkça artacaktır, fakat işletmeler genelde sanki bu gider sabit kalacakmış gibi bütçe yaparlar. Bu iki soruna yol açar. İlk olarak, genç makineler onarım maliyeti bütçelerinin altında giderlere sahip olurlar, bu da bize onların "para kazandırdığını" düşündürür. İkinci olarak, yaşlı makineler onarım maliyeti bütçelerinin üstünde giderlere sahip olurlar, bizde bunu makinenin toplam ömrüne ait maliyet gibi görmek

yerine bir sorun olarak görürüz. Bunun yerine, onarım bütçelerini makinenin ömrünün 3'te birine karşılık gelen dönemlere göre yapmak, gerçekten de onarım bütçesini aşan makineleri ayırt etmekte yardımcı olacaktır (Tellioğlu ve Özdere, 2010).

4.2.2 Bakım Zamanları

Genellikle aşağıda belirtilen zamanlarda bakım yapılması tavsiye edilir:

- Günlük Bakım: 1-10 çalışma saati
- Periyodik Bakım: 50, 250, 500, 1000, 2000 çalışma saatleri
- S.O.S Bakım (Erken uyarı)
- Depolama Bakım veya Kışlık Bakım.

4.2.2.1 Günlük Bakım

Operatörün 1-10 saatte (her gün) ya da vardiya değişiminde, makine imalatçısının ve işyerinin talimatları doğrultusunda yaptığı bakımdır. Genel metotlar ve işlemler dört faaliyette toplanabilir:

- Çalıştırma öncesi kontrol ve bakım
- Isıtma sırasında kontrol
- Çalışma sırasında kontrol
- İş bitimi kontrolü ve bakımı

4.2.2.1.1 Çalıştırma Öncesi Kontrol ve Bakım. Operatör kendi emniyet ve makinenin azami ömrü bakımından çalıştırmadan önce makine etrafında dolaşarak şu kontrol ve bakımları yapar.

- **Hasarlı, gevşek ve aşınmış parçalar:** Makinenin dış aksam durumu, yürüyüş takımları ve ataşmanlarda gözle görülebilecek gevşeme, çatlama, kırılma, aşınma gibi durumların olup olmadığının kontrolü, varsa arızaların giderilmesidir.

- **Sıvı sızıntıları:** Hidrolik yağ, yakıt, su sızıntıları ile fren hidrolik sızıntıları, şanzıman ve hidrolik devrede olabilecek sızıntılar kontrolü, varsa önlem alınması.
- **Sıvı seviyeleri:** Motor yağ seviyesi, soğutma suyu seviyesi, akü eriyik seviyesi, fren hidroliği seviyesi kontrolü ve gereğinin yapılmasıdır.
- **Ön temizleyici ve hava filtresi:** Günlük olarak ön temizleyicinin temizlenmesi, tıkanmış hava filtresinin temizlenmesi veya değiştirilmesi.
- **Lastikler ve paletler:** Hava basınçlarının kontrolü, aşırı aşınma, kesilme ve yanak hasarlarının kontrolü ve eksikliklerin giderilmesi.
- **Yakıt sistemi:** Depo ve sistemdeki su ve tortunun tahliye edilmesi.
- **Vantilatör kayışı:** Gerginliği ve genel durum kontrolü.

4.2.2.1.2 Isıtma Sırasında Kontrol.

- Motor çalıştırılır (Park freni uygulanmış, ataşmanlar yere indirilmiş, vites boş konumda).
- Motorun 3-5 dakika ısınması sağlanır.
- Motor yağ basınç, sıcaklık, şan göstergelerinin çalışması kontrol edilir.
- Varsa fren hava basınç göstergesi ve ilave göstergelerin de çalışması kontrol edilir.
- Makinenin aydınlatma ve uyarı sistemleri kontrol edilir.
- Boş halde kumanda levyeleri kullanılarak ataşman hareketleri kontrol edilir.
- Makine yürütülerek yön vitesleri, direksiyon ve frenler tatbik edilerek kontrol edilir.
- Bu kontroller tamamsa çalışmaya hazırdır.

4.2.2.1.3 Çalışma Sırasında Kontrol.

- Motorda veya makinede anormal sesler olup olmadığı dinlenir.
- Göstergelerin normal çalışıp çalışmadıkları gözlenir.
- Makinedeki performans değişiklikleri takip edilir.

4.2.2.1.4 İş Bitimi Kontrolü ve Bakımı.

- Akaryakıt ikmali yapılır.
- Toz ve pislikler temizlenir.
- Makine parka çekilir, ataşmanlar yere indirilir, park freni uygulanır.
- Motor durdurulmadan önce 3-5 dakika rölantide çalıştırılır.
- Motor stop edilir, çalışma saati kaydedilir.
- Varsa fren hava tankları boşaltılır.

4.2.2.2 Periyodik Bakım

Periyodik bakım, kontrol, tamamlama gibi diğer bakım şekillerine ilave olarak "Kuru Yağlama" ve "Ayarlamayı" da kapsamaktadır. Makine üreticisi firmalar bakım zamanlarını; örnek olarak 50, 250, 500, 1000, 2000 gibi çalışma saatleriyle vermişlerdir.

4.2.2.3 S.O.S Bakım (Erken Uyarı)

İş makinelerinde, tüm makinelerde olduğu gibi hareketli olan her parça normal bir aşınma hızına sahiptir. Şayet aşınma normal limitlerin üzerine çıkarsa makinede büyük hasar oluşacak ve belki de işten kalarak büyük mali yükümlülükler getirecektir.

Makinelerin yağ sistemlerinde, aşınarak oluşmuş ve filtreden geçebilecek kadar küçük mikroskobik metal parçalarının miktarı cihazlarla ölçülerek limit değerlerini aşanlar tespit edilmektedir. Makinenin genel olarak motor, şanzıman, cer, diferansiyel, hidrolik sistem yağları her yağ değişiminde analiz edilerek, yağın içinde bulunan aşırı element miktarları değerlendirilmek suretiyle ortaya çıkmaya hazır arıza belirlenebilir ve problemli kısım ağır hasara uğramadan önlemi alınabilir.

Yağ analizi ile erken uyarı bakım sisteminde tek bir yağ numunesi ile durumun kritik olup olmadığını anlamak mümkündür. Fakat analizler sürekli yapıldığında henüz o noktaya gelmeden gerekli tedbirlerin alınması sağlanır. Kontrol periyotları makine üreticisi firmaların yağ değişimi için önerdiği zamanlardır.

4.2.2.4 Depolama Bakım veya Kışlık Bakım

Uzun süre iş verilmeyecek makinelerin stok veya park alanlarında çalışmadan bekletilmeleri gerektiğinde yapılacak bakımdır. Bakım işlemleri şunlardır;

- Makine yıkanıp, temizlenir.
- Lastik tekerlekli makine takoza alınır.
- Akü sökülür, servise alınır.
- Yakıt deposu boşaltılır.
- Kuru yağlaması yapılır (Greslenir).
- Açıkta kalan hidrolik sistem silindir rotları kalın yağ ile yağlanır.
- Motor belli zamanlarda (15 günde) çalıştırılarak makine ataşmanları boşta hareket ettirilir. Bu sayede keçe, conta, ring gibi metal olmayan sızdırmazlık elemanlarının uzun süre yağsız kalıp kurumaları ve çatlamaları önlenir.

Bu konu üzerinde yapılan çalışmalar içerisinde, iş makinelerinin motorların, jeneratörlerin bir seneye kadar çalıştırılmadan korunabilmesini sağlayacak yöntemleri incelemiştir. Özder (2010)'a göre; her makinenin özellikleri nedeni ile koruma ve devreye alma işlemlerinde makine konusunda bilgiye sahip olmak, kataloglarından faydalanmak veya servislerinden bilgi almak muhtemel eksiklik ve hataların önlenmesi açısından son derece önemlidir.

Makinelerin en önemli parçası olan motorun aksamlarına rutubetten dolayı zarar gelmesini önlemek için uçucu korozyon önleyici kullanılmalıdır. Bu yağlar buharlaşarak motorun iç yüzeylerinde yoğunlaşır. Bu yöntem ile erişilmesi normal yöntemlerle mümkün olmayan yüzeylerin dahi korunması sağlanmış olacağı gibi motorun temizlenerek tekrar işletmeye alınması da kolaydır. Yoğunlaşarak motor iç yüzeylerinin korunmasını sağlayan katman, motorun çalıştırılıp rejim (çalışma) sıcaklığına ulaşması sağlanarak temizlenir. Arta kalan mineral yağ ise tahliye edilerek motorun yağ filtreleri ve motor yağı yenilenir.

Makine sistemlerinin korunması kavramı ise hidrolik sistem, aküler ve elektrik sistemi, lastikler ve palet, ana hidrolik aksamlar ve ataşmalar, şanzumanlar ve tahrik grupları, hava tankları ve kompresörler, kabin gibi parçaların bakımını içerir.

Jeneratör bölümü güç üretim ekipmanının kullanılmadığı dönemlerde nasıl korunması gerektiği hakkında bilgi verir. Söz konusu bakımların yapılabilmesi için gerekli ekipman;

Sprey, motoru korumaya almak için sprey ataşmanlı bir hava kompresörü kullanılabilir. Nozul sprey veya sis şeklinde püskürtme yapmaya uygun olmalıdır. Sprey püskürtme yöntemi ile motorun dış aksamları, sis püskürtme yöntemiyle erişilmesi güç aksamlara ulaşılır.

Boya, motorun dışındaki parçalar gibi bir çok aksamın dışı iyi kalitede boyanarak iki seneye kadar koruma sağlanabilir. Boya işleminden önce çok iyi temizlik şarttır.

Plastik torbalar, koyu ve siyah renkli plastik torbalar kullanılır. Açık renkli torbalar zamanla bozulmaktadır.

Sızdırmazlık bandı, yapışkanlık özelliği iyi olan 5 cm genişliğinde sızdırmazlık bandı kullanılır. Boru izolasyon bandı kısa zamanda gevşeme yaptığından tercih edilmez.

Katran kaplı muşamba koruyucu, ekipmanda gerekli görülen yüzeyler bu tip koruyucuyla kaplanabilir.

Yağlar, ekipmanın kullanma ve bakım el kitabında öngörülen yağlar kullanılmalıdır.

Gresler, Molibdenli gres gibi %3 ile %5 arasında Molibden Disülfat içeren MIL-M-7866 şartnamesini karşılayan korozyon önleyici özelliği bulunan çok amaçlı gres kullanılır.

Filtreler, ekipmanın yedek parça kitabında yer alır.

Antifriz ve akü test aleti, soğutma sıvısının donma noktası sıcaklığını ve akünün durumunu kontrol etmek için kullanılır.

Uçucu yağ, uçucu korozyon önleyici yağlar, motor karteri, yakıt tankı, hidrolik tankı, şanzuman yağ haznesi, direksiyon yağı tankı ve diferansiyel gibi tüm tanklarda

kullanılabilir. Paslanmayı önleyici ve yağ zenginleştiricidir. Her türlü petro kimya ürünüyle birlikte kullanılabilir. Püskürtme yöntemiyle uygulanır.

Dizel yakıt, yakıt tanklarında ve yakıt enjeksiyon sisteminde kalan yakıt, zamanla yakıt filtrelerinin tıkanmasına, korozyona, yakıt pompalarının tutukluk yapmasına veya enjektörlerin görev yapmamasına neden olabilecek küçük organizmaların üreme nedenidir.

4.2.2.4.1 Dizel Motorun Uzun Zamanlı Korumaya Alınması. Uzun süreli kullanılmayan bir motorda silindir yüzeyleri, segmanlar, ana ve kol yataklar, krank şaftı, dişliler gibi normalde yağlanan bölgeler yağsız kalacaktır. Bu parçaların yağsız kalması havayla temasa neden olacak ve havadaki rutubet de korozyona neden olacaktır. Rutubetten dolayı motorun aksamlarına zarar gelmesini önlemek için uçucu korozyon önleyici kullanılmalıdır. Bu yağlar buharlaşarak motorun iç yüzeylerinde yoğunlaşır. Bu yöntem ile erişilmesi normal yöntemlerle mümkün olmayan yüzeylerin dahi korunması sağlanmış olacağı gibi motorun temizlenerek tekrar işletmeye alınması da kolaydır. Yoğunlaşarak motor iç yüzeylerinin korunmasını sağlayan katman, motorun çalıştırlıp rejim (çalışma) sıcaklığına ulaşması sağlanarak temizlenir. Arta kalan mineral yağ ise tahliye edilerek motorun yağ filtreleri ve motor yağı yenilenir.

Hava filtreleri koyu plastik torbayla sarılıp bantla izole edilerek yerlerine takılmalıdır. Filtre muhafazasının kapağı takılmalıdır. Uçucu yağın buharının kaçmaması için motorun tüm açıklıklarının ve aralıklarının (yağ çubuğu ve karter havalandırması gibi) bantla kapatılması gerekir.

Yakıt sistemini sudan ve pislikten arındırmak için ana (ikinci) yakıt filtresinin (filtrelerini) sökülüp filtrenin ve filtre gövdesinin içindeki mazotu boşalttıktan sonra filtre yerine takılmalıdır. Yakıt tankının tahliye vanası açılıp tanktaki su ve pislik boşaltılmalıdır. Yakıt tankı izole edilmelidir. Bu sırada tüm kapaklar kapatıldıktan sonra hava emişi, egzoz, volan gövdesi, motor karter havalandırması, motor yağ çubuğu gibi tüm açıklıkların bantla izole edilmesine dikkat edilmelidir. Bütün kapakların sıkıca kapatıldığından ve su geçirmez olduğundan emin olunmalıdır.

Sudan ve tüm hava şartlarından etkilenmeyen bir izolasyon bandı kullanılmalıdır. Gevşeme sorunu yarattığından boru izolasyon bandı kullanılmamalıdır.

Aküleri sökerek bir başka yerde kullanma imkanı varsa orada değerlendirilmesi uygun olacaktır. Aksi takdirde düzenli bakımının yapılabileceği ve şarj edilebileceği akü odasında muhafaza edilmelidir.

Bütün kayışlar gevşetilmelidir.

Motorun üzeri su geçirmeyecek bir örtüyle kapatılmalıdır. Örtü hava sirkülasyonunu engelleyerek yoğunlaşmaya neden olmazken, yerinde sağlam duracağından da emin olunmalıdır.

Motorun korunmaya alındığı tarihi belirten bir etiket motora asılmalıdır.

Motor iki veya üç aylık periyotlarda kontrol edilmelidir. Motorun durumu kontrol edilirken korozyon başladığına dair belirtiler fark edilirse koruma yöntemi tekrar uygulanmalıdır.

Her makinenin özellikleri nedeni ile koruma ve devreye alma işlemlerinde makine konusunda bilgiye sahip olmak, kataloglarından faydalanmak veya servislerinden bilgi almak muhtemel eksiklik ve hataların önlenmesi açısından son derece önemlidir.

Soğutma sistemleri deniz suyu veya tuzlu su uygulamalarını içermez yani temiz su sistemleri içindir. Motor, hava soğutucusu ve radyatör gibi sistemleri kapsar. Eğer korunmaya alınan motor donma sıcaklığının altında bir ısıya maruz kalacaksa sistemdeki su (sıvı) (motor bloğu, yağ soğutucusu, radyatör gibi olası yerlerdeki tüm tapaları açarak) tamamen boşaltılır. Boşaltılan suyun antifrizli olmasına dikkat edilir. Radyatör ve motor bloğu köşelerinde kalacak çok az miktardaki su bu bölgede çatlamaya sebep olur, bununla ilgili önlemler alınmalı, sistemde su kalmadığından emin olunmalıdır.

Motorun açılması (çalıştırılması) sırasında,

- Tüm koruyucu bantlar, torbalar ve örtüler çıkarılır.
- Motor yağı ve tüm yağ ve yakıt filtreleri değiştirilir.
- Kayışlar kontrol edilmelidir. Gerekirse değiştirilir. Kayış gerginlikleri kullanma ve bakım el kitabında belirtilen şekilde gerdirilmelidir.
- Motor çalıştırmadan önce; Motor kir, pas, yağ ve gresden arındırılmalı, temizlenmelidir.
- Soğutma sıvısı kontrol edilmelidir. Eğer normal antifirizli sıvı kullanıldıysa şartlandırıcı oranı kontrol edilmelidir.
- Yakıt sisteminde dizel yakıt kullanılmalıdır.
- Hava filtreleri temizlenmeli, filtreler ve sızdırmazlık elemanları kontrol edilmelidir.
- Kullanma ve bakım kitabında yer alan tüm greslemeleri yapılmalıdır.
- Motor yağı ve filtreleri değiştirilmelidir.
- Motor çalıştırılmadan önce kürbütör kapağı (kapaklarını) açılıp kam milinin, fincanların ve sübap mekanizmalarının hasar görmesini engellemek için motor yağıyla yağlanmalıdır.
- Krank milini manuel olarak çevirerek herhangi bir hidrolik kilitlenme veya sürtünme olup olmadığı kontrol edilmelidir.
  Motor tekrar çalıştırıldığında ise bu yüzeylerin yağlaması yapılıncaya kadar metal metale sürterek aşınmaya neden olacaktır. Bu aşınmayı en aza indirgemek için yakıtı keserek marş motoru ile yağ basıncı normal oluncaya (artıncaya) kadar marşa basılmalıdır. Gerekli yağ basıncına ulaşıldığında motor çalıştırılır.
- Bütün hortumları kontrol edilmeli gerekirse değiştirilmelidir.
- Motorun çalıştırıldığı ilk gün motorun çalışması ve yağ kaçağı olup olmadığı sık sık kontrol edilmelidir.

Motorun çalıştırıldıktan hemen sonraki ilk bir kaç saniye içinde yağlanabilmesi çok önemlidir. Motorun yağsız (yeterli yağ basıncı sağlanmadan) çalışması yatak arızalarına neden olabilir. Bu nedenle yağ basınçlandırılmalıdır.

Korumadan çıkarılan motorun ilk çalıştırılması motor çalıştırılmadan önce yağlama, soğutma ve yakıt sistemlerinde doğru basınçların ve sıcaklıkların sağlandığından ve sistemlerde herhangi bir kaçak olmadığından emin olmak için yağ akışını kontrol eden aksamların işlevlerini yerine getirip getirmediğinin kontrol edilmesi gereklidir.

- Yakıt kesikken marşa basarak yağlama basıncının oluşması sağlanır.
- Motor 10 dakika düşük rolanti devrinde çalıştırılmalıdır.
- Motor 15 dakika ölçülmüş motor devrinin 3/4 ü devirde %50 yükleyerek çalıştırılmalı.
- Motor 30 dakika ölçülmüş motor devrinde % 100 yükleyerek çalıştırılmalı.
- Tüm sistemleri sık sık kontrol ederek kaçak olup olmadığı denetlenmeli.

Makine korumaya alınmadan önce kullanma ve bakım el kitabında belirtilen tüm bakım işlemleri uygulanmalıdır. Ayrıca elektrik tahrikli makineler asla açık alanlarda korumaya alınmamalıdır. Bu durum nem kablo izolasyonlarının ve kontak bütünlüğünün bozulmasına neden olabilir. Oksidasyona maruz kalan elektrik aksamları görevlerini yerine getiremeyecektir. Aküler asla direk güneş ışığına maruz bırakılmamalıdır. Isı, akünün boşalmasına ve ömrünün kısalmasına neden olur.

4.2.2.4.2 Makinenin Korumaya Alınması (Bir yıla kadar). Makinenin kullanımıyla ilgili tüm kontroller yapılmalı, hidrolik sistemi baştan aşağı kontrol edilmeli, gerekli görülen onarımlar yapılmalıdır.

- Makinenin tüm ataşmanları takılmalı ve kullanılmalı,
- Ataşmanlar zemine indirilerek hidrolik yağ seviyesi kontrol edilmeli eksikse dolu (full) seviyesine kadar yağ eklenmelidir. Basıncı düşürmeden hiç bir hidrolik hat sökülmemelidir.

Korumaya alınacak makinenin tüm dış yüzeyleri yağdan, çamurdan ve pislikten iyice temizlenmelidir.

Tüm yüzeylerin pası temizlenmeli, boyası zarar gören yüzeyler iyi kalite boya ile boyanmalıdır. Temizleme ve boyama işlemi doğru uygulandığında iki senenin de üzerinde koruma sağlanacaktır. Aşağıda belirtilen yüzeylerin boyanması sakıncalıdır.

- Krom kaplı yüzeyler (hidrolik silindirin rodu)
- Korozyona maruz kalmayacak olan parçalar (plastik tutamaklar, vites kılavuzu, makineyı tanıtıcı plakalar, vb)
- Hareketli bir mekanizmayı oluşturan aksam ve parçalar ile elektriksel bağlantılar
- Kumanda valflerinin sistemleri ve sızdırmazlık elemanından geçen şaft yüzeyleri
- İşlenmiş montaj yüzeyleri
- Makinenin veya ana hidrolik sistemlerinin kullanım ve bakımına ters etkide bulunacak yüzeyler.

Makine koruma alanında park edilmelidir. Makinenin altına bloklar yerleştirerek makine teraziye alınır. Su tutabilecek kepçe, kamyon kasası gibi tüm ataşmanları suyu tahliye edecek şekilde konumlandırılır ve sabitlenir. Lastikli makinelerin lastikleri ve jantları sökülmelidir. Lastik firmalarının önerdiği şekilde lastikler ve jantlar kapalı bir alanda siyah plastik torbayla örtülerek korumaya alınmalıdır. Eğer lastiklerin ve jantların sökülmemesi yönünde karar alınmışsa lastiklere yük binmeyecek şekilde makinenin zeminle teması kesilmelidir. Lastiklerin basıncı lastik firmalarının önerdiği şekilde ayarlanmalı ve siyah torba ile örtülerek güneş ışığından korunmalıdır. Lastiklerdeki yarıkların ve kesiklerin içinde kalan suyun donarak lastiğin zarar görmesine neden olabileceğinden kontrol edilmelidir. Paletli makineler zeminle temasları kesilecek şekilde kalaslar üzerine teraziye alınarak park edilmelidir. Palet gerginliği azaltılmalıdır.

Korozyona maruz olabilecek ve boya uygulanamayan tüm alanlar paslanmayı önleyici uygun bir madde kullanılarak korunmalıdır. Bütün hidrolik silindirlerin rodları rodlar tam dışarı çıkacak şekilde uzatılmalı ve krom kaplı tüm yüzeylere ince bir tabaka uçucu yağ sürdükten sonra silindirleri normal konumuna getirilmelidir.

Açıkta kalan tüm hareketli parçalara (bağlantılar, eklemler, çelik halatlar, pimler, istavrozlar gibi) bol miktarda MPGM çok amaçlı gres sürülmelidir.

Aküler sökülüp, kablo başlıkları bantla sarılmalıdır. Düzenli bakımının yapılabileceği ve şarj edilebileceği akü odasında muhafaza edilmelidir. Donma sıcaklığından daha düşük sıcaklıkta bekletilen boşalmış aküler zarar görecektir. Akü söküldükten sonra dikkat edilmesi gereken husus şarj dinamosunun zarar görmesini önlemek amacıyla şarj dinamosunun (-) eksi kutubunun sökülmesidir. Kablo başlığı ve kutup başı bantla sarılmalıdır.

Hava tanklarındaki su tahliye ettikten sonra uçucu yağ karışımlı şişede tanka püskürtülür. Açıklıklar izole edilmelidir.

Kabinsiz makinelerde operatör koltuğu ıslanmayacak şekilde örtülmelidir. Makinelerin emniyet kapakları varsa kapatılmalı ve kilitlenmelidir. Açıkta kalan tüm alanların zarar görmesini engelleyecek şekilde korunmalıdır.

Kabinli makinelerin cam silecekleri çıkarılarak plastik torba içinde kabine koyulur. Kapı menteşeleri yağlanır. Kilit mandalına gres sürülür. Kapı kilitlerine grafit sürülür. Camlar kapatılmalıdır. Makinelerin emniyet kapakları varsa kapatılır ve kilitlenir. Makinenin korunmaya alındığı tarihi ve yapılan işlemleri belirten bir etiket asılmalıdır.

Makine 45 ile 60 günlük periyotlarda kontrol edilmelidir. Makinenin durumu kontrol edilirken korozyon başladığına dair belirtiler fark edilirse koruma yöntemi tekrar uygulanmalıdır.

Makine kullanılmak üzere korumadan çıkarılırken de makinenin her yeri bozulan veya zarar gören bir parça olmadığını anlamak için kontrol edilmelidir. Gerekli onarımlar yapılmalıdır. Bütün bantları, örtüleri ve kapakları sökülerek, hortumları, hatları ve kayışları tek tek kontrol edilip gerekirse değiştirilmelidir. Lastikler ve

jantlar uygun çalışma basıncına göre azot gazıyla veya havayla şişirilerek yerlerine takılmalıdır.

Daha sonra doldurulmuş veya yeni aküler makineye takılmalıdır. Şarj dinamosu ve akü bağlantıları yapılır. Bütün kompartmanların yağ seviyesi kontrol edilir. Kullanma ve bakım el kitabında belirtilen bütün bakım işlemlerinin yapıldığından emin olunmalıdır. Makinenin kullanıldığı ilk gün, kaçaklara ve yanlış görev yapan aksamlara karşı makine birkaç defa kontrol edilmelidir.

4.2.2.4.3 Jeneratörü Korumaya Alma (Bir Yıla Kadar). Jeneratörün korumaya alınmasında en önemli faktörlerden biri tüm açıklıkların iyice kapatılarak kuru bir bekleme alanının seçilmesi veya oluşturulmasıdır. Çünkü havadaki nem jeneratörün sargılarında yoğunlaşır. Korumaya alınacak jeneratör fırçalı tip ise kimyasal bir etkiden kaçınmak için fırçaları kaldırılarak teması önlenmelidir. Jeneratöre bir etiket asılarak fırçaların kaldırıldığı belirtilmelidir. Daha sonra karşılaşılan arızaları veya performansı yorumlayabilmek amacıyla sargıların direnci ölçülüp kaydedilmelidir.

Jeneratörün korumadan çıkarılması sırasında ise bütün koruyucu örtüler ve bantlar çıkarılmalı, fırçaları (varsa) yerine yerleştirilmelidir. Jeneratörü çalıştırmadan önce nem veya yabancı bir madde faktörünü düşünerek yalıtım direnci ölçülmelidir. Bu ölçümün nasıl yapılması gerektiğine dair bilgi servis kitabında yer almaktadır. 1 megohm' un altında okunan değer sargının çok fazla neme maruz kaldığının göstergesidir. Nemlenen veya ıslanan jeneratörü kurutmak için aşağıdaki yöntemlerden biri uygulanmalıdır.

- Jeneratör sıcaklığı 85^0C yi geçmeyen bir fırında dört saat bekletilmelidir. Kurutma için tercih edilen fırın tipi bölgesel ısınmaya neden olduğundan direk ısı ileten tipte değil, kuvvetli hava üfleyen tipte olmalıdır.
- Marine uygulamalarında kullanılan tipte bölgesel ısıtıcılar jeneratöre takılabilir. Özellikle çok nemli şartlarda bu tür ısıtıcılar sargıları ısıtarak nemi kuruturlar.

- Üst tarafında nem buharının çıkabileceği küçük bir açıklık bulunan kalın bir brandayı jeneratörün etrafını sarıp içerde ısıtma lambaları kullanarak sargı kurutulur.
- Sargıya düşük voltajlı akım vererek sargı sıcaklığını 85^0C'ye çıkarılır (Özder, 2010).

4.3 İş Makinelerinin Arıza Belirtileri, Operatör Tarafından Yapılabilecek Küçük Onarımlar

4.3.1 Marş Sisteminin Arızaları

Marş motoru, motoru döndüremiyorsa bunun sebepleri şunlardır:

- Akü kabloları gevşek veya paslanmıştır.
- Akü boşalmış olabilir.
- Selenoid, kontak anahtarı veya elektrik bağlantıları arızalı olabilir.
- Marş motoru arızalı olabilir.
- Motorun iç aksamında sıkışma vardır.

4.3.2 Şarj Sisteminin Arızaları

a) Alternatör şarj yapmıyor veya şarj akımı düşük ise;

- V kayışı kaydırıyor olabilir.
- Diyotlar arızalı olabilir.
- Regülatör arızalı olabilir.
- Rotor sargısı kopuk olabilir.
- Kömürler arızalı olabilir.

  Devrede gevşek veya kopuk kablo bağlantısı var.

b) Alternatör ses yapıyorsa;

- V kayış ayarı bozuk veya aşınmış.
- Tahrik kasnağı gevşek.

- Yataklar aşınmış.
  Diyotlarda kısa devre var.

c) Aşırı şarj akımı oluyor ise;

- Alternatör veya regülatör bağlantıları gevşek olabilir.
- Regülatör arızalı olabilir.

4.3.3 Motor Arızaları

a) Marş bastığı halde motor çalışmıyorsa;

- Yakıt deposu boştur.
- Yakıt sisteminde hava var.
- Yakıt filtresi tıkalı veya kirlidir.
- Yakıta su karışmıştır.
- Yakıt transfer pompası arızalıdır.
- Isıtma bujisi arızalıdır.
- Enjektörler arızalıdır.
- Kompresyon düşüktür.

B) Motor düzgün çalışmıyor ise;

- Yüksek basınç yakıt borularında hava vardır.
- Yakıtın kalitesi düşüktür.
- Hava filtresi tıkalıdır.
- Motor ısısı çok düşüktür.
- Enjektörler arızalıdır.
- Rölanti devri düşüktür.

c) Motorda güç kaybı varsa;

- Yakıt borularında hava vardır.
- Yakıt pompası zaman ayarı bozuktur.
- Yakıt filtresi tıkalı veya kirlidir.

- Regülatörün ayarı çok düşüktür.
- Hava filtresi kirlidir.
- Motor segmanları aşınmıştır.
- Yakıtın kalitesi düşüktür.
- Supaplar ayarsızdır.
- Enjektör memeleri arızalıdır.

d) Egzozdan aşırı duman çıkıyorsa;

- Beyaz duman, ateşleme zaman ayarının bozuk olması,
- Mavi duman, motorun yağ yaktığını,
- Siyah duman, aşırı yakıt sarfiyatını gösterir.

e) Motor aşırı ısınıyorsa;

- Soğutma su seviyesi düşüktür.
- Radyatör kapağı arızalıdır.
- Vantilatör kayışı gevşek veya kopmuştur.
- Yakıt pompası zamanlama yarı bozuktur.
- Egzoz borusu tıkalıdır.
- Radyatör veya motor yüzeyi kirlidir.
- Motor aşırı yüklüdür.
- Termostat arızalıdır.

f) Motor yağ basıncı düşük ise;

- Yağ çok incelmiştir.
- Yağ pompası emiş süzgeci kapalıdır.
- Karterdeki yağ seviyesi düşüktür.
- Yağ basınç ayar valfi arızalıdır.
- Motor aşınmıştır.
- Yağ pompası aşınmıştır.

g) Motorda titreşim varsa;

- Motor bağlantı kulakları gevşemiş veya aşınmıştır.

- Krank kasnağı veya titreşim damperi gevşek veya aşınmıştır.
- Motorda tekleme vardır.

h) Motorda aşıntı erken oluyorsa;

- Hava filtresi yırtık veya hava emişinde kaçak vardır.
- Yağın içine yakıt karışıyordur.
- Yağlama yağı kirlidir.
- Yağın içine su karışıyordur.

ı) Motor aniden duruyorsa;

- Yakıt deposu boştur.
- Yakıt deposu havalandırması tıkalıdır.
- Yakıt borusu tıkalıdır.
- Motorda mekanik arıza vardır.

4.3.4 Hidrolik Şanzımanların Arızaları

a) Viteste olmasına rağmen makine hareket etmiyorsa;

- Vites kolu bağlantıları ayarsızdır.
- Motor devri düşüktür.
- Şanzıman yağı basıncı düşüktür.

b) Şanzımanda hararet varsa;

- Şanzıman yağ seviyesi düşüktür.
- Şanzıman yağ soğutucusu tıkalıdır.
- Makine uzun süre bayılma durumunda çalışıyor.
- Kavrama diskleri aşınmıştır.

c) Tork konverter hararet yapıyorsa;

- Yağ basıncı düşüktür.
- Makine yanlış kullanılıyordur.
- Yağ soğutucusu tıkalıdır.

- Frenler sıkıdır.
- Soğutma suyu sıcaklığı yüksektir.
- Tork konverter arızalıdır.

4.3.5 Hidrostatik Sistemin Arızaları

a) Makinede güç kaybı varsa;

- Motor normal çalışmıyordur.
- Park freni bağlantı ayarı bozuktur.
- Hidrostatik sistemde hava vardır.
- Hidrostatik sistem yağ basıncı düşüktür.

b) Makine her iki yönde hareketsiz ise;

- Sistem yağ seviyesi düşüktür.
- Sistemde arıza vardır.

c) Makine sadece bir yönde çalışmıyorsa;

- Kumanda valfi bağlantısı hatalıdır.
- Sistemde arıza vardır.

4.3.6 Fren Sisteminin Arızaları

a) Fren pedalına normalden sert basılıyorsa;

- Fren pabuçları veya pedalı sıkışıktır.
- Fren boruları tıkalı veya arızalıdır.
- Fren balataları aşınmıştır.
- Fren tekerlek silindirleri korozyonludur.
- Fren merkez silindiri korozyonludur

b) Frenler tutukluk yapıyorsa;

- Fren balatalarında gres yada yağ vardır.
- Frenler ayarsızdır.

- Fren pabuçları arızalıdır.
- Fren tekerlek silindirleri yağ kaçırıyor.
  Kampanalarda anormal aşıntı vardır.

c) Frenler darbeli çalışıyorsa; fren sisteminde hava vardır.

d) Tekerlekler yalpa yapıyorsa;

- Bijon somunları gevşektir.
- Direksiyon rot bağlantıları gevşektir.
- Akson pimi burç ve yatakları aşınmıştır.

e) Lastikler anormal ve erken aşınıyorsa;

- Lastikler yağ, gres ile temastadır.
- Frenler dengesiz çalışıyordur.
- Lastik hava basınçları uygun değildir.
- Poyra yatakları aşınmış veya gevşektir.

4.3.7 Hidrolik Sistemin Arızaları

Hidrolik sistemde arızanın başlıca nedenleri; gevşek borular, yağ seviyesinin düşük olması, sistemde hava olması ile yağın ve filtrenin kirli olmasıdır. Arızalardan bazıları boruları değiştirmek, sıkmak veya havasını almak suretiyle giderilir. Ancak pompa, hidrolik motor ve valflerle ilgili onarım ancak teknik servis tarafından yapılabilir.

a) Hidrolik yağ aşırı ısınıyorsa;

- Yağ seviyesi düşüktür.
- Sistemde hava vardır.
- Varsa yağ soğutucusu tıkalıdır.
- Sistemde dahili kaçak vardır.
- Filtre veya emiş borusu tıkalıdır.
- Makineye aşırı yükleniliyordur.

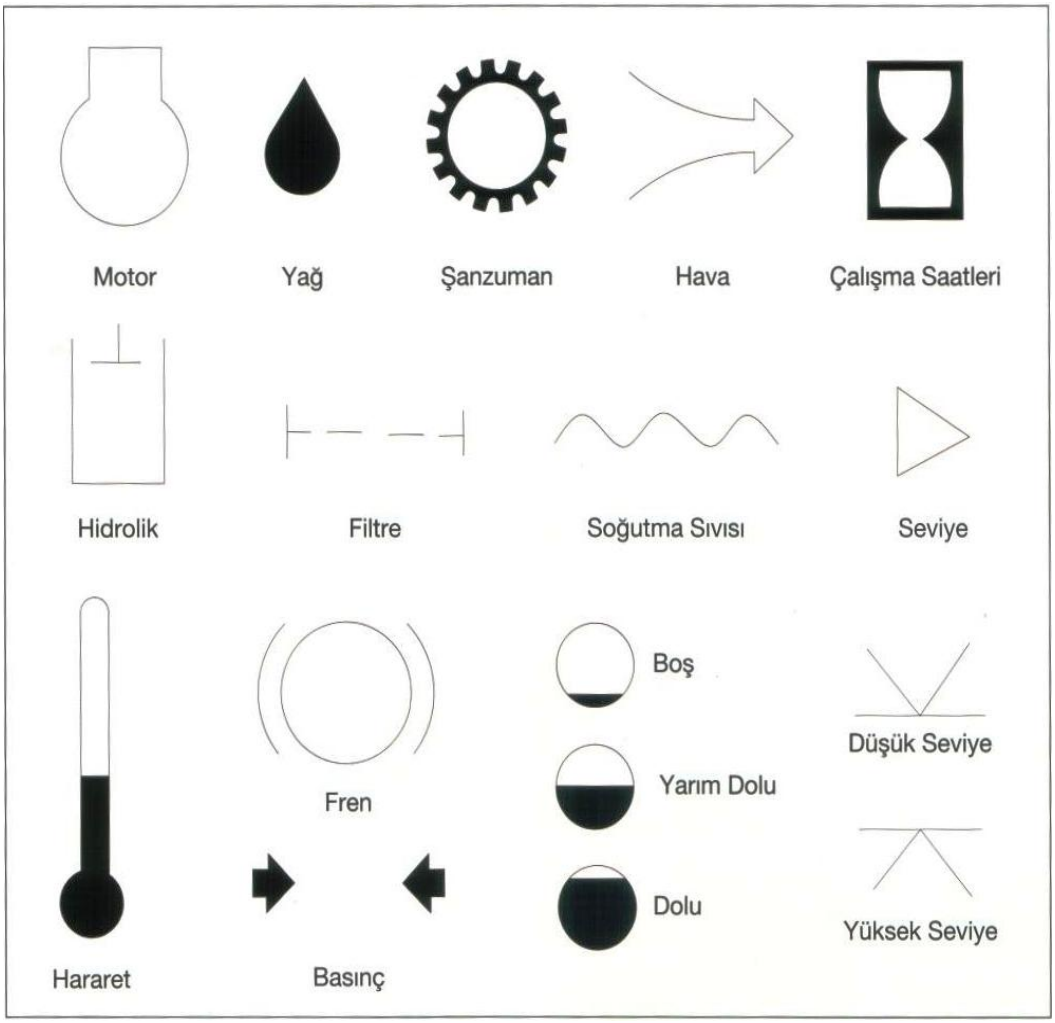
b) Sistem gürültülü çalışıyorsa;

- Yağ seviyesi düşüktür.
- Filtre veya emiş borusu tıkalıdır.
- Sistemde hava vardır.
- Pompa aşınmıştır.
- Hortum bağlantılarında sızıntı vardır.

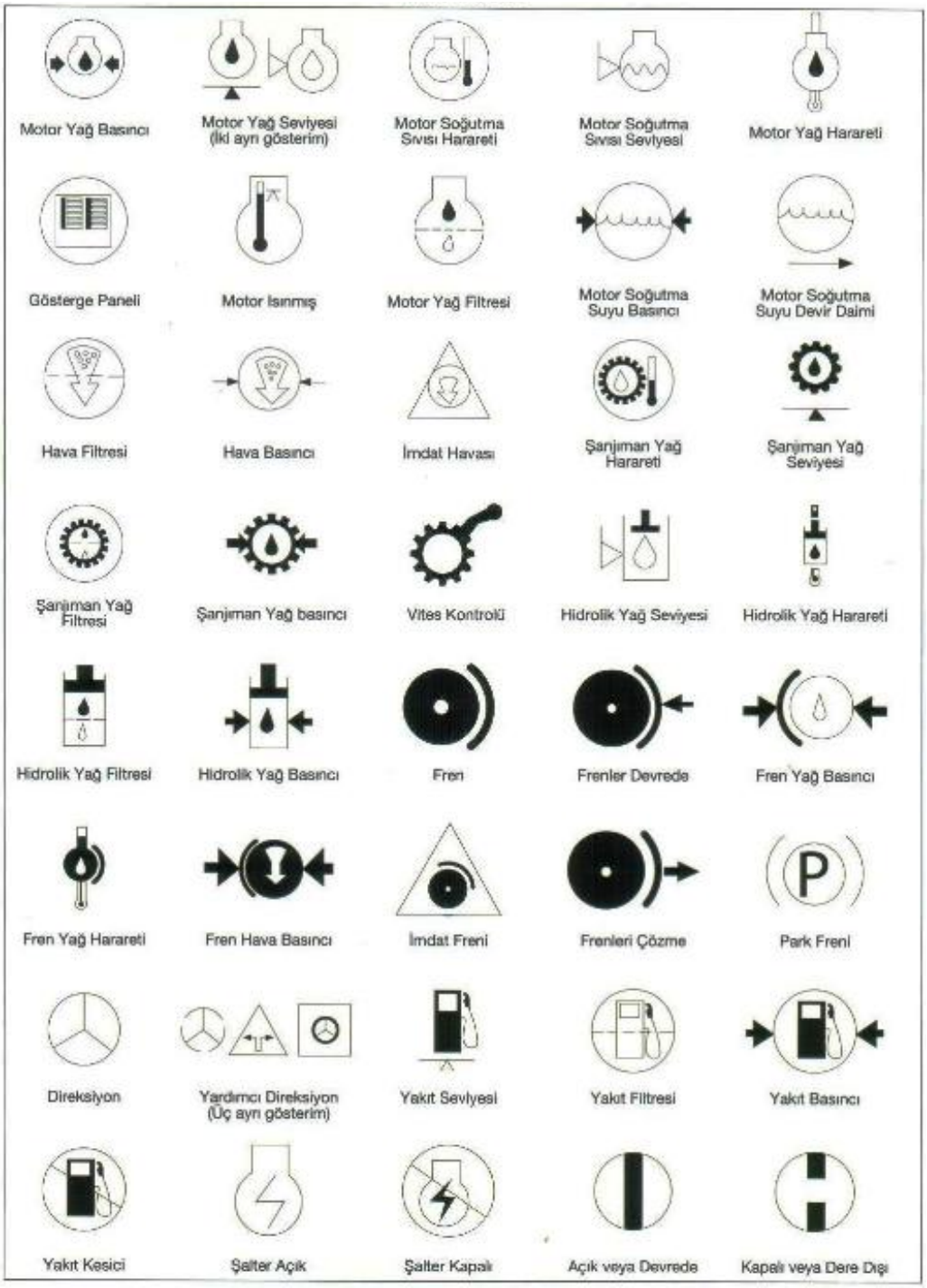
c) Hidrolik yağ köpürüyorsa;

- Yağ seviyesi düşüktür.
- Sistemde hava vardır.
- Yağ viskozitesi uygun değildir.

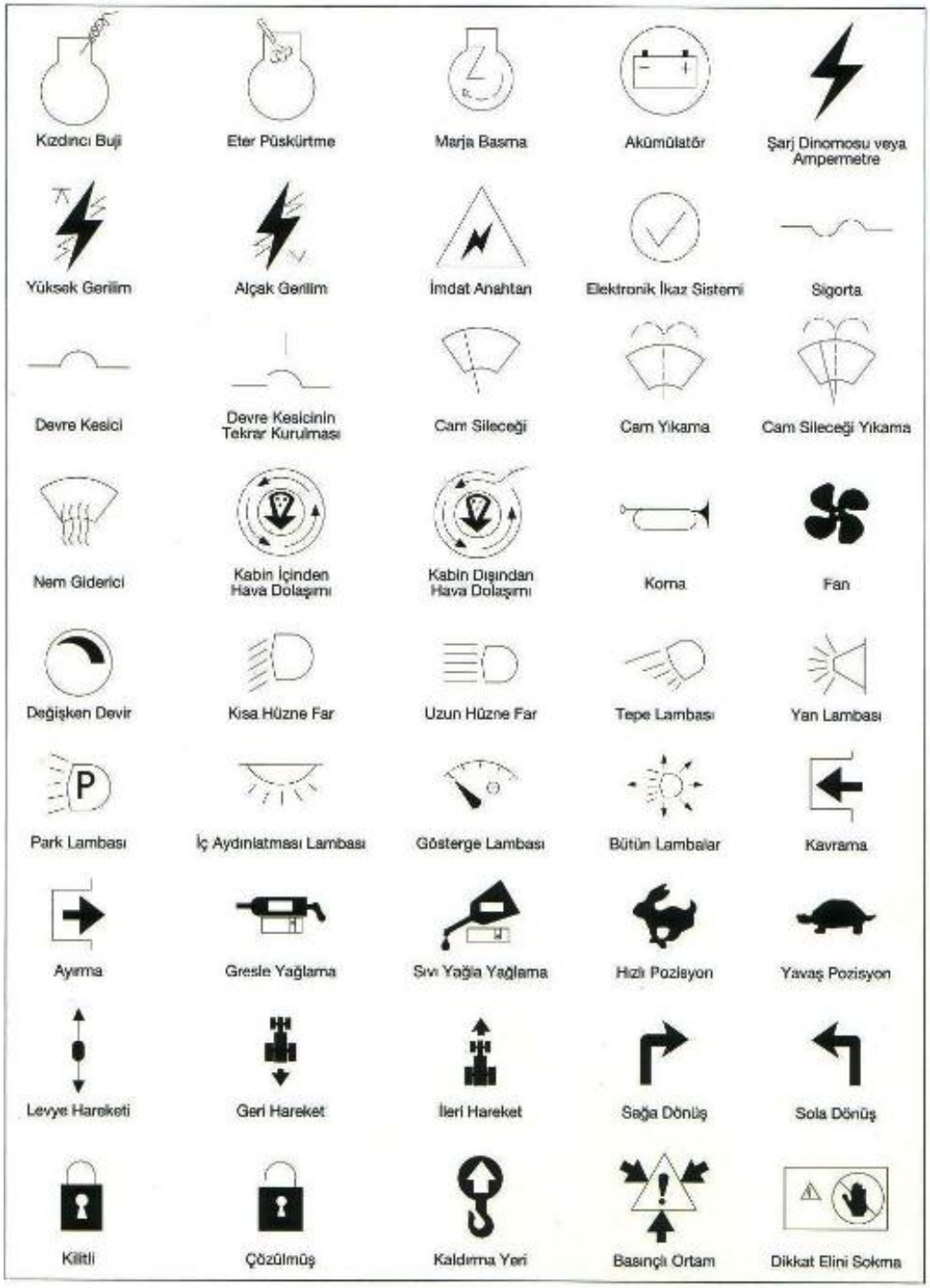
Yukarıda bahsedilen farklı sebeplerden doğan arızaların çözümleri bazen çok kolay olsa da bazen de bu tip arızalar, makinelerin uzun süre bakım ve onarıma maruz kalacağı kalıcı sorunlara yol açabilmektedir. Aşağıda Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te bu tip olumsuzlukların yaşanmaması ya da daha az gündeme gelmesini sağlayacak pratik işaretler ve operatörlere yol gösteren temek işaretler verilmektedir.



Şekil 4.1 Makinelerle ilgili temel işaretler tablosu (Öz, 2010).



Şekil 4.2 Makinelerle ilgili temel semboller/1 (Öz, 2010).



Şekil 4.3 Makinelerle ilgili temel semboller/2 (Öz, 2010).

BÖLÜM BEŞ
SONUÇLAR

Bu çalışmada açık ocak işletmeciliğinde yaygın olarak kullanılan iş makineleri araştırılmış, makinelerin performanslarına etki eden faktörler ve iş makinelerinin genel ocak verimine olan etkileri analiz edilmiştir. İş makinelerinin maksimum performansla kullanılabilmeleri için gerekli tamir, bakım ve uygulamaları üzerinde durulmuştur.

İşletmelerde kullanılan iş makinelerinin minimum maliyet, maksimum performansla çalışmaları amacına yönelik olarak öncelikle tez konusuna ilişkin temel kavramlar açıklanmıştır. Makinelerin performanslarının belirlenmesinde etkili olan verim, verimlilik ve etkenlik değerleri anlatılmış ve bu üç değere bağlı olarak makine performanslarına etki eden faktörler belirlenmiştir. Bu belirleme sonrasında performans düşüklüklerinin nedenleri araştırılmış ve performansı arttırabilmek için neler yapılabileceği üzerinde durulmuştur.

Üretim maliyetlerinin düşürülmesi ve işletme verimliliğinin arttırılması için işletmede kullanılan makine performanslarının arttırılması gerekir. Bu da ancak makinelerinin kullanımlarının ve durma nedenlerinin analizi ile mümkün olmaktadır. Performans, genel anlamda hem hedeflere ulaşım seviyesini hem de ulaşım çalışmalarının etkinliğini belirleyen bir ölçüt olarak tanımlanmaktadır.

Genel anlamda bir işletme veya iş sisteminin modeli girdi değişkenleri (enerji, işçi, makine. vb), dönüştürme süreci ve çıktı değişkenleri (üretim, kar) ve dış çevreden oluşmaktadır. Dolayısıyla performans kavramı da bu temel öğelerle ilgilidir. Bir iş makinesinin performansı ise belirli bir zaman diliminde, belirlenen hedeflerin yerine getirilme derecesini gösteren çıktı olarak tanımlanmaktadır. Bu sonuç nicel veya nitel olarak belirlenebilmektedir. Bu anlamda performans, işletme veya iş sistemi için belirlenmiş olan stratejik, taktiksel ve uygulamaya dönük amaçların gerçekleştirilmesi için gösterilen tüm çabaların değerlendirilmesi olarak da tanımlanabilir.

İşletme için hedeflere ulaşmada en iyi ya da en başarılı olanın ne olduğu ise, yönetimin performans anlayışına bir başka deyişle yönetimin performansı ifade eden performans göstergelerine (boyutlarına) verdiği öneme ve önceliğe bağlıdır. Bu bakımdan bütün işletmeler hedeflerine ulaşabilmek için işletme, birim ve operasyon düzeyinde, performansı ifade eden boyutların ne olduğunu ve nasıl ölçüleceğini belirleyerek bu boyutları sürekli ölçmek ve denetlemek zorundadır.

Sonuç olarak bu çalışmada bir işletmenin minimum maliyet, maksimum kar ile işletilebilmesinde iş makinelerinin verimli çalıştırılabilmesinin önemi vurgulanmıştır. İş makinelerinin verimli kullanılma koşulları, verimliliğe etki eden parametreler, verimli çalışmanın performans değerleri üzerindeki etkileri açıklanmıştır. Ne kadar kaliteli makine kullanılırsa kullanılsın bilinçli servis, bakım personeli ve kullanıcı olmadığı, her tamir ve bakım yerinde konunun uzmanı bir makine mühendisi çalışmadığı sürece, iş makineleri gerek yakıt tüketimi gerekse diğer maddi kayıplar nedeniyle işletme ekonomisine küçümsenmeyecek yükler getirecektir.

İşletmede verimliliğin arttırılması konusu incelenirken kazı, yükleme, nakliye işlemlerinin temel yapıtaşı olan iş makinelerinin seçimi, makineyi kullanacak operatör ve makinenin kullanım koşulları ile bakım ve onarımı konuları geniş boyutlu düşünülmeli, takip edilmeli, üzerinde titizlikle çalışılmalıdır. Özellikle madencilik faaliyetlerinde kullanılacak, makine ve ekipman belirlendikten sonra, bunların en ideal şekilde, uzun ömür ve maksimum verimle kullanılması için gerekenler bu çalışma içerisinde detaylı olarak ele alınmıştır. Hazırlanan tez çalışmasından elde edilen veriler ile bir sonraki adımda yapılacak çalışmalarda, iş makinelerinin çalışma performansını etkileyen parametrelerin iş makineleri üzerinde ve işletme koşullarında incelenmesi planlanmaktadır. Bu amaçla geliştirilecek bilgisayar yazılımıyla, işletme çalışma koşullarına uygun makine ekipman seçimi, performans ve ekipman özellikleri göz önünde bulundurularak belirlenecektir.

KAYNAKLAR

Adıgüzel, M. (2010). *DSİ işletmelerinde koruyucu bakım yöntemlerinin (Çukurova bölgesi) değerlendirilmesi ve geliştirilmesi için öneriler*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Adana.

Anonim, (1996). Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Enerji Hammaddeleri Alt Komisyonu Kömür Çalışma Grubu.

Ateş, M.G. (2011). *Dozer*. http://www.ismakinalari.org.tr/tr/article.asp?id=171.

Atkinson, T. (1971). Selection of open-pit excavating and loading equipment. *Transactions Institution of Mining and Metallurgy, 80*, 101-129.

Bandopadhyay, S. ve Ramani, R. V. (1985). Simulation of a dragline operation in an Eastern Kentucky Mine. *CIM Bulletin, 78,* (882), 52-58.

Chaneski, W.S. (2002). Total productive maintenance-an effective technique. *Modern Machine Shop, 75*, 46-47.

Chan, F. T. S., Lau, H. C. W., Ip, R. W. L., Chan, H. K. ve Kong, S. (2005). Implementation of total productive maintenance: A case study. *International Journal of Production Economics, 95,* 71-94.

Çebi, Y. ve Aksoy, M. M. (2000). Belirli bir dekapaj için değişik ekskavatör-kamyon kombinasyonlarının maliyet analizi ile değerlendirilmesi. *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 2* (3),67-77.

Demirel, N. (2006). *Dynamic dragline modeling and boom stress analysis for efficient excavation.* Doktora Tezi, Missouri University of Science and Technology, USA.

Demirel, N**.** (2009). Çekme-kepçe performansını etkileyen operasyonel faktörler. *Türkiye 2. Maden Makinaları Sempozyumu*. Kütahya, 267-276.

Durutürk, Y.S. (1994). *T.D.Ç.İ. Divriği madenleri müessesesi açık işletmesinde kazılabilirlik tayini ve iş makinalarının performans çalışmaları*, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Sivas.

Erçelebi, S.G., Ergin, H. ve Yılmaz, M. (1999). KBİ Murgul işletmesinde kullanılan iş makinelerinin performans analizi ve optimum yenilenme zamanları. TMMOB Maden Mühendisleri Odası, *Türkiye 16. Madencilik Kongresi ve Sergisi*, Ankara, 65-70.

Eskikaya, Ş. (1986). İş makinelerinin verimlilik analizi. *Türkiye Madencilik. Bilim ve Teknolojileri 8. Kongresi*, İstanbul, 178.

Genç, M. (2002). *Dragline açık işletmeciliğinin bilgisayar destekli modellenmesi ve Batı Anadolu'daki dragline uygulamalarının incelenmesi*. Yüksek Linsans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Görener, A. ve Yenen, V. Z. (2007). İşletmelerde toplam verimli bakım çalışmaları kapsamında yapılan faaliyetler ve verimliliğe katkıları. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 6,* (11)*,* 47-63.

Guan, Z., Gurgenci, H., Austin, K. ve Fry, R. (1999). Optimization of design load levels for dragline buckets. *Australian Coal Association Research Program, CSIRO Division of Exploration and Mining, Final Report,* (87).

Hansen, J. (2000). Dragline monitoring, control and navigation. *CIM Bulletin, 93* (1040), 59-62.

Karaman, A. (2004). *Toplam verimli bakım ve uygulama olanakları*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Karpuz, C. ve Hindistan, M. A. (2005). Açık işletmelerde üretim yöntemleri. *Maden Mühendisliği Açık Ocak İşletmeciliği.* TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, Ankara. 113-207.

Kesimal, A. (1995). *Madenlerde Ulaşım Ders Notları*. İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Koçak, Ö. (2006). *Kazılabilirlik tayini ve örtü-kazı verimlilik değerlendirmesi bir açık işletme örneği*. Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.

Köse, H. ve Çebi Y. (1987). Örtü-kazı yöntemlerinin ekonomik açıdan değerlendirilmesi. *Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 10. Kongresi*, Ankara, 65-83.

Köse, H. ve Mallı, T. (2012). Açık işletme üretim sistemleri. Yurt Madenciliğini *Geliştirme Vakfı Eğitim Semineri*, İstanbul.

Köylü, M. (2003). İş makinelerinin verimli işletilmesi. TMMOB Makine Mühendisleri Odası, *İş Makineleri Sempozyumu*, İstanbul, 43-47.

Lubbert, R. J., Mead, J. S. ve Wiltowski, T. (2001). Transforming engineering education and experience into higher productivity in mining. *International Conference on Engineering Education.* Oslo, Norway, 23-24.

Martin, J. W., Martin, T. J., Bennett, T. P. ve Martin, K. M. (1982). *Surface mining equipment*. Golden, Colorado, USA: Martin Consultants Inc.

Öz, M. A.(2010). İş makinalarında kullanılan semboller. *İMMB Dergisi,* 8-12.

Özbay, İ. (2013). *Doğaltaş madenciliğinde kullanılan ağır iş makineleri*. Bitirme Projesi, DEÜ Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir.

Özder, A. (2005). *Uzun süreli bekletilecek iş makinalarının korunması yöntemi*. Temmuz 2014, http://www.ismakinalari.org.tr/tr/article.asp?id=79.

Özdoğan, M. (1984). Çekme-kepçe (dragline) örtükazı yöntemleri ve Tunçbilek Uygulaması. *Madencilik Dergisi, 23* (2), 25-42.

Özdoğan, M. (2002). Elektrikli yerkazı makinalarının kazı gücü etkileyicileri ve karşılaştırma ölçütleri. *Madencilik Dergisi, 41* (4), 3-10.

Özdoğan, M. (2003a). Dragline yerkazarlarda kepçe saplanış mekanizması ve kuvveti. *Madencilik Dergisi, 42* (1), 17-26.

Özdoğan, M. (2003b). Elektrikli yerkazı makinalarında özgül enerji tüketimi ve kazı zorluğu sınıflaması. *Madencilik Dergisi, 42* (2), 3-10.

Özdoğan, M. (2004). Çekme-kepçeli yürüyen yerkazarlarda kepçe koparış kuvveti ve makinanın dengesini etkileyen kuvvetler. *Madencilik Dergisi, 43* (1), 3-13.

Paşamehmetoğlu, G., Karpuz, C., Müftüoğlu, Y., Özgenoğlu, A., Bilgin, A.,Ceylanoğlu, A. ve diğer. (1988). *TKİ dekapaj ihale panoları için makine parkı seçimi, maliyet analizi ve birim maliyetin (TL/M3) saptanması. Jeoteknik ve Performans Verilerinin Değerlendirilmesi, Kazılabilirlik Sınıflama Sisteminin Önerilmesi.* Ankara: ODTÜ Maden İşletme ABD Raporu.

Pomorski, T. (2004). *Total productive maintenance (TPM) concept and literature review.* Ohio, USA: Brooks Automation, Inc.

Rai, P., Trivedi, R. ve Nath, R. (2000). Cycle time and idle time analysis of draglines for increased productivity-A case study. *Indian Journal of Engineering and Materials Sciences, 7,* 77-81.

Taşer, M. (2007). *Bursa linyitleri işletmesinde dekapajda kullanılan makinelerin verimlilik analizi.* Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, Kütahya.

Tellioğlu, K. ve Özdere, A. (2006). *Makina ve ekipman yönetiminin temel 10 kuralı.* Temmuz 2014, http://www.trakyainova.com/fileadmin/userupload/teknik-bilimler/makina-ve-ekipman-yonetiminin-temel-10-kurali.pdf

TMMOB Makine Mühendisleri Odası Bursa Şube İş Makinaları Komisyon Raporu. (2003). İş makineleri sınıflaması ve sorunlar. *İş Makineleri Sempozyumu ve Sergisi 2003*.

Tokgöz, N. ve Kesimal A. (1997). Küçük ölçekli bir açık ocak kömür işletmesinde dekapajda kullanılan ekipmanların verimlilik analizi. *Türkiye 15. Madencilik Kongresi*. Ankara, 89-100.