

768484

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK HIZLI MOTORLA TAHRİK EDİLEN
GEMİLERDE ANA VE YARDIMCI MAKİNELERİN
BAKIM-TUTUM YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ

Gemi İnşa Mühendisi Emre KARAER

FBE Gemi İnşaatı Mühendisliği Ana Bilim Dalında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı

: Doç.Dr.Uğur KESGİN (YTÜ)

U. Keskın

[Signature]
Prof. Dr. Recep ÖZTÜRK

Prof. Dr. Ahmet D. ALKAN

İSTANBUL , 2004

[Signature]

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ.....	viii
KISALTMA LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ÖNSÖZ	xiii
ABSTRACT.....	xv
1. GİRİŞ	1
2. BAKIM-TUTUM MÜHENDİSLİĞİ.....	4
2.1 Bakım-Tutum Mühendisliği İle İlgili Terimler ve Tanımlar	4
3. BAKIM YÖNETİMİ VE KONTROLU	6
3.1 Bakım Departmanlarının Görevi ve Organizasyonları	6
3.2 Bakım Yönetimi Prensipleri	7
3.3 Efektif Bakım Yönetiminin Elemanları	8
4. KORUYUCU BAKIM.....	10
4.1 Koruyucu Bakım Kavramının Alt Bileşenleri	10
4.2 Koruyucu Bakım Programı Hazırlarken Dikkat Edilecek Noktalar	11
4.3 Koruyucu Bakım Avantaj ve Dezavantajları	11
5. DÜZELTİCİ BAKIM	13
5.1 Düzeltici Bakım Çeşitleri.....	13
5.2 Düzeltici Bakım Evreleri	14
6. GÜVENİLİRLİK ESASINA DAYALI BAKIM.....	16
6.1 Güvenilirlik Esasına Dayalı Bakımın Hedef ve İlkeleri	16
6.2 Güvenilirlik Esasına Dayalı Bakım Süreci	17
6.3 Güvenilirlik Esasına Dayalı Bakımın Bileşenleri	17
6.4 Önleyici Test ve İnceleme Teknolojileri.....	19
6.5 Güvenirlilik Esasına Dayalı Bakımın Avantajları ve Hata Sebepleri	21
7. BAKIMDA ENVANTER KONTROLU	23
7.1 Envanterin Amaçları ve Tipleri	23

7.2	Bakım Envanter Kontrolü İçin “A,B,C” Sınıflandırması Yaklaşımı	24
7.3	“A, B, C” Olarak Sınıflandırılmış Malzemeler İçin Kontrol Yöntemleri	25
8.	BAKIMDA İNSAN HATALARI.....	26
8.1	Bakım Hatalarının Sebepleri	26
8.2	Bakımlardaki İnsan Hatalarının Azaltılması İçin Önlemler	27
9.	BAKIMLARDA KALİTE VE GÜVENLİK	29
9.1	Bakım İş Kalitesi	29
9.2	Bakım Sonrası Testleri.....	30
9.3	Bakım Sonrası Testlerin Anahtar Elemanları	30
9.4	Dokümana Dayalı Testlerde Operatörün Sorumlulukları	31
9.5	Bakım Sonrası Testler İçin Bakım Tipleri	31
9.6	Sıkça Uygulanan Bakım Sonrası Testleri	31
9.7	Bakım İşleri ve Güvenlik	32
9.8	Bakım Güvenliğini Arttırmak İçin Tasarımcılara Tavsiyeler	32
9.9	Üreticiler İçin Bakım Güvenliği İle İlgili Sorular.....	33
9.10	Bakım Personelinin Güvenliği	34
10.	BAKIM MALİYETİ.....	36
10.1	Bakım Maliyeti ve Bakım Maliyetini Etkileyen Faktörler	36
10.2	Bakım Bütçesi Çeşitleri	37
10.3	Bütçe Hazırlama Yaklaşımları	37
10.4	Bakım Bütçesi Hazırlama Yöntemi	38
11.	YAZILIM BAKIMI	39
11.1	Yazılım Bakımı Faktörleri ve Elemanları.....	39
11.2	Yazılım Bakımının Önemi ve Bakım İhtiyaçlarının Çeşitleri	40
11.3	Yazılım Bakımı Çeşitleri	40
11.4	Yazılım Bakımı Problemleri	41
11.5	Yazılımın Bakıma Uygunluğu	42
11.6	Yazılım Konfigürasyon Yönetimi.....	43
11.7	Etki Analizi	43
11.8	Bakımların Azaltılması	44
11.9	Yazılım Bakım Masrafları	44
11.10	Yazılım Bakım El Kitabı ve Yazılım Bakımında Standartlar.....	45
12.	GÜVENİLİRLİK	46
12.1	Cihaz Güvenilirliği Problemlerinin Kaynağı	46
13.	BAKIMA UYGUNLUK / ONARILABİLİRLİK	48
13.1	Terimler, Tanımlar ve Onarılabilirliğin Önemi	48
13.2	Sistem Yaşam Çevrimi Boyunca Yönetim	48
13.3	Bakıma Uygunluk/Onarılabilirlik Tasarım Karakteristikleri ve Belirli Faktörler	50
13.4	Bakıma Uygunluk/Onarılabilirlik Tasarımıyla İlgili Sıkça Yapılan Yanlışlar	53
14.	BAKIM HESAPLARI VE KONTROLLERİ.....	54
14.1	Performans Hesabı	54
14.2	Bakım Kontrolleri	54

14.3	Bakım Denetimcilerinin Faaliyetleri.....	55
14.4	Bakım Görev Organizasyonunun Analizi.....	56
14.5	Ambar Envanteri.....	56
14.6	Bakım Faaliyetinin Destekleyicileri.....	56
15.	BAKIMLAR İÇİN İŞ EMİRLERİ.....	58
15.1	İş Emri Numarası.....	58
15.2	İş Emri Formları.....	59
15.2.1	İş Talebi Tanımı.....	59
15.2.2	İş Emri Programlama.....	60
15.2.3	Bilgiler.....	60
15.3	İş emri Formunun Kullanılması.....	60
15.4	Tamamlanmış İş Emri Bilgilerinin Kullanımı.....	61
16.	BİLGİSAYAR DESTEKLİ BAKIM YÖNETİM SİSTEMLERİNİN UYGULAMALARI.....	63
16.1	El İle Takip Edilen Bakım Sistemlerinin Bilgisayara Geçirilmesi.....	63
16.2	Bilgisayar Destekli Bakım Yönetimi.....	64
16.2.1	İş Emri Planlama.....	65
16.2.1.1	İş Emri Girişi.....	67
16.2.1.2	İş Emri Havuzu.....	67
16.2.1.3	İş Emirlerinin Planlanması.....	67
16.2.1.4	İş Emirlerinin Güncellenmesi.....	69
16.2.1.5	Cihaz Sicil Bilgileri.....	70
16.2.1.6	Cihaz Parça Katalog Bilgileri.....	70
16.2.1.7	Takvime Alma ve Programlama.....	70
16.2.2	İş Gücü Kayıtları.....	71
16.2.2.1	Süre Raporu.....	71
16.2.2.2	Ambar Kontrolü.....	72
16.2.3	Malzeme Konuları.....	72
16.2.4	Ambar Malzemelerinin Doğruluğu.....	73
16.2.4.1	Ambar Devir Sayımı.....	73
16.2.4.2	Stok Malzemesi Siparişi.....	73
16.2.5	Koruyucu Bakım.....	74
16.2.6	Yönetim Raporları.....	75
16.2.6.1	İş Emri Öncelik Analizi.....	75
16.2.6.2	Planlamacı Performansı.....	75
16.2.6.3	Denetimci İş Emri Performansı.....	75
16.2.6.4	Denetimci/İşçi Performansı.....	75
16.2.6.5	İş Emri Maliyet Raporları.....	75
16.2.6.6	Tamamlanmış İş Emri Performansı.....	75
16.2.6.7	Yürürlükteki İş Emirleri Dosya Özetleri.....	75
16.2.6.8	Cihaz Onarım Tarihçesi.....	76
16.2.6.9	Cihaz Bakım Maliyet Raporu.....	76
16.2.6.10	Cihaz Bakım Maliyeti Tahmin Raporu.....	76
16.2.6.11	Stok Malzemeleri Kullanım Raporu.....	76
16.2.6.12	Bekleyen İş Emirleri Raporu.....	76
16.2.6.13	Gecikmiş Koruyucu Bakım Raporu.....	76
16.3	Bilgisayar Destekli Bakım Yönetim Sistemi Seçimi ve Uygulaması.....	76
16.3.1	Analiz.....	77

16.3.2	Sistem Seçimi.....	78
16.3.2.1	Seçim Hususları	79
16.3.3	Gereklik Hesabı	80
16.3.3.1	Standart Maliyetler.....	80
16.3.3.2	Detaylı Tasarruflar	81
16.3.4	Uygulama.....	84
16.3.4.1	Tüm Kayıtların Güncellenmesi.....	84
16.3.4.2	Bilgisayar Destekli Bakım Yönetim Sistemi Uygulama Süreci	86
16.3.4.3	Yazılımın Yüklenmesi	87
16.3.4.4	Bilgi Girişi	87
16.3.4.5	Sistem Tanıtımı.....	88
16.3.4.6	Sistem Eğitimi.....	88
16.3.4.7	Problemler.....	88
16.3.4.8	Uzun Vadeli Problemler	93
16.3.4.9	Çözüm	94
16.4	Bilgisayar Destekli Bakım Yönetim Sistemlerinin Geleceği.....	95
16.4.1	Fonksiyonellik.....	95
16.4.2	Yazılım Dili	96
17.	BAKIM VE ISO-9000	98
18.	BAKIM TUTUM MÜHENDİSLİĞİNDE SAYISAL PARAMETRELER	99
18.1	Bakım Projesi Kontrol Yöntemleri	99
18.2	Faaliyet Tahmini Devam Süresinin Hesabı	99
18.3	Kritik Yol Yöntemi	100
18.3.1	Kritik Yol Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları	100
18.4	Bakım Yönetimi Kontrol İndisleri.....	101
18.5	Düzeltilici Bakım Ölçümleri	104
18.5.1	Düzeltilici Bakım Matematik Yöntemleri.....	105
18.5.1.1	Birinci Yöntem.....	105
18.5.1.2	İkinci Yöntem	105
18.5.1.3	Üçüncü Yöntem	106
18.5.1.4	Dördüncü Yöntem.....	107
18.5.2	Düzeltilici Bakım İle Çok Üniteli Sistemler İçin Tahmini Etkin Arıza Oranı Denklemleri.....	108
18.5.2.1	Tip 1 Sistemler İçin Etkin Arıza Oranı	108
18.5.2.2	Tip 2 Sistemler İçin Etkin Arıza Oranı	109
18.6	Güvenilirlik Esasına Dayalı Bakım Etkinliği Ölçme Teknikleri	109
18.6.1	Cihaz Hazırlığı	109
18.6.2	Acil Yüzde Endeksi	110
18.6.3	Önleyici Test ve İnceleme Yapılan Cihaz Endeksi.....	110
18.6.4	Termografik Sörveyde Bulunan Arıza Endeksi	110
18.6.5	Fazla Mesai Bakım Yüzdesi Endeksi	111
18.6.6	Koruyucu Bakım/ Önleyici Test ve İnceleme-Reaktif Bakım Endeksi	111
18.6.7	Reaktif Bakım ile İlişkili Endeks.....	111
18.6.8	Koruyucu Bakım/ Önleyici Test ve İnceleme İş Endeksi.....	112
18.7	Envanter Kontrol Modelleri	112
18.7.1	Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli	112
18.7.2	Üretim Sipariş Miktarı Modeli.....	114
18.7.3	Fiyat İndirimi Sipariş Modeli.....	116

18.7.4	Emniyet Stoğu.....	117
18.7.5	Bakım-Envanter İlişkili Faktörlerde Artma ve Azalma.....	118
18.7.6	Yedek Parça Miktarını Tahmin İçin Model.....	118
18.8	Bakımda İnsan Hatalarının Önlenmesi İçin Teknikler	119
18.8.1	Markov Yöntemi:.....	119
18.8.1.1	Yöntem I	119
18.8.1.2	Yöntem II	120
18.9	Bakım-Tutum İşçi Maliyeti Hesabı	121
18.9.1	Saat Başına Standart Maliyet Hesabı.....	122
18.9.2	Onarım İşgücü Maliyeti Hesabı.....	122
18.9.3	Düzeltilici Bakım İşçilik Maliyeti Hesabı.....	123
18.9.4	Bakım Malzemeleri Maliyeti Hesabı.....	124
18.9.5	Bakım Maliyeti Tahmin Modelleri	125
18.9.5.1	Bakım Malzemeleri Maliyeti Tahmin Modeli	125
18.9.5.2	Üretim Tesisi Arıza Maliyeti Tahmin Yöntemi	125
18.9.6	Bakım Kaynaklı Maliyet İndisleri	126
18.9.6.1	Bakım Maliyet Oranı	126
18.9.6.2	Bakım işçilik Maliyetinin Malzeme Maliyetine Oranı	126
18.9.6.3	Bakım Maliyetinin Toplam İmalat Maliyetine Oranı	127
18.9.6.4	Bakım Maliyetinin Tesisin Toplam Değerine Oranı	127
18.9.6.5	Bakım Maliyetinin Toplam Adam-Saate Oranı	127
18.9.6.6	Koruyucu Bakım Maliyetinin Toplam Arıza Maliyetine Oranı	128
18.10	Yazılım Bakımı Maliyeti	128
18.11	Güvenilirlik Analiz Yöntemi	128
18.11.1	Hata Ağacı Yöntemi	128
18.11.1.1	Olasılık Hesabı.....	130
18.12	Bakım Uygunluk/Onarılabilirlik Ölçme Teknikleri.....	131
18.12.1	Ortalama Onarım Süresi	131
18.12.2	Ortalama Koruyucu Bakım Süresi	131
18.12.3	Bakım Nedeniyle Ortalama Atıl Kalma Süresi.....	132
19.	YÜKSEK DEVİRLİ DİSEL MAKİNEYE SAHİP GEMİLERİNİN ANA VE YARDIMCI MAKİNE BAKIM-TUTUM YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ	133
19.1	Ana ve Yardımcı Makinelere Uygulanan Bakımlar	133
19.2	Ana ve Yardımcı Makine Bakım Maliyetleri	140
19.3	Ana ve Yardımcı Makine Arıza Onarımları ve Maliyetleri.....	145
19.4	Ana ve Yardımcı Makine Arızalarının Analizi.....	153
19.4.1	Ortalama Düzeltilici Bakım Süresi	153
19.4.2	Düzeltilici Bakım Matematik Yöntemleri İle Hesaplar	171
19.4.2.1	Yöntem I	171
19.4.3	Yardımcı Makineler İçin Etkin Arıza Oranı	185
19.4.4	Ortalama Onarım Süresi	187
20.	SONUÇLAR VE TARTIŞMA	205
	KAYNAKLAR	207
	İNTERNET KAYNAKLARI	210

ÖZGEÇMİŞ	211
----------------	-----



SİMGE LİSTESİ

As	Sistemin hazır olma yüzdesi
AV0ss	Sistemin çalışabilirlik imkanı
Cu	Her bir malzemenin maliyeti (\$)
k	Giriş hata olaylarının toplam sayısı
m	Koruyucu bakım işlerinin toplam sayısı
n	Envanterde mevcut parça miktarı
Ps	İhtiyaç anında parçanın bulunma olasılığı
P1ss	bakım hatası kaynaklı, sistemin arızalı-faal durumda hazır bulunma olasılığı
q	Her siparişteki malzeme miktarı
q*	Her sipariş için optimum malzeme sayısı
r	günlük miktar olarak ikmal oranı
Tcm	Sistem / cihazın düzeltici bakım süresi
Tcmax	Maksimum etkin düzeltici bakım süresi
Tmcm	Ortalama düzeltici bakım süresi
Tmed	Düzeltilici bakım orta değeri
w	Kullanılan malzemenin birim ağırlığı
z	Arzu edilen servis seviyesi ortalama değerinden standart sapma miktarı
α	Sistem yaşam çevrimi boyunca arızalanan onarılabılır parça sayısı
λ	Sistem / cihazın arıza oranı
μ	Düzeltilici bakım oranı
θ	Yıllık envanter malzeme talebi
σ	Sipariş karşılama süresince talepteki standart sapma

KISALTMA LİSTESİ

PERT	Program Evaluation and Review Tecnique (Program Hesaplama ve Gözden Geçirme Tekniği)
CPM	Critical Path Method (Kritik Yol Metodu)
GEDB	Güvenilirlik Esasına Dayanan Bakım
FMEA	Failure Modes and Effect Analysis (Arıza Tipleri ve Etkilerinin Analizi)
FTA	Fault Tree Analysis (Arıza Ağacı Analizi)
BDBYS	Bilgisayar Destekli Bakım Yönetim Sistemleri
İ/E	İş Emri
İ/T	İş Talebi
ISO	International Organization for Sandardization
Y/Y	Yağlama Yağı
DZ	Deniz
TVB	Toplam Verimli Bakım



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 16.1 İş Talebi akış algoritması.....	66
Şekil 19.1 Ana makinelere ait ortalama düzeltici bakım süreleri grafiği	169
Şekil 19.2 Yardımcı makinelere ait ortalama düzeltici bakım süreleri grafiği	170
Şekil 19.3 Ana makineler içerisinde en düşük hazır olma yüzdesine sahip sistemler.....	184
Şekil 19.4 Yardımcı makineler içerisinde en düşük hazır olma yüzdesine sahip sistemler ...	185
Şekil 19.5 Yardımcı makine etkin arıza oranı grafiği.....	187
Şekil 19.6 Ana makine ortalama onarım süreleri grafiği.....	204
Şekil 19.7 Yardımcı makine ortalama onarım süreleri grafiği	204

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 18.1 Bakım yönetiminde kullanılan ana ve yardımcı indisler	102
Çizelge 18.2 Düzeltici bakım ölçüm eşitlikleri	104
Çizelge 18.3 Hata ağacı sembolleri	130
Çizelge 19.1 Ana makinelere uygulanan 150 saatlik bakım.....	133
Çizelge 19.2 Ana makinelere uygulanan 300 saatlik bakım.....	134
Çizelge 19.3 Ana makinelere uygulanan 1500 saatlik bakım.....	135
Çizelge 19.4 Ana makinelere uygulanan 4500 saatlik bakım.....	136
Çizelge 19.5 Yardımcı makinelere uygulanan 250 saatlik bakım	137
Çizelge 19.6 Yardımcı makinelere uygulanan 1000 saatlik bakım	137
Çizelge 19.7 Yardımcı makinelere uygulanan 2000 saatlik bakım	138
Çizelge 19.8 Yardımcı makinelere uygulanan 6000 saatlik bakım	139
Çizelge 19.9 Gemilerin ana ve yardımcı makine çalışma saatleri	140
Çizelge 19.10 Ana ve yardımcı makinelere uygulanmış saatli bakımlar	141
Çizelge 19.11 Ana ve yardımcı makine saatli bakım set fiyatları	142
Çizelge 19.12 Gemi-1 ana ve yardımcı makinelerin planlı bakım seti maliyetleri	142
Çizelge 19.13 Gemi-2 ana ve yardımcı makinelerin planlı bakım seti maliyetleri	143
Çizelge 19.14 Gemi-3 ana ve yardımcı makinelerin planlı bakım seti maliyetleri	143
Çizelge 19.15 Gemi-4 ana ve yardımcı makinelerin planlı bakım seti maliyetleri	144
Çizelge 19.16 Dört geminin ana ve yardımcı makine toplam yağlama yağı harcaması.....	145
Çizelge 19.17 Ana makine sistemleri arızaları	146
Çizelge 19.18 Yardımcı makine sistemleri arızaları.....	147
Çizelge 19.19 Ana makinelerde sık arıza yapan parçalara ait bilgiler.....	148
Çizelge 19.20 Yardımcı makinelerde sık arıza yapan parçalara ait bilgiler	149
Çizelge 19.21 Ana ve yardımcı makine izleme sisteminde sık arıza yapan parçalara ait bilgiler	150
Çizelge 19.22 Ana makine sistemlerinin arıza onarım maliyetleri.....	151
Çizelge 19.23 Yardımcı makine sistemlerinin arıza onarım maliyetleri	152
Çizelge 19.24 Ana ve yardımcı makine izleme sisteminin arıza onarım maliyetleri	152
Çizelge 19.25 Gemi-1 için ana makine ortalama düzeltici bakım süresi hesapları	153
Çizelge 19.26 Gemi-1 için yardımcı makine ortalama düzeltici bakım süresi hesapları	155
Çizelge 19.27 Gemi-2 için ana makine ortalama düzeltici bakım süresi hesapları	157
Çizelge 19.28 Gemi-2 için yardımcı makine ortalama düzeltici bakım süresi hesapları	159
Çizelge 19.29 Gemi-3 için ana makine ortalama düzeltici bakım süresi hesapları	160
Çizelge 19.30 Gemi-3 için yardımcı makine ortalama düzeltici bakım süresi hesapları	162
Çizelge 19.31 Gemi-4 için ana makine ortalama düzeltici bakım süresi hesapları	164
Çizelge 19.32 Gemi-4 için yardımcı makine ortalama düzeltici bakım süresi hesapları	167
Çizelge 19.33 Gemi-1 için ana makine sistem hazır olma yüzdesi hesapları.....	171
Çizelge 19.34 Gemi-1 için yardımcı makine sistem hazır olma yüzdesi hesapları	173
Çizelge 19.35 Gemi-2 için ana makine sistem hazır olma yüzdesi hesapları.....	175
Çizelge 19.36 Gemi-2 için yardımcı makine sistem hazır olma yüzdesi hesapları	176
Çizelge 19.37 Gemi-3 için ana makine sistem hazır olma yüzdesi hesapları.....	177
Çizelge 19.38 Gemi-3 için yardımcı makine sistem hazır olma yüzdesi hesapları	179
Çizelge 19.39 Gemi-4 için ana makine sistem hazır olma yüzdesi hesapları.....	180
Çizelge 19.40 Gemi-4 için yardımcı makine sistem hazır olma yüzdesi hesapları	182
Çizelge 19.41 Gemi yardımcı makinelerinin etkin arıza oranları.....	186
ÇİZELGE 19.42 Gemi-1 ana makine sistemlerine ait ortalama onarım süreleri.....	188
Çizelge 19.43 Gemi-1 yardımcı makine sistemlerine ait ortalama onarım süreleri	190
Çizelge 19.44 Gemi-2 ana makine sistemlerine ait ortalama onarım süreleri	191
Çizelge 19.45 Gemi-2 yardımcı makine sistemlerine ait ortalama onarım süreleri	193

Çizelge 19.46 Gemi-3 ana makine sistemlerine ait ortalama onarım süreleri	195
Çizelge 19.47 Gemi-3 yardımcı makine sistemlerine ait ortalama onarım süreleri	197
Çizelge 19.48 Gemi-4 ana makine sistemlerine ait ortalama onarım süreleri	198
Çizelge 19.49 Gemi-4 yardımcı makine sistemlerine ait ortalama onarım süreleri	202



ÖNSÖZ

Büyük çabalar ve paralar harcanarak kurulmuş veya bundan sonra kurulacak tüm tesis yada işletmeler için en önemli nokta, giderleri en alt seviyede tutarak elde edilebilecek maksimum kazancı elde etmek yani maliyet etkinliğini sağlamaktır. Konuya denizcilik açısından bakıldığında ise farklı yönlerden ele alınmakla birlikte maliyet etkinliği yine karşımıza çıkmaktadır. Amaç sahip olunan gemileri her zaman denizlerde dolaştırarak para kazanmak ve maliyetleri en alt seviyede tutmaktır. Dünya denizlerinde dolaşan ve her zaman kazanç sağlayan gemilere sahip olmak ancak ve ancak düzenli bakım ile mümkün olur. Bir gemi için bakım, hiçbir zaman ihmal edilemeyecek veya ertelenemeyecek bir süreçtir ve bu süreç geminin kızığa konmasından ömrünü tamamlayıp hizmet dışına ayrılmasına kadar sürer.

Gemilerin her zaman para kazandırabilmesi için işletme ve bakım maliyetleri mümkün olan en alt seviyede tutulmalıdır. İdame masrafları sadece düzenli bakım ve özenli kullanım ile azaltılabilir. Bu düşünceden hareket ile yüksek süratli Diesel ana ve yardımcı makinelere sahip aynı tip dört adet gemiyi, makine sistemleri ve bunlara ait bakım prosedürleri açısından mercek altına aldım ve hizmete giriş tarihlerinden itibaren yapmış oldukları arızaları, arıza onarımlarını ve uygulanan bakımları inceleyerek bakım açısından daha etkin bir uygulamanın nasıl düzenlenebileceğine dair yeni fikirler üretmeye çalıştım.

Tezimin oluşumunda fikir aşamasından itibaren bana yol gösteren hocam ve danışmanım Doç.Dr.Uğur Kesgin'e, çalışmamda kullandığım verilere ulaşabilmemi sağlayan gemi ve ikmal ile onarım kuruluşları personeline, yüksek lisans öğrenimine başlamam ve devam etmem konusunda her zaman destek olan dostum A.Eylem Ersoy ile Sn. Kadir Demir'e ve eşim İnci Karaer'e teşekkürlerimi sunuyorum.

ÖZET

Firmalar maliyet etkinliğini artırmak amacıyla üretim kapasitelerini her zaman en yüksek seviyede tutmak ve bu kapasiteyi kaybetmemek isterler. Sabit ve maliyet etkin bir üretim, ancak bir bakım sistemi kullanılmasıyla olanaklıdır.

Bu çalışmada öncelikle bakım mühendisliğinin temelleri, özellikle bilgisayar destekli bakım yönetim sistemi ayrıntılarıyla açıklanmıştır. Daha sonra gemi tahriki için kullanılan bir grup ana ve yardımcı makinelerin bakım sistemi verilmiştir. Burada açıklanmış olan bakım mühendisliğinin modern yaklaşımları kullanılarak bu ana ve yardımcı makinelerin bakım sistemlerinin analizi yapılmıştır. Bu analiz, bakım mühendisliği açısından ilginç sonuçlar vermiştir.

Anahtar kelimeler: Bakım-tutum mühendisliği, bilgisayar destekli bakım yönetim sistemi, düzeltici bakım, koruyucu bakım



ABSTRACT

Companies always want to keep production capacity at the highest level and not to loose this capability in order to increase their cost-effectiveness. A constant and cost-effective production is only be possible by using maintenance system.

This study deals first to explain the basics of maintenance engineering. In particular, the computerized maintenance management system is described in details. Then the maintenance system of a set of main auxiliary engines for ship propulsion is given. Using the modern approaches of maintenance engineering, which is described here, the maintenance system of this marine engineering application is analyzed. This analysis gives interesting results from maintenance engineering point of view.

Keywords: Engineering maintenance, computerized maintenance management system, corrective maintenance, preventive maintenance



1. GİRİŞ

19. yüzyılın sonlarında başlayan sanayi devrimi ile birlikte makineler ve makineleşmiş sanayi tesisleri insan hayatına kaçınılmaz olarak ve bir daha asla çıkmamak üzere girmiştir. Zaman ilerledikçe ve sanayi üretimine bilgisayar yada yazılım sistemlerinin entegre edilmesi ile dizayn, planlama, üretim ve pazarlama alanlarında baş döndürücü bir hızla gelişmeler sağlanmış ve bu durum beraberinde yüksek araştırma/geliştirme ve yatırım maliyetlerini getirmiştir. Bu gelişmelerin doğal bir sonucu olarak üreticiler veya tesis sahipleri yaptıkları yatırımların karşılığını almak üzere tesislerin sürekli canlı olmasını yani üretime hiç ara vermemelerini istemektedir. Üretimin sürekliliği ve verimliliği ise makine ve bilgisayar donanımlarının problemsiz olarak çalışmalarına bağlıdır. Ancak mükemmel tasarlanmış makineler yada bilgisayarlar dahi sürekli olarak hizmet sunamazlar. Çalışan bir cihaz yada sistem bazı kontrollere veya zamana bağlı bakımlara ihtiyaç duyar. Bu durumda, tesisinden maksimum verimi bekleyen üreticilerin yardımına bakım/tutum mühendisliği (Engineering Maintenance) koşar. İleriki bölümlerde detaylı olarak anlatılacak olan bu mühendislik dalı, bakımları optimum şekilde planlama, detaylı bir kayıt tutma, arıza istatistikleri hazırlama, maliyetleri azaltacak şekilde bir envanter kontrolü sağlayarak makinelerin bakım/tutum faaliyetleri nedeniyle atıl kaldıkları süreleri en aza, bazen sıfıra indirerek, üreticilerin maksimum fayda elde etmelerini sağlamaktadır.

Günümüzde en ileri teknoloji ile donatılan ve seyir, savaş, elektronik ve makine sistemleri açısından neredeyse personel ihtiyacı göstermeyen modern savaş gemileri açısından bakıldığında ise bakım/tutum daha farklı gereklilikler arz etmektedir. Savaş gemisi personeli için amaç yine aynıdır : Üzerinde bulunduğu platformdan her zaman en üst seviyede yararlanmak. İşte bu amaçla üreticilerden farklı olarak, savaş gemisi personelinin düşündüğü tek şey planlanmış bakımların zamanında yapılmasıdır. Envanter kontrolü, maliyet analizleri gibi konular personeli birinci derecede ilgilendirmez. Bu konular daha çok diğer birimlerin işidir ve gemiyi ilgilendiren bölümü malzeme akışı ve beklenmeyen arızalara müdahale edecek profesyonel iş gücünün sağlanmasıdır.

Geleneksel olarak bakımın; üretken, temel bir fonksiyon olmadığı ve destekleyici bir fonksiyon olarak işe küçük bir katma değer kattığı düşünülmektedir. Bununla birlikte, özellikle son 15 yılda, bütün üretim endüstrilerinin bakım etkinliğini iyileştirmek için bir çok farklı yaklaşım kullandığı görülmektedir. Makinelerin bakımı üretim fonksiyonunun temel bir parçasıdır ve etkin bir bakım stratejisi üretim faaliyetlerine katma değer eklemede önemli bir katkıda bulunabilir.

Toplam Verimli Bakım (TVB) faaliyetleri bütün tipteki israfların azaltılmasına odaklanmıştır. TVB herkesle ilgilenir ve pratik iyileştirme fikirlerinin yürütülmesi için takım çalışmasından faydalanır, operatörlerin ekipmanlarını ve çalışma alanlarını sahiplenmeleri için gayret sarf eder, ekipmanın ve üretim sisteminin muhafazası için sistem kurar, tüm çalışanlara ilave yetenekler ve bilgi sağlar.

Toplam Verimli Bakım felsefesi, üretimin bağlı bulunduğu her değer (insan, makine, süreç) en verimli durumda tutulması için çalışmaktır. TVB bunu, doğru bilgi toplama, analiz ve problem çözümünde üretim ve bakım eşdeğer ortaklığı ile sağlar. Toplam Verimli Bakım uygulaması, işletme bazında aktif katılımı sağlamakta, çalışma ortamına canlılık ve iş güvenliği getirmekte, istikrarlı ürün kalitesini ve de yüksek karlılığı sağlamaktadır.

Toplam Verimli Bakım sisteminin başarıya ulaşmasında en önemli temel faaliyetlerden biri ekipman yönetimidir. Bu faaliyet, işletmenin sahip olduğu ekipmanların en üst verimlilik düzeyinde tutulmasını sağlamaya yönelik çalışmaların gerçekleştirilmesi için yerine getirilmektedir. Bu faaliyeti gerçekleştiren takımlar sürekli iyileştirme faaliyet takımlarıdır. Bu takımların yaptıkları çalışmaların en önemli çıktısı ise ekipman iyileştirmedir.

Ekipman iyileştirme, işletmelerin rekabet ettiği firmalara karşı üstünlük kurmasını sağlayabilecek stratejik bir unsurdur. Çünkü ekipman üzerinde yapılan değişiklikler ile ekipmanın verimliliği daha da arttırılabilmektedir. Bunun yanında işçilik, malzeme ve enerji kayıpları da azaltılarak, ekipmanın bakım yapılabilirliği iyileştirilmekte, ömrü uzatılmakta, ürün kalitesi arttırılmakta, bakım zamanları kısaltılmakta, bakım maliyetleri azaltılmaktadır. Ekipman iyileştirme bunların yanında müşteri memnuniyetini arttırmanın da kilit elemanlarından biri olabilmektedir. Ekipman iyileştirme çalışmaları maliyet etkin bir faaliyettir (Aksu, 2003).

Toplam verimli bakım; hazırlık aşaması (üst yönetim kararının duyurulması, tanıtıcı eğitim ve kampanyalar, organizasyonun hazırlanması, temel hedeflerin belirlenmesi, proje planının hazırlanması), uygulama aşaması (ekipman verimliliğini iyileştirecek sistemlerin kurulması, otonom bakım programının geliştirilmesi, bakım bölümü için bakım programının geliştirilmesi, operasyon ve bakım yeterliliklerinin geliştirilmesine yönelik eğitim verilmesi, ekipman yönetimi programı hazırlanması) ve süreklilik aşamasından (yaygınlaştırma ve seviyenin yükseltilmesi) oluşur.

TVB programlarının yararlarına şu örnekler verilebilir :

BMC A.Ş.'de 1870 numaralı tezgah üzerinde TVB çalışmaları yapılmıştır. TVB uygulamalarına ekipman güvenliğini arttıracak ve iş kazalarını önleyecek önlemlerle başlanmış ve işgücünün katılımı üzerinde olumlu etkisi olduğu bulunmuştur. TVB uygulaması sonucunda, örnek tezgahta toplam ekipman verimliliğinin 6 ay içinde %65.83'den %82.91'e çıktığı ölçülmüştür (Aksu, 2003).

Amerika Birleşik Devletleri'nin Louisiana eyaletinde yol yapımı ve asfaltlama konularında faaliyet gösteren Barriere Construction şirketi cihaz güvenilirliğini artırarak toplam maliyetleri azaltmak için TVB uygulamalarından yararlanmaya başlamış ve uygulamalar sonucunda 2003 yılının ilk çeyreğinde şirketin sağladığı iş gücü tasarrufu 1,2 milyon dolar, aylık yedek parça tasarrufu 50000 dolar olarak gerçekleşmiş, ayrıca cihaz arıza oranı 2001 yılında % 25 iken bu oran 2003 yılında % 9'a inmiş ve koruyucu bakım uygulanma oranı da 2001 yılında % 30 iken 2003 yılında % 90 seviyesine yükselmiştir [1].

Havacılık ve uzay alanında faaliyet gösteren MRC şirketi 1996 yılında TVB uygulamalarına başlamıştır. Şirketi TVB uygulamasına sevk eden problem ise yüksek üretim maliyetleri ve uzun teslim süreleri konusunda müşterilerin şikayetleridir. TVB uygulamasına başlamadan önce yapılan araştırma sonucunda şirketin bakım faaliyetlerinin % 80 oranında acil onarımlara harcandığı tespit edilmiştir. 1997 yılının Ocak ayında plan dışı işlere harcanan toplam süre 1660 saatten fazla iken TVB uygulamaları ile sadece 10 ay sonra bu süre 30 saatin altına indirilmiştir, yani kazanç % 98 seviyesinde olmuştur [2].

Manufacturing Engineering Inc. adlı şirket, uyguladığı TVB programları ile Dell firmasında iş gücü veriminde % 30 artış ve üretim süresinde % 40'lık azalma sağlamıştır [3].

Örneklerden de görüldüğü gibi düzenli bir program dahilinde uygulanana bakım faaliyetleri ile büyük tasarruflar ve kazançlar elde edilebilmektedir. Bu çalışma boyunca, bağımsız bir mühendislik dalı olan bakım/tutum mühendisliği ve alt başlıkları incelenecek, kullanılan matematiksel modellere örnekler verilecek ve yüksek devirli Diesel ana ve yardımcı makineye sahip 4 adet aynı tip geminin ana ve yardımcı makinelerinin arızaları bakım/tutum mühendisliği çerçevesinde mercek altına yatırılacak ve sonuçlar incelenecektir.

2. BAKIM-TUTUM MÜHENDİSLİĞİ

Sanayi devriminden beri, makine ve cihazların bakım tutumu, bakım tutum araçlarındaki gelişmeye rağmen büyüklük, maliyet, karmaşıklık, rekabet gibi faktörlere bağlı olarak bir yarış halini almıştır. Bu yüzden, kritik başarı faktörleri olan güvenlik, ürün kalitesi, sürat, fiyat, fayda ve güvenli sevkiyat kriterlerini olumlu yönde etkileyecek efektif bir yönetim ve bakım tutum yöntemine açık şekilde ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yüzden geçen zaman içinde “bakım-tutum” ve “bakım-tutum mühendisliği” gibi kavramlar ortaya çıkmıştır. Bakım-tutum mühendisliğini şu şekilde ifade etmek mümkündür :

Bakım-tutum mühendisliği, bakım-tutum faaliyetleri için gereken kaynakların saptanmasına yardımcı olmak, planlanmış bakımı yapmak ve tamamlamak üzere kullanılacak olan kaynaklar için plan ve prosedürleri belirlemektir (AMCP 706-132, 1975).

Buna karşılık bakım-tutum faaliyeti de, kaynakların bakım-tutum faaliyeti süresince test, servis, onarım, kalibrasyon, overhol, modifikasyon gibi işlemler için kullanımı olarak tanımlanabilir.

Nihai hedefleri aynı olmasına karşın çalıştıkları alan bakımından “bakım-tutum” ile “bakım-tutum mühendisliği” belirgin bir şekilde ayrılırlar. Bakım-tutum mühendisliği analitik ve metodiktir, buna karşılık bakım-tutum ise arızalı yada problemli bir cihazı derhal çalışır hale getirmek için gerekli kaynakları kullanmakla ilgilenir. Bakım-tutum mühendisliğinin amaçları şu konuları içerir ; bakım-tutum faaliyetlerinin geliştirilmesi, bakım-tutum masraflarının ve periyodunun düşürülmesi, makine/cihazın karmaşıklığının yarattığı etkinin azaltılması, ihtiyaç duyulan bakım-tutum yeteneklerinin azaltılması, lojistik destek miktarının azaltılması , yapılacak koruyucu bakımı optimize etmek, bakım-tutum faaliyetlerini ve merkezlerini geliştirmek ve mümkün olan en üst seviyede benzer kılmak ve bakım-tutum organizasyonunu geliştirmek.

2.1 Bakım-Tutum Mühendisliği İle İlgili Terimler ve Tanımlar

- Bakım-tutum : Bir cihaz / parça / nesneyi istenilen seviyeye getirmek üzere yapılan her türlü faaliyettir (MIL-STD-721C).
- Bakım-tutum Mühendisliği : Cihaz / parçanın çalıştığı süre boyunca etkin şekilde bakım-tutum desteği sağlanabilmesi maksadıyla, bakım kavramlarının oluşturulması, kriterlerin ve teknik ihtiyaçların belirlenmesi ile bunların cihaz / parça ömrü boyunca idame ettirilmesi işlemleridir (DOD INST.451.12, 1968).

- **Koruyucu Bakım** : Cihaz/parça üzerinde çeşitli arıza yada problemlerin oluşmasından sonra yapılacak bir bakım yerine, cihaz/parçanın karakteristiğine uygun bir şekilde planlı, periyodik, belirli bakımların bir düzen dahilinde yapılması, böylece cihaz/parçayı devamlı surette istenen çalışma aralığında tutma işlemidir
- **Düzeltilici Bakım** : Operatörlerin yada bakım personelinin fark ettiği arıza/kusurların giderilmesi ve cihazın yeniden çalışır hale getirilmesi için yapılan plan dışı bakım yada onarım işlemidir
- **Önleyici Bakım** : Cihaz/parçanın çalışması sırasında modern ölçüm ve sinyal işleme metotları kullanılarak cihaz/parçanın durumunu tam olarak gözlemleme ve teşhis işlemidir
- **Bakım Kavramı** : Parça/cihaz üzerinde yapılacak bakım işlemleri sırasında takip edilecek yolu gösteren ve kontrol eden, her şeyi kapsayan doküman yada poliçedir
- **Bakım Planı** : Cihaz/parça üzerinde yapılacak olan bakımı yönetim ve teknik bakımdan açıklayan, genellikle kullanılacak aletleri, planı ve kaynakları anlatan dokümandır
- **Güvenilirlik** : Tanımlanmış koşullar altında çalıştırıldığında bir cihazın beklenen performansı gösterme olasılığıdır
- **Bakım-tutuma uygunluk** : Arızalı bir cihazın düzgün çalışır duruma getirilebilme olasılığıdır
- **Overhol** : Bir cihaz üzerinde yapılan kapsamlı araştırma ve onarım faaliyetidir.
- **Bakım Personeli** : Koruyucu bakım yada kullanıcının talebine göre düzeltilici bakım yapmakla sorumlu olan kişidir
- **Araştırma** : Bir cihazın performansı yada durumu hakkında yapılan incelemedir

3. BAKIM YÖNETİMİ VE KONTROLU

Bakım yönetimi, bakım-tutum faaliyetleri için rehber oluşturmaya ilave olarak bakım-tutum programlarını teknik ve yönetsel olarak denemektir. Bakım yönetimi ve kontrolü bakımı yapmakla eşit oranda önemlidir (DOD INST.451.12, 1968 ; AMCP 706-132, 1975). Genel olarak, bakım faaliyeti yada bakım yapacak grup büyüdükçe daha iyi yönetim ve kontrole olan ihtiyaç da büyümektedir.

3.1 Bakım Departmanlarının Görevi ve Organizasyonları

Bir bakım organizasyonunun oldukça geniş bir yelpazeye sahip olan şu görevleri yerine getirmesi beklenir (Dhillon, 1987 ; Higgins, 1988 ; Jordan, 1990) :

- Cihaz/tesisatların onarımını ve onarım planlanmasını yapmak
- Koruyucu bakım yapmak ve daha önemlisi sıkça karşılaşılan ana problemlerin önlenmesi için bir çalışma programı hazırlamak
- Bakım için gereken personel ve malzemeleri kapsayan gerçekçi bütçeler hazırlamak
- Bakım için gerekli malzemeleri her zaman hazır bulunduracak şekilde envanter tutmak
- Cihaz yada sistemlere ait kayıtları tutmak
- Bakım personelinin faaliyetlerini takip etmek üzere efektif yollar geliştirmek
- Operatörleri, üst düzey yöneticileri ve diğer ilgilileri bakımdan haberdar edecek efektif teknikler geliştirmek
- Bakım personeli ile diğer ilgili kişileri eğiterek becerilerini arttırmak ve efektif çalışmalarını sağlamak
- Yeni cihaz/tesisatlara ait planları gözden geçirmek
- Bakım personeli için işyeri güvenliğini arttırıcı yöntemler geliştirmek ve uygulamak

Tesis organizasyonunda bakımın yeri ve konumunu etkileyen büyüklük, karmaşıklık ve ürün gibi birçok unsur vardır. Bir bakım organizasyonu oluşturmak için yararlı olabilecek dört rehber konu vardır. Bunlar, yetki çatışmasının en aza indirildiği ve açık bir şekilde tanımlanmış bölümler, yetkiliye rapor verecek çalışan sayısının optimize edilmesi, organizasyonun görev alacak kişilere uygun olması ve yönetiminin sorumluluklarının az tutulmasıdır (Higgins, 1988).

Bakım organizasyonu oluştururken göz önünde bulundurulacak ilk konu merkezi yada merkezi olmayan bir organizasyondan hangisinin avantajlı olacağıdır. Genellikle merkezi bakım organizasyonları küçük ve orta çaptaki işletmeler ile kendi servis binası bulunan ulaşım

için herhangi bir vasıta gerektirmeyen tesisler için uygundur. Merkezi bakım organizasyonunun bazı avantaj ve dezavantajları şu şekildedir (Niebel, 1994) :

- Merkezi olmayan organizasyona göre daha etkindir
- Daha az bakım personeline ihtiyaç vardır
- Daha iyi iş alanı yönetimi sağlar
- Daha fazla özel ekipman ve uzman personel kullanımı gerektirir
- Daha efektif görev başı eğitimi imkanı sağlar

Buna karşılık :

- Çalışma alanına gitmek ve dönmek için daha uzun süre ihtiyacı vardır
- Hiçbir kişi karmaşık cihaz yada yazılım konusuna tamamen aşina olamaz
- Yüksek taşıma masrafları ortaya çıkar

Merkezi olmayan bakım organizasyonlarında, bakım grubu belirli bir bölge yada üniteye görevlendirilir. Merkezi olmayan bakım organizasyonunu tercih için bazı önemli faktörler ise; ulaşım ve bakım zamanını düşürmek, üretim ve bakım personeli arasında ortak çalışma ruhunu geliştirmek, bakım personeli açısından karmaşık sistemlere daha çabuk uyum sağlamak ve öğrenmek şeklinde sıralanabilir.

3.2 Bakım Yönetimi Prensipleri

Bir bakım programını etkin olarak yönetmenin basamakları şöyledir (Dhillon, 1987) :

- Mevcut eksikliklerin belirlenmesi
- Bakım hedeflerinin oluşturulması
- Önceliklerin belirlenmesi
- Performans ölçüm parametrelerinin belirlenmesi
- Kısa ve uzun vade planlarının belirlenmesi
- Kısa ve uzun vade planlarının yazılması ve ilgili tüm bölümlere dağıtılması
- Planın uygulanması

- Durumun açıklanması
- İşlemin yıllık olarak gözden geçirilmesi

3.3 Efektif Bakım Yönetiminin Elemanları

Bakım faaliyetinin tümünün başarısını etkileyecek ve bunda anahtar rol üstlenecek, efektif bakım yönetimine ait birçok eleman vardır (ERHQ-0004, 1976 ; Dhillon, 1987). Bunlardan bazıları :

- **Bakım Poliçesi** : Bakım yönetiminin en önemli elemanıdır. Bakım organizasyonunun büyüklüğü ne olursa olsun, faaliyetlerin devamlılığı, bakım yönetimi programının açıkça anlaşılması için gereklidir. Genellikle, bakım organizasyonlarının poliçeleri, programları, sorumlulukları, yönetim organizasyonlarını, yararlı teknikleri, ihtiyaçları, performans ölçüm indislerini içeren dokümanlara sahiptir. Bu tip dokümanların eksikliği durumunda ise gerekli tüm bilgileri içeren bir poliçe derhal geliştirilmelidir.
- **Malzeme Kontrolü** : Toplam bakım maliyetinin yaklaşık %30-40'lık bölümünü malzeme harcamaları oluşturmaktadır. Personelin efektif bir biçimde kullanılması, büyük ölçüde malzeme koordinasyonuna bağlıdır. Malzeme problemleri fazla yolculuklara, gecikmelere, yanlış başlangıçlara sebebiyet vermektedir. İş planlama, satın alma ile koordinasyon, depolar ile koordinasyon, tüm işi gözden geçirme gibi önlemlerle malzemeye dayalı problemler giderilebilir.
- **İş Emri Sistemi** : İş emri, personel yada grubu verilen işi yapmak üzere yönlendirir. İyi tanımlanmış bir iş emri tek bir defaya mahsus yada tekrarlanan işlerin iyi ve hataya yer bırakmayacak şekilde yapılmasını sağlar. İş emri sistemi yönetimin iş performansı ve harcamaları kontrolü açısından da yararlıdır. Her organizasyona göre değişmekle birlikte iş emirleri, başlangıç ve bitiş zamanlarını, işin yapılış şekli ve nedenlerini, işçi ve malzeme tutarlarını, etkilenecek cihaz/cihazları, iş kategorisini (koruyucu bakım/onarım/kurulum v.s.) içerir.
- **Cihaz Kayıtları** : Cihaz kayıtları bakım organizasyonlarının etkinliğinde kritik rol oynar. Cihaz kayıtları dört başlık içerir. Bunlar, yapılan bakımlar, bakım masrafları, envanter ve dosyalar. Yapılan bakımlarda, cihazın servis ömrü boyunca yapılan tüm onarım ve koruyucu bakımlar yer alır. Bakım masraflarında, işçi ve malzeme masrafları yer alır. Envanter kısmı genellikle depolar tarafından tutulur ve ölçüler, tipi, tedarik masrafı, imal

tarihi, imalatçı firma, cihazın mevki gibi bilgiler yer alır. Dosyalarda ise, teknik kitaplar, kullanma kılavuzları, garanti belgeleri, teknik resimler v.b. bulunur. Cihaz kayıtları, cihazın performansını hesaplama işleminde, değiştirme veya yenileme çalışmalarına karar vermek için, arıza araştırması için, güvenilirlik ve bakım-tutum çalışmaları için yararlıdır.

- **Koruyucu ve Düzeltici Bakım** : Koruyucu bakımın amacı cihazı, araştırmalar ve erken fark edilen anormallikler ışığında sürekli olarak faal tutmaktır. Koruyucu bakımın amacı, güvenilirlik, ekonomiklik ve standartları tutturmaktır. Ancak bir bakım organizasyonunun çoğu zamanı düzeltici bakımlarda geçer. Bu yüzden düzeltici bakım, bakım organizasyonunun etkinliği açısından önemli bir faktördür.

- **İş Planlama ve Programlama** : İş planlama bakım yönetiminin önemli ve gerekli bir elemanıdır. Bakım işleminden önce yapılması gereken daha başka birçok iş olabilir. Örneğin parçaların tedariki, aletler, malzemeler, bu malzemelerin taşınması ve koordinasyonu, bakım yönteminin belirlenmesi ve sıraya konulması, diğer bölümlerle koordinasyon v.b. Ancak birçok bakım organizasyonunda çeşitli sebeplerden ve hiç hesapta yokken ortaya çıkan acil arıza/onarımlardan dolayı yapılan iş planının % 80-85'i uygulanabilir. Bakım programlama da iş planlama kadar önemlidir. Programın etkinliği planlamanın güvenilirliğine bağlıdır. Çok fazla bölüm arasında koordinasyon gerektiren büyük işler için, plan ve programın etkinliğini kontrol edebilmek için "Program Hesaplama ve Gözden Geçirme Tekniği" (Program Evaluation and Review Technique (PERT)) ve "Kritik Yol Metodu" (Critical Path Method (CPM)) teknikleri kullanılmaktadır.

- **Yedek/Destek Kontrolü ve Öncelik Sistemi** : Bakım organizasyonunda yedeklerin/desteklerin kontrolü bakım yönetiminin etkinliği açısından önemlidir. Bu desteklerin bilinmesi işgücü ve iş yükünün dengelenmesi açısından önemlidir. Daha da önemlisi fazla mesai, kiralama, taşeron kullanımı gibi kararların alınmasında bu destek bilgisine dayandırılır. İhtiyaç duyulan her işe aynı gün başlamak mümkün olmadığı için iş önceliğinin belirlenmesi de önemlidir. İş önceliğinin belirlenmesinde, sistem yada cihazın önemi, bakım şekli, ihtiyaç duyulan zaman gibi faktörler göz önünde bulundurulur.

- **Performans Analizi** : Başarılı bakım organizasyonları çeşitli değerlere göre düzenli olarak performanslarını ölçer. Performans analizi organizasyonlara, cihazın atıl kalma süresini göstermesi, ileriki bakımların planlanması yada ilgili organizasyonların bakım ile ilgili davranışlarını göstermesi bakımından yardımcı olur.

4. KORUYUCU BAKIM

Koruyucu bakım, bakım faaliyetleri arasındaki en önemli bileşendir. Bir bakım organizasyonu içerisinde, toplam bakım faaliyetlerinin en büyük kısmı koruyucu bakım faaliyetlerine ayrılır. Koruyucu bakım, cihaz/tesisın bakımıyla görevli kişiler tarafından periyodik incelemeler, gözlemler ile başlangıç aşamasında fark edilen ve ileride büyük sorunlara yol açabilecek ufak sorunların giderilmesi, cihaz/tesislerin planlı bakımlarının yapılması olarak tarif edilebilir (AMCP 706-132, 1975). Koruyucu bakımın temel hedefleri ise, cihazın üretim yapabileceği ömrünü uzatmak, kritik cihazların arızalarını azaltmak, ihtiyaç duyulan bakımın daha iyi planlanması ve programlanmasına olanak sağlamak, cihaz arızalarına bağlı üretim kayıplarını azaltmak, bakım personelinin sağlık ve güvenliğini arttırmaktır (Niebel, 1994). Bütün koruyucu bakım faaliyetleri maliyet açısından efektif olmalıdır.

4.1 Koruyucu Bakım Kavramının Alt Bileşenleri

Koruyucu bakım kavramının 7 adet alt bileşeni vardır (AMCP 706-132, 1975). Bunlar :

- Araştırma : Periyodik araştırmalar ile cihaz/sistemlerin performanslarının ölçülüp fiziksel, elektriksel ve mekanik özelliklerinin standartlar ile karşılaştırılmasıdır
- Servis : Periyodik olarak cihaz/sistemlerin yağlanması, temizlenmesi, şarj edilmesi, muhafaza edilmesi gibi başlangıç halindeki ufak problemlerin ortadan kaldırılması işlemidir
- Kalibrasyon : Periyodik olarak cihaz/sistem karakteristiklerinin standartlar ile karşılaştırılmasıdır
- Test : Periyodik yapılan testlerle cihaz/sistemin çalışmasının kontrolü ve elektriksel yada mekanik problemlerin tespit edilmesidir
- Değiştirme/Ayarlama : Optimum performans elde etmek için cihaz/sistem üzerinde kabul edilebilir uygun değişiklikler yapmaktır
- Düzeltme : Optimum performans elde etmek için cihaz/sistem üzerinde periyodik olarak düzeltmeler yapmaktır
- Kurma/Değiştirme : Cihaz/sistem üzerindeki ömürlü parçaların yada ömrü dolmadan tolerans dışına çıkan parçaların değiştirilmesidir

4.2 Koruyucu Bakım Programı Hazırlarken Dikkat Edilecek Noktalar

Etkin bir koruyucu bakım programı için birçok koşul gereklidir. Bu koşullardan bazıları şunlardır; cihaza ait tam ve doğru bir tarihçe, üreticinin tavsiyeleri, bilgili ve eğitilmiş personel, benzer cihazların geçmiş kayıtları, servis kitapçıkları, uygun test alet ve gereçleri, yönetim desteği ve operatörlerin işbirliği, sarf edilebilir ve değiştirilebilir parça desteği, açık bir şekilde yazılmış talimat ve kontrol listeleridir (Patton, 1983).

Oldukça etkin bir koruyucu bakım programı oluşturmak için şu basamaklar takip edilmelidir (Westerkamp, 1997) :

- Alanların Tanımlanması ve Seçilmesi : Başlangıç olarak koruyucu bakım faaliyetlerinin yoğunlaştırılacağı bir yada iki alanın tespit edilmesidir. Bu alanlar tüm sistem/tesisin başarısı için can alıcı noktalar olmalıdır. Bu basamağın amacı yönetimin desteğini sağlayabilmek için, hemen ve gözle görülebilecek başarı/faydaların sağlanabileceği alanlar olmalıdır.
- Koruyucu Bakım İhtiyaçlarının Tanımlanması : Koruyucu bakım ihtiyaçları tanımlanmalıdır. Daha sonra, iki çeşit koruyucu bakım programlanmalıdır : günlük koruyucu bakım ve periyodik koruyucu bakım. Günlük koruyucu bakımlar operatörler yada bakım personeli tarafından yapılabilecek bakımlardır. Periyodik koruyucu bakımlar ise genellikle bakım personeli tarafından yapılır.
- Bakım Periyotlarının Belirlenmesi : Bu işlem için cihazın durumu ve kayıtları incelenmelidir. Normal olarak periyot belirlenirken cihaz konusundaki tecrübelerden ve üretici firmanın tavsiyeleri göz önüne alınmalıdır.
- Koruyucu Bakım Usullerinin Hazırlanması : Günlük ve periyodik bakımlar detaylı olarak açıklanmalı daha sonra onay için teslim edilmelidir.
- Yıllık Olarak Koruyucu Bakımların Programlanması : Tanımlanmış koruyucu bakımlar on iki aylık periyodu kapsayacak şekilde planlanmalıdır.
- Gereklikçe Koruyucu Bakımların Genişletilmesi : Seçilen alanlarda tüm günlük ve periyodik bakım yöntemlerinin tamamlanmasından sonra, koruyucu bakım programları gereken diğer alanları da kapsayacak şekilde genişletilebilir. Bu durumda başlangıç çalışmalarında elde edilen tecrübelerden yararlanılabilir.

4.3 Koruyucu Bakım Avantaj ve Dezavantajları

Koruyucu bakımın bazı avantajları şu şekildedir (Patton, 1983 ; Lewitt, 1997) :

- Cihaz ömrünü arttırır

- İş yükünü dengeler
- Üretim gelirlerini artırır
- Kalitede tutarlılık sağlar
- Yedekte bekleyen cihazlara olan ihtiyacı azaltır
- Sonradan müdahale yerine önceden müdahaleyi teşvik eder
- Envanter sisteminin yükünü azaltır
- Gelişmiş güvenlik sağlar
- Standart prosedürler getirir
- Kar/maliyet optimizasyonunu artırır

Koruyucu bakımın bazı dezavantajları ise (Patton, 1983) :

- Cihazları olası hasarlara maruz bırakır
- Daha fazla parça sarfıyatı gerektirir
- Başlangıç maliyetlerini artırır
- Yeni parçalarda hata/arıza ihtimali artar
- Cihazı daha sık inceleme ihtiyacı gerektirir

5. DÜZELTİCİ BAKIM

Tasarımdan itibaren amaç sistemleri olabildiğince güvenli hale getirmek olsa da, bu çalışmalar sistem yada cihazın ömrü boyunca koruyucu bakım ve benzer uygulamalarla desteklense bile, sistem/cihazlar yine de arızalanırlar. Bu nedenle cihazlar çalışma limitlerine ulaşmaları için onarırlılar. Bu açıdan bakıldığında düzeltici bakım, bakım faaliyetleri arasında önemli bir yere sahiptir. Düzeltici bakım, arıza yada koruyucu bakımlar esnasında saptanan hataların giderilmesi ve cihaz/sistemin tekrar çalışır hale getirilmesi için yapılan faaliyetler olarak tanımlanabilir (AMCP 706-132, 1975 ; McKenna ve Oliverson, 1997).

Düzeltici bakım programsız bir faaliyettir, temel olarak önceden tahmin edilemeyen, önceden planlanamayan yada programlanamayan arızalar sonucu ortaya çıkan bakım ihtiyaçlarıdır. Bakım, acil önlem ve müdahale gerektirir ve öncelik olarak planlanmış bakım faaliyetlerinin önüne geçer.

5.1 Düzeltici Bakım Çeşitleri

Düzeltici bakım şu 5 ana kategoriye ayrılabilir (MICOM 750-8, 1972 ; AMCP 706-132, 1975) :

- Arıza Onarımı : Arızalanan sistem/cihaz çalışır duruma getirilir
- Kurtarma : Bu düzeltici bakım tipinde amaç, onarılamayan parçalar içindeki tekrar kullanılabilir durumda olan kısımların alınarak başka parçaların onarımında, overholünde ve tekrar yapılmasında kullanılmasıdır
- Tekrar Yapmak : Bu tip düzeltici bakım ise sistem/cihazın ömrünü, fiziksel özelliklerini ve performansını standartlarına mümkün olan en yakın şekilde onarmaktır. Bu bakım işlemleri arasında, parçalara ayırma, tüm parçaların kontrolü, onarım ve gerek duyulan parçaların değiştirilmesi, tekrar bir araya getirme ve test işlemleri vardır
- Overhol : Araştırma ve uygun olacak şekilde onarım yöntemleri ile bir sistem/cihazın toplam çalışma özelliklerinin tekrar kazandırılması işlemidir
- Servis : Servis işlemi ise, düzeltici bakım faaliyetleri boyunca yada sonrasında ihtiyaç duyulabilecek hizmetlerin verilmesidir. Örneğin, yağ seviyesini tamamlama, kaynak yapma, boşalmış hava şişelerinin doldurulması v.b.

5.2 Düzeltici Bakım Evreleri

Düzeltici bakım için aşağıda belirtilen sıralı beş basamak sayılabilir. Bunlar :

- Arıza tanımlama
- Yerini belirleme
- Tanı
- Onarım
- Kontrol

Düzeltici bakım nedeniyle atıl kalma zamanı şu faktörlere bağlıdır (NAVORD OD 39223, 1969) :

- Aktif onarım için geçen süre
 - Hazırlık için geçen süre
 - Arızanın yerini belirleme için geçen süre
 - Yedek parçayı elde etmek için geçen süre
 - Arızanın onarımı için geçen süre
 - Ayarlama ve kalibrasyon için geçen süre
 - Test ve kontrol için geçen süre
- İdari ve lojistik için harcanan süre
- Gecikme süresi

Düzeltici bakım için harcanan zamanı azaltmak bakım etkinliği açısından yararlıdır. Bu süreyi azaltmak için uygulanabilecek bazı yöntemler şu şekildedir (Blanchard, Verma ve Peterson, 1995) :

- Arıza Tanıma, Yerini Belirleme ve Arızayı Gidermede Etkinlik : Elektronik sistem/cihazlarda en büyük zaman kaybı arıza arama ve arızanın yerini belirlemede harcanmaktadır. Mekanik sistem/cihazlar için ise en büyük vakit onarım zamanında harcanmaktadır. Sistem/cihazlar üzerinde bulunacak iyi yerleştirilmiş ve tasarlanmış arıza göstericileri, iyi eğitilmiş bakım personeli, tam ve doğru bakım prosedürleri bu süreyi kısıltacaktır
- Parçaların Kolayca Değiştirilebilmesi : Parçaların fiziksel ve fonksiyonel olarak değiştirilebilmesi, bakım zamanını azaltacağı gibi yedek parça ve envanter işlerini de kolaylaştırır

- **Fazlalık :** Tasarım sırasında bazı fazla gibi gözüken parçalar eklenmesiyle, bakım sırasında ihtiyaca göre sadece belli kısımlar devreden çıkarılarak sistem/cihazın belirli bir kapasiteyle çalışmaya devam etmesi sağlanabilir. bu iş yükü açısından bir fayda getirmemekle birlikte, sistem/cihazın bakım boyunca çalışmasını sağlar
- **Erişim Etkinliği :** Bakım boyunca en fazla zaman genellikle arızalı parçaya ulaşmak ve çıkarmak için sarf edilir. Tasarımda dikkat edilecek ve üzerinde düşünülecek olan kolay erişim ve değiştirme gibi hususlar sayesinde bakım zamanında önemli düşüşler sağlanabilir
- **İnsan Faktörü :** Tasarım boyunca insan faktörünü de göz önüne almak yararlıdır. Bu şekilde, parçaların yerleştirilmesi, şekil, ağırlık, ebatlar, kapaklar, giriş/çıkış bölümleri, kullanma kılavuzları, göstericilerin yerleşimi gibi konularda ergonomi sağlanarak bakım sırasında yaşanan zaman kayıplarının önüne geçilmiş olur



6. GÜVENİLİRLİK ESASINA DAYALI BAKIM

Güvenilirlik esasına dayalı bakım (GEDB) , bir sistem/tesis yada cihazın belirlenmiş şartları sağlayarak sürekli olarak çalışmasını sağlamak için neler yapıldığını/yapılacağına karar veren sistematik bir süreçtir (Mckenna ve Oliverson, 1997).

6.1 Güvenilirlik Esasına Dayalı Bakımın Hedef ve İlkeleri

Güvenilirlik esasına dayalı bakımın bazı önemli hedefleri şöyledir (AMC 750-2, 1985):

- Koruyucu bakımı kolaylaştıracak, tasarıma dayalı öncelikleri geliştirmek
- Yetersizliği ispatlanmış parça/cihazların tasarımını geliştirme konusunda yararlı olacak bilgi toplamak
- Cihaz/sistemde oluşacak herhangi bir problem sonucunda, sistem/cihaza eski güvenlik ve güvenilirliğini sağlamak için koruyucu bakımla ilişkili görevler geliştirmek

Güvenilirlik esasına dayalı bakımın ilkeleri ise (Nowlan ve Heap, 1978) :

- Sistem / Cihaz Odaklıdır : Güvenilirlik esasına dayalı bakım (GEDB) tek bir bakım faaliyeti yada bakım personeli ile değil bakım sisteminin tümüyle ilgilenir
- Güvenlik ve Ekonomi GEDB'yi Etkiler : Güvenlik üstün bir öneme sahiptir, güvenlik sağlandıktan sonra maliyet etkinliği bir kriter olabilir
- GEDB Fonksiyoneldir : GEDB sistem/cihazın çalışabilirliğinden çok sistem/cihaz fonksiyonlarının korunmasında önemli rol oynar
- Tasarım Sınırları GEDB Tarafından Onaylanır : GEDB'nin amacı sistem/cihazın tasarımdan gelen güvenilirliğini devam ettirmektir. Ayrıca sistem/cihazın güvenilirliğinin bakım ile değil tasarım ile değiştirilebileceğini kabul eder. Bakım sadece tasarım güvenilirliğini devam ettirmeye yarar
- GEDB Güvenilirlik Esasına Dayanır : GEDB sadece basit anlamda arızalar ile ilgilenmez. Çalışma süresi ile meydana gelen arızalar arasındaki ilişkiyi de inceler.
- Yetersiz Bir Durum GEDB Tarafından Arıza Olarak Nitelendirilir : Arıza bir fonksiyonun kaybı yada istenilen kalitenin tutturulamaması olabilir
- GEDB Yaşayan Bir Sistemdir : GEDB bilgileri toplar ve tasarım gelişimi ve ileriki bakımlar için geri besleme yapar
- GEDB Tarafından 3 Çeşit Görev Kabul Edilir :
 1. Arıza Bulma: Herhangi bir belirti veya indikasyon vermeden meydana gelen arızaların bulunmasıdır

2. Süreye Bağlı : Gerekli görülüp programlanan görevlerdir

3. Duruma Bağlı : Gerekli olduğu görüldüğünde yapılır

- GEDB Faaliyetleri Etkin Olmalıdır : Teknik ve maliyet açısından etkinlik sağlanmalıdır
- GEDB Bakım Faaliyetlerini İzlemek İçin Mantık Ağacı Kullanır : Bu, tüm sistem/cihaz bakımları için tutarlılık sağlar
- GEDB Faaliyetleri Uygulanabilir Olmalıdır : Faaliyetler arıza oluşumlarını azaltmalı ve arızadan kaynaklanan ikinci dereceden hasarları düzeltmelidir

6.2 Güvenilirlik Esasına Dayalı Bakım Süreci

Başlangıç olarak GEDB süreci tasarım ve geliştirme safhaları boyunca uygulanır. Daha sonra eğer uygunsa, operasyon safhasında ,elde edilen tecrübeler ışığında etkin bir bakım programı oluşturabilmek için tekrar uygulanır. Basit bir GEDB süreci şöyledir (Brauer, 1987) :

- Bakım konusunda önemli parçalar tanımlanır
- Uygun arıza bilgisi bulunur
- Arıza analiz ağacı bilgileri geliştirilir
- Kritik arıza durumları için karar mantığı uygulanır
- Bakım ihtiyaçları sınıflandırılır
- GEDB kararları tamamlanır
- Deneyimlerin üzerine mühendislik desteği ilave edilir

6.3 Güvenilirlik Esasına Dayalı Bakımın Bileşenleri

Güvenilirlik esasına dayanan bakımın 4 ana bileşeni vardır (NASA, 1996 ; NAVAIR 00-25-403, 1996). Bunlar :

- Reaktif Bakım : Bu çeşit bakımlara, onarım bakımı, arızalanınca-onarım gibi isimler de verilmektedir. Bu tarz bakım sadece sistem/cihazdaki bozulma bir fonksiyon kaybına yol açtığında yapılır. Reaktif bakım, eğer bu tip bakıma GEDB sonucu karar verilmişse etkin olarak uygulanabilir. GEDB, bu kararı verebilmek için bakım maliyeti ile arızanın maliyeti ve riskini karşılaştırır
- Koruyucu Bakım : Bu tip bakım sistem/cihazın durumuna bakılmaksızın süreye dayalı olarak yapılır. Süreli araştırmalar, parça değişimleri, Parçaların onarımı, ayarlamalar, kalibrasyon, yağlama ve temizleme gibi işlemleri içerir. Programlı koruyucu bakım uygulamaları hassas cihazların arıza oranını azaltır. Sürekli olarak yapılan araştırma ve

rutin bakımlar fazla zaman alır ama plan dışı arızaların oluş ve şiddetini azaltmaya yardımcı olur. Eğer uygulanan tek bakım koruyucu bakım ise masraflı ve etkisiz olur. Koruyucu bakım için fasılaların belirlenmesinde, geçmiş tecrübeler ışığında arızayı önceden fark etme, arıza istatistikleri, koruyucu yaklaşım (günlük/haftalık/aylık kontroller sonucu bir program oluşturma) gibi yöntemler kullanılabilir

- **Önleyici Test ve İncelemeler :** Bazen durum izleme yada önleyici bakım olarak adlandırılır. Sistem/cihazın durumunu tayin etmek için, performans bilgileri, cihazı açmadan test teknikleri ve görsel inceleme kullanılır. Önleyici test ve inceleme keyfi bakımların yerine sistem/cihazın durumuna göre yapılan bakımı getirir. Sürekli olarak sistem/cihazın durumunun izlenmesi (monitoring) sonucu oluşturulan veri tabanı bakım programlanması konusunda yardımcı olur. Toplanan bu bilgiler sistem/cihazın durumu görmek için ve muhtemel arıza habercilerini analiz etmekte kullanılır. Bunlar : Trend analizleri, bilgi karşılaştırma, istatistiksel süreç analizi, limitlere göre testtir
- **Proaktif Bakım :** Bu tip bakımlar, daha iyi tasarım, kurulum, programlama, iş gücü dayanışması ve bakım yöntemleri konusunda gelişime yardımcı olur. Proaktif bakımın karakteristikleri ise ; sürekli gelişim, tasarımcılar/üreticilerle sürekli temas halinde olma, söz konusu sistem/cihazı devamlı geliştirmek, bakım yöntemlerini her uygulamada optimize etmek.
- **Bakımın etkinliğini arttırmak için kök kaynaklı arıza analizi ve önleyici analizler yapar.** Proaktif bakım, sistem/cihazın ömrünü uzatmak için 8 temel metot kullanır. Bunlar :
 1. **Güvenilirlik Mühendisliği :** Güvenilirlik mühendisliği, diğer proaktif bakım yaklaşımlarıyla beraber, tekrar tasarım, modifikasyonlar, parçaların geliştirilmesi yada yenileri ile değiştirilmesi gibi konuları ihtiva eder. Bazı durumlarda, parçaların tamamen yeniden tasarlanması gerekebilir. Mühendislik sistemlerinin güvenilirliğinin analizi için birçok teknik kullanılabilir. Bunlardan en fazla kullanılan ikisi arıza tipleri ve etkilerinin analizi ve arıza ağacı analizidir
 2. **Arızalı Parça Analizi :** Bu durum, arıza nedenlerinin anlaşılabilmesi için değiştirildikten sonra incelenmesini kapsar. İhtiyaç arttıkça analiz için daha karmaşık mühendislik yöntemleri kullanılır
 3. **Kök Kaynaklı Arıza Analizi :** Bu analiz yöntemi, proaktif yaklaşımla arızanın temel nedenini araştırır. Temel amaç, problemin kaynağına etkin ve ekonomik bir şekilde karar vermek, problemin sadece etkilerini değil kaynağını düzeltmek ve problemi kökünden halledecek bilgileri geliştirmek

4. Yeni / Yeniden Yapılmış Cihazlar İçin Ayrıntılar : Bu proaktif yaklaşımın amacı, profesyoneller tarafından yeni/yeniden yapılmış cihazlar için yeterli bir satın alma ve kurulum şartlarını içeren doküman hazırlanması maksadıyla geçmiş bilgileri de kapsayacak şekilde bilgilerin hazırlanmasıdır. Ayrıntılar en az titreşim, balans kriterleri ve ayarlamaları içermelidir
5. Devre Araştırması : Devre araştırması bir GEDB programının kurulması için çok önemlidir. Bu araştırma, bakım programının optimize edilebilmesi maksadıyla bakım programının anahtar kısımlarının değiştirilebilmesini sağlayan bir mekanizma oluşturur. Bu yaklaşım, programın teknik içeriğinin, bakım fasıllarının ve bakım gruplarının uygunluğunu kontrol eder
6. Tekrar Yapma Sertifikası : Yeni yada yeniden yapılmış sistem/cihazların kendilerinden beklenen fonksiyonları yerine getirdiklerinin test edilmesi ve belgelendirilebilmesi önemlidir. Geçmiş tecrübeler göstermiştir ki, resmi test ve belgelendirme standartlarına göre test edilen cihazlarda erken arıza ve yetersiz performans problemleri görülmemektedir
7. Tekrar Kontrol : Tekrar kontrol, tekrarlayan arızaların kontrolüyle ilgilenir. Bu kontrole giren arızalar ise ; bir cihazın tekrarlayan arıza gösteren parçası, bir sistem yada alt sisteme ait ve tekrarlayan arıza gösteren parçası, çeşitli farklı sistemlerde bulunan ve tekrarlayan arıza gösteren aynı yada benzer parçalar
8. Doğru Yapım ve Kurulum : Yaşam çevriminin kontrolü ve güvenilirliği maksimum seviyeye çıkarmak için uygun ve doğru kurulum şarttır. Operatör ve bakım personeli kurulumdan kaynaklanan problemlerle sıklıkla karşılaşılır

6.4 Önleyici Test ve İnceleme Teknolojileri

Önleyici test ve inceleme, Güvenilirlik Esasına Dayalı Bakım'ın önemli bir bileşenidir. Bu teknolojiler, bakım için en etkili zamanı tayin edebilmek maksadıyla sistem/cihazın durumunu gözlemek için kullanılır.

Bu teknoloji ve teknikler, sistem/cihazın durumunu görmek maksadıyla içini açarak yada açmadan yapılacak ölçüm ve izlemeleri içerir (NASA, 1996 ; NAVAIR 00-25-403, 1996).

- Titreşim İzleme Analizi : En çok kullanılan gözlem ve ölçme tekniklerinden biridir. Dönen parçaların ve sistemin genel yapısal stabilitesini görmeye yarar. Titreşim analizi için

kullanılan teknikler, spektrum analizi, burulma titreşimi, dalga formu analizi, şok dalga analizi ve çok kanallı titreşim analizidir. Bu teknik şaft, motor, makine, pompa, dişli grupları, yataklar, türbin gibi sistemler için uygundur

- Elektriksel Durum Analizi : Kapsamlı bir analiz sağlayan çeşitli teknikler kullanılır. Elektrik sistemlerinin gözlenmesi ile frekans oynaması, arz-kaçak, yüksek direnç bağlantı noktaları gibi bölümlerdeki sorunlar tespit edilip düzeltilebilir. Elektrik arızaları pahalı ve elektriğin görülememesi nedeniyle çeşitli güvenlik sorunları içeren problemlerdir. Bu teknik, elektrik motorları, kablolar, transformatörler, elektrik kontrolörleri ve dağıtım sistemlerinde kullanılabilir. Çeşitli elektrik durum analiz yöntemleri şöyledir :

1. Motor devre analizi
2. Radyo frekansı izleme
3. Kızıl ötesi termografi
4. Motor akım spektrum analizi
5. Dönüş oranı
6. Transformatör yağ analizi
7. Motor akım ölçümleri
8. Mega-ohmmetre testleri

- Termografi : Kızıl ötesi termografi, ısı farkları gözlemleyebilmek üzere kızıl ötesi arama cihazlarının kullanımıyla yapılan ölçümler olarak tarif edilebilir. Elektrikli cihazlar, kazan ve duvarlar gibi nesnelerin üzerindeki sıcak ve soğuk noktaların tespitinde kullanılır. Ayrıca borular, ısı değiştiriciler ve transformatör soğutucu petekleri gibi mekanik sistemler içindeki akışı takip etmek için de kullanılabilir. Kızıl ötesi ölçümü engelleyebilecek faktörler ise, rüzgar etkisi, malzeme geometrisi, malzemenin rengidir

- Yağ Analizi : Bu analizdeki amaç, yağın durumu ve kirliliğini gözlemektir. Bu test ve gözlemler, maliyet, hassasiyet ve test sonuçlarının doğruluğu, cihazın yapısı ve uygulamaya bağlıdır. Çeşitli yağ analiz teknikleri ise :

1. Partikül sayımı
2. Ferrografi
3. Emisyon spektroskopisi

4. Kızıl ötesi spektroskopi
 5. Görsel ve işitsel test
 6. Akışkan/su yüzdesi
 7. Vizkozite ölçümü
 8. Toplam asit sayısı
 9. Toplam baz sayısı
- Pasif Ultrason : Pasif ultrasonik cihazlar ölçümlerini 20-100 kHz arasında yaparlar ve bu ölçüm insanın duyabileceği frekans bandına çevrilerek operatör tarafından takip edilmesi sağlanır. Bu ölçüm tekniğinde ses değişimine bağlı problem analizi yapılır. Kullanıldığı sistemler ise, ısı değiştiriciler, kazanlar ve yataklardır. Tek sınırlama ise operatörün kulak hassasiyetidir
 - Zararlı Olmayan Testler : Bu teknik, değeri yüksek olan malzemelerin özellikleri ve kalitesi hakkında fikir sahibi olabilmek ve incelemek için zarar vermeden yapılan testleri içerir. Ultrasonik test, manyetik partikül testi, boya testi, hidrostatik test ve radyografi bu teknikler içinde sayılabilir. Amaç zarar vermeden kontrol etmektir ve özellikle basınç altındaki sistemlerde, yakıt ve kimyasal tanklar gibi tehlikeli madde ile yüklü tesislerin incelenmesinde kullanılır. Bu testlerin yapılabileceği bazı yerler ise :
 1. Kaynak yerleri, yüksek basınçlı bağlantı noktaları
 2. Kavitasyona hassas noktalar
 3. Benzer olmayan malzemelerin birleşme noktaları
 4. Akışı yön değiştirdiği dirsek yada borularda çapın değiştiği yerler
 5. Kör kapaklar

6.5 Güvenirlilik Esasına Dayalı Bakımın Avantajları ve Hata Sebepleri

GEDB uygulamalarının, çevre koruma ve güvenlik konusundaki gelişmeler, ürün kalitesindeki artış, pahalı malzemelerin ömürlerindeki artış, bakım bilgi bankası, takım çalışması konusundaki gelişmeler, bakım konusundaki maliyet etkinliği, personel üzerindeki motivasyon etkisi, sistem/cihazın çalışma oranlarındaki yükselme gibi çok çeşitli kazançları vardır (Brauer, 1987 ; Moubray, 1997).

Ara sıra GEDB uygulamaları hataya sebep olur. Yanlış bilgiler üzerinde fazla dikkat ve çaba harcanması, çok düşük seviyelerde yapılan analizler, acele uygulamalar, GEDB uygulaması için sadece bir personel görevlendirilmesi, üretici/satıcılarından GEDB uygulamasını kendilerinin yapmasının istenmesi gibi sebepler GEDB uygulamalarında hataya sebep olur (Moubray, 1997).

Yazınca
2023



7. BAKIMDA ENVANTER KONTROLÜ

Genellikle bakımlarda görevli personelin şikayeti, ihtiyaç duyulan malzemelerin ihtiyaç duyulduğu anda bulunmamasıdır. Modern mühendislik sistemleri/cihazları daha da karmaşıktıkça, yedek parça maliyetleri de alarm verir derecede artmıştır. Bazı bakım organizasyonlarında, malzeme masrafı bütçenin %30-50'sini kapsamaktadır (Westerkamp, 1997). Bakım fonksiyonları, ihtiyaç duyulan her türlü malzemenin karşılanmasına güvenmektedir. Örneğin, yağlama yağları, valfler, birleştirme elemanları, boyalar, çeşitli şekillerde işlenmiş çelik, somun, cıvatalar v.b.

İyi yönetilen envanter sistemleri bakım maliyetlerinin azalmasına, iş gücü kazancına, sistem/cihazların atıl kalma sürelerinin azalmasına, üretimin artmasına katkıda bulunur. Envanter kontrolü, bakım faaliyetleri içinde önemli bir rol üstlenir. Günümüzde envanter kontrolü planlama ve kontrol gibi alanlarda ciddi sorumluluklar üstlenmektedir.

7.1 Envanterin Amaçları ve Tipleri

Envanter organizasyonlara birçok yönde yardımcı olur. Envanter sisteminin amaçları şunlardır (Heizer ve Render, 1996 ; Render,1997) :

- Malzeme miktarına göre satıcı firmaların yaptığı indirimlerden yararlanmak
- Enflasyon ve fiyat artışlarına karşı tedbir almak
- İhtiyaçlara cevap vermek
- Çeşitli sebeplerden dolayı gelecekte oluşabilecek eksiklikleri önlemek
- Faaliyetlerin kesintisiz sürmesini sağlamak

Sıkça kullanılan envanter tipleri şunlardır: hammadde envanteri, bitmiş ürün envanteri, ikmal envanteri, yedek parça envanteri, üretimdeki malzemelerin envanteri, nakliye envanteri (Vonderembse ve White, 1996).

Hammadde envanteri, üretimde kullanılmak üzere hammaddelerin tedarikçilerden alınmasıyla ilgilenir.

Bitmiş ürün envanteri, üretimi tamamlanmış fakat müşterilere gönderilmemiş ürünlerle ilgilenir.

İkmal envanteri, üretim sürecini desteklemek için gerekli yedek parçalar ile ilgilenir.

Üretimdeki malzemelerin envanteri, üretimine başlanmış ancak bitirilmesi için üretim sürecinin devam etmesi gereken ürünler ile ilgilidir.

Nakliye envanteri, ürünleri dağıtım kanalıyla üreticilerden müşterilere ulaştırılmasıyla ilgilidir.

Yedek parça envanteri, üretici yada müşterinin elindeki sistem/cihazlarda bulunan değiştirilebilir parçalar ile ilgilidir.

Bakım yöneticileri envanteri de göz önünde bulundurarak şu temel konular üzerinde karar vermelidirler (Westerkamp, 1997):

- Depolanacak Malzemeler : Satıcıların istenen zamanda malzemeleri sağlayıp sağlayamayacağı, maliyet, depolandığı süre içindeki bozulmalar gibi faktörler göz önünde bulundurularak karar verilmelidir
- Depolanacak Malzemelerin Miktarı : Kullanım oranı ve nakliye zamanı gibi faktörler göz önünde bulundurularak karar verilmelidir
- Malzeme Tedarikçileri : Fiyat, nakliye, kalite ve servis gibi faktörler göz önünde bulundurularak karar verilmelidir
- En Düşük İkmal Seviyesi : Satın alma kayıtları, ihtiyaç miktarları gibi faktörler göz önünde bulundurularak karar verilmelidir
- En Yüksek İkmal Seviyesi : Geçmiş sipariş tecrübeleri, en yüksek ihtiyaç miktarları gibi faktörler göz önünde bulundurularak karar verilmelidir
- Alım ve Ödeme Zamanı : Geçmiş satın alma kayıtları, üreticilerin bildireceği özel indirimler, cihaz onarım kayıtları ve depodan çekilen miktar gibi faktörler göz önünde bulundurularak karar verilmelidir
- Malzemelerin Depolanacağı Yerler : Her bir parça için tek bir yer ayrılması en iyi depolama şeklidir
- Ödeme İçin Uygun Fiyat : Devamlı bir ilgiyi gerektirir. İkmal ve ihtiyaçlar göz önünde bulundurulmalıdır

7.2 Bakım Envanter Kontrolü İçin “A,B,C” Sınıflandırması Yaklaşımı

Herhangi bir bakım organizasyonunda rutin olarak kullanılan malzemeler her zaman hazır bulundurulmalıdır. Rutin olmayan bakımlar için, malzemeler öyle bir kontrol edilmelidir ki envanter yatırımı en etkin biçimde olsun (Nebel, 1994). Envanter kontrolünde şu konular hakkında bilgi edinilmelidir (Arnold, 1996) :

- Envanter malzemesinin önemi
- Kontrol edebilme yolları

- Bir defada sipariş edilecek miktar
- Zamanında sipariş vermek için özel bir nokta

ABC sınıflandırma yaklaşımı, rutin ve rutin olmayan bakım için bilgi sağlar. Bu sebeple, malzemenin göreceli önemine göre farklı kontrol seviyelerine olanak verir. ABC yaklaşımı, eldeki envanteri yıllık dolar hacmi temelinde 3 kategoriye ayırır. Envanter malzemelerinin yüzdesi ile dolar cinsinden yıllık maliyet yüzdesi arasındaki ilişki şöyledir (Dickie, 1951 ; Arnold, 1996):

- A : malzemelerin %20'si harcamaların %80'ini kapsamaktadır
- B : malzemelerin %30'u harcamaların %15'ni kapsamaktadır
- C : malzemelerin %50'si harcamaların %5'ini kapsamaktadır

Aşağıdaki adımlar ABC sınıflandırması ile ilişkilidir :

- Envanter yönetimini etkileyebilecek malzeme karakteristiklerinin tanımlanması. Bu, genellikle dolar cinsinden yıllık maliyetidir.
- Yukarıda belirtilen kriterlere göre malzemelerin gruplandırılması
- Grupların önemine göre kontrollerin yapılması

7.3 “A, B, C” Olarak Sınıflandırılmış Malzemeler İçin Kontrol Yöntemleri

Sınıflandırma işlemi tamamlandıktan sonra her bir sınıftaki malzemeleri kontrol için yöntemler geliştirilmelidir. Bunlardan bazıları :

- A Sınıfı Malzemeler : Yüksek derecede öneme sahip malzemelerdir. İhtiyaç miktarlarının sık kontrolü, doğru kayıtların tutulması, yönetim tarafından periyodik ve sık gözden geçirme, yakın takip gibi sıkı kontrol yöntemlerini içerir
- B Sınıfı Malzemeler : Orta derecede öneme sahip malzemelerdir. İyi kayıtlar, düzenli işlem ve normal dikkat isteyen kontrol yöntemlerini içerir
- C Sınıfı Malzemeler : Düşük dereceli öneme sahip malzemelerdir. Basit kontrol yöntemlerini içerir ancak her zaman ihtiyaca cevap verebilecek miktarda bulunmasına dikkat edilmelidir

8. BAKIMDA İNSAN HATALARI

İnsan cihazın yaşam çevrimi boyunca önemli bir rol oynar, tasarımda, üretimde, çalışma ve bakım safhalarında. İnsan faktörü cihazdan cihaza farklılıklar gösterse de insan faktörü bozulmalara yol açar. İnsan hatası, programlanmış işlerin gecikmesine yada cihazda arızalara yol açan hatalar olarak tanımlanabilir (Meister, 1966 ; Hagen, 1976). İnsan hatalarının bazı sebepleri, yetersiz cihaz tasarımı, yetersiz çalışma koşulları, uygun olmayan aletler, yetersiz eğitim, yetersiz kullanım kılavuzları ile çalıştırma talimatlarıdır. İnsan hataları 6 kategoride toplanabilir (Meister, 1962, 1976):

- Tasarım
- Montaj
- İnceleme
- Kurulum
- Çalıştırma
- Bakım

Bakım hataları doğru olmayan onarım ve koruyucu faaliyetlere bağlı olarak oluşur. Örnek olarak, cihazın yanlış kalibre edilmesi ve yanlış noktalara gres yağı sürülmesi verilebilir.

8.1 Bakım Hatalarının Sebepleri

Bir sistemin yaşam çevrimi boyunca, bakım kaynaklı hatalar ile operatör kaynaklı hataların neredeyse birbirine eşit olduğu görülür. Ayrıca sistem yaşlandıkça bakım hatalarının da arttığı gözlenmiştir. Yapılan birçok araştırma göstermiştir ki, bakım süresinin yaklaşık %65-75'lik kısmı arıza aramasında harcanmaktadır. Daha sonra %15-25 ile onarım ve %5-15 ile test faaliyetleri gelmektedir.

Yukarıda da bahsedildiği gibi bakım hatalarının oluşumuna sebebiyet veren birçok faktör vardır. Tekrar gözden geçirmek gerekirse, yetersiz cihaz dizaynı, yetersiz çalışma şartları, uygun olmayan aletler, yetersiz eğitim, yetersiz kullanım kılavuzları ile çalıştırma talimatları, karmaşık bakım görevleri, yorgun bakım görevlileridir (Christensen ve Howard, 1981 ; Dhillon, 1986).

Eğitim ve tecrübe konularında yapılan araştırmalar göstermiştir ki, tecrübe arttıkça, kariyer, takım içindeki pozisyon gibi faktörlerin bakım personeli üzerinde olumlu etki yapmaktadır.

8.2 Bakımlardaki İnsan Hatalarının Azaltılması İçin Önlemler

Yıllar boyu süren çalışmalar sonucunda insan kaynaklı bakım hatalarının azaltılması için çeşitli önlemler geliştirilmiştir. Önlemler 10 alanı kapsamaktadır (Bureau of Air Safety Investigation, 1997) :

- Prosedürler
- İnsan hatası risk yönetimi
- Alet ve ekipmanlar
- Eğitim
- Dizayn
- Denetim
- İletişim
- Vardiya değişimi
- Bakım olayları geri beslemesi

İnsan hatası risk yönetimi konusu şu alt başlıkları içerir :

Gerekli olmayan periyodik bir inceleme için çalışan bir sistemin durdurulması sonucu bu duraksamaya bağlı olarak bir arıza oluşabileceği dikkatle değerlendirilmelidir. Benzer sistemler üzerinde aynı anda bakım faaliyetinin yapılmasından mümkün olduğunca kaçınılmalıdır. Muhafazaların yeterliliği kontrol edilmelidir

Eğitim ile ilgili olarak :

İnsan kaynakları yönetimi ile bakım personeli ve diğerlerinin tanıştırılması düşünülebilir. Şirket prosedürleri hakkında bakım personeline periyodik tazeleme eğitimleri teklif edilebilir

Tasarımla ilgili olarak :

Üreticilerin tasarım aşaması boyunca bakımlarda insan faktörüne yeterli önemi verdiklerinden emin olunmalıdır. Tasarım aşamasında kullanılmak üzere bakımlardaki insan hatalarına dair bilgi topladıklarından emin olunmalıdır

Denetim ile ilgili olarak :

Yönetim ile denetimin, özellikle hataların fazlalaştığı vardiya değişimleri sırasında kuvvetlendirilmesi gerektiği kabul edilmelidir.

İletişim ile ilgili olarak :

Bakım prosedürlerindeki değişiklikler yada sık tekrarlanan hatalar konusundaki bilgilerin bakım personeline gecikmeden ve doğru olarak iletildiğinden emin olunmalıdır.

Vardiya değişimleri ile ilgili olarak :

Vardiya değişimlerinde düzenli ve yeterli kayıtlar tutulmalıdır. Böylece yeni vardiyaya tamamlanmış ve tamamlanmamış faaliyetler hakkında tam bilgi verilebilir.

Geri besleme ile ilgili olarak :

Yönetimin, bakımlarda meydana gelen olaylar ve altında yatan sebepler hakkında yeterli ve düzenli geri besleme aldığından emin olunmalıdır. Mühendislik fakültelerinin bakımlarda meydana gelen yada tekrarlanan hatalar konusunda düzenli geri besleme raporları alması sağlanmalıdır. Böylece bu konular için düzeltici önlemler bulunabilir.



9. BAKIMLARDA KALİTE VE GÜVENLİK

Kalite, ihtiyaçlara uymak yada müşteri ve kullanıcıların ihtiyaçlarını tatmin edebilecek ürün, fonksiyon, süreç derecesi olarak tanımlanabilir (Omdahl, 1988). Bakım kalite güvencesi, bakım yapılan, geliştirilen, tekrar yapılan, overholden geçirilen yada iyileştirilen sistem/cihazların tanımlı ihtiyaçları karşılamasıdır (Mckenna ve Oliverson, 1997). Bakım kalitesi, bakım yapılan sistem/alet/cihazın güvenilir surette ve güvenle çalışacağına olan inancı artırır.

9.1 Bakım İşi Kalitesi

Kaliteli bakım süreci, birçok sistemde görev kapasitesi ve personel güvenliği açısından önemlidir. Kaliteli bakım işleri iyi sonuçlara götürür. Beklenmeyen arızaların azaltılması yada önlenmesi, düşük maliyetler, daha iyi güvenlik, yapılan işe karşı artan güven gibi... Bakım işinin amacı bir kez belirlendikten sonra, kaliteli bir bakım işi gerçekleştirmek için şu basamaklar yol gösterici olabilir (Stoneham, 1998):

- **Limit Karışıklığı** : Genellikle bakım istekleri tamamlanmamış ve eksik olarak yapılır. Bakımla ilgili somut adımlar atmadan önce isteklerdeki eksik ve tamamlanmamış noktalar aydınlığa kavuşturulmalıdır
- **Hedeflerin Belirlenmesi** : Hedefler bakım grubu ve denetimcileri tarafından oluşturulmalıdır. Bakım başlamadan önce bakım grubunun hedefleri açık bir şekilde anladığından emin olunmalıdır
- **Güvenli Olmayan Faaliyetlerden Kaçınılmalıdır** : Bakım zamanını kısaltmak için yazılı prosedürler dışına çıkılmasına müsaade edilmemelidir
- **Sonradan Olabilecek Hasarlar Gözden Kaçırılmamalıdır** : Gözden kaçabilecek ufak problemlerin daha sonra masraflı arızalara sebebiyet verebileceği unutulmamalıdır
- **Bakım İlerledikçe Rapor Edilmelidir** : Gelecekte yapılacak aynı yada benzer bakımlarda faydalı olabilecek bilgiler rapor edilmelidir
- **Kullanılmış Parçalar Kullanılmamalıdır** : Arızalı parçaların kullanılmış parçalar ile değiştirilmediğinden emin olunmalıdır
- **Tekrar Birleştirirken İlave Dikkat Sarf Edilmelidir** : Çeşitli sebeplerden dolayı yada sadece malzemenin ömründen dolayı onarım/bakım görmemiş parçalarda yıpranmış olabilir. Bu yüzden bakımı tamamlanmış bir parça/cihazı yerine monte ederken aşırı güç kullanımı, zorlama gibi diğer parçalara da zarar verebilecek davranışlardan kaçınılmalı ve daha fazla özen gösterilmelidir

- Bakım Sonrası Malzemelerin Toplanması İçin Sistematiik Yaklaşım Sergilenmelidir :
Bakım sonrasında toparlanırken personel acele davranmaya meyil eder. Bakımdan sonra şu faktörler göz önünde bulundurulmalıdır
- 1. Tüm malzemeler yerlerine yerleştirilmiş olmalı ve sorumlu personel rapor vermelidir.
- 2. Kullanılan tüm aletler kontrol edilmeli eğer kayıp bir alet varsa sistem/cihaz çalıştırılmamalıdır.
- Teslim etmeden önce bakım yapılan sistem/cihaz test edilmelidir.
- Tüm bakım kayıtları eksiksiz tutulmalıdır.

9.2 Bakım Sonrası Testleri

Bakım sonrası testleri, icra edilen bakımın kalitesinin artırılmasına yardımcı olur. Bakım sonrası testlerin 3 amacı vardır (DOE-STD-1065-94, 1994):

- Arıza/kusurun uygun şekilde onarıldığından emin olmak
- Yeni bir arıza/kusurun ortaya çıkmadığından emin olmak
- Test edilen cihazın tanımlanmış görevlerini yerine getirebileceğinden emin olmak

Bakım sonrası testler, tüm düzeltici bakım işlemleri ve bazı koruyucu bakım işlemlerinden sonra düşünülebilir. Testler, yapılan bakım ve sistem/cihaz yada parçanın önemi ile güvenilirliğine uygun olmalıdır. Bazı durumlarda sadece test ve kontrol yeterli olurken bazı durumlarda ise resmi dokümanlara göre testler gerekebilir.

9.3 Bakım Sonrası Testlerin Anahtar Elemanları

Ana elemanlar şunlardır (DOE-STD-1065-94, 1994) :

- Sorumlu her grubun açıkça belirlenmiş sorumlulukları olmalıdır
- Uygun test yöntemlerini belirlemek için planlayıcıların ulaşabileceği rehberler olmalıdır
- Testler sistem çalışma parametreleri ile ilgili olmalıdır
- Uygun test parametrelerinin belirlenmesinde çalışma, bakım ve teknik destek grubundan gelen veriler de kullanılmalıdır
- Test için operatör/sahibinden izin alınmalı, testlerde uygun aletler kullanılmalı ve testleri yetkili kişiler yapmalıdır
- Test sonuçları bir formda toplanmalıdır

9.4 Dokümana Dayalı Testlerde Operatörün Sorumlulukları

Operatörün sorumlulukları şöyle sıralanabilir (DOE-STD-1065-94, 1994) :

- Test seviyesini belirlemek
- Testlerin fazlalıklarını ve aşırılıklarını azaltmak
- İhtiyaç duyulduğunda uygun testler yaparak bakım işine yardımcı olmak
- Çalışma parametrelerini ve bunlarla ilişkili kriterleri belirlemek
- Konfigürasyon yönetiminin önemini vurgulamak
- Sistem/cihazı çalıştırmadan önce testler için uygun yetki, performans, deneme ve dokümanlardan emin olmak
- Testlerden önce yada testler ile birlikte yapılacak diğer testlerin yapıldığından emin olmak
- Yapılacak bir sonraki test için sistemleri, parçaları aktif yada bekleme pozisyonuna almak

9.5 Bakım Sonrası Testler İçin Bakım Tipleri

Bakım sonrası testlerin eşit değerde olacağı çeşitli bakım faaliyetleri vardır (DOE-STD-1065-94, 1994) :

- Gaz/akışkan sistemleri yada bu sistemler içindeki parçaların çalışma veya doğruluğunu etkileyecek bakımlar
- Test ve ölçüm alet/sistemleri
- Elektrik dağıtım cihazlarını etkileyecek bakımlar
- Kimya ile ilgili cihazlar
- Parça/eleman/birleşimlerin mukavemetini etkileyecek bakımlar
- Elektronik parçaları etkileyecek bakımlar
- Alet içindeki herhangi bir parçayı etkileyecek bakımlar

9.6 Sıkça Uygulanan Bakım Sonrası Testleri

Bu testler aşağıdaki gibi sıralanmıştır (DOE-STD-1065-94, 1994) :

- Sızıntı/kaçak oranı testi
- Akım, voltaj kontrolleri
- Kalibrasyon
- Çeşitli kodlarla belirtilmiş testler
- Görsel ve boyutsal incelemeler
- Basınç, ısı, akış ve titreşim gibi kısmi çalışma gerektiren testler
- Tepki süresi

9.7 Bakım İşleri ve Güvenlik

Genel güvenlik tedbirleri yanında, bakım işlerini ve güvenlik boyutunu etkileyen diğer faktörler şöyledir (Stoneham, 1998) :

- Birçok bakım işi güvenli bir şekilde çalışmayı gerektirir. Netice olarak güvenlik ihtiyaçları bakım işlerini artırır
- Birçok bakım işi tehlikelidir ve bu yüzden bakım işleri güvenlik problemlerine neden olur

Bakım işlerine, güvenlik konusunda kötü ün kazandıran bazı durumlar şunlardır :

- Birçok bakım işi birdenbire ortaya çıkar ve güvenlik problemleri ile çözümler üzerinde düşünecek zaman kalmaz
- Alışkın olmayan bir alanda bakım yapmak demek, paslı tutamaklar, kırık lambalar, eksik ızgaralar gibi tehlikelerin fark edilmeden geçilmesine sebep olabilir
- Bazı bakım işlerinde işçiler ile iletişimde zorluklar yaşanabilir
- Bazı bakım işleri dar ve kapalı alanlarda ağır malzemelerin taşınması gibi faaliyetleri içerebilir
- Daha önce çalışan bir cihazı sökmek, statik elektrik tehlikesini beraberinde getirir
- Acil bakım ihtiyaçları hazırlanmak için sınırlı bir süre tanır
- Makine altları, havalandırma kanalları basınçlı sistemlerin yanında yapılan bakım işleri
- Bakım için gerekli ağır malzemelerin ambardan bakım alanına taşınması ve kaldırılması gibi işlemler

9.8 Bakım Güvenliğini Arttırmak İçin Tasarımcılara Tavsiyeler

Bakım güvenliğini arttırmanın bir yolu, tasarım aşamasında bakım ihtiyaçlarının en aza indirgenmesidir. Eğer bakım ihtiyaçları azaltılamıyorsa, bakım güvenliğini arttırmak için şu tavsiyelere uyulmalıdır (Hammer, 1980):

- Tasarım mümkün olduğunca basitleştirilmelidir. Karmaşıklık bakım problemlerini de artırır
- Arıza güvenli bir tasarım yapılmalı, böylece arıza durumunda yaralanmaların ve hasarların önüne geçilebilir
- Tasarım yada prosedürler, bakım hatalarını azaltacak şekilde geliştirmelidir
- Özel alet yada cihaz gereksinimi minimum seviyede tutulmalıdır
- Birleşik parçalar yada ölçüm aletleri ile arızanın önceden belirlenmesine çalışılmalıdır. Böylece arıza tam oluşmadan az bir risk ile bakım yapılabilir

- Tasarımda kolay ulaşılabilirlik amaç olmalıdır. Bakım ihtiyacı olan parçanın sökülmesi, değiştirilmesi ve kontrolü zor olmamalıdır
- Bakım personelinin elektrik çarpması, sıcak yüzeylerle teması, yüksek basınçlı gazlarla temas etmemesi gibi hususlar konusunda dizayn iyileştirilmelidir
- Tehlikeli şekilde çalışan parçaların yanında bakım yapma riski azaltılmalıdır
- Hareketli parçalar, tehlikeli bölmeler gibi yerlere girişi önlemek için kilit mekanizmaları gibi koruyucu önlemler düşünülmelidir
- İnsanların tipik davranışları göz önünde bulundurulmalı ve ona göre tedbirler düşünülmelidir :
 1. İnsanlar test ve deneme için ilk önce ellerini kullanırlar
 2. İnsanlar arızalı sistem/cihazları kullanmaya devam ederler
 3. İnsanlar üretilmiş nesneleri güvenli kabul ederler
 4. İnsanlar tanıdık olmayan nesneler karşısında bocalarlar
 5. İnsanlar büyük malzemeleri olduğundan ağır, kompakt malzemeleri olduğundan hafif olarak düşünürler
 6. İnsanlar hızlanan cisimleri olduğundan hızlı, yavaşlayan cisimleri olduğundan yavaş olarak düşünürler
 7. İnsanlar hoş olayların olma ihtimalini olduğundan fazla, kötü olayların olma ihtimalini olduğundan az olarak düşünürler
 8. İnsanlar fiziksel yetenekleri hakkında çok az şey bilirler

9.9 Üreticiler İçin Bakım Güvenliği İle İlgili Sorular

Üreticiler tarafından bakım güvenliğinin doğrudan yada dolaylı olarak arttırılabileceği birçok alan vardır. Bu açıdan, bakım süresince karşılaşılabilecek genel sorunları irdelemek açısından şu sorular sorulabilir (Hammer, 1980):

- 1) Bakım ve onarım için yeterli, açık, kolayca anlaşılabilir dokümanlar var mı?
- 2) İnsan faktörü bakım problemlerini azaltmak için kullanıldı mı?
- 3) Onarım için sökülen parça yanlış monte edildiğinde herhangi bir tehlike doğar mı?
- 4) Sıklıkla bakım ihtiyacı gösteren parçalara kolayca ulaşmak mümkün mü?
- 5) Güvenlik açısından kritik olan ve bakım ihtiyacı duyan parçaları gösterecek bir

mekanizma var mı?

- 6) Güvenlik açısından kritik parçaların onarımında kullanılacak özel alet ihtiyacı minimize edildi mi?
- 7) Tehlikelere karşı koruyucu teçhizat kullanılması gerektiren yerler dokümanlarda belirtildi mi?
- 8) Söz konusu olan bir parçayı eğitimli ve donanımlı personel yerine diğer personelin onarması mümkün müdür?
- 9) Onarım süreci ilgili personel için tehlikeli midir?
- 10) İnsanları şok edebilecek sistemler üzerinde etkili uyarılar var mıdır?
- 11) Parçalar, arıza meydana geldiğinde duracak ve herhangi bir hasara meydan vermeyecek şekilde mi dizayn edilmişlerdir?
- 12) Test noktalarındaki voltajlar bakım personeline zarar vermeyecek seviyelere indirilmiş midir?
- 13) Dokümanlardaki uyarılar bakım personeline tehlikelere karşı uyarmakta mıdır?
- 14) Güvenlik açısından kritik parçaların değiştirilmesinin maliyeti en aza indirilmiş midir?
- 15) Onarılacak cihazda bulunan yakıt yada tehlikeli sıvıları uzaklaştıracak bir sistem var mıdır?
- 16) Onarımı yada ayarları yapmak için kullanılması gereken güvenlik kilitleri var mıdır?
- 17) Test noktaları kolayca ulaşılabilir yerlerde midir?

9.10 Bakım Personelinin Güvenliği

Makine yada sistem tasarımlarında, sistemin/makinenin güvenliğine operatör ve bakım personelinin güvenliğinden daha fazla önem verilmektedir. Bazı durumlarda bakım personelinin güvenliği, sistemin/makinelerin tasarım güvenliğinden daha çok ön plana çıkar. Bakım personeli için en önemli iki güvenlik elemanı solunum cihazları ve koruyucu giysilerdir. Solunum cihazlarının kullanılmasını gerektiren ortamlar şunlardır :

- 1) Oksijenin seviyesinin düşük olduğu ortamlar
- 2) Havada zehirli gazlar, buharlar, toz ve kirleticiler bulunan ortamlar
- 3) Aşırı sıcaklıklarda hava bulunan ortamlar
- 4) Alev yada radyasyon olan ortamlar

Koruyucu giysiler şu parçaları içerir :

- 1) Kulaklıklar
- 2) Bot ve parmak koruyucular

- 3) Kask ve sert şapkalar
- 4) Eldivenler
- 5) Gözlük, panel ve göz koruyucular

www.ozelozel.com.tr



10. BAKIM MALİYETİ

Cihazın etkin bir performans göstermesi için tatminkar bir şekilde bakım sağlanması gerektiğinden, bakım periyodu cihazın yaşam çevrimindeki en önemli elemandır. Bakım masrafları basit olarak, cihazların çalışır durumda tutulabilmesi için gerek duyulan malzeme ve işçilik harcamalarıdır (Mckenna ve Oliverson, 1997). Bakımla ilişkili temel harcamaları dört kalemde toplayabiliriz :

- 1) Doğrudan harcamalar
- 2) Bekleme maliyeti
- 3) Bozulma maliyeti
- 4) Bozuk ürün maliyeti

Doğrudan harcamalar, periyodik incelemeler ve koruyucu bakımlar, onarım masrafları, overhol masrafları ve servis masrafları gibi cihazın çalışabilir durumda tutulmasını için yapılan harcamaları içerir. Bozuk ürün maliyeti, ana cihazdaki arızadan ve yedekte bekleyen cihazın bulunmaması yada sorunlu olması nedeniyle meydana gelen ürün kayıplarını içerir. Bozulma maliyeti, yetersiz yada adi bakımdan kaynaklanan cihazın yaşam çevrimi içerisindeki bozulma/gerileme ile ilgilidir. Bekleme maliyeti ise, yedekte bekleyen cihazların çalıştırma ve bakım maliyetlerini içerir. Yedek cihazlar, ana cihazdaki arıza yada bakım gibi durumlarda kullanılan cihazlardır.

10.1 Bakım Maliyeti ve Bakım Maliyetini Etkileyen Faktörler

Bakım maliyetini birçok faktör etkiler. Örneğin cihazı durumu (tip, yaş v.b.), operatörün tecrübesi, şirket politikası, servis tipi, eğitimli bakım personeli, çalışma koşulları, cihaz özellikleri ve düzenli kontrol gibi...

Ayrıca bakım maliyetinde ve planlanmasında şu hususlara dikkat edilmelidir (Lewitt, 1997):

- Bakım maliyetini etkileyen hususlar tespit edilmeli
- Bütçe hazırlanmalı
- Harcamalar kontrol edilmeli
- Sistem/cihaz dizaynına bilgi akışı sağlanmalıdır
- Cihaz yaşam çevrimi maliyet çalışmalarına bilgi sağlanmalıdır
- Cihaz değişimi ile ilgili kararlar verilmelidir
- Sanayi ortalamalarına göre bakım maliyeti etkinliği karşılaştırılmalıdır

- Optimum koruyucu bakım politikaları geliştirilmelidir
- Bakım konusunda rekabetçi bir yaklaşım sergilenmelidir
- Üst kademe yönetime geri besleme yapılmalıdır
- Verimlilik artırılmalıdır

10.2 Bakım Bütçesi Çeşitleri

Bakım bütçesi, bakım bölümünün faaliyetleri için gerekli kaynakların kontrolünde önemli bir araç olarak rol oynar. Bütçe yönetimi, bölümün etkinliğini kontrol etmek, yönetmek ve ölçmek için, çeşitli hesap yöntemleri ve bilgisayar destekli sistemler kullanır (Hartmann, Knapp, Johnstone ve Ward, 1981). Bakım faaliyetlerinde genellikle şu iki çeşit bütçe kullanılır :

- 1) Operasyon bütçesi
- 2) Proje bütçesi

Operasyon bütçesi, organizasyondaki her bir bölüm için önceden tahmin edilen faaliyet masraflarının kategori kategori ayrıntılı olarak dökümüyle ilgilidir. Bu tip bütçenin amaçlarından biri, işçi ve malzeme masraflarını ve gelecek yılın tahmini genel giderlerini kontroldür. Bütçe, koruyucu bakım, yarı-yıllık tesis bakımı ve overholler, küçük iyileştirmeler ve rutin onarımları içerir.

Proje bütçesi, bilgisayar destekli bakım yönetim sistemi, büyük bütçeli cihaz alımları ve büyük inşa projeleri gibi özel projelerle ilgilidir. Bu gibi projelerin kaynağı operasyon bütçesinde yer almaz.

10.3 Bütçe Hazırlama Yaklaşımları

Geçmişe dayalı yaklaşım ve sıfır-tabanlı bütçe yaklaşımları en etkin iki bütçe hazırlama yaklaşımlarıdır (Westerkamp, 1997).

Geçmişe dayalı yaklaşım ile, bütçe geçmişe dayalı bir temele oturtulur. Birçok bütçe bu kategoridedir. Bütçe hazırlamakla görevli profesyoneller, gelecek yılın harcama tahminleri için geçmiş yılların tecrübe ve bilgilerine güvenirler. Bu yaklaşım etkindir, rasyoneldir ve nispeten daha az kağıt işi gerektirir. Ancak geçmiş yıllarda yapılan hatalar tekrarlanma eğilimindedir ve etkin olmayan operasyonlar etkin olanlarla orantılı kaynak bulur.

Sıfır-tabanlı yaklaşım, bütçeyi tabandan herhangi bir geçmiş bilgi olmaksızın tasarlamak ile ilgilenir. Her bütçe kalemi güncel ihtiyaçlar yada sermayenin önceliğine göre doğrulanır.

Bütçe kalemleri ve alt bileşenleri öncelik sırasına göre iş paketlerine ayrılır ve daha sonra bu paketler üç kategori olarak sınıflandırılır. Bunlar (Westerkamp, 1997):

- 1) Kanunun gerektirdiği masraflar
- 2) Kanunun gerektirmediği masraflar
- 3) Yeni bütçe kalemleri

Sıfır-tabanlı bütçe yaklaşımının bazı avantajları :

- Daha dikkatli ve tam süreç
- Uygun sermayenin daha iyi kullanımı
- Organizasyon hedef ve amaçlarının yönetimin her kademesinde daha iyi anlaşılması

Sıfır-tabanlı bütçe yaklaşımı, daha detaylı süreç gerektirdiği için daha fazla zaman harcar ve geçmişe dayalı bütçe yaklaşımına göre daha fazla kağıt işi gerektirir.

10.4 Bakım Bütçesi Hazırlama Yöntemi

Bu alanda çalışan profesyoneller bütçe hazırlamak için bir süreç geliştirmişlerdir (Westerkamp, 1997) :

- Geçmiş birkaç yılın eğilimleri hakkında bilgi toplanmalıdır
- Masraf ve gelişimler hakkında muhasebe bölümünden bilgi alınmalıdır
- Satış bölümünden bilgi alınmalıdır
- Özellikle yüksek bakım masrafına sahip cihazlar olmak üzere bakımlar için adam-saat bilgilerine karar verilmelidir
- Özellikle yüksek maliyetli ve büyük hacimli olmak üzere, bölümlerin ihtiyaç duyacağı malzeme miktarı tahmin edilmelidir
- Genel giderler tahmin edilmelidir
- Harcamalar ve masraflar haftalara yayılmalı ve her ay için toplanmalıdır
- Özellikle malzeme, işçi ve genel giderler gibi önemli değişkenler için ayrı masraf kartları açılmalıdır
- Tek ve toplam masraflar periyodik olarak güncellenmeli ve uygun tablolar üzerine işaretlenmelidir

11. YAZILIM BAKIMI

Günümüzde bilgisayar uygulamaları hayatın hemen hemen her alanında mevcuttur. Her geçen yıl bilgisayar yazılımlarının bakımı için ayrılan bütçe miktarı artmaktadır. Yazılım bakımı, yazılım sistem yada bileşenlerinin hatalarını gidermek, performans ve niteliğini arttıracak şekilde geliştirmek veya kullanıldığı çevrede meydana gelen değişikliklere adapte etmek olarak tanımlanabilir. Yazılım bakımı, kullanılan yazılımın yaşam çevrimi boyunca önemli bir yer tutmaktadır ve etkili, güvenli ve uygun bir maliyet ile uygulanmazsa birçok problemlere yol açabilir.

11.1 Yazılım Bakımı Faktörleri ve Elemanları

Şu faktörler ve elemanlar yazılım bakımı ile alakalıdır :

- Yazılım bakımı maliyeti toplam yaşam çevrimi boyunca masrafların % 40-90'lık bir bölümünü oluşturur (Foster, 1993)
- Bir yazılımın yaşam çevrimi, 1-3 yıl geliştirme ve 5-15 yıl kullanımda geçer (Fairley, 1985)
- Bir yazılımın yaşam çevriminin %80'ini bakımlarda geçer (Charette, 1986)
- Bir yazılımı geliştirmek için harcanan her bir doların yanında, o yazılımı yaşam çevrimi boyunca güncel tutabilmek için yapılacak harcamalar için bütçeye bir dolar daha dahil edilmelidir (Boehm, 1981)
- Yazılım bakım harcamaları, yazılım harcamalarının %70'ini oluşturur (Stacey, 1999)
- Birçok yazılım bakımı, yaklaşık %20'sinin hataların düzeltilmesi olduğu gizli geliştirmelerdir (Glass, 1975 ; Stevenson, 1995)
- Yapılan bir araştırma, her yıl basit yada kolay programların %15'inin, orta dereceli programların %5'inin ve karmaşık programların %1'inin değiştirildiğini ortaya koymuştur (Boeing Company, 1979)
- Ortalama maliyeti 1 milyon dolar olan bir yazılımın yaşam çevrimi boyunca yaklaşık %5'lik kısmı değiştirilir. Ancak yapılan bu %5'lik değişimin maliyeti değiştirilmeyen %95'lik kısmın ilk yazılım maliyetine hemen hemen eşittir (De Marco, 1982)
- Ortalama bir yazılımın bakımıyla, yeniden yazılımı da dahil olmak üzere yaklaşık 10 kişi ilgilenir (Van Tassel, 1978)
- Mevcut bir yazılımın bakımı, geliştirmeye ilgili tüm çabaların %60'ını harcar (Stacey, 1999)

11.2 Yazılım Bakımının Önemi ve Bakım İhtiyaçlarının Çeşitleri

Yazılım bakımının önemi bir organizasyondan diğerine değişiklik gösterir. Bireyler yönetim hiyerarşisi içerisinde yükseldikçe yeni gelişimler karşısında bakıma verdikleri önem artmaktadır. 487 tane organizasyonda yapılan çalışmalar sonucunda bakım faaliyetleri şu şekilde sınıflandırılabilir (Lientz ve Swanson, 1980 ; Coggins, 1994) :

- Kullanıcılar için artırma : % 41,8
- Uyarlama : % 17,3
- Acil hata giderimi : % 12,4
- Rutin hata giderimi : % 9,3
- Donanım üzerinde yapılan değişiklikler : % 6,2
- Dokümantasyon geliştirme : % 5,5
- Yazılım geliştirme : % 4
- Diğer : % 3,4

Organizasyonların ihtiyaç duyduğu bakımlar ise altı gruba ayrılabilir :

- Raporların tekrar formatlanması : %10
- Mevcut raporlara bilgi eklenmesi : %27,1
- Yeni raporlar : %40,8
- Raporların kısaltılması : % 5,6
- Raporların birleştirilmesi : % 6,4
- Diğer : %10,1

11.3 Yazılım Bakımı Çeşitleri

Yazılım bakımı, aynı anda sistem gelişiminin dört durumuna odaklanır (Pfleeger, 1998):

- 1) Sistemin çalışması üzerinde günlük kontrolün sağlanması
- 2) Sistem ile ilgili iyileştirmeler üzerinde kontrolün sağlanması
- 3) Mevcut ve kabul edilebilir fonksiyonların birleştirilmesi
- 4) Sistem performansının kabul edilemez seviyelere düşmesinin önlenmesi

Bu dört aktivite sırasıyla, düzeltici bakım, uyarlayıcı bakım, birleştirici bakım ve koruyucu bakım olarak da bilinir (Pfleeger, 1998). Bu bakımlar incelenecek olursa :

- Düzeltici Bakım : Bu süreç, hataların tespiti ve düzeltilmesi işlemlerini içine alır. Koruyucu bakımı geliştirmek için bazı yöntemler, yüksek seviyeli dillerin kullanılması, modülleri mümkün olduğunca küçük tutmak olabilir

- Uyarlayıcı Bakım : Bu faaliyet yazılımı etkin bir şekilde değişikliklere uyarlar (hem yazılım hem de donanım). Bu bakım hataları düzeltmez sadece sistemin gelişmelere uyumunu sağlar
- Birleştirici Bakım : Bu faaliyet imkanları arttırır, mevcut fonksiyonları geliştirir ve genel gelişim sağlar. Birleştirici bakım, toplam bakım çalışmalarının %50'sini kapsar
- Koruyucu Bakım : Bu faaliyet, yazılımın potansiyel güvenilirliğini/bakım tutum uygunluğunu arttırmak için veya gelecekte yapılacak geliştirme çalışmalarına temel teşkil etmek için yapılabilir. Bu bakım genellikle, yazılım mühendisleri tarafından henüz bir arızaya yol açmamış ancak gelecekte arıza çıkarması olası hataların belirlenmesinden sonra uygun düzeltici önlemlerin alınabilmesi için yapılır. Koruyucu bakım hala nadir olarak uygulanmaktadır

11.4 Yazılım Bakımı Problemleri

Yazılım sistemlerinin bakımı, kullanımda olduklarından dolayı güçtür. Bunun için değişiklik ihtiyacı ile sisteme kullanıcılar tarafından erişimin idamesi arasındaki uygun denge sağlanmalıdır. Yazılımın çabuk ve ucuz bir şekilde değiştirilmesi teknik ve yönetsel bazı problemlere yol açabilir. Ayrıca, bakım yapılan birçok yazılım sistemleri oldukça büyük ve karmaşık olduğundan, laboratuvar ortamında geliştirilen çözümler endüstriyel boyutlara yada daha küçük boyutlara indirgenememektedir.

Yazılım bakım sorunları, personel problemleri, uzlaşma ihtiyaçları, bakım maliyetleri ve teknik problemler olarak sınıflandırılabilir. Ayrıca bazı bakım problemleri de, bakım ihtiyaçlarının tam olarak anlaşılamamasından ve bakım personelinin düşük moral seviyesinden kaynaklanmaktadır. Neyin değiştirileceğinin açık bir şekilde anlaşılması önemlidir, çünkü yazılım bakımında harcanan toplam sürenin %47'si bu işlem için harcanmaktadır. Ayrıca bakım personelinin karşılaştığı sorunların %50'sinden fazlasını kullanıcıların anlama eksiklikleri ve düşük kapasiteleri oluşturmaktadır (Lientz ve Swanson, 1981).

Teknik bakım problemleri olarak da, yazılım içinde bir yerde yapılan değişikliğin dalga etkisiyle başka yerlerde yeni problemlere yol açması gösterilebilir. Bakım personeli bu gibi dalga etkilerini önceden hesaplamak ve göz önünde bulundurmak zorundadır.

11.5 Yazılımın Bakıma Uygunluğu

Yazılımın bakıma uygunluğu iki değişik yönde incelenebilir (Pfleeger, 1998):

1. Harici bakış
2. Dahili bakış

Birinci durumda bakıma uygunluk ürünün kendisine, amaçlanan yazılım kullanımına, destekleyici dokümantasyon ve aletlere bağlıdır. Bakıma uygunluk sadece kullanılan kod ile sınırlı değildir. Özellikler, dizayn ve test planı dokümanları gibi diğer yazılım ürünlerini de tanımlar. Netice olarak, bakıma uygunluk bakım yapılacak her ürün için önemlidir.

Dürüstçe söylemek gerekirse bakıma uygunluk, kolay anlaşılabilirlik, kolay teşhis edilebilirlik ve test ile kolay değiştirilebilirliğin bir ölçüsüdür. Harici bakış şu parametreleri içerir :

- Ortalama onarım süresi
- Çözümeyen problemlerin toplam sayısı
- Çözümeyen problemler için harcanan toplam zaman
- Geliştirilen yada değiştirilen toplam parça sayısı
- Yazılım sisteminde yeni hatalar meydana getiren iyileştirmelerin yüzdesi

Etkili bakıma uygunluk için en iyi ölçüm parametresi ortalama onarım süresidir. Hesaplanabilmesi için gereken bilgiler şöyledir (Pfleeger, 1998):

- Problemin rapor saati
- Problem üzerinde analiz için gerekli zaman
- İdari gecikmelere bağlı toplam zaman kaybı
- Yapılacak iyileştirmelerin belirlenmesi için gereken zaman
- Değişikliği yapmak için gereken zaman
- Yapılan değişikliği kayıtlara geçirmek için gereken zaman
- Yapılan değişikliği test etmek için gereken zaman

Dahili Bakış, yazılımın bakıma uygunluğunu ölçmek için birçok ölçüm parametresi kullanır. Örneğin karmaşıklık ölçüm parametresi bakım faaliyetleri ile doğru orantılıdır. Yazılım karmaşıklaştıkça bakım için harcanacak çaba ve zaman da artacaktır. Orantı ve ölçüm parametresi aynı olmamakla birlikte yetersiz dokümantasyona sahip ve yapısal olarak zayıf ürünler ile bakımları arasında da bir ilişki mevcuttur.

11.6 Yazılım Konfigürasyon Yönetimi

Yazılım konfigürasyon yönetimini, yazılımın geliştirilme aşamasında başlayan ve yazılımın kullanımına son verilmesine kadar geçen sürede yapılan izleme ve kontrol faaliyetleri olarak tanımlamak mümkündür. Değişiklikleri takip etmek oldukça mücadele isteyen bir iştir. Genellikle, sistem karmaşıklıklaştıkça yapılan değişiklikler daha fazla parçayı etkiler.

Bu nedenle, konfigürasyon yönetimi bakım müddetince önemli ve kritik bir faktördür. Konfigürasyon yönetimi, hataların giderilmesi ve gelişme sağlanabilmesi için kullanıcıların ve müşterilerin ihtiyaçları doğrultusunda birçok bakım odaklı değişiklik gerektirmesi bakımından, bir konfigürasyon kontrol heyeti oluşturularak yapılır. Değişiklikleri idare eden heyetin üyeleri müşteriler, kullanıcılar, geliştiriciler gibi ilgili gruplardır. Her problem şu şekilde ele alınır (Pfleeger, 1998):

Bir problem tespit eden kullanıcı, müşteri yada geliştirici, kayıt tutmak için tüm belirtileri içeren resmi değişiklik kontrol formu tutar. Daha sonra amaçlanan değişiklik hakkında heyet bilgilendirilir ve yapılan heyet toplantısında bu değişiklik tartışılarak öncelikler belirlenir, bu önceliklere göre görevlendirmeler yapılır. Görevli personel problemin kaynağını tespit ederek kopya bir program üzerinde çalışır ve problemi ortadan kaldırır ve gerekli testleri yapar. Yapılan testler sonucunda herhangi bir problem ile karşılaşılmazsa değişiklikler ana programa uygulanır ve dokümana kaydedilir.

Burada en kritik işlem değişikliklerin programa uygulanmasıdır. Konfigürasyon yönetim ekibi herhangi bir parça yada dokümanın güncel durumu hakkında devamlı bilgi sahibi olmalıdır. Bu da etkin bir iletişim gerektirir.

11.7 Etki Analizi

Yazılım bakımı, kullanıcı yada müşterinin ihtiyaçları ile başlar ve buna bağlıdır. Görünüşte küçük bir değişiklik gibi görünen bir şey daha kapsamlı ve yerine getirilmesi tahmin edilenden daha masraflı olabilir. Bazen, özellikle değişikliğin karmaşık olduğu durumlarda değişikliğin sebep olacağı etki üzerine çalışmalar yapmak yararlı bilgiler sağlayabilir. Etki analizi, amaçlanan değişikliğe bağlı risklerin, çaba, kaynaklar ve plan gibi faktörlere olan etkisini de kapsayacak şekilde hesaplanması olarak tarif edebilir.

11.8 Bakımların Azaltılması

Bakım miktarının azaltılması, bakım verimliliğinin artmasına yardımcı olur. Güncel bilgiler, yetenek ve teknikler ile donatılmış bir bakım grubu bakım verimliliği ve kalite gelişiminin semeresini alır.Yazılım bakımının azaltılması için bazı yöntemler (Stevenson, 1995 ; Fairley,1985) :

- Portatif sistem ve aletlerin kullanımı
- Koruyucu bakım yaklaşımının uygulanması
- Artış ve gelişim ihtiyaçlarının önceden tayin edilmesi ve programın bu gelişimlerin kolayca yapılabilecek şekilde tasarlanması
- İnsan faktörünün tasarım aşaması boyunca göz önünde bulundurulması
- Fonksiyonlar ikiye ayrılmalıdır : değiştirilebilenler ve daha sabit olanlar
- Standart metodolojinin kullanılması
- Bakım programcıları arasında etkin iletişimin kurulması
- Bakımların sadece belirli günlere planlanması ve değiştirilmesine müsaade edilmemesi

11.9 Yazılım Bakım Masrafları

Günümüzde yazılımların bakım masrafları, yazılımın yaşam çevrimi içerisinde önemli yer tutmaktadır. 1970'lerde yazılım geliştirme çalışmaları bir yazılımın toplam bütçesinin neredeyse tamamını kullanırken, 1990'larda yazılımın bakım masraflarının yaşam çevrimi boyunca olan masrafların yaklaşık %80'ini kapsadığı tahmin edilmektedir. Bakım masrafları için şunlar söylenebilir (Pfleege, 1998):

1. Genellikle geliştirme maliyetinden yüksektir
2. Genellikle eski dillerin bakımı kullanılan dilin ve işlemcinin eski olması nedeniyle masraflıdır
3. Teknik yada teknik olmayan konular bakım maliyetini önemli ölçüde etkiler

Bakım maliyetini etkileyen çeşitli faktörler şunlardır (Pfleege, 1998) :

1. Programlama stili, dili ve yaşı
2. Personel
3. Dokümanların kalitesi
4. Konfigürasyon yönetimi

5. Donanımların durumu
6. Uygulama alanı
7. Dış ortam
8. Programın geçerliliği ve test edilmesi

11.10 Yazılım Bakım El Kitabı ve Yazılım Bakımında Standartlar

Yazılım bakım el kitabı, kullanıcının gerekli değişiklikleri yapabilmesi için gereken teknik bir araç olarak tarif edilebilir. Bu dokümanın asıl amacı, bakım personeline sistemin uygulamaları ve konfigürasyonu hakkında genel ve özel bilgiler sağlamaktır. Kitap içerisinde test yöntemleri, prosedürler, bakım araçları, güvenlik gibi konuları da içermelidir.

Yazılım bakımı konusunda iki önemli standart, IEEE-STD-1219-1993 IEEE Standart For Software Maintenance ve International Organization For Standardization/International Electrotechnical Commission Standart ISO/IEC 14764'dır.

IEEE standartları, yazılım bakımıyla ilgili yönetim ve uygulama süreçlerini detaylı olarak anlatır. Bu standardın temeli yedi basamaklı bir yazılım bakım metodudur (IEEE-Std-1219-1993, 1994) :

- 1) Problemin tanımı
- 2) Analiz
- 3) Tasarım
- 4) Uygulama
- 5) Sistem testi
- 6) Kabul testi
- 7) Dağıtım

12. GÜVENİLİRLİK

Güvenilirlik, bir cihazın belirli koşullar altında kullanıldığında kendisinden beklenen performansı belirtilen süre boyunca gösterme olasılığıdır. Cihaz bakımında önemli bir faktördür çünkü, düşük cihaz güvenilirliği daha fazla bakım gereksinimi anlamına gelir.

12.1 Cihaz Güvenilirliği Problemlerinin Kaynağı

Bir tesisin verimlilik için temel ihtiyacı, ürün kalitesi, kazanç, ürün kapasitesi gibi faktörler sebebiyle cihaz güvenilirliğidir. 30 yıllık bir periyot boyunca toplanan verilere dayanan bir çalışmaya göre cihaz güvenilirliği problemlerinin kaynağı altı gruba ayrılmıştır :

- 1) Satış ve pazarlama
- 2) Bakım
- 3) Satın alma
- 4) Üretim planlama
- 5) Üretim uygulamaları
- 6) Tesis işletimi

Mühendislik sistemlerinin güvenilirlik analizleri üç ayrı evre ortaya çıkarmıştır. Bunlar, doğum periyodu, kullanılabilir ömür periyodu ve aşınma/tükenme periyodudur. Doğum periyodu ayrıca hataları giderme yada ölü bebek ölüm periyodu olarak da adlandırılır. Bu periyot boyunca şu sebeplere bağlı olarak tehlike oranı artar ve hatalar ortaya çıkar :

- Yetersiz kalite kontrol
- Yetersiz malzeme
- Yetersiz test prosedürleri
- Yanlış birleştirme yada kurulum
- Yetersiz imalat süreci
- Yetersiz son test
- Yanlış paketleme yada nakliyat
- Yetersiz teknik eğitim
- Güç dalgalanmaları
- Sıra dışı parçalar

Kullanılabilir ömür periyodunda tehlike oranı sabit ve hatalar/arızalar rasgele yada tahmin edilemez biçimde oluşur. Bu periyotta meydana gelen hata/arızaların sebeplerinden bazıları yetersiz tasarım, doğru olmayan kullanım koşulları, belirlenemeyen kusurlar, insan hataları ile kötü kullanım ve kaçınılmaz arızalardır.

Aşınma periyodu, cihaz kullanılabilir ömrünü tamamladığında başlar. Bu periyot boyunca tehlike oranı artar. Bu periyotta meydana gelen arızaların kaynağı, yaşa bağlı eskime, yetersiz yada uygun olmayan koruyucu bakım, sınırlı ömre sahip parçalar, sürtünmeye bağlı aşınma, korozyon ve doğru olmayan overhol uygulamalarıdır. Bu periyotta meydana gelen arızalar etkili koruyucu bakım prosedürleri ve politikaları ile uygun parça değişimleri sonucunda önemli ölçüde azaltılabilir.



13. BAKIMA UYGUNLUK / ONARILABİLİRLİK

Onarılabilirlik, bir cihaz onarımı işi olan bakım faaliyetinden farklı olarak onarım zamanını düşürmeyi amaçlayan bir tasarım parametresidir (Smith ve Babb, 1973).

13.1 Terimler, Tanımlar ve Onarılabilirliğin Önemi

Bakıma uygunluk / onarılabilirlik konusunda önemli tanımlar aşağıda verilmiştir (Von Allen, 1964 ; Naresky, 1970 ; AMCP-706-133, 1976 ; Omdahl, 1988 ; MIL-STD-721) :

- Bakıma Uygunluk/Onarılabilirlik : Arızalı bir cihazın kabul edilebilir çalışma sınırlarını sağlayacak şekilde onarılabilme özelliği
- Onarım Mühendisliği :Uygun bakım karakteristikleri açısından değerlendirildiğinde, doğal olarak bakım tutumu kolay olan cihaz yada parça geliştirmek için bilimsel yetenek ve bilgilerin uygulandığı mühendislik
- Arıza zamanı : Cihaz yada parçanın arıza nedeniyle atıl kaldığı toplam süre
- Servis Uygunluğu : Arızalı cihazın çalışabilir duruma getirilmesi işleminin kolaylık/zorluk derecesi

Bakıma uygunluk/onarılabilirliğin önemini birçok faktör etkiler. En çok etkileyen faktörler ise yüksek işletim ve destek maliyetleri, arızalar ve bakımlardır. Bu kavramın temel amacı cihazların çalışabilirliğini maksimum seviyede tutmaktır. Diğer konular ise, dizayn aşamasından itibaren bakımı basitleştirerek tahmin edilen bakım süresi ile zamanını azaltmak, yapılacak bakım için adam-saat ve diğer kaynakları hesaplamak ve cihazın çalışabilirliğini/arıza durumunu incelemek için kayıtları kullanmaktır.

13.2 Sistem Yaşam Çevrimi Boyunca Yönetim

Yeterli ve etkin bir tasarım, sistemin yaşam çevrimi boyunca karşılaşılan bakım sorunları ciddi bir biçimde ele alınarak meydana getirilebilir. Bu da, yaşam çevrimi boyunca kullanıcı ile üretici arasında bakım uygunluk/onarım programını da içeren bir iletişimin kurulması demektir. Bu iletişim, kullanıcının sistem için bakım istekleri ile diğer ihtiyaçlarını ve üreticinin bu istek ve ihtiyaçlara cevabını içerir. Bir sistemin yaşam çevrimi 4 aşamaya ayrılabilir (AMCP 706-133) :

- 1) Kavram Geliştirme : Bu aşamada yüksek riskler belirlenir ve operasyon ihtiyaçları, operasyon gereklerine çevrilir. Bu safha boyunca bakım/onarım kavramı, görev gereklerinin karşılamak için bakım ve lojistik destek politikalarının oluşturulması ile

birlikte sistemin etkinlik gerek ve kriterlerine karar verilmesidir. Sistemin bakım/onarım gerekleri geliştirilmeden önce şu konular açıklığa kavuşturulmalıdır (AMCP-706-133, 1976) :

- İşin detayları, sistemin çalışma şekilleri v.b.
- Sistemin kullanılma oranı ve zaman faktörlerinin hesabı
- Global lojistik destek konuları ve kavramları
- Sistem yaşam çevriminin hesabı

2) Onaylama : Bu safhada, bir önceki safhada belirlenen ve formüle edilen operasyon gerekleri sistemin dizayn gereklerine bağlı olarak geliştirilir. Bu safhanın ana konusu, maliyet, performans ve destek konuları ve planlar etkin bir şekilde hesaplanıp hazırlanmadan tam dizaynın başlamamasını sağlamaktır. Bakım/onarım kavramı özellikle şu konularla ilgilenir (AMCP-706-133, 1976) :

- Bakım/onarım planlarının hazırlanması ve kontrat gereklerine göre gösterilmesi
- Güvenilirlik, bakım uygunluğu/onarılabilirlik ve sistemin etkinliğine bağlı gereklerin belirlenmesi
- Onaylama ve takip eden tasarım aşaması için bakım uygunluğu/onarılabilirlik politikası ve prosedürlerinin hazırlanması
- Tüm organizasyonun bakım uygunluğu/onarılabilirlik faaliyetlerinin koordine edilmesi ve izlenmesi
- Bakıma uygunluk/onarılabilirlik tahminlerinin yapılması
- Bakım ile ilgili analizlerde bakım/tutum mühendislerine yardım sağlamak
- Bilgi toplama ve analiz işlemleri için planlar hazırlama
- Bakıma uygunluk/onarılabilirlik konusunda teşvik ve cezalar koymak
- Bakıma uygunluk/onarılabilirlik konularıyla ilgili tasarım gözden geçirme çalışmalarına katılmak
- Bakım/tutum mühendislerinin yardımıyla, tasarım aşamasında kullanılmak üzere bakıma uygunluk/onarılabilirlik konusunda rehber geliştirmek

3) Üretim : Bu safhada sistem üretilmiş, test edilmiş ve gönderilmiştir. Bu zamana kadar bakıma uygunluk/onarılabilirlik mühendisliği tarafından tasarım çok büyük oranda tamamlanmış olsa bile, bu safha boyunca bakıma uygunluk/onarılabilirlik konusuyla ilgili şu görevler devam eder (AMCP-706-133, 1976) :

- Bütün üretim sürecinin izlenmesi

- Bakıma uygunluk/onarılabilirlik, bakım kavramı ve tedarik planlarına olan ters etkileri ile ilgili olarak üretim test süreçlerinin incelenmesi
 - Değişiklik tekliflerinin bakıma uygunluk/onarılabilirliğine olan etkileri üzerinde araştırma
 - Bakıma uygunluk/onarılabilirliği etkileyebilecek zıtlıklarının uygun şekilde giderilmesi
 - Sistemin bakıma uygunluk/onarılabilirliğini zayıflatabilecek süreç v.b. durumların kontrolünde yer almak
- 4) Operasyon : Bu safhada, sistem kullanılmaktadır, uygun şekilde geliştirilmiş ve lojistik olarak desteklenmiştir. Operasyon safhası süresince bakım, overhol, eğitimi ikmal, ve malzeme hazırlık durum ihtiyaçları ve sistemin karakteristikleri açık bir hal almıştır. Belirli bir bakım ihtiyacı bulunmamasına rağmen sistemin maliyet etkinliğinin ve lojistik desteğinin görülmesi açısından en önemli safhadır. Bunun yanı sıra, gelecekte kullanılmak üzere yaşam çevrimi konusunda birçok bilgi toplanabilir (AMCP-706-133, 1976).

13.3 Bakıma Uygunluk/Onarılabilirlik Tasarım Karakteristikleri ve Belirli Faktörler

Tasarım süresince üzerinde durulması gereken bakıma uygunluk/onarılabilirlikle ilgili sistem yada cihaz karakteristiği vardır. Bunlardan bazıları, modüler tasarım, göstergeler, birbirinin yerini tutabilme, insan faktörü, güvenlik, test noktaları, standardizasyon, kontroller, aydınlatma, ağırlık, yağlama, giriş kolaylığı, kurulum, eğitim ihtiyaçları, ayarlama ve kalibrasyon, aletler, etiketleme ve markalama, test aletleri, kullanım kılavuzları, çalışma ortamı, kapak ve kapılar, boyut ve biçim, arıza gösterimi, bağlayıcılar ve test adaptörleridir (AMCP 706-133, 1976). Bu karakteristiklerden bazıları incelenecek olursa :

- 1) Giriş kolaylığı : Bu özellik, parça değişimi, servis yada onarım için cihaz içine yada ilgili parçaya kolay ulaşım/girişi ifade eder. Giriş/ulaşımın zor olması yetersiz bakıma sebep olur ve bu durum bir bakıma uygunluk/onarılabilirlik problemidir. Giriş kolaylığını birçok faktör etkiler. Bunlar :
- Parçanın yeri ve ilgili olduğu ortam
 - Giriş mevkilerinin sıklığı
 - Parçaya ulaşmak için gereken mesafe
 - Giriş kullanılarak yapılacak bakım tipi
 - İş yapabilmek için gereken görüş şartları
 - Belirli bir işi yapabilmek için gereken aletleri tipi
 - Giriş kullanıldığı takdirde karşılaşılabilecek tehlikeler

- İşi yapmak için gereken iş ortamının rahatlığı
- İşi yapmak için gereken zaman
- Personel tarafından giyilecek kıyafetlerin tipi

Girişlerin tasarımı için rehber olabilecek hususlar ise (AMCP-706-134, 1972):

- Girişler yapılacak iş için maksimum rahatlık sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır
- Girişler tehlikeli bir şekilde çalışan parçalardan ve yüksek voltaj kaynaklarından güvenli bir mesafede tasarlanmalıdır
- Girişler göstergeler, test noktaları, kontrol üniteleri ile aynı yönde olmalıdır
- Girişler cihazın kurulumunda etkin bir şekilde kullanılabilmelidir
- Girişler ağır parçaların kaldırılarak çıkarılması yerine çekilerek çıkarılmasına imkan verecek şekilde olmalıdır

2) Modülerlik : Modülerlik, bir ürünün parçalarının fonksiyonel ve fiziksel olarak birbirinden bağımsız olması ve yer değiştirme ile değiştirilmeye imkan tanınmasıdır. Bir sistemin modülerlik seviyesi maliyet, pratiklik ve fonksiyon gibi faktörlere bağlıdır. Diğer maddi kazançların yanında, tüm çaba lojistik olarak uygun ve pratik olan her durumda modüler yapının kullanılmasına yönelik olmalıdır. Modülerliğin bazı yararları, sökülebilir parçaların nispeten kolay bakımı, bakım zamanı ve pahalı personel eğitiminden tasarruf, basitleştirilmiş ve daha kısa sürede yapılan yeni dizaynlar, bakım sorumluluklarının bölünebilmesi, daha az alet ve bilgi ihtiyacı, mevcut cihaz üzerindeki eski parçaların gelişmelere bağlı olarak yeni parçalar ile değiştirilerek sürekli geliştirilebilmesi, üretici açısından tam otomatik üretim yapılabilmesi, arıza durumunda kolay teşhis ve arızalı parçanın kolayca değiştirilebilmesi ile daha etkin bakım ve buna bağlı olarak daha az atıl kalma zamanı (AMCP-706-134, 1972).

3) Atılabilir modüller : Atılabilen modüller arıza durumunda onarmak yerine yenisi ile değiştirilip atılmak üzere tasarlanırlar. Bakımın pahalı yada pratik olmadığı durumlarda kullanılırlar. Üstünlüğü sakıncalarından çoktur ve bakıma uygun modüller malzeme, işçilik ve alet açısından daha büyük masraflara ihtiyaç duyarlar. Arızalandığında atılan malzeme tasarımının en önemli faydaları, daha basit ve daha kısa sorun giderme yaklaşımı, daha küçük, daha basit ve daha dayanıklı olması, daha güvenilir modül tasarımına sahip olması, daha az yedek parça gereksinimi, daha az el aleti ve personel ihtiyacı, daha az onarım zamanı, üretim yöntemlerine bağlı olarak daha fazla güvenilirlik, daha iyi standardizasyon ve birbirinin yerini tutabilme şeklinde sıralanabilir. Dezavantajları ise, her zaman yedek parçaların hazır olması gerekliliğinden dolayı

envanter ihtiyacının yüksek olması, tekrar tasarım imkanının bulunmaması, ucuza mal olmalarını sağlamak için üretimden kaynaklanan bazı nedenlerden dolayı cihazın performansını ve güvenilirliğini etkilemesi, bakım ve arıza konusunda daha az bilgi toplanabilmesi ve gereksiz parça değişimlerinde artıştır.

4) Birbirinin yerini tutabilme : Uluslararası tasarımın bir yansıması olarak birbirinin yerini tutabilme, herhangi bir cihaz/parça yada ünitenin herhangi bir benzer cihaz/parça yada ünite ile değiştirilebilmesini ifade eder. Fiziksel ve fonksiyonel olmak üzere ikiye ayrılır. Fiziksel durumda, iki parça aynı koşullarda yerleştirilebilir, bağlanabilir ve kullanılabilir. Fonksiyonel durumda ise iki parça aynı görevi yerine getirir. Birbirinin yerini tutma konusunun temel fikri, arıza yada yıpranma nedeniyle sık sık değiştirilme yada onarılma ihtiyacı duyan parçaların toleransları yüksek olmalıdır ki, parçalar birbirleriyle rahat bir biçimde değiştirilebilsinler. Parça değişimi olmadan çalışması istenen cihazlarda ise bu özellik ekonomik olmayacaktır. Parçalar ve üniteler arasında maksimum değiştirilebilmenin sağlanması için bazı hususlar şöyledir (AMCP-706-133, 1976):

- Fiziksel değişim tasarım karakteristiği olduğu zaman, fonksiyonel değişiminde tasarım karakteristiği olması sağlanmalıdır
- Fonksiyonel değişim istenmediği zaman fiziksel değişime de ihtiyaç yoktur
- Boyut, biçim, yerleşim gibi karakteristiklerin farklı olmasından kaçınılmalıdır
- Kullanım kılavuzlarına ve parçaların üzerine, parçanın değiştirilip değiştirilemeyeceği açıkça belirtilmelidir
- Bütün bir değişimin yapılamadığı durumlarda göz önüne alınarak çeşitli adaptörler konulmalıdır
- Parça yada ünitelerin iyileştirme çalışmaları, parçaların yerleşim ve bağlantı karakteristiklerini değiştirmemelidir

5) Standardizasyon : Standardizasyon, parçanın tasarımında maksimum pratik benzerliği elde etmektir. Standart olmayan parçaların kullanımı güvenilirliği azalttığı ve daha fazla bakım gerektirdiği için, standardizasyon bir tasarımın temel amacı olmalıdır, ancak asla teknolojiye ilerlemeler ve gelişmeler ile çatışmasına da müsaade edilmemelidir. Standardizasyonun avantajları şöyledir (Ankenbrandt, 1963 ; AMCP-706-134, 1972) :

- Tasarım süresinde, üretim maliyetlerinde ve bakım maliyeti ile süresinde azalma
- Özel yada sınırlı toleransa sahip parçalara olan ihtiyaçta azalma
- Yanlış yada açık olmayan prosedürlerden kaynaklanan kaza ihtimalinde azalma

- Parçaların yanlış kullanımının önlenmesi
- Güvenilirlikte gelişim
- Stok ve eğitim ihtiyacı gibi konularda azalma

13.4 Bakıma Uygunluk/Onarılabilirlik Tasarımıyla İlgili Sıkça Yapılan Yanlışlar

Tasarım sırasında yapılan ve bakıma uygunluk/onarılabilirliği aksi yönde etkileyen bazı yanlışlar şu şekildedir (Pecht, 1995):

- Giriş kapısının çok fazla vida içermesi ve kapı kolu olmaması yada yanlış konumlandırılması
- Ayar yerlerinin bakım personelinin ulaşamadığı yerlerde bulunması ve eldiven kullanıldığı zaman ayar yapmanın zor olması
- Güvenilirliği az olan test cihazlarının yanlış arızalar bildirmesi
- Ayar vidalarının güç kaynaklarına yada sıcak noktalara çok yakın olması
- Kırılabilir parçaların bölmenin alt kısımlarına ve görülemeyecek yerlere yerleştirilmesi ve kazayla kırılabilmesi
- Sökülebilir parçaların, ünitenin bütününe sökmeden alınamayacak şekilde yerleştirilmesi
- Farklı modüllerin aynı bağlantı parçaları ile bağlanması, yanlış modüllerin yanlış yerlere monte edilmesine sebep olması
- Birkaç parçayı aynı vidanın tutması ve sonucunda hangi parçaların hangi vida tarafından tutulduğunun belirlenememesi
- Tornavida kullanılması gereken ayar yerlerinin, tornavida çalışamayacak kadar zor yerlere konumlandırılması

14. BAKIM HESAPLARI VE KONTROLLERİ

Bu hesap ve kontroller sonucu ortaya çıkan eksiklikler düzeltilmelidir.

14.1 Performans Hesabı

Kontrol, bakım işi ile ilgili tüm personelin performans hesabı ile başlamalıdır. Şu alanlar göz önünde bulundurulmalıdır (Wireman, 1994):

- İş bilgisi
- Performans
- Davranış
- İnisiyatif
- Yaratıcılık
- Beceri
- Liderlik
- Uyum
- Genel sağlık
- Vazifeye bağlılık

Denetimci pozisyonunda olanlar için şu hususlara da dikkat edilmelidir (Wireman, 1994) :

- Organizasyon kabiliyeti
- Yönetim performansı
- İdari yetenek

Her bir soru için 1-10 arası bir puan verilmelidir ve sonuçlar personel ile paylaşılmalıdır. Eğer organizasyonda genel bir zayıflık varsa o zaman toplu eğitim çözümleri düşünülmelidir.

14.2 Bakım Kontrolleri

Yapılan bakım işlerinin kontrol edilmesi, bakım işleri için bütçe, zaman ve iş gücü ayrılması kadar önemlidir. Bakım işleri, üretimi ve verimi en üst seviyeye çıkarmak ve bu seviyede sürdürmek için yapılmakla birlikte kontrol edilmeyen bakım işleri israfa ve zaman kaybına yol açabilir. Şu dört soru bakım kontrolü açısından önemlidir (Wireman, 1994) :

- 1) Bakım Kullanım Raporu kullanılıyor mu?
- 2) Rutin işler için taşeronlar kullanılıyor mu?
- 3) Fazla mesai, toplam adam-saatini %5'ini geçiyor mu?

4) Bakım işleri yakından takip ediliyor mu?

İlk soru için cevap “evet” ve diğer sorular için cevap “hayır” olmalıdır. Eğer değilse, farklılık gösteren alanlara dikkat edilmelidir. Planlama ve kontrol alanları, personel etkinliği konusu üzerinde durularak pekiştirilmelidir. Eğer personel etkin bir şekilde kullanılmıyorsa, planlama ve programlama fonksiyonlarına dikkatle bakılmalıdır. Eğer üretim artacaksa geliştirmeler yapılmalıdır.

Eğer aşırı derecede fazla mesai varsa, koruyucu bakım ve planlı bakım bu duruma yardımcı olacaktır.

Rutin işler için taşeronların kullanılması kaynak israfıdır. Eğer iş yükü rutin işlerin personel tarafından yapılamayacağı kadar çoksa, bu durumda işçi sayısı arttırılmalıdır.

14.3 Bakım Denetimcilerinin Faaliyetleri

Bakım denetimcilerinin ana sorumlulukları şu analizleri içerir (Wireman, 1994) :

- İş talepleri ile bakım imkanlarının karşılaştırılması
- İş talebi için uygun bakım imkanının analiz edilmesi
- Acil taleplerden dolayı işin aksamasının kontrol edilmesi
- Yedek parça yokluğu v.b. nedenlerden dolayı işin gecikmesinin önlenmesi
- Yapılan işin, kabul edilebilir kalitede olmasının sağlanması
- İş taleplerinin zamanında tamamlanması

Bakım denetimcileri, zamanının %60 ve daha fazlasını iş takip etmekle geçirebilecek şekilde yeterli personel desteğine sahip olmalıdır. Aşağıdaki faaliyetler bakım denetimcisi tarafından yapılmamalıdır :

- İş takviminin hazırlanması
- Envanter, malzeme ve aletlerin kontrol edilmesi
- İş emirlerinin alınması, kayıt edilmesi ve öncelik derecelerinin belirlenmesi
- İşçilere kullanım kılavuzları, teknik resimler, şemalar yada diğer diyagramların dağıtılması
- Cihaz onarım kartlarının tutulması

Eğer bu faaliyetler düzenli olarak bakım denetimcisi tarafından yapılıyorsa, denetimcinin zamanını yapılması gereken diğer işlere ayırabilmesi için personel desteği sağlanmalıdır.

14.4 Bakım Görev Organizasyonunun Analizi

Kullanılan iş emri sistemi, iş emri ile ilgili olan bölümleri, işçileri ve malzemeyi görevlendirmelidir.

İşin halledilmesi için anlık çözümler kullanılmamalıdır. Eğer yanlış bilgi tutulursa, bütçe analizleri, işçi ihtiyaçları, destekleyici raporlar gibi kayıtlar anlamsızlaşır. Bakım maliyetinin uygun şekilde takibi için uygun kayıtlar gereklidir.

14.5 Ambar Envanteri

Ambarlar, bakımlarda gerekli olan parçaların yanlış istiflenmesi, uygun olmayan ambar işlemleri gibi sebeplerle işin gecikmesine neden olurlar. Ambarlar ile ilgili şu sorular sorulmalıdır (Wireman, 1994) :

- Bakım envanteri muhafazalı mıdır?
- Envanterin toplam değerini bulmak kolay mıdır?
- Malzemenin mevcudiyeti iş planlamasından önce tespit edilebiliyor mu?
- Kullanılmayan parça yada malzemeler iş bitiminde ambara geri dönüyor mu?
- Tüm aletlerin, cihazların ve parçaların mevcudiyetine karar verilebiliyor mu?

Yukarıdaki sorulardan herhangi birinin cevabı hayır ise, ambar etkinliğinin artırılması için dikkat o yöne sarf edilmelidir. Küçük envanter sistemleri için el kayıtları ile yapılan kontroller yeterli olurken, maksimum tasarrufun sağlanabilmesi için büyük sistemlerin kontrolünde mutlaka bilgisayarlar kullanılmalıdır.

14.6 Bakım Faaliyetinin Destekleyicileri

Bakım bölümünün etkinliğine karar verebilmek için kilit alandır. Bu alandaki bazı problemler yetersiz iş emri planlama, yetersiz kayıtlar ve yetersiz programlamadır. Bakımın destekleyici fonksiyonları ile ilgili şu sorular sorulmalıdır (Wireman, 1994) :

- Her personel için iş derecelendirilmiş midir?
- Öncelikler güvenilir ve uygun mudur?
- İş gücünün büyüklüğünü kontrol için destekleyici faaliyetler kullanılıyor mu?
- Destekleyici faaliyetler gerekli atıl kalma süresini tahmin edebiliyor mu?

İş talepleri günlük olarak planlanmalıdır. Planlamalar öncelikleri, tamamlanma tarihlerini, işçilerin durumunu, malzemeleri ve cihazları göz önünde bulundurmalıdır.

Eski alışkanlıklardan kolay vazgeçilemeyeceği unutulmamalıdır. Eğer bakım fonksiyonları yıllardan beri yeterli etkinlikte değilse, evvelce bahsedilen değişiklikleri yapmak kolay olmayacaktır. Dereceli bir gelişim programı kullanılmalıdır. Bu tür programlar eski alışkanlıkların silinmesine yardımcı olur.



15. BAKIMLAR İÇİN İŞ EMİRLERİ

Bir bakım organizasyonunun bilgisayar sistemine geçmeden önce, bilgi toplama yöntemlerini belirlemesi ve uygulamaya geçirmesi gerekir. Bir organizasyonun bu bilgileri toplamak ve değerlendirmek için kullanabileceği en iyi araç iş emirleridir. İş talebi, bakım işinin başlatılması için kullanılan bir formdur. İş talebi onaylanınca, iş emri halini alır. İş emirleri şu konular hakkında bilgi vermelidir (Wireman, 1994) :

- Bakım performansı
- Bakım maliyetleri
- Cihaz tarihçesi

Bu bilgilerin dikkatlice kullanımı ile, bütçe tahminlerini yapabilecektir. Tüm bunlara ilave olarak iş emirleri şunları sağlamalıdır (Wireman, 1994) :

- 1) Bakım istekleri için bir yöntem
- 2) Bakım işleri ile başlangıç ve bitiş saatlerinin kayıt edilmesi için bir yöntem
- 3) Yapılacak işin tipinin belirlenmesi için bir yöntem
- 4) Yapılacak işin her bir adımı için detaylı bilgi sağlama yöntemi
- 5) Harcamalar belirli bir seviyeyi geçince işe devam edilebilmesi için bir yöntem
- 6) İşin planlanması için bir yöntem
- 7) Personel arası iş bölümü için bir yöntem
- 8) Kullanılan özel alet ve malzemenin kayıt edilmesi için bir yöntem
- 9) İşçi ve malzeme maliyetlerinin kayıt edilmesi için bir yöntem
- 10) İşçi ve denetim etkinliğinin ölçülebilmesi için kullanılabilecek raporların oluşturulması için bir yöntem
- 11) Tüm bakım faaliyetlerinin maliyet analizinde kullanılabilecek raporların oluşturulması için bir yöntem

15.1 İş Emri Numarası

İş emri sisteminin başarısı için anahtar, iş emri numarasıdır. Bu numara özel bakım isteklerini belirtir. Tüm bakım görevlendirmeleri (işçi, malzeme v.b.) bu numara ile belirlenir. İş emrini uygun şekilde kullanmak için acil, koruyucu, plan dışı yada planlı olsun, her iş emrine bir numara verilmelidir.

Planlı iş, planlanabilen ve herhangi bir gecikmeye yer vermeden tamamlanabilen iş talepleridir. Plan dışı iş, aynı yerde başka bir işte çalışan personel tarafından yapılan ve kısa bir süre devam eden iş talepleridir. Bu, eğer hemen tedbir alınmazsa acil bir durum yaratabilecek bir iş olabilir. Acil işler ise, arızalanan yada arıza yapmak üzere olan sistemlerde yapılan işlerdir. İşe başlamadan önce bir iş emri yazacak vakit olmayabilir ancak sistemin tam olarak çalışabilmesi için iş emri ilk fırsatta yazılmalıdır.

Koruyucu bakım iş emirleri, planlı iş emirleri ile aynı kategoridedir. Koruyucu bakım maliyetlerinin doğru olarak izlenebilmesi için ayrı olarak kayıt edilmelidir. Koruyucu bakımlar için sabit yada tekrarlayan iş emri numaraları verilebilir. Bu yöntem ile, belirli bir koruyucu bakım için yapılan görevlendirmelerin izlenmesini kolaylaştırır ve böylece koruyucu bakım işleminin maliyet etkinliği görülebilir. Koruyucu bakım haricinde kalan belirli periyotlarla tekrarlanan faaliyetler de sabit yada tekrarlayan iş emri numarası alırlar. Bu sistem yönetici tarafından, belirli işler için iş emri maliyetlerinin izlenmesini ve belirli işler için fazla zaman harcanmasını önler.

15.2 İş Emri Formları

İş emri numaralandırma sistemi kurulduktan sonra, iş emri formları düşünülmelidir. Bakım bölümü, çeşitli üreticiler tarafından hazırlanmış formları kullanabileceği gibi kendi hazırladığı formları da kullanabilir.

Hangisi kullanılırsa kullanılsın, iş emri formu seçerken şu noktalar göz önünde bulundurulmalıdır :

15.2.1 İş Talebi Tanımı

İş emri formu tek/ayrı bir iş emri numarası sağlamalıdır. Formda ayrıca bakım maliyetlerinin izlenebilmesi için cihaz numarasının yada etiket bilgilerinin girilebileceği bir alan olmalıdır. Muhasebe işleri için proje numarasının yada maliyet bilgilerinin yazılabildiği bir alana da ihtiyaç vardır. İş talebini detaylandırmak için iş emirleri :

- Öncelik derecesi
- Yapılacak işin tipi
- İş talebinin tanımı

konularını da içermelidir. Bazı uygulamalarda, öncelik derecesi ve iş tipleri kodlanmıştır, yani muhtemel işler ile öncelik dereceleri sınıflandırılmış ve kodlanmıştır. Kayıtları birbirine uygun tutabilmek için, her iş talebi işin önemini ve tipini belirtmek için öncelik derecesi ve iş

tipi kodu almaktadır.

15.2.2 İş Emri Programlama

İş talebinin uygun şekilde planlanması için iş emri üzerinde, denetimci yada planlamacıya işin yapılabilmesi için gereken adam-saat, malzeme yada diğer ihtiyaçları belirtmesi için uygun bir yer olmalıdır. Bu iş emrinin uygun bir şekilde programa dahil edilmesine yardımcı olur.

15.2.3 Bilgiler

İş emri güncel malzeme ve personel görevlendirmelerinin girilebilmesi için yeterli alana sahip olmalıdır. Bunlar daha sonra, etkinliğin ölçülmesi için tahmin edilen değerler ile karşılaştırılabilir.

İş emrinde yapılacak işin anlatıldığı bir bölümde olmalıdır. Zamandan tasarruf maksadıyla bu bölümde yapılacak işleri belirten kodlar da kullanılabilir.

15.3 İş emri Formunun Kullanılması

İş emrinin uygulaması ile ilgili genel adımlar şu şekildedir (Wireman, 1994) :

1. Adım : İş emri bakım bölümüne gelir. Gelen iş emrine tüm sistem boyunca anahtar görevi görecek olan iş emri numarası verilir. Eğer birden çok kopya hazırlanıyorsa her bir kopyada bu numara okunaklı şekilde bulunmalıdır

2. Adım : İş talebini yapan kişi yada bölüm iş emrinde belirtilmelidir

3. Adım : İş talebi yapılan cihaz ve neden iş talebi yapıldığı iş emrinde belirtilmelidir

4. Adım : İş talebi kısa fakat açıklayıcı bir şekilde iş emrine yazılır. İş emri formunda yer tasarrufu için kodlar kullanılabilir. Kodlanabilecek bazı alanlar ve işler :

- Yetkili
- Denetimci
- İş tipi
- Statü
- Cihaz

5. Adım : Talep yapan kişi iş için bir öncelik belirler

6. Adım : Talep yapan kişi istediği başlangıç ve bitiş tarihlerini yazar. Daha sonra bir kopya kendisinde kalacak şekilde bakım bölümüne talebini gönderir

7. Adım : Planlamacı iş talebini alır ve eğer talep edilenler ile ilgili bir sorun yoksa planlama süreci başlar. Eğer sorun varsa talep yapan kişi ile görüşerek gerekli değişiklikler yapılır

8. Adım : İş için izin verildikten sonra planlamacı işi plana dahil eder. Planlamacı işçilerin, malzemenin ve cihazın hazır olduğundan emin olunca iş emri planlanabilir. Eğer iş emri planlanamıyorsa, tamamlanmamış işler dosyasında muhafaza edilir

9. Adım : İş emri planlandıktan sonra bir kopyası işin başında olacak denetimciye verilir. Denetimci işin başlamasından önce varsa yapılması gereken son ayarlamaları yapar

10. Adım : Denetimci personelini iş için görevlendirir. İş tamamlanıncaya kadar işçiler şu raporları vermelidir :

- Kullanılan malzemeler
- Çalışılan süre
- Yapılan iş hakkında güncel bilgi

11. Adım : Denetimci iş emrindeki bilgileri doğrular ve planlamacıya geri verir.

12. Adım : Planlamacı iş emrindeki bilgileri tamamlar ve iş emri cihazın tarihçe defterine yada sicil kartına işlenir.

15.4 Tamamlanmış İş Emri Bilgilerinin Kullanımı

Tamamlanmış iş emirlerindeki bilgiler, bölüm harcamalarının ve bakım maliyetlerinin izlenmesi için kullanılabilir. İzlenebilen iki harcama türü işçilik ve malzeme harcamalarıdır.

İşçilik masrafları, denetimci ve işçiler tarafından rapor edilen ve iş emirlerine yazılan sürelerden bulunur. Süre bilgileri her işçi için hazırlanan bordrolarda da kullanılabilir.

Malzeme masrafları, denetimci ve işçiler tarafından kullanıldığı rapor edilen ve iş emrine giren malzeme miktarlarından bulunur. Malzemeler hakkında tipik bilgiler, kullanılan parçalar, parça numaraları ve maliyet bilgileridir. Bu bilgiler, kritik malzemelerin tespiti için kullanılabilir.

Yönetim tarafından ne kadar bilgiye ihtiyaç duyulduğu iş emri formunun büyüklüğü ve şeklini etkiler. Başarılı bir sistem, yönetime maliyetlerin analizi için ihtiyaç duyduğu şu bilgileri bulmasına imkan tanır :

- İş
- Cihaz

- Personel
- Öncelik dereceleri
- Bölümler

Unutulmamalıdır ki, iş emri sistemi ancak personel kullandığı sürece yararlıdır. Personel doğru bilgi girmediği yada kayıtların uygun şekilde tutulması konusunda eğitilmediği takdirde, sistem yeterli ve etkin bir biçimde kullanılamayacaktır. Özellikle planlama ve programlama bölümlerinde kalifiye elemanların görevlendirilmesi ile bakım bölümü daha etkin bir şekilde faaliyet gösterebilir. Uygun, gerçekçi ve akılcı bir planlama sonucunda bakım iş gücü %80-90 oranında planlı işleri ve %10-20 oranında acil işleri yapabilir. Ayrıca uygun geri besleme ile yönetimin eğer gerekli ise bakım fonksiyonlarını düzenlemesi yada geliştirmesi sağlanabilir (Wireman, 1994).



16. BİLGİSAYAR DESTEKLİ BAKIM YÖNETİM SİSTEMLERİNİN UYGULAMALARI

Bilgisayar destekli bakım yönetim sistemleri temel olarak bilgisayar kullanılmayan, el ile işletilen bakım sistemleri ile aynı mantıkla çalışır. Bazıları daha detaylıdır ve farklı terminoloji kullanırlar ancak, hepsi iş emri sistemini kullanırlar. Bilgisayarın en büyük avantajı hızıdır. El ile işletilen sistemlerde büyük dosyalama ve eksik iletişim gibi problemler yaşanırken, bilgisayar sistemleri kullanışlı paketlerdir. En büyük sistemler bile çok az kağıt işi, dosyalama ve süreye ihtiyaç gösterirler (Wireman, 1994).

16.1 El İle Takip Edilen Bakım Sistemlerinin Bilgisayara Geçirilmesi

Eğer doğru bilgisayar dili ve donanımı kullanılırsa, bakım iş emri sisteminin bilgisayar destekli hale getirilmesi, bakım etkinliğini artırır ve geliştirir. Dikkat edilmesi gereken nokta, eğer bakım sistemi el ile de etkin bir biçimde yürütülüyorsa, bilgisayar destekli bakım yönetim sistemi etkinliği daha da artırır. Bilgisayar destekli sistemin konuları :

- Mevcut cihazların bakımı
 - cihazın atıl kalma süresini azaltmak
 - cihazın çalışma ömrünü uzatmak
- Cihazın incelenmesi ve servisi
- Cihazın kurulumu yada büyük yenilemeler
- Yedek parça işleri
 - yedek parça envanterinin azaltılması
- Personel işleri
 - iş gücü verimini maksimum seviyeye çıkarmak

Bu konuların geliştirilmesi için, bakım yöneticisi zamana bağlı değerli bilgilere ihtiyaç duyar. El ile idame edilen sistemlerde bu bilgiler denetimciler yada işçilerden alınabilir. İyi tasarlanmış ve iyi geliştirilmiş bilgisayarlı sistemler, manuel sistemlerdeki kağıt işlerini ve personelden ihtiyaç duyulan bilgi miktarını azaltır.

Ayrıca, bilgisayar sistemi tarafından elde edilen bilgiler bakım işlerinde görevli yönetici, denetimci, planlamacı, ambar personeli ve muhasebecilere, kısaca herkese açıktır. Bilgisayar destekli sistemlerin faydası, bakım bölümünün ve üretim cihazlarının etkinliğinin artmasıdır. Maliyet açısından kazançları ise (Wireman, 1994) :

- Personel verimliliğinin artması
- Cihaz ömrünün artması
- Ambar mevcutlarında azalma
- Acil ve kritik bakım sayısında azalma

Doğru dosyalama ve tekrar gözden geçirebilme özelliği ile bilgisayar, bakım için gerekli iş gücü ve malzeme miktarının doğru olarak hesaplanmasına olanak sağlar. Daha doğru planlama personelin boş vakitlerinin azalmasını sağlar. Doğru parça envanteri ve kullanımı, uygun malzeme seviyesinin idame edilmesini ve kullanılmayan parçaların ayıklanmasını sağlar.

Bilgisayar bilgi bankasına kolay erişim, hem bakım hem de üretim bölümündeki denetimcileri belirli iş emri süreçleri konusunda uyarır. Dosyalama sistemi ile iş emri eğilimleri izlenebilir ve kontrol edilebilir.

Bakım organizasyonunun uygun bir biçimde yönetilmesi için gereken raporlar, el ile hazırlanan sistemlerde çok zaman alırken, bilgisayar destekli sistemlerde bu işlem saniyeler yada dakikalar sürmektedir. Bilgisayar destekli bakım sistemlerinde en fazla kullanılan raporlar :

- İş gücü kullanımı
- Malzeme kullanımı
- Cihazın bakım maliyeti

Başlangıçta, koruyucu bakımlar üreticilerin tavsiyeleri yada endüstri standartlarına göre planlanır. Bilgisayar ise bu bakımları otomatik olarak planlar ve elde edilen sonuçlar sisteme girer. Raporların takibi ile, geliştirilmiş koruyucu bakım planları formülize edilebilir.

Ancak bilgisayar destekli bakım sisteminin başarı ile seçilmesi ve kullanılabilmesi için öncelikle bu iş ile ilgili personelin temel bilgisayar teknolojisini bilmesi lazımdır.

16.2 Bilgisayar Destekli Bakım Yönetimi

Bilgisayar destekli bakım yönetim sistemleri şu avantajları sağlamak için dizayn edilmişlerdir (Wireman, 1994) :

- 1) Bakım etkinliğini arttırmak
- 2) Bakım masraflarını azaltmak
- 3) Koruyucu bakım planlayarak cihaz arıza oranını azaltmak

- 4) Cihazın ömrünü uzatmak
- 5) Bakım planlama ve bütçe çalışmalarına destek olacak kayıtları tutmak
- 6) Kullanıcılara, ihtiyaç duydukları bakım raporlarını sağlamak

Tesis ve cihaz bakımı genellikle bir şirket bütçesinin büyük bir kısmını kapsar. Yüksek parça değişim masrafları nedeniyle bir cihazın ömrü mümkün olduğu kadar uzatılmalıdır. Bu hedef doğrultusunda cihaz bakımları doğru planlanmalı ve etkin bir şekilde uygulanmalı, gerekli kayıtlar tutulmalıdır.

Bilgisayar destekli bakım yönetim sistemleri tüm bakım masrafları ve cihaz onarımlarını takip etmek için kullanılır. Bu işlem de iş emirlerinin takibiyle yapılır. İş emri maliyetlerinin takibi ve iş emirlerinin uygun planlanması ile onarım maliyetleri izlenebilir. Bu şekilde, bakım bütçesi planlama çalışmalarında yönetime gerekli bilgiler sağlanmış olur.

Maliyet kontrolünün ikinci yöntemi ise envanter ve satın almanın izlenmesidir. Her bir cihaz için cihaz parça maliyetleri izlenmiş olur. Bu işlem ile fazla envanterden de kaçınılmış olur. Satın almanın izlenmesi de tedarikçilerin seçimi ve tedarik zamanının takibi için yararlıdır.

Bilgisayar destekli bakım yönetim sistemlerinin diğer bir özelliği de, koruyucu bakım planlamadır. Koruyucu bakımın uygun şekilde planlanması ile fazla bakımların azaltılması, çalışma süresinin ve cihaz ömrünün artması sağlanır. Sistemin kurulumu sırasında ilave masraflar çıkabilir ancak, toplam bakım masrafları bir süre sonra azalacaktır. Bilgisayar destekli bakım yönetim sistemleri tüm bu görevleri dört ana başlık altında yapar :

- 1) İş emri planlama
- 2) Ambar kontrolleri
- 3) Koruyucu bakım
- 4) Bakım raporları

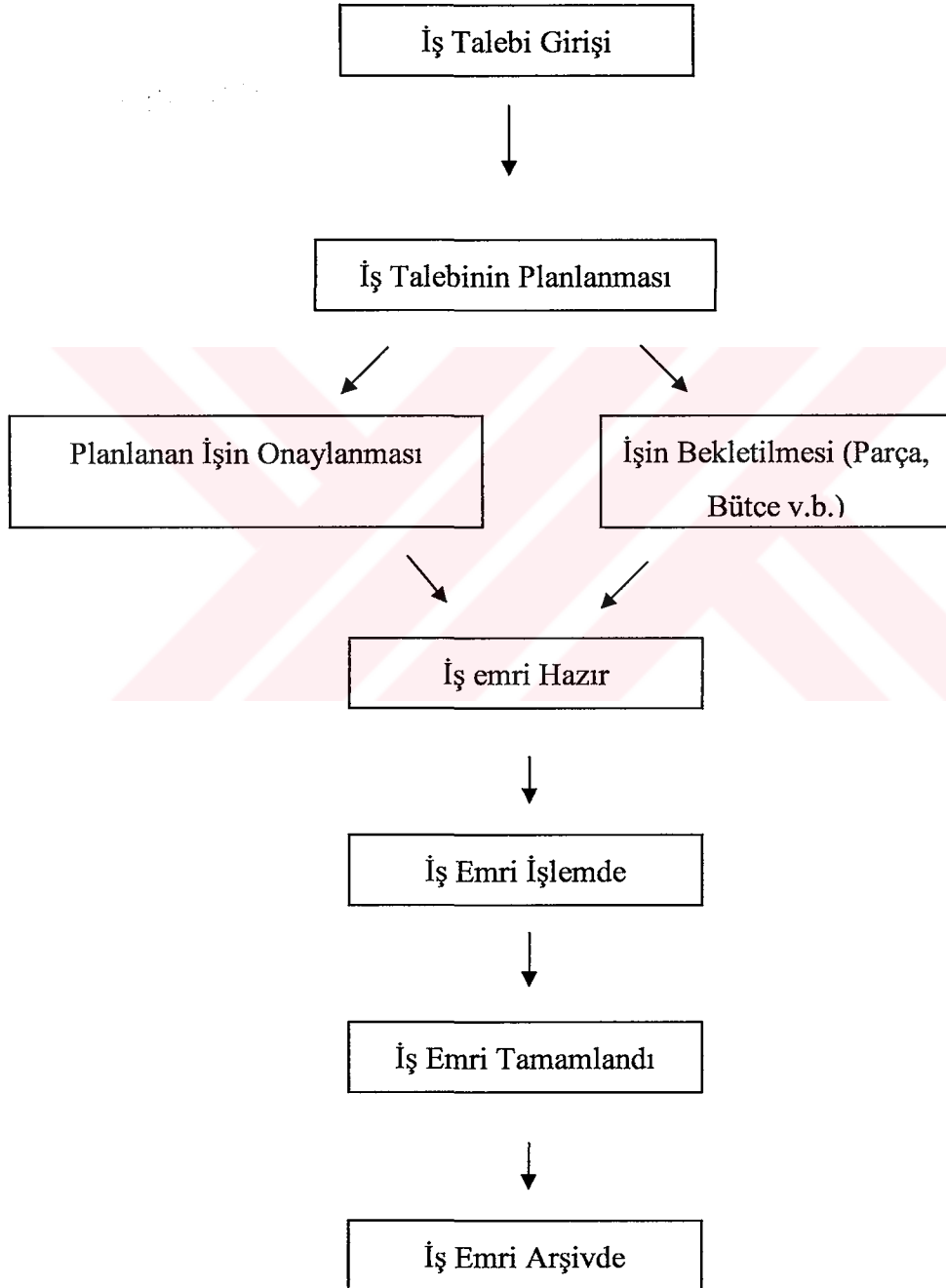
16.2.1 İş Emri Planlama

Bilgisayar kullanılarak hazırlanan iş emirleri, bakım işlerini detaylandıran dokümanlardır. Bu iş emirlerinin içeriği :

- İş emri numarası
- İşlem yapılacak cihaz
- İşin tarifi
- İşin tipi

Daha önce de bahsedildiği gibi, iş emirleri bakım performansının kontrolü, iş ve tesis masraflarının kontrolü ve cihaz tarihçesinin izlenebilmesi için gerekli bilgileri sağlarlar.

Etkin bir iş emri sisteminin temeli, iş emri numarasıdır. tüm malzeme ve iş gücü bu numaraya göre görevlendirilir. İş emirleri sisteme, yapılan bir bakım talebi sonucu girer. İş emri onaylandıktan sonra kullanıcı, iş emrine bakabilir, iş emri yürürlükteyken güncelleştirebilir ve iş bitince dosyalar. İş emri akışı şu şekildedir :



Şekil 16.1 İş Talebi akış algoritması

16.2.1.1 İş Emri Girişi

İş emirleri sisteme, iş emri giriş ekranı kullanılarak girilir. Bu işlem el ile doldurulan iş emirleri ile aynı özelliktedir. Kullanıcı üzerinde işlem yapılacak olan cihazı belirtmelidir. Girilmesi gereken diğer bilgiler öncelik derecesi ve yapılacak işin tarifidir. Ayrıca, yapılacak işin tahmini maliyetini içeren bir bölümde olabilir.

Bazı işler karmaşık ve birden fazla işlemi içerdiği için bu işler birden fazla parçaya ve iş emrine bölünebilir. İş emri, birden fazla küçük parçaya ayrıldığında, her bir iş emri ayrı olarak sınıflandırılmalıdır.

İş emri sisteme girildiğinde, değişiklikler ve güncellemelere olanak sağlayan bir fonksiyon olmalıdır çünkü, bazen işler tahmin edildiğinden daha fazla iş gücü, malzeme yada ilgili olan başka işleri de gerektirebilir. Kullanıcının, verilen iş emrindeki herhangi bir bilgiyi kontrol etmesi için de bir fonksiyon olmalıdır ve belki bu fonksiyon, değişiklik ve güncelleme fonksiyonu ile bağlantılı olabilir.

Yukarıda bahsedildiği gibi bazı işler doğası gereği karmaşık ve büyük olabilir. Böyle durumlarda iş emrinin birden fazla küçük ve bağımsız parçalara ayrılması gerekebilir. Bu gibi durumlarda program, bu parçalanmış iş emirlerini de görüntülemeye imkan tanımalıdır. Genellikle ana iş emri numarası girildikten sonra program, ana iş emri ile bağlantılı olan diğer iş emirlerini de kısaca gösterecek şekilde düzenlenir.

16.2.1.2 İş Emri Havuzu

Havuz, yürürlükte olan tüm iş emirleri için depolama alanıdır. İş emri sisteme girilince, bilgisayar tarafından bu emir havuz dosyasına kaydedilir. Bu dosya, tüm sistemin ana dosyasıdır.

Tamamlanana yada iptal edilene kadar tüm iş emirleri bu dosyada kalır. Bu dosya kullanılarak yürürlükte olan tüm iş emirlerini görmek mümkündür. Arama seçeneği ile kullanıcı, iş emri numarası, öncelik derecesi, planlamacı, denetimci, iş sınıfı gibi kriterlere göre iş emirlerini tarayabilir (Wireman, 1994).

16.2.1.3 İş Emirlerinin Planlanması

Bilgisayar destekli bakım yönetim sistemlerinin planlama fonksiyonu, işin planlanması için gerekli bilgileri sağlar. İş planlama fonksiyonunun dört ana amacı vardır (Wireman, 1994) :

- 1) Bakım personeli tarafından yapılacak iş için yeterli bir yöntem sağlamalıdır
- 2) Bakım masraflarının tahmini ve daha sonra da gerçek bakım masraflarının kaydedilmesi için bir yöntem sağlamalıdır
- 3) Yönetim için gereken raporlarda kullanılacak bilgilerin bir araya getirilmesi için bir yöntem sağlamalıdır
- 4) İşin yapılması için gereken prosedürlerin aktarılması için bir yöntem sağlamalıdır

İşin tam ve uygun şekilde yapılması için tüm iş emirleri belirli bilgilere ihtiyaç duyarlar. Bilgisayar destekli bakım yönetim sistemi, işin planlama aşamasında şu bilgilerin girilebilmesi için alan sağlar :

- İş gücü ihtiyaçları
- Malzeme ihtiyaçları
- Alet ihtiyaçları
- İş emri talimatları

İş emri planlamacısı bu bilgilerin sisteme girilmesinden sorumludur. İş emri planlama, yapılacak işin detayları, gerekli iş gücü, aletler ve malzemeler gibi bilgiler ile alakalıdır ve işin uygun biçimde planlanması ile zamanında bitirilmesi bu bilgilere bağlıdır.

Yapılacak işin türüne göre değişik özelliklerde iş gücüne ihtiyaç duyulabilir. İş emri planlama ekranındaki bu bölüm planlamacıya, işin özelliğine göre iş gücü görevlendirebilmesini sağlar. Şu bilgiler girilebilir :

- Personel
- Personel sayısı
- Planlanan süre

Bu bilgiler kullanılarak doğru sayıda ve özellikte personel iş için görevlendirilir ve iş, en etkin biçimde yapılabilir.

İş emrinin karmaşık hale geldiği ve iş emrine yazılabilenden daha fazla bilgiye ihtiyaç duyulduğu durumlar olabilir. İş emri talimatları seçeneği detay eklemek için kullanılabilir. Bu seçenek ayrıca, işin durumuna göre belirli personel görevlendirmelerini belirtmek için de kullanılabilir.

İş emri incelemenden daha fazla bir şey gerektiriyorsa mutlaka malzeme ihtiyacı da olacaktır. İşçiler için, işe başladıktan sonra malzemenin olmadığı fark etmek moral bozucudur.

Bilgisayar destekli bakım yönetim sistemi, iş planlanmadan önce gerekli malzemelerin olduğunu kontrol eder. Malzeme seçeneği şu bilgileri sağlar :

- İhtiyaç duyulan parçaların stok numaraları
- İhtiyaç duyulan miktar
- Her bir parçanın maliyeti
- Parçanın tanımı

Bu işlemi gerçekleştirmenin birçok yolu olabilir. Bunlardan biri envanter yada malzeme seçim ekranının kullanılmasıdır.

İş emrinin planlama aşamasında, işin yapılabilmesi için bazı özel aletlere ihtiyaç duyulacağı yazılabilir. Bilgisayar destekli bakım yönetim sistemi planlamacıya, gerekebilecek aletleri yazması için olanak sağlamalıdır. Girilecek bilginin içeriği şöyledir :

- Aletin cinsi
- Aletin tanımı
- İhtiyaç duyulan miktar
- Maliyet (gerekiyorsa)

Bu bilgilerin girilmesi, gereken aletler hazır olmadan bakım personelinin işe başlamasını önler.

Bir iş emri bir başka iş emri ile bağlantılı olduğunda not edilmelidir. Bu, bir iş emri planlanmadan önce onunla bağlantılı olan diğer işlerin bitirilmesini sağlar. Bu tip iş emirleri genellikle büyük iş planlarında kullanılır.

16.2.1.4 İş Emirlerinin Güncellenmesi

Koşullar değiştikçe, iş emrindeki bazı bilgilerin değiştirilmesi gerekebilir. Bilgisayar destekli bakım yönetim sistemi bu imkanı sağlar. Değişiklik seçenekleri (Wireman, 1994) :

- Personel
- İş emri talimatları
- Malzemeler
- Aletler

16.2.1.5 Cihaz Sicil Bilgileri

Bilgisayar destekli bakım yönetim sistemi kullanıcılara, herhangi bir cihazın geçmiş kayıtlarına bakma olanağı sağlar. Bu bilgiler cihaz ile ilgili verilecek kararlarda yardımcı olabilir. Kayıtlar bütün halinde yada parçalar halinde bulunabilir. Eğer parçalara ayrılmış ise bu parçalar şu şekilde olabilir (Wireman, 1994) :

- Acil onarım kayıtları
- Koruyucu bakım kayıtları
- Normal onarım kayıtları

Cihaz sicil kayıtlarına bakarak tekrarlayan problemler tespit edilebilir ve çözüm için yöntemler geliştirilebilir. Sicil kayıtları ayrıca, cihaza ait masrafların da takip edilmesini sağlar. Toplanabilecek bazı masraf kalemleri şöyledir :

- İş gücü
- Malzeme
- Diğer
- Toplam

16.2.1.6 Cihaz Parça Katalog Bilgileri

Bu, planlamacı için çok önemli bir fonksiyondur. Bu fonksiyon her bir cihaz için parça stoklarını gösterir. Cihaz numarası girildikten sonra şu bilgilere ulaşılabilir (Wireman, 1994) :

- Üreticinin parça numarası
- Parça tanımı
- Stok numarası
- Cihazda kullanılan parça miktarı

16.2.1.7 Takvime Alma ve Programlama

İş emri programlama, iş emri havuzuna giren iş emirlerini kullanır. İş emri programlama ile görevli olan personel, takvime alınıp programlanacak iş emirlerini seçer. Normal işlem, iş emirlerini “Programlanmaya Hazır İş Emirleri” listesine almaktır. Bu liste, yapılmaya hazır iş emirlerinin bulunduğu listedir. Programlama personeli iş emirlerini, bu listeden icra günleri ve öncelik derecelerine göre seçerek takvime dahil eder.

Bilgisayar destekli bakım yönetim sistemi, eğer gerekli parçalar ambarda mevcut ise programlama görevlisini ikaz eder. Eğer parçalar mevcut değilse, bu kez de parçaların sipariş edilmesi için programlama görevlisini uyarır.

Bazı sistemler ambarların günlük kontrolünü yaparak eğer iş emri ile ilgili malzemeler ambara giriş yapmışsa programlama görevlisini uyarmak üzere sistem üzerinden mesaj gönderme özelliğine sahiptir.

Haftalık programlama fonksiyonu, iş emirlerinin icrası için programlanmasında kullanılır. İş emri günlük programa konduğunda dağıtım için basılır.

İş emri kapatma fonksiyonu, kullanıcıya biten iş emirlerini kapatıp yürürlükte olan iş emirleri dosyasından kaldırmasını sağlar. Bilgisayar destekli bakım yönetim sistemi, iş emri üzerine çalışılan gerçek sürenin, iş emrinde yazanlar haricinde kullanılan malzeme ve iş gücünün ve varsa ilave yorumların girilmesine imkan verir. Sistem tüm bu girdileri raporlarda kullanılmak üzere saklar.

İş emri ilave maliyetleri fonksiyonu ile iş emrinde belirtilmemesine rağmen işin icrası sırasında yapılan ilave masrafların iş emrine dahil edilmesi sağlanır. Bu masraflar üç kategoride toplanır :

- 1) İşçi
- 2) Malzeme
- 3) Diğer

Masraflar iş emri üzerindeki ilgili alana girilince, sistem bu masrafları toplam masraf kayıtlarına ekler.

16.2.2 İş Gücü Kayıtları

Bu kayıtlar işletmenin uygulanan tüm bakım faaliyetleri hakkında istediği zaman istediği bilgiye ulaşmasını ve ihtiyaç duyduğunda çeşitli analizler ile hesaplar yapmasını sağlar.

16.2.2.1 Süre Raporu

Bu fonksiyon, işçinin iş emrinde belirtilen işi yapmak için harcadığı zamanın sisteme girilmesini sağlar. Fonksiyon ayrıca, işçinin kimliğini, iş emri numarasını ve ödenecek saat başına ücretin sisteme girilmesini sağlar. Bu da, bilgisayar destekli bakım yönetim sisteminde tüm işçi ücretlerinin doğru iş emri numarası ile tutulmasını sağlar

16.2.2.2 Ambar Kontrolü

Bu fonksiyon, bakım işinde kullanılan malzeme maliyetlerinin izlenmesi için kullanılır. Bu fonksiyon envanter maliyetlerinin azaltılmasını ve ambar sorumluluğunu artırır. Ambar kontrolünün iki ana amacı şöyledir :

- Malzeme durumunu izleme
- Malzeme kaynaklarının yönetimi

16.2.3 Malzeme Konuları

Bu fonksiyon elde olan malzeme miktarının ve malzeme masraflarının güncel olarak tutulması için kullanılır. Masrafların tam olarak izlenebilmesi için ambar malzemeleri, planlı yada plan dışı olsun, mutlaka iş emirlerinde belirtilmelidir.

- 1) Plan dışı malzemeler, iş emrinin planlanması sırasında gözden kaçan malzemeler olarak tanımlanabilir. Bu malzemeler, iş emri yürürlüğe girerken yada iş emri yapılırken gerekli hale gelirler. Sistem, bu malzemelerin girilmesine ve iş emirlerine eklenebilmesine olanak sağlamalıdır.
- 2) İş emirleri için planlanan malzemeler iş emri icra edilirken işçilere sağlanır.
- 3) İş emrinde belirtilen tüm malzemelerin kullanılmadığı işler olabilir. Sistem, malzeme ambara döndüğünde tekrar girişinin yapılmasını kolaylaştırmalıdır. Ambar geri dönüşü fonksiyonu, ambar envanterinin güncel ve dolayısıyla elde bulunan malzeme bilgilerinin doğru olmasını sağlar.
- 4) Ambar stok katalogu, kullanıcıya bir parçanın ambarda olup olmadığını araştırması için yardımcı olan bir araştırma özelliğidir. Bu fonksiyon ile, kullanıcı bilgisayar destekli bakım sisteminde, ambar stokundaki malzemelerin listelendiği bölüme girebilir. Bu listeler alfabetik sırada yada stok numarası sırasında olabilir. Eğer parçanın stok numarası biliniyor ise, bu numara sisteme girilir ve o parçaya ait bilgiler görüntülenebilir. Eğer stok numarası bilinmiyor ancak parçanın ismi biliniyorsa, parça ismi sisteme girilerek parça bilgilerine ulaşılabilir.
- 5) Stok malzemesi – İş emri referans fonksiyonu, iş emirleri için gerekli olan belirli malzemeleri gösterir. Bu fonksiyon ile :
 1. İş emrinin kısa açıklaması
 2. İhtiyaç duyulan malzeme miktarı

3. İş emri için rezerve edilen miktar

bilgileri listelenebilir. Malzemenin siparişine yardımcı olmak üzere bilgisayar destekli bakım sistemi, elde mevcut olan malzeme miktarını, ihtiyaç duyulan malzeme miktarını ve sipariş edilmiş ve temin işlemleri devam eden malzeme miktarını listeleyebilir. Bu da, sipariş edilecek malzeme miktarına karar verilmesinde yardımcı olur.

- 6) Stok malzemesi-kullanım yeri sorgulama fonksiyonu, her bir ambar malzemesinin nerede kullanıldığını gösterir. Bu da kullanıcıya, her bir ambar malzemesinin nerelerde kullanıldığını sorgulama imkanı verir.
- 7) Ambar Stoku Katalog İndeksi, kullanıcının aynı açıklamaya sahip tüm malzemelerin bir listesini yapmasını ve stok numarası bilgisi olmadan ambar kataloguna girebilmesini sağlar. Bilgi, stok numarasını, açıklamayı ve elde mevcut malzeme miktarını içermelidir. Bu fonksiyon, stok numarası olmaksızın malzeme aranırken faydalıdır.
- 8) Ambar stok katalogu-stok numarası fonksiyonu, stok numarası yada biliniyor ise parça numarasına göre arama yaparken faydalıdır. Bu fonksiyon, aynı stok yada parça numarasına sahip tüm malzemeleri listeler.

16.2.4 Ambar Malzemelerinin Doğruluğu

16.2.4.1 Ambar Devir Sayımı

Elde mevcut malzeme miktarı ile, bilgisayar destekli bakım sisteminde görünen malzeme miktarının birbirini tutması için ambarlar periyodik olarak sayılmalıdır. Bu, ambar envanterinin rast gele seçilen bir bölümünün sayımıdır. Karşılaşılan herhangi bir fark derhal bilgisayar sistemi üzerinde de düzeltilmelidir.

16.2.4.2 Stok Malzemesi Siparişi

Ambarda mevcut malzeme kullanılırsa, bu malzemeden tekrar sipariş edilmesi gereklidir. Bu, alım emri yazılarak yapılır. İhtiyaç duyulan zaman önemlidir. Bu zaman, kullanıcının malzemenin hangi tarihte elde olacağını bilmesi için önemlidir. Alım emri yazılınca, alım emri kayıtlarına girer.

Bilgisayar destekli bakım sistemi kullanıcıya, bekleyen alım emirlerini görme imkanı sunar. Bu bilgi, tedarik edilen miktarı ve tarihleri içerir, böylece kullanıcı geç kalan siparişleri izleme olanağına kavuşur. Sipariş edilen malzeme teslim alınınca sisteme girilir. Eğer belirli bir siparişin bir kısmı alındıysa bu bilgi de ayrıca sisteme girilir. Bu alım emri sipariş edilen

miktarın tamamı tedarik edilene kadar açık tutulur.

Yazıldıktan sonra alım emri üzerinde değişiklikler yapılacaksa, bu değişiklikler bilgisayar destekli bakım sisteminin güncelleme fonksiyonu ile yapılır.

Alım emri ile malzeme sipariş edildiğinde, teslim alındığında malzemelerin sisteme girilmesi önem arz eder. Sipariş emri malzeme girişi fonksiyonu, ambar stoklarına malzeme ilave edilebilmesini sağlar. Ayrıca malzeme bilgileri ile teslimat bilgilerinin sisteme girilmesini de sağlar. Bu bilginin içeriği şöyledir :

- Teslim alınan miktar bilgisi
- Teslimatın parça parça mı yoksa bir kerede mi olduğu bilgisi
- Malzemenin ambarın neresinde depolandığı bilgisi

Bu fonksiyon, birbiri ardına teslimat yapılsa bile ambar envanterinin sürekli doğru biçimde tutulmasını sağlar.

Satıcıya iade fonksiyonu, çeşitli nedenlerle satıcıya iade edilen malzemeleri ve miktarları gösterir.

16.2.5 Koruyucu Bakım

Bu fonksiyon, koruyucu bakım planlama bilgisini değiştirmek yada güncellemek için kullanılır. Kullanıcıya bir seçenek sunulur : Koruyucu bakım takvime göre mi yoksa çalışma saatlerine göre mi yapılacak? Koruyucu bakım bölümü, kullanıcıya belirli görevleri tanımlama ve onları her bir cihaz için personele göre gruplandırma imkanı tanır. Bu bölüm görevler için gereken detaylı bilgilerin de sisteme girişine olanak tanır. Bu da, personelin görevi tatminkar seviyede tamamlaması için gereken yeterli bilgiyi sağlar.

Koruyucu bakımlar günlük, haftalık, aylık, üç aylık, altı aylık yada yıllık olarak planlanabilmelidir. Ayrıca görevin tamamlanması için gereken tahmini sürenin belirtildiği bir bölüm olmalıdır. Koruyucu bakım programı basıldığında, görevli personelin açıklama yazacağı yada iş kabulü için denetiminin notlar alacağı boş bölümler bırakmalıdır.

Koruyucu bakım saatleri güncelleme fonksiyonu, gerekli olduğu takdirde koruyucu bakımların güncel olarak tekrar planlanabilmesini sağlamak için cihaz çalışma saatlerindeki değişikliklerin sisteme girilmesini sağlar.

16.2.6 Yönetim Raporları

Yönetim, bilgisayar destekli bakım sisteminin birçok özelliğini kullanmıyor olsa da, bakım rapor fonksiyonu yönetime, bakım organizasyonunu en yüksek verimlilikte çalıştırmak için gerekli olan bilgileri sağlar.

16.2.6.1 İş Emri Öncelik Analizi

Bu rapor, belirli bir zaman periyodu boyunca tamamlanan iş emri miktarını verir. İş emirleri öncelik ve alanlara göre ayrılırlar. Bu, iş emirlerinin öncelik sırasına göre yapılıp yapılmadığını izlemeye yarar.

16.2.6.2 Planlamacı Performansı

Bu rapor planlamacının etkinliğini izlemek için kullanılır. Yazılan iş emri sayısını, planlanan iş emri sayısını, planlanan çalışma saatlerini, işin tamamlanması için harcanan gerçek süre ile karşılaştırır.

16.2.6.3 Denetimci İş Emri Performansı

Bu rapor denetimciye planlanan ile denetimcinin gerçekte harcadığı süreyi karşılaştırır. Bu, işi yapan personel ile denetimcinin etkinliğinin hesaplanmasına yardımcı olur.

16.2.6.4 Denetimci/İşçi Performansı

Bu rapor seçilen tarihler arasında, planlanan ve gerçekte kullanılan çalışma saatlerini karşılaştırır. Bu da, denetimcinin farklı iş gücü gruplarını yönetme etkinliğini gösterir.

16.2.6.5 İş Emri Maliyet Raporları

Bu rapor, işçi ve malzeme masraflarını gösterir.

16.2.6.6 Tamamlanmış İş Emri Performansı

Bu rapor şu alanlardaki planlanmış ve gerçekleşen durumları gösterir :

- Toplam adam-saat
- Toplam masraflar

16.2.6.7 Yürürlükteki İş Emirleri Dosya Özetleri

Bu rapor, yürürlükteki tüm aktif iş emirlerini listeler. İş emirleri önceliklerine göre ayrılırlar. Bu şekilde iş emirlerinin planlama sürecinin hangi basamağında olduğu da görülür. Böylece programlamacı, programlanmaya hazır olan iş emirlerini görebilir. Ayrıca programlanmayı

bekleyen çok sayıda iş emri olup olmadığı da kontrol edilebilir.

16.2.6.8 Cihaz Onarım Tarihçesi

Bu rapor, onarım tarihçesi bulunan cihazları listeler. Böylece cihazların kronik arızaları yada bakımları ile ilgili önemli problemleri tespit edilebilir.

16.2.6.9 Cihaz Bakım Maliyet Raporu

Bu rapor cihaz numarasına göre bakım maliyetlerini listeler. Masraflar iki şekilde listelenir :

- Son 12 ayın maliyetleri
- Aylık maliyetler

Bu rapor seçildiğinde, bakım maliyet tarihçesi olan tüm cihazlar listelenir.

16.2.6.10 Cihaz Bakım Maliyeti Tahmin Raporu

Bu rapor, bakım maliyeti tahmini aylık bütçeyi aşan cihazları listeler. Rapor son 12 aylık ve aylık olarak maliyetler ile , karşılaştırma yapabilmek için standart maliyetleri de listeler.

16.2.6.11 Stok Malzemeleri Kullanım Raporu

Seçilen bir zaman diliminde ambar malzemelerinin kullanım detaylarını verir. Bu rapor, kullanılan malzemelerin miktarı ile maliyetlerini içerir. Ayrıca tekrar sipariş seviyesine gelmiş yada bu seviyenin altına inmiş olan malzemeleri de gösterir.

16.2.6.12 Bekleyen İş Emirleri Raporu

Bu rapor, programlanmaya hazır olmayan fakat dosyaya girmiş iş emirlerini listeler. Rapor ayrıca bu iş emirlerinin programlanamama sebeplerini de gösterir. Bu da iş emri ile ilgili olanların bu durumu giderecek önlemleri almasına yardım eder.

16.2.6.13 Gecikmiş Koruyucu Bakım Raporu

Bu rapor, süresi geçmiş tüm koruyucu bakım emirlerini listeler. Böylece gözden kaçan bakım olmaması ve cihazın yapılamayan bakım yüzünden arızalanması önlenir.

16.3 Bilgisayar Destekli Bakım Yönetim Sistemi Seçimi ve Uygulaması

Sistemin avantaj ve dezavantajları incelendikten sonra, bilgisayar destekli bakım sistemine ihtiyaç duyulup duyulmadığı sorusu akla gelir. Bu soruya cevap verebilmek için dört adımlık

bir süreç gereklidir. Bu adımlar (Wireman, 1994) :

- 1) Analiz
- 2) Seçim
- 3) Gereklilik hesabı
- 4) Uygulamadır.

16.3.1 Analiz

Bakım fonksiyonunun iyi planlanması ve kontrolü, bakım bölümünün işidir. Yöneticiler işçilerini takip etmeli, tüm gerekli kayıtların tutulduğunu görmeli ve koruyucu bakımı da içerecek şekilde tüm cihaz bakımlarının uygun biçimde planlandığından ve uygulandığından emin olmalıdır.

Ancak, cihazların karmaşıklığı arttıkça tesis daha da büyümekte ve böylece işçi sayısı artmakta dolayısıyla yöneticiler yardıma ihtiyaç duymaktadırlar. Bilgisayar destekli bakım sistemi problemlerin küçültülmesinde ve karmaşık sistemi yönetilebilir bir hale getirmekte yardımcı olabilir. Bilgisayar destekli bakım sistemine ihtiyaç duyulduğuna nasıl karar verilebilir?

Öncelikle mevcut sistem ele alınmalı ve şu sorular sorulmalıdır (Wireman, 1994) :

- 1) Bakım maliyetleri işletim maliyetlerinden daha mı hızlı artıyor?
- 2) 5 yıl öncesine göre bakım için ne kadar fazla harcanıyor?
- 3) Cihazın her bir parçasının bakım maliyeti biliniyor mu?
- 4) Bakım personeli zamanlarının çoğunu iş bekleyerek mi geçiriyor?
- 5) Ambarlarda hiç kullanılmayan yedek parçalar var mı?
- 6) Cihaz en kritik zamanda herhangi bir alarm veya ikaz vermeden arızalanıyor mu?
- 7) Gelecek planları yapmak için gereken bilgilere kolayca ulaşılabilir mi?
- 8) Bu bilgiler kullanılabilecek şekilde mi?

Eğer bu sorulardan biri yada birkaçı tesiste mevcut sorunlara değiniyorsa o zaman bilgisayar destekli bakım sisteminin kullanımı sorunların giderilmesi açısından yararlı olacaktır. Ancak, eğer bakımlar tatminkar seviyede yapılıyorsa bilgisayar destekli bakım sisteminin bu

faaliyetleri hızlandıracağı unutulmamalıdır. Böylece iş gücünü arttırmadan mevcut işgücünün verimliliği artırılmış olur.

Başlangıç olarak, mevcut organizasyon üzerinde bazı araştırmalar yapılmalıdır. Bu, organizasyonun etkinliği görmek ve geliştirmelerin nerelerde yapılabileceğini saptamak açısından yararlıdır. Eğer etkinlik yeterli seviyede ise o zaman 5 yada 10 yıl sonra organizasyonun ne kadar etkin olacağı değerlendirilmelidir.

16.3.2 Sistem Seçimi

Eğer karar bilgisayar destekli bakım sistemi kullanımı yönündeyse bunun için bir ekip kurmak yararlıdır. Ekip şu alanlarda görevli uzmanlardan oluşmalıdır : mühendislik, bakım, ambarlar, muhasebe ve bilgi işlem. Ekip şunları yapmalıdır (Wireman, 1994) :

- 1) Mevcut kayıt tutma ve yazışma işlerinin incelenmesi
- 2) İş emri akışı, ambar ve yedek parçalar, koruyucu bakım, maliyet kontrolleri ve ihtiyaç duyulan raporlara ilişkin hedeflerin ortaya konulması
- 3) Çalışılacak yazılıma göre kullanılacak bilgisayar sisteminin belirlenmesi
- 4) Sistemi sağlayacak olan firmaya karar verilmesi
- 5) Fiyat araştırması yapmak

Bu konulardaki çalışmalar bir rapor halinde yönetime sunulur. Rapor, uygun sistemin seçimi konusunda gereken tüm bilgileri içerir. Ekip ayrıca diğerlerine göre belirli bir üstünlüğü yada avantajı olan sistemi yönetime önerebilir ancak göz önünde bulundurulan ve araştırılan tüm sistemler raporda yer almalıdır. Bilgisayar destekli bakım sisteminin seçimi sırasında şu konular araştırılır (Wireman, 1994) :

- 1) Cihaz bilgileri
- 2) Koruyucu bakım
- 3) İş emirleri
- 4) Envanter ve satın alma
- 5) Yönetim raporları
- 6) Uygulama

7) Bakım yazılım analizi

8) Satıcı sorumlulukları

Bu konularda yapılacak detaylı araştırmalar neticesinde toplamda hangi firma daha avantajlı ve uygun ise tercih o firmadan yana olacaktır.

16.3.2.1 Seçim Hususları

- 1) Firmadan Ne Alındığı İyi Bilinmelidir : Bazı firmalar yazılımlarını satarken aynı zamanda birçok destekleyici servislerini de satmaya çalışırlar yada satarlar. Böylece ucuza alındığı zannedilen yazılımlar, destekleyici hizmetler ile tahmin edilenin yada hesaplananın çok daha fazlasına mal olurlar. Ödenen ücret karşılığı tam olarak ne alındığı iyice araştırılmalı ve açıklığa kavuşturulmalıdır.
- 2) Firma Yazılımı Tesis İçin Üretmelidir : Genellikle firmalar, yazılımlarını müşteriler için adapte etmek yada geliştirmek yerine, müşterilerin organizasyonlarını kendi yazılımlarına adapte etmeye çalışırlar. Alım aşamasında bu husus iyice netleştirilmeli ve ayrıca firmanın bu sektörde ne kadar süre daha faaliyet göstereceğı araştırılmalıdır. Çünkü ileride teknik desteğı olmayacak bir yazılım sistemine para yatırmak israftan başka bir şey olmayacaktır.
- 3) Mevcut Sistemi Bilgisayara Aktarmak İçin Personel Kiralanmamalıdır : Mevcut bakım mantığının ve tekniğinin kolayca anlaşılması için gerekli kağıt işleri hazırlanmalıdır. Eğer kullanılan sistem bilgisayara geçirilmeye kalkılırsa mevcut etkinlikte de düşüş gözlenir.
- 4) Tesis İle Birlikte Gelişecek Bir Sistem Alınmalıdır : Bilgisayar destekli bakım sistemine küçük bir versiyon ile başlanabilir ancak, firmanın yazılımı geliştirilebilecek şekilde hazırladığından emin olunmalıdır.
- 5) Önce Donanım Sonra Yazılım Alınmamalıdır : Bu durum yazılım seçimini kısıtlayıcı bir faktör olur. Uygun olan yöntem, önce yazılıma daha sonra bunu destekleyecek donanıma karar vermektir.
- 6) Sadece Yazılım Değil Tüm Paket Fiyatlandırılmalıdır : Birçok firma talep edilene kadar ekstra masrafların farkında olmaz. Pazarlık ve satın alma aşamasında belirtilen ücretlere nelerin ve hangi servislerin dahil olduğu net bir biçimde ortaya konmalıdır.
- 7) Anlaşılması Düşünülen Satıcı Araştırılmalıdır : Satıcı firmanın iş yaptığı diğer firmalarla görüşülerek onların memnuniyeti araştırılmalıdır. Böylece üzerinde konuşulan konularda firmanın ne kadar ciddi olduğu hakkında fikir edinilebilir. En az üç ayrı müşteri ile

görüşülerek satıcı hakkında bilgi edinilmelidir.

16.3.3 Gereklilik Hesabı

Bakım, birçok şirkette anlaşılması zor bir fonksiyondur. Birçok şirkette işletme ve üretim süreçlerine önem verilirken bakım işleri ikinci plana atılmaktadır. Bakım, para harcanan ancak bir kazanç sağlamayan bir iş olarak görülmektedir. Yönetim bilgisayar sistemi alımı gereğinin ispatlanması ile ilgilenilecektir. Alımın, mali yönden gerekliliğinin ispatı için bazı maliyet kayıtlarının toplanması yardımcı olacaktır.

16.3.3.1 Standart Maliyetler

Bu işlem dört ana başlık altında incelenebilir :

1) Bakım Personel Maliyetleri : Birçok firmada bakım verimliliği % 25-35 arasındadır, yani 8 saatlik bir vardiyanın yada mesainin sadece 3 saatten az bir kısmı bakım işi için harcanmaktadır. Verim kaybının birçok sebebi şu konular ile ilgilidir :

- Yedek parça beklenmesi
- Talimat, teknik resim, bilgi v.b. beklenmesi
- Cihazın kapatılmasının beklenmesi
- Bakım için kiralanan teçhizatın beklenmesi
- Diğer personelin işlerini bitirmelerinin beklenmesi
- Diğer acil işler için işin bırakılması

% 100 verimlilik hayal olmakla birlikte, % 60 verim ulaşılabilecek gerçekçi bir hedeftir. Bakım personelinin verimliliği bazı yönetim teknikleri üzerinde gösterilecek dikkat ile artırılabilir. Bunlar :

- İşi önceden planlamak
- İşleri programlamak ve faaliyetler ile koordine etmek
- Yedek parçaların hazır olmasını sağlamak
- Aletleri ve kiralanan malzemeleri koordine etmek
- Koruyucu bakım ile acil işleri % 50 seviyesinin altına indirmek

Bilgisayar desteği ile, her bir işin planlanması için gereken zaman azalır ve sonuçta daha fazla iş planlanır ve koordine edilir. Bu da, koruyucu bakım için daha fazla zaman ve acil yada arızaya bağlı işlerin azalması anlamına gelir. Daha da geniş açıdan bakıldığında program değişikliklerinin azalması ve acil işler nedeniyle yapılan transfer ve bekleme sürelerinin azalması demektir. Bilgisayar destekli bakım sistemini başarıyla uygulayan

tesislerde verimliliğin % 28 oranında arttığı gözlenmiştir.

- 2) **Bakım Malzeme Maliyetleri** : Malzeme masrafları tesisteki cihazlara yapılan bakımın/onarımın büyüklüğü ve sıklığına bağlıdır. Yedek parça miktarı, envanter yönetim politikaları, satın alma politikaları malzeme masraflarını etkiler. Yedek parça konusuna önem veren şirketlerin yaptığı araştırmalar göstermiştir ki, envanter mevcutları gereken düzeyin ortalama %20-30 üzerindedir. Bu da, depolama masraflarını ve malzemenin değerini aşırı derecede arttırmaktadır. İyi bir envanter yönetimi ile envanterdeki malzeme miktarı ve dolayısıyla envanter değeri azaltılırken, servis sağlama oranı %95 seviyesinde tutulabilir. Bilgisayar destekli bakım sistemini başarıyla uygulayan tesislerde malzeme masraflarında %19 oranında ve toplam envanterde de %18 oranında azalma gözlenmiştir.
- 3) **Proje Maliyeti Tasarrufları** : Birçok tesiste bakım, onarım yada yenileme projeleri ile ilgilidir. Eğer uygun şekilde kontrol edilmezlerse, bu faaliyetler üretim kapasitesi üzerinde olumsuz bir etki yaratırlar. Bu duruma sebep de, bu faaliyetlerin sadece cihaz arızalandığı zaman yapılmasıdır, yani bu periyotta üretim yoktur. Bu sebeple yenileme yada onarım zamanındaki her azalma üretim zamanına eklenecektir. Gelişmiş planlama ve koordinasyon bilgisayar desteği ile sağlanabilir. Bilgisayar destekli bakım sistemini başarıyla uygulayan tesislerde bu zamanın % 5 azaldığı gözlenmiştir.
- 4) **Arıza Süresi Maliyetleri** : Bu maliyetler, bakım politikasını ve uygulamalarını geliştiren tesisler için gerçek kazanç demektir. Bazı tesislerde arıza süresi % 30 seviyesinin üzerinde olabilir. Bu durum, satış fırsatlarının kaçırılmasına, cihazlar için gereksiz harcamalara ve tesisin zayıf bir pozisyona düşmesine sebep olur. Tesisin iyi bir bakım politikası benimsemesi ve uygulaması ile birlikte arıza süreleri düşer. Bilgisayar destekli bakım sistemini başarıyla uygulayan tesislerde bu zamanın % 20 oranında azaldığı gözlenmiştir.

16.3.3.2 Detaylı Tasarruflar

- 1) **Cihaz İçin Garanti Maliyetleri** : Yakın dönemde cihaz satın alan şirketler için önemli bir tasarruf alanıdır. Örneğin, garanti kapsamı içerisinde cihaz üzerinde yapılan onarım yada bakımlar satıcı firma ile yapılan satış ve servis sözleşmesi kapsamında yapılmaktadır ve bu da bir anlamda paranın geri alınması demektir. Oran değişmekle birlikte bu şekilde yapılan tasarrufun % 5-10 arasında olduğu değerlendirilmektedir. Şirketler bu konudaki tasarruf alanlarını belirlerken şu noktaları göz önünde bulundururlar :

- Garanti süresince onarımlar satıcı yada temsilcisi tarafından mı yapılmak zorundadır?
- Satın alanlar tarafından yapılan onarımlar garantiyi geçersiz mi kılar?

Bu ve bunun gibi konular garantiyi etkileyecek ise, şirket buna değip değmeyeceğini düşünmek ister. Örneğin kritik bir parçanın arızası sonucu eğer satıcı yada temsilcisi çok uzun süre beklenenecek ise, üretimin durmasından dolayı oluşacak zaman ve para kaybını hiçbir şirket istemez. Garantinin sağlayacağı kazanç ile üretimin durması sonucu uğranacak zarar hiç kuşkusuz şirketin aleyhine olacak ve garanti ile sağlanabilecek tasarruf olmayacaktır.

- 2) **Enerji Maliyet Tasarrufları** : Enerji tasarrufunu etkin bir şekilde hesaplayabilmek için şirketin enerji harcamasını bilmesi gerekir. Eğer bilinmiyorsa çabuk bir hesaplama için ortalama endüstri değerleri kullanılabilir. Yapılan araştırmalar göstermiştir ki, bir şirket gösterdiği bakım performansına göre % 5-10 oranında bir enerji tasarrufu sağlayabilir. Enerji tasarrufuna bazı örnekler şu şekildedir :

Mekanik Sistemler : Bazı temel mekanik parçalara uygulanacak koruyucu bakım ile mekanik sistemlerde enerji tasarrufu mümkündür. Örneğin laynı bozulmuş bir kaplin yüzünden enerji kaybı olur. Bu yüzden kaplinler belirli periyotlarla kontrol edilmeli ve eğer gerekiyorsa layna alınmalıdır. Yukarıda bahsedilen tüm işlemler kayışlar, kasnaklar, zincir ve dişli grubu gibi hareket iletim elemanları için geçerlidir. Yetersiz bakım nedeniyle mekanik güç iletim sistemlerinde % 5-10 oranında enerji kaybı olur (Wireman, 1994).

Elektrikli Sistemler : Mekanik sistemlerde olduğu gibi elektrikli sistemlerde de uygulanacak koruyucu bakım ile enerji tasarrufu sağlanabilir. Elektrikli sistemlerde enerji kayıpları kopuk yada yıpranmış bağlantılarda, izolasyonu kötü durumda olan elektrik motorlarında olur. İzolasyonu kötü bir elektrik motorunda ısı yükselir ve bu da motorun enerji tüketimini artırır. Mekanik sistemlerde yetersiz yada uygun olmayan bakım sonucu, sistemi dizayn edilen değerde çalıştırabilmek için elektrik motorları daha fazla enerji tüketirler. Bu ve bunun gibi nedenler elektrikli sistemlerin daha fazla enerji harcamasına sebep olurlar. Elektrik sisteminin yetersiz bakımı nedeniyle enerji kaybı, mekanik sistemlerde olduğu gibi % 5-10 oranındadır (Wireman, 1994).

Buharlı Sistemler : Buharlı sistemler uzun zamandan beri enerji kayıplarının azaltılabileceği sistemler olarak kabul edilmektedir. İnceleme programları, enerji tasarruflu kazanlar ve kaçak/sızıntı tespit programları buharlı sistemlerde enerji kayıplarını azaltmak için kullanılmaktadır. Yapılan bakım miktarına bağlı olmak üzere buharlı sistemlerdeki enerji tasarrufunun % 5-15 arasında olduğu bilinmektedir.

Akışkanlı Güç Sistemleri : Bu sistemler hidrolik ve havalı sistemleri içermektedir. Bu sistemlerdeki enerji kayıpları harici ve dahili kaçaklarla ilgilidir. Hava ses çıkardığı ve

yağ da iz bıraktığı için harici kaçakları bulmak kolaydır. Sistemin sağlıklı olarak çalışması için pompa daha sık devreye gireceği için harici kaçaklar enerji tüketimini artırır. Dahili kaçakların tespiti özellikle kaçağın küçük olması durumunda oldukça zordur. Bu kaçaklar ağır hareketlerden yada hidrolik sistemlerde aşırı ısıdan tespit edilebilirler. Bu durumda da pompalar kaçakları telafi edebilmek için daha sık çalışırlar. Bu ve benzeri sebeplerden oluşan enerji kayıpları bu tip sistemlerde % 5-15 oranındadır.

3) Kalite Maliyetlerinden Tasarruf : Kalite maliyetleri, yetersiz bakım uygulamalarından etkilenir. Bazı şirketlerde, kalite problemlerinin % 60'ının yada daha fazlasının cihaz durumu ile alakalı olduğu tespit edilmiştir. Olası tasarrufları hesaplayabilmek için tesisin yıllık üretim hacmi hesaplanmalıdır. Daha sonra ilk seferde kalite kontrol onayından geçen ürün oranı hesaplanmalıdır. % 100 ile bu oranın arasındaki fark reddedilen ürün oranını verecektir. Daha sonraki adım ürünlerin reddedilme sebeplerinin araştırılmasıdır. Sebepler ortaya konulduktan sonra bunlardan hangilerinin bakım ile çözülebileceği araştırılmalıdır. Bu araştırma da, bakım kaynaklı kalite problemlerinin yüzde kaçının çözülebileceğinin göstergesidir. Bakım kaynaklı kalite problemlerinin yüzde kaçının iyi ve yeterli bakım ile giderilebileceği hesaplanmalıdır. Böylece saptanan bakım problemleri ve alınan önlemler sayesinde kalite problemleri belirli oranda çözülür ve büyük miktarlarda tasarruf sağlanmış olur.

4) Satınalma Tasarrufları : Bu bölümde göz önünde bulundurulan üç ana nokta vardır. Bunlar:

- Satın alma personelinin performansı
- Satıcıların verdiği fiyat
- Geniş kapsamlı sözleşmeler

Eğer işletmenin iyi bir bakım planlama ve programlama sistemi yoksa satın alma personelinin performansı en fazla % 25 artırılabilir. Bunun sebebi de iyi bir bakım planı olmaması yüzünden bakım ile ilgili satın alma işlerinde satın alma personelinin harcayacağı zamanın artmasıdır. İyi bir bakım planında ise gereken tüm malzemeler ihtiyaç duyulacak tarih ile belirlendiğinden satın alma personelinin işi kolaylaşır. Satıcıların verdiği fiyat konusu tamamen yapılacak olan alımın büyüklüğüne bağlıdır. Satıcı ile ilişkilerin uzun zamandan beri devam ediyor olması, piyasada aynı malzemeyi sağlayabilecek birden fazla satıcının bulunması, gelecek yıllarda da alımların devam edecek olması gibi hususlar satıcıların vereceği fiyat tekliflerine etki eder. Satıcı ile yapılacak olan işe bağlı olmak üzere sağlanabilecek olan indirim oranı genellikle % 3-10

arasındadır. Satıcı ile yapılacak olan geniş kapsamlı sözleşmeler ile, satıcının malzemeleri kendi ambarlarında depolaması ve kullanıma ve ihtiyaç durumuna göre işletmeye ulaştırması sağlanabilir. Böylece depo ve depolama masrafları ile envanter maliyeti azaltılmış olur. Birçok işletme bu tip sözleşmeleri yataklar, bağlantı elemanları yada diğer güç iletim sistemi elemanları konusunda başarı ile uygulamaktadır. Bu tip bir sözleşmenin yapılması veya devamı için işletme de satıcı firmaya her yıl belirli seviyede alım garantisi vermelidir.

5) Muhasebe Konularında Tasarruf : Bu konu üç başlık altında incelenebilir. Bunlar (Wireman, 1994) :

- Fatura hatalarının azaltılması
- Satıcılara zamanında ve doğru ödeme
- Muhasebe doğruluğunun artırılması

Fatura hatalarının azaltılması sipariş ile satın alma bölümleri arasında doğru bilgi akışı ile sağlanır. Bu konuda bilgisayar kullanımı hataları % 2 seviyesinin altına indirir. Endüstriyel araştırmalara göre bir fatura hatasının düzeltilmesi yaklaşık 1 saat sürmektedir. Satıcılara doğru miktarda ve zamanında ödeme yapılması işi de bu süreçte rol alan tüm gruplar arasındaki doğru bilgi akışına bağlıdır. Hataların ve geç ödemelerin azaltılması, satıcıların tazminat yada ekstra ödeme taleplerini ortadan kaldırır. Muhasebe doğruluğunun artırılması gelen bilgilerin bilgisayar ortamında kontrol edilip doğrulanması temeline dayanmaktadır. Mükerrer faturalama gibi yapılan hatalar böylece ortadan kaldırılabilir ve yaklaşık % 1-3 oranında tasarruf sağlanabilir.

16.3.4 Uygulama

Bu safha bilgisayar destekli bakım yönetim sisteminin satın alındığı ve kurulduğu safhadır. Eğer kurulum süreci aceleye gelmişse yada tamamlanmamışsa, sistem tatminkar bir performans göstermeyecektir. Uygulama şu bölümlere ayrılabilir :

16.3.4.1 Tüm Kayıtların Güncellenmesi

Bu işlem sistem kurulmadan önce yapılır. Kaynak ve zaman israfı gibi görünse de bilgilerin tam ve güncel olması zorunludur. Eski ve doğru olmayan bilgilerin sisteme girilmesi, sistemin üreteceği bilgilerin de yanlış olmasına yol açar. Başlangıç aşamalarında bu tip problemler sistemin güvenilirliğinden şüphe duyulmasına yol açar. Bilgilerin sisteme girilmesi için uygun olan formatın satıcı firmadan tedarik edilmesi tavsiye edilmektedir. Bu da bilgilerin tam ve doğru olarak sisteme girilmesini sağlar.

Sıfır seviyesinden başlayan işletmeler daha fazla bilgiye ihtiyaç duyarlar. Uygulama ile ihtiyaç duyulan kaynaklar da belirlenir. Ortak bilgisayar destekli bakım yönetim sistemi uygulamalarında, sistemin bölümler arasında tutarlı kullanımı için “Eşgüdüm Komiteleri”nin kurulması gerekir. Bilgisayar destekli bakım yönetim sistemi tamamen kullanılmaya başladıktan sonra da, bu komiteye ilave olarak bilgi doğruluğu için bazı politika ve prosedürler geliştirilmelidir.

1) Bölüm Uygulama Ekibi Kurulması : Bu ekip, bilgisayar destekli bakım yönetim sistemini kapsamına giren bölümlerin birer temsilcisinden oluşur. Bu bölümler asgari düzeyde şunlardır:

- Bakım
- Bilgi sistemleri
- İşletme/üretim
- Ambar/envanter
- Satın alma
- Mühendislik
- İşletme yönetimi

Bu ekip eşgüdüm komitesi tarafından kurulmalı ve ekip lideri bakım bölümünden olmalıdır.

2) İkinci Kademe Uygulama Ekibi Kurulması : İkinci kademe uygulama ekibine belirli görevler verilir ve bu görevleri zamanında tamamlamak için bölüm proje komitesinden bağımsız çalışmalıdır. İkinci kademe uygulama ekibi 7 ekipten oluşur :

3) İletişim Ekibi : Bu ekibin görevi tüm personeli bilgisayar destekli bakım yönetim sistemi uygulama süreci ve amaçları hakkında haberdar etmektir.

4) Cihaz ve Malzeme Numaralama Ekibi : Bu ekibin görevi tüm cihaz ve malzemelere belirli bir tanıttıcı kod vermektir. Bu ekip bilgi doğruluğu ve sistem formatına uygunluğu için Bilgi Sistemleri Bölümü ve diğer bölümler ile koordineli olarak çalışmalıdır.

5) Parça Numaralandırma ve Bilgi Değerlendirme Ekibi : Bu ekibin görevi numaralandırma şema ve metotlarının sistem ile uyumluluğunu sağlamak ve her bir parçadan hangi bilgilerin toplanması gerektiğine karar vermektir.

6) Cihaz ve Malzeme Bilgi Değerlendirme Ekibi : Bu ekip her bir cihaz ve malzeme için gerekli olan bilgiye karar verir. Ayrıca bilgilerin doğruluğu ve sisteme uygunluğu için

diğer bölümler ile koordineli çalışır.

7) Cihaz ve Malzeme Koruyucu Bakım Programı Ekibi : Bu ekip mevcut koruyucu bakım programını gözden geçirir ve cihazın verimini arttıracak değişiklikleri teklif eder. Ayrıca bakım programının sisteme uygunluğunu kontrol eder.

8) Bilgisayar Destekli Bakım Yönetim Sistemi Süreç Ekibi : Bu ekip bölümün yaptığı tüm işleri gözden geçirir. Ekip belirli işler ile görevlendirilmiş her bölüm için yazılı politikalar ve prosedürler geliştirir. Bazı örnekler :

- İş emri nasıl başlatılır
- İş emri nasıl planlanır
- Malzeme talebi nasıl yapılır
- Satın alma işlemi nasıl başlatılır
- İş emrinde süre ve malzeme v.b. nasıl değiştirilir

Bu ekip, bilgisayar destekli bakım yönetim sistemini kapsamına giren bölümlerin birer temsilcisinden oluşur. Temsilciler temsil ettikleri bölüm adına karar verme yetkisine sahip olmalıdırlar.

9) Eğitim Komitesi : Bu komite her bir kullanıcının eğitim ihtiyacının belirlenmesinden sorumludur. Bu ekip, bilgisayar destekli bakım yönetim sistemini kapsamına giren bölümlerin birer temsilcisinden oluşur.

Ekip üyeleri ekiplere katılmadan önce bilgisayar destekli bakım yönetim sistemi hakkında eğitim görmelidir. Her bir üyenin eğitim ihtiyacı 2 ile 5 gün arasında değişmektedir.

16.3.4.2 Bilgisayar Destekli Bakım Yönetim Sistemi Uygulama Süreci

- Eşgüdüm Komitesinin kurulması
- Bölüm uygulama ekibinin kurulması
- Bölüm proje ekiplerinin kurulması
- Uygulama ve proje ekipleri için başlangıç toplantısı
- Donanımın kurulması ve bilgisayar destekli bakım yönetim sistemi yazılımının yüklenmesi
- Uygulama ve proje ekipleri için başlangıç eğitimleri
- Sistemin kullanımı için organizasyon prosedürlerinin belirlenmesi
- Sistemle ilgili yazılı prosedürlerin oluşturulması
- Gerekliyse organizasyonun yeniden yapılması
- Bilgi toplama formatlarının geliştirilmesi

- Bilgi toplama sürecine başlamak için oluşturulan formatların kullanılması

1. Cihaz
2. Ambarlar
3. Koruyucu bakım
4. Personel
5. Satın alma
6. Muhasebe

- Toplanan bilgilerin yukarıdaki sıra ile sisteme girilmesi
- Sistem kullanıcılarına eğitim verilmesi
- Ambar stok seviyelerinin oluşturulması
- İş emri sisteminin kullanımına başlanması
- Sistemin her kullanımının yakından takip edilmesi
- 30 gün sonunda sistem kullanımına ilişkin problemlerin dinlenmesi
- ilk altı ay boyunca 30 günlük problem raporlarının takip edilmesi

16.3.4.3 Yazılımın Yüklenmesi

Bu süreç iki farklı adım olarak ele alınabilir. Eğer sadece yazılım satın alınmışsa, yükleme işi sadece yazılımın yüklenmesi ve uygun biçimde çalıştığının kontrol edilmesi ile sınırlıdır. Eğer yazılım ile birlikte donanım da satın alınmışsa o zaman iş biraz daha karmaşıklaşır. Donanımlar temiz ve uygun yerlere yerleştirilmelidirler. Sistem büyüdükçe yer ihtiyacı da artar. Ana işlemciler ve bazı bilgisayarlar klima kontrollü odalarda muhafaza edilmelidirler.

Bazı satıcılar sistemin kurulması için gereken desteği sağlarlar. Kurulum aşamasında bazı işletme çalışanlarının bulunması, yardım veya nezaret etmesi sistemin işleyişinin anlaşılması ve bilinmesi açısından faydalıdır.

16.3.4.4 Bilgi Girişi

Bu adımda, mevcut tüm bilgiler alınır, toparlanır ve sisteme girilir. Bu bilgi tüm karar verme ve rapor fonksiyonlarının temelini oluşturur. Mevcut kayıtlar güncel değilse bilgisayar sistemininkiler de olmayacaktır. Bilgilerin giriş usulü de önemlidir. Bilgilerin sınıflandırılmasını kolaylaştırmak için benzer kısımlar aynı şekilde kodlanmalıdır. Bilgiler ne kadar muntazam olursa sistem de o kadar kolay kullanılır. Sisteme bilgi girişi için gerekli

süre, gerekenden kısa tutulmamalıdır. Sınırlı kaynağa sahip bölümler için yardım maksadıyla hizmet kiralanması bilgi girişi için en ekonomik yöntemdir.

16.3.4.5 Sistem Tanıtımı

Bu adım sistemin başarısı için önemlidir. Eğer sistem, kullanıcılara pozitif etki yaratacak şekilde tanıtılmazsa etkinliği düşer. Grupların bu sistemi kendilerine yardım edecek bir araç olarak kabul etmeleri önemlidir.

Eğer işçiler ve yöneticiler sistem ile koordineli çalışmazlarsa, sistemin olumlu etkilerini olumsuzla çevirebilirler. Personel sistemin onlara yardımcı olacağı konusunda ikna edilirse, personel de sistemin başarısı için her şeyi yapmaya hazır elemanlar haline dönüşür. Personelin sistemle tanışmaları birer birer yada küçük gruplar halinde olmalıdır. Böylece insanlar sistemin çalışmasını daha iyi anlarlar ve sisteme ve amaçlarına yönelik güven kazanırlar.

16.3.4.6 Sistem Eğitimi

Bilgisayar destekli bakım yönetim sistemi doğru olarak kullanıldığında etkin ve verimli olacaktır. Eğitim ile değişik grupların sistemi doğru olarak kullanmaları sağlanır. Satıcı iyi bir eğitim programı da teklif etmelidir. Eğer eğitim için ayrıca bir ücret talep ediliyorsa, öncelikle işletme içinden seçilecek kişiler eğitimi alır ve sonra eğitim alan bu kişiler işletmenin geri kalan personeline aynı eğitimi verebilir. Eğer satıcı eğitim ve kullanım dokümanları teklif ediyorsa her ikisinden de yeterli miktarda temin edileceğinden emin olunmalıdır. Bir yazılım alınması ve herhangi bir eğitim olmadan kullanılmaya başlanması önerilen bir yol değildir. Eğitim alınmadan kullanılmaya başlanan bir sistemden maksimum kazanç elde edilmesi asla beklenmemelidir.

16.3.4.7 Problemler

Diğer uygulamalarda karşılaşılan problemlerin takip edilmesi ve bilgi sahibi olunması ile bir yönetici, aynı problemlerin kendi işletmesinde de tekrarlanmasını önleyebilir. Bilgisayar destekli bakım yönetim sisteminin seçimi ve uygulaması süresince karşılaşılan problemlerin çözümleri şöyledir (Wireman, 1994) :

- Gerçekçi olmayan hedefler ve kurulum süreleri belirlenmemelidir. İşgücü ve zaman açısından mantıklı hedefler belirlenmelidir.
- Fazladan kalıcı mevkiler yada işler yaratılmamalıdır. Bu sadece genel masrafları arttırır.
- Sisteme bilgi girişi boyunca uygun personel ile çalışılmalıdır. Böylece bilgi girişi esnasında personelin kendi başına aldığı kararlar ile bilgilerin kısaltılması, girilmemesi

gibi sorunları ortadan kaldırır.

- Sistem kurulumu boyunca satıcı firma ile beraber çalışacak personel tefrik edilmelidir. Buradan kazanılacak tecrübe ileride yaşanacak bazı problemleri önleyebilir yada çözebilir.
- Sistemi kullanacak herkes için uygun eğitimler sağlanmalıdır. Eğitimsiz personel sistemi etkin bir biçimde kullanamaz ve verimi optimum seviyenin altına düşürür.
- Her bilgisayar başında yada odalarda kullanım ve eğitim dokümanları bulundurulmalıdır. Bu dokümanlar oluşan problemlerin çözümünde referans teşkil ederler.

Endüstriyel tecrübeler ve araştırmalar göstermiştir ki, sistem seçimi ve uygulamasında her şey ilk seferde doğru olarak yapılamaz. Seçim ve kurulum aşamasında sıkça yapılan hataları anlamak çözümleri de açık ve anlaşılabilir yapar. Seçim ve kurulum aşamasında yapılan hatalar 10 kısma ayrılabilir :

- 1) Şu anki ve Gelecekteki İhtiyaçların Belirlenmesinde Yapılan Hatalar : Birçok işletme 3 yada 5 yıllık stratejik planlara sahiptir. Bu planlar üretim, ürün geliştirme, cihaz tedariki, iş gücü büyüklüğü v.b. konular hakkında detaylara sahiptir. Ancak bu planlarda bakım faaliyetlerinin bulunmadığı ve hala bunun bir destekleyici faaliyet olarak görüldüğü anlaşılmaktadır. Bakım faaliyetleri de stratejik planlar içerisinde yer almalıdır. Böylece bakım bölümü, işletmenin diğer bölümlerine de gerekli desteği sağlayabilmek için yapılacak değişiklikler konusunda proaktif bir yaklaşım izleyebilir.
- 2) Sistem İhtiyaçlarının Kağıda Dökülmesinde Yapılan Hatalar : Sistemin sağlıklı ve verimli çalışabilmesi için gereken bilgiler kağıda dökülmeden önce, bu bilgiler tanımlanmalıdır. Bakım sistemi, sistemi kullanan tüm gruplar için kabul edilebilir ve kullanılabilir bilgi sağlayamazsa, gruplar sistemi kullanmazlar. Tüm gruplar sistemi kullanmazsa işletmenin hedeflediği etkinlik ve tasarrufa hiçbir zaman ulaşamaz. Problemin bir başka boyutu da satın alınacak bilgisayar yazılımına hangi bölümünün karar verdiği yada vereceğidir. Envanter bölümü mü, bakım bölümü mü, satın alma bölümü mü, mühendislik bölümü mü, kalite kontrol bölümü mü yoksa muhasebe bölümü mü? Her bölüm karara kendi bilgi girdilerini yapmakla beraber hiçbir bölüm karar konusunda tek yetkili olmamalıdır. Tüm bilgiler ışığında kararı bakım bölümü vermelidir çünkü, başka bir bölümün seçeceği yazılım bakım bölümünün ihtiyaçlarını tam olarak karşılamayacaktır. Bunun sonucu olarak bakım işleri masrafları artacak, bakım işlerinin kalitesi azalacaktır.
- 3) Yönetim Desteğinin Eksikliği : Yönetim desteğinin eksikliğine yada eksilmesine yol açan birkaç faktör vardır. Bakım sistemi organizasyon içindeki birçok engeli aşarken yönetim

desteği çok kritiktir. Ayrıca yönetim desteği olmadan sistemin sağlıklı çalışması için gereken bilgiler ve bunların sisteme girişi de yapılamaz yada eksik yapılır. Eğer eksik bilgi sorgulanırsa, bu bilgiler kullanılarak verilen kararlar da sorgulanır ve netice olarak tespit edilen tüm hatalar sistemin hatası olarak kabul edilir. Yönetim desteğini sağlamak ve sürdürmek için, sistemin uygulanması ve kullanılması sonucu elde edilen kazançlar iyice anlaşılmalıdır. Yönetim desteğini sağlamanın en etkili yolu ise sistem kullanımı ile elde edilen kazançların yönetime para, sermaye ve kar cinsinden gösterilmesidir. Sistem kendini bu şekilde ispatlamadan yönetim desteğini sağlamak pek mümkün değildir. Önemli olan ilk aşamalardaki destek haricinde sürekli destek sağlamaktır. Özellikle ekonomik kriz yada çalkantı dönemlerinde, bakım işleri para israfı olarak görüldüğü ve tasarruf edilecek bölüm olarak değerlendirildiğinden sürekli desteğin sağlanması önemlidir. Bu zamanlarda bakım bütçelerinde kısıtlamaya giden işletmeler, bu kısa dönem karı için uzun dönem kazançlarını feda etmektedirler. Sürekli yönetim desteğini sağlamak ve korumak yönetime sunulacak düzenli raporlar ile mümkün olur. Eğer bakım açısından planlanan takvimin ilerisinde ve harcama olarak da öngörülen bütçenin aşağısında bulunuluyorsa bu mutlaka yönetime vakit kaybetmeden bildirilmelidir. Aksi bir durum söz konusu ise, bu sefer de yönetime sunulacak rapor, bunun sebeplerini hiçbir soru işareti bırakmayacak biçimde açıklamalı ve çözüm önerilerini de sunmalıdır.

- 4) Alınacak Sistem İçin İyi Bir Piyasa Araştırma Yapılmaması : Bilgisayar destekli bakım yönetim sistemi pazarı oldukça büyük ve çeşitlidir. Bu kadar büyük ve çeşitli pazarda her bir opsiyonun araştırılması zahmetli ve maliyetlidir. Bu süreci basitleştirmek için öncelikle ihtiyaçlar belirlenmeli ve birleştirilerek bir doküman haline getirilmelidir. bu doküman satıcılara işletmenin sistem ihtiyaçlarını anlatmak için kullanılır. İşletmenin ihtiyaçlarına bağlı olarak bu doküman bir kontrol listesi şeklinde yada detaylı bir şartname şeklinde olabilir. Doküman karmaşıklaştıkça ilgilenen satıcı sayısı da azalacaktır. İşletmenin ihtiyaçlarına çok sayıda satıcı firma cevap verebiliyorsa, işletmenin elinde bulunan yada almayı düşündüğü donanıma uygun yazılım üretenleri seçmek, bilgisayar destekli bakım yönetim sistemi kullanan diğer işletmeler ile fikir alış verişinde bulunmak yada satıcı firmaların düzenlediğı seminer, konferans gibi etkinliklere katılarak işletme için uygun satıcıya karar vermeye çalışılır. Eğer bu yöntemler ile seçim işinde pek bir ilerleme sağlanamazsa o halde profesyonel yardım alınmalıdır. Bu yardıma başvurulurken de seçilecek firma yada kişinin herhangi bir satıcıyla ilişkisi olup olmadığı, kendisinin herhangi bir yazılım satıp satmadığı gibi konular araştırılmalıdır.

5) İşletme İçi Bir Sistem Geliştirilmesi : Bu problemin ortaya çıkışı üç başlık altında incelenebilir :

1. Yetersiz piyasa araştırması
2. Bu yöntemin daha kolay olacağının düşünülmesi
3. Gizlilik zorunluluğu

İşletme için bir program geliştirmek oldukça pahalıdır. İhtiyaçların belirlenmesi için aynı zaman harcanacaktır ancak programın yazılması, ilgili tüm bölümlerin inceleme ve test etmesi ve ihtiyaç duyulan değişikliklerin yapılması için de fazladan zamana ihtiyaç duyulacaktır. Bazı durumlarda işletme içinde geliştirilen programlar dışarıdan satın alınan programlara göre 10 kat daha pahalıya mal olmaktadır. Bir sonraki problem ise destektir. Dışarıdan alınan yazılımlar için satıcı firmalar gerekli personel desteğini ve yazılım geliştirme programlarını sağlarlar. Ancak işletme içi programlarda bu işler için personel görevlendirilmelidir ki, bu da fazladan masraf demektir. Burada göz önünde bulundurulması gereken nokta, ne kadar iyi olursa olsun işletme içinde geliştirilen programlar dışarıdan satın alınan programlar kadar maliyet etkinliğine sahip değildir.

6) Satıcının Özelliklerinin Analiz Edilememesi : Yazılım seçim süreci başlayınca, satıcı firma, sunduğu yazılım, servis ve destek konuları iyice gözden geçirilmelidir. Burada önemli olan ihtiyaçları tam olarak karşılayabilecek yazılımı ve satıcıyı bulmaktır. Firmaların şu servisleri sağlaması beklenir :

- Bakım danışmanlığı
- Yazılım danışmanlığı
- Donanım danışmanlığı
- Eğitim
- İyi bir dokümantasyon

Yazılım belirlendikten sonra satıcı firmadan hangi hizmet ve servislerin talep edileceğine de karar verilmelidir. Seçim süreci boyunca da satıcıların talep edilen hizmetleri karşılayıp karşılayamayacakları yada ne kadarını sağlayabilecekleri açıklığa kavuşturulmalıdır. Bir başka önemli nokta da, satıcı firmanın talep edilen servis isteklerini kendisi mi yoksa anlaşacağı bir taşeron firma ile mi yerine getireceğidir. Eğer taşeron bir firma söz konusu ise ileride bazı lojistik yada mali problemlerle karşılaşılabilir göz ardı edilmemelidir. En iyi yöntem, daha önce aynı firmanın hizmetlerini kullanan diğer işletmeler ile

görüştürmektedir.

- 7) Yazılımın Tecrübesi Sırasında Yapılan Hatalar : Bu sorun, satıcı firmanın seçiminde yaşanan yada yaşanabilecek sorunlarla benzerdir. Satıcı firma, sağladığı hizmetler araştırılıp kontrol edilirken, satmak istediği yazılım da istenen özelliklere sahip olup olmadığı konusunda kontrol edilmelidir. İşletmeler genellikle alım kararını, kendilerine gösterilen animasyon yada kısa uygulamalar sonucunda vermektedirler ve daha sonra yazılım kendilerine gösterildiğinden daha farklı olduğunu görmektedirler. En iyi yol satın alınmasına karar verilen yazılımı 1 yada 2 hafta gibi belirli bir süre test etmektir. Testler esnasında işletmede bir de satıcı firma temsilcisi yada eğitici personelinin bulunması faydalıdır. Böylece işletmenin yazılımı doğru ve hiçbir fonksiyonu atlamadan kullandığı satıcı firmaya gösterilmiş olur. Problemin bir başka yönü ise, bu test işlemini doğru kişilerin yapmasıdır. Yazılımı her gün kullanmayacak olan bir operatör yada yöneticinin yazılımı test etmesi doğru değildir. Yazılım testini en iyi şekilde yapacak olanlar, planlamacılar, denetimciler, ambar sorumluları gibi sistemin direk kullanıcılarıdır. Böylece yazılımın nasıl çalıştığı ve ihtiyaçlara cevap vermediği hakkında kısa sürede sağlıklı bilgi edinilmiş olur.
- 8) Kurulum ve Uygulama Planında Hata : Bakım sisteminin uygulanması kaynak gerektirir. Bu kaynaklar eğer bir satıcı yada tedarikçi firma ile çalışılıyorsa mali, diğer durumlarda ise sistemi kuracak ve uygulayacak olan iş gücüdür. Sistem kurumu ve uygulaması zaman alır. Kurulum süresince bilgilerin toplanması, derlenmesi ve sisteme girilmesi zaman alır. Yazılım sistemleri satan birçok firma kurulum ve uygulama planlarına da sahiptir. Bu planlar incelenerek kurulum ve uygulamaya geçiş sürecini ne kadar süreceği hesaplanabilir. Böylece bu süreç için gerekli olan zaman ve bütçe planları doğru bir şekilde yapılabilir.
- 9) Yeterli Eğitim ve Doküman Bulma Konusunda Hatalar : Birçok işletme çok fazla zaman ve para israfına neden olacak şekilde, yazılımı satın alıp kendileri öğrenmeye çalışır. Satıcı firmanın eğitimcilerinin yada bizzat programı yazan personelinin eğitim vermesi alışma sürecini kısaltacak ve sistemin en etkin biçimde kullanılmasını sağlayacaktır. Karşılaşılan bir başka sorun da eğitim miktarının ve doküman sayısının yeterli tutulmamasıdır. Bu durum da sistemin yetersiz kullanımına yol açar.
- 10) Bilgi Toplama ve Yükleme Süresinin Hesabında Yapılan Hatalar : İşletme içinde tüm cihazların, koruyucu bakım ve envanter bilgilerinin sisteme girişinin ne kadar süreceği

araştırılmalı ve hesap edilmeye çalışılmalıdır. Çeşitli sanayi kollarında yapılan araştırmalara göre bir kaydın girilmesi yaklaşık 1 saatlik bir zaman almaktadır. Bilgi girişi süresinin ve maliyetinin hesabında yapılacak hata, birçok projenin başarısız olmasına yol açar.

16.3.4.8 Uzun Vadeli Problemler

İyi ve kullanılabilir bilgiler sunmak bilgisayar destekli bakım yönetim sisteminin amacıdır. Bilgisayar destekli bakım yönetim sistemi kurulunca bilgi toplama faaliyetleri başlar. Cihaz, envanter, satın alma, personel, koruyucu bakım, iş emri ve rapor elemanlarının kullanıldığı büyük bir sistemde düşünülürse, bu elemanlar arasındaki ilişkinin birçok sistemde aynı şekilde olduğu görülecektir.

Cihaz konusu düşünülürse, işletmenin cihaz üzerindeki tüm parçaları tanıtmayı, cihazın yada cihazların işletmedeki yerlerini kaydetmesi, cihazın onarım kayıtlarını tutması gerekir. Bu bilgilerin doğruluğu diğer sistem elemanlarından gelecek bilgilere bağlıdır.

Envanter konusu, işletmenin ambarlarında bulunan yedek parçaları kayıt altına almasına bağlıdır. Bu kayıtlarda parça numarası, parça tanımı, mevcut durumu, yer, parça kullanım bilgileri ve kullanım adedi bilgileri olmalıdır. Envanter bölümünden gelecek raporların doğruluğu güncel malzeme masraf bilgilerinin hesaplaması açısından kritik öneme sahiptir.

Satın alma, envanterin bir bölümü olarak değerlendirilebilir. Satın alma, planlamacıya sipariş bilgilerini sağlar. Bu bilgiler parça numarası, parça tanımı, parça maliyeti, teslimat, tedarikçi firma gibi konuları içerir. Bu bilgilerin önemi iş planlaması aşamasında ortaya çıkar. Parçanın mevcudiyetini yada ne zaman teslim edileceğini bilmeden iş planlamak imkansızdır.

Personel, her işçi hakkında bilgi sağlar. Bu bilgi, işçi sicil numarası, kimlik bilgileri, maaş derecesi, kabiliyeti, eğitim durumu ve güvenlik konularını içerir.

Koruyucu bakım raporları, işletmenin tüm koruyucu bakım masraflarını takip etmesini sağlar. Bu bilgi envanter ve personel bölümlerinden sağlanır. Koruyucu bakım bilgisi, koruyucu bakım tipi, tahmini iş gücü harcamaları, tahmini yedek parça harcamaları, detaylı iş tanımlarını içerir.

Bu bilgilerin toplanması ile her koruyucu bakım işinin maliyeti hakkında doğru bilgi sahibi olunur. Bilgisayar destekli bakım yönetim sistemi, tarih yada çalışma saati esasına göre yapılan bakımlar için gereken iş gücü ve malzeme ihtiyaçlarını da projelendirebilir.

İş emri bölümü, farklı iş emirlerinin başlangıçtan tamamlanana kadar izlenmesini sağlar. İş emrinde olması gereken bazı bilgiler, iş yapılacak cihaz, iş gücü ihtiyacı, yedek parça ihtiyacı, işin öncelik derecesi, işin bitiş tarihi ve iş detaylarıdır. Görüldüğü gibi iş emrinin gerçekten etkin olabilmesi için yukarıda bahsedilen tüm bölümlerden gelecek doğru bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Yanlış ve eksik bilgi sebebiyle iş emri, cihaz sicil kartına işlenecek doğru bilgileri içeremez. Cihaz sicil kartına işlenen yanlış bilgiler sebebiyle bakım yöneticisi zamanında ve maliyet etkinliği olan kararları veremez.

Raporlar, analizlerin yapılabilmesi için tüm bölümlerden toplanan bilgileri anlamlı bir hale dönüştürür. Raporlar sadece bilgileri listelememeli aynı zamanda bunların analizlerini de sağlamalıdır. Bu raporlar kısa ve açık olmalıdır.

Bilgisayar destekli bakım yönetim sisteminin sağladığı raporların doğruluğu ve zamanlaması ile işletmenin bunları değerlendirme biçimi, sistemin başarısı yada başarısızlığını gösterir.

Bilgisayar destekli bakım yönetim sistemine geçilmesinden sonra sistemin ne kadar sürede doğru ve güvenilir raporlar sunacağı, işletmenin ne kadar süreden beri bilgi topladığına bağlıdır. Yapılan araştırmalara göre sistemin sağlıklı raporlar verebilmesi için işletmenin, sistem kurulmadan ve çalışmaya başlamadan en az 6 ay önceden bilgi toplama faaliyetlerine başlaması gerektiğini göstermiştir.

Ayrıca bilgisayar destekli bakım yönetim sisteminin tam bir doğrulukla çalışabilmesi için yukarıda açıklanan bölümlerin de sisteme % 100 katkı yapması gerekmektedir. Cihaz, personel, envanter, satın alma yada diğer bölümlerin önemsiz olarak düşündüğü yada başka sebeplerden dolayı sisteme girmediği her bilgi ileriki safhalarda yada başlangıç safhalarında çeşitli problemlere yol açacaktır. Bu eksik bilgiler ışığında verilecek her karar da yanlış olacaktır.

16.3.4.9 Çözüm

Bu problemlerin çözümü bilgisayar destekli bakım yönetim sisteminde kullanılan bilgiler ile ilgilidir. Hangi bilgiler doğru olarak toplanıyor? Hangi bilgiler eksik yada yetersiz? Sistemin hangi bölümleri yanlış yada eksik kullanılıyor? gibi sorulara cevap aranmalıdır.

Bu soruların cevapları araştırıldıktan ve doğru bilgi akışı sağlandıktan sonra sistemin yararları en alt kademedен bile fark edilmeye başlanır.

Bir işletmenin bilgisayar destekli bakım yönetim sisteminde hangi raporları kullanacağı da bir soru işaretidir? Bazı işletmeler hiç rapor kullanmazken bazıları ise yüzlerce rapor

kullanılmaktadır. Bu sorunun cevabı da işletmenin bakım fonksiyonunu sağlıklı bir şekilde sürdürmesi için gereken raporlar ile ilgilidir. Bakım işlerinin yönetilmesi açısından bir fayda sağlamayan raporların ve onlarca sayfadan oluşan ve sistemin işleyişini yavaşlatan raporların da bir değeri yoktur. Bakım yönetim işinde fazla rapor da az rapor kadar değersizdir.

Sonuç olarak, bilgisayar destekli bakım yönetim sistemi seçimi iyi araştırma gerektiren mantıksal bir karardır. İhtiyaçları karşılayan bir sistem maliyet açısından etkin bir sistemdir. Sistemin kurulumu ve uygulanması da düzgün bir biçimde olmalıdır. Uygun hazırlık ve eğitim etkin bir kurulum süreci sağlayacaktır.

16.4 Bilgisayar Destekli Bakım Yönetim Sistemlerinin Geleceği

Gelecek, işletmelerin bugünkünden daha fazla otomasyona sahip olacağını göstermektedir. Bu durumda da bakım işleri anahtar rol üstlenecektir. Daha şimdiden sistem satıcıları piyasaya, bakım sistemi ile entegre edilmiş izleme sistemleri sunmaktadır. Sistemin çok kullanıcı PC versiyonları, satıcıların bir sonraki hedefini oluşturmaktadır. Böylece kullanıcı, işletme içindeki herhangi bir bilgisayarı kullanarak ana bilgisayara bilgi girişi yapabilecektir. Donanımdaki gelişmeler daima yazılımın gelişmesini de sağlar (Wireman, 1994).

Sistemin şimdi mi yoksa gelecekte mi satın alınıp kullanılmaya başlanması sorusu da işletmeler içinde sıkça gündeme gelmektedir. Ancak gerçek olan şudur ki, sistem hemen kurulmalı ve bir an önce tasarruf etmeye başlanmalıdır. Sistemin yeni gelişmeler paralelinde yada ihtiyaç duyulması durumunda geliştirilebileceği veya değiştirilebileceği göz ardı edilmemelidir. Burada önemli olan nokta, geliştirilmeye müsait bir yazılım ve bu gelişimleri yapabilecek bir satıcı firma seçilmesidir.

Önleyici bakım sistemlerinin gösterdiği gelişim gibi, bilgisayar destekli bakım yönetim sistemleri de aynı gelişimi göstermektedir. Bu gelişimler iki ana başlık altında incelenebilir (Wireman, 1994) :

- Fonksiyonellik
- Yazılım dili

16.4.1 Fonksiyonellik

Bakım sistemi içinde fonksiyonelliğin tanımı, yazılım tarafından kontrol edilen ve izlenen faaliyet yada işlemdir. Yazılımlar şu temel elemanları içerirler :

- İş emirleri
- Koruyucu bakım
- Cihaz bilgisi
- Envanter
- Satın alma
- Raporlar

Hemen hemen tüm yazılımlar bu elemanlara sahip olmasına rağmen fiyat açısından büyük farklar göstermektedirler. Aradaki bu farkın sebebi de yazılımın bu işleri yapma şeklidir. Yeni nesil yazılımlar şu seçenekleri içermektedir :

- Bakım planlama : Bazı sistemler sadece dosyaya girilmiş olan iş emirlerini planlarken yeni nesil yazılımlar bölümler tarafından girilen bilgileri de dikkate alarak iş planlaması yapmaktadır. Bu durumda iş gücü, malzeme yada öncelik gibi bilgileri kullanarak sistem, iş emri konusunda ve iş gücü kullanımında maksimum elastikiyet sağlamış olmaktadır.
- Analiz raporları : Yeni nesil yazılımlar eskilerden farklı olarak istatistiksel analiz, optimizasyon ve beklenti raporlarını sadece açıklanması gereken listeler şeklinden çıkarıp anlaşılabilir, bilgi sağlayan raporlar haline dönüştürmüştür.
- Önleyici bakım : Yazılımcılar önleyici bakım raporlarını bilgisayar destekli bakım yönetim sistemine bilgi sağlayan bir kaynak olarak entegre etmeye çalışmaktadır. Böylece raporların sisteme sağlayacağı bilgiler ile, sistemin potansiyel kronik arızalara karşı önlem alabilmesi sağlanacaktır.

16.4.2 Yazılım Dili

4. nesil yazılım dilleri artık 3. nesil yazılım dillerinin yerini almaktadır. Örneğin bir programı 4. nesil yazılım dili ile yazmak, aynı programı 3. nesil bir yazılım dili ile yazmaktan 10 kat daha hızlıdır. Bu da yazılımcılara, programlarını üretme, bakımını yapma ve geliştirme konularında avantaj sağlamaktadır. 4. nesil yazılım dillerinin diğer avantajları ise (Wireman, 1994) :

- Satıcılar açısından yazılımı idame etmek daha kolaydır
- Satıcılar açısından programın hatalarını gidermek daha kolaydır
- Programlar kullanım açısından daha kolaydır

Bütün bu avantajlarına rağmen 4. nesil yazılım dillerinin 3. nesil yazılım dillerine göre daha yavaş çalıştıkları ileri sürülmektedir.

Fonksiyonellik ve yazılım dilleri dışında bakım yönetim sistemlerindeki diğer bir yenilik de dokunmatik ekranlardır. Dokunmatik ekranlı sistemlerin gelişimi yazılımdan çok donanımların gelişimi ile alakalıdır ve birçok sistem bu teknolojiyi kullanabilir.

Ancak bu teknolojiyi kullanma imkanına sahip olmakla, bu teknolojiyi kullanabilecek yazılıma sahip olmak arasında fark vardır. Standart bir yazılım için bu teknolojiyi kullanmak ile bu sistem için geliştirilmiş bir yazılımı kullanmak farklıdır. Bu teknolojinin dezavantajı ise işletme içinde daha temiz bir ortama ve ekranı kullanabilmek için temiz ellere ihtiyaç duyulmasıdır. Aksi takdirde ekranın kullanımından çok temizliği ile zaman kaybedilecektir.

Gelecek nesil bakım yönetim yazılımlarının diğer bir özelliği de bilgilerin grafik gösterimidir. Böylece istenen bilgiler ekranda satır yada sütunlar yerine grafik şeklinde verilir ve böylece bilgilerin anlaşılması ve karşılaştırılması kolaylaşır.

Bağımsız platform ise yeni nesil yazılımların diğer bir özelliğidir. Bağımsız platform kısaca yazılımın birçok donanımda temel olarak değişmez bir şekilde çalışmasıdır. Bu da, yazılımın herhangi bir bilgisayar sisteminde geliştirilip program değişikliği yapılmadan direk olarak başka bir bilgisayara gönderilmesini sağlar. Bu da 4. nesil yazılımların bir özelliğidir.

17. BAKIM VE ISO-9000

ISO-9000, endüstrinin her alanında istenen ve şart koşulan standartlar bütünüdür. Bu standartlar :

- ISO-9000 : Organizasyon ve terminoloji
- ISO-9001 : Tasarım / geliştirme, üretim, kurulum ve servis
- ISO-9002 : Üretim ve kurulum
- ISO-9003 : Son kontrol ve test
- ISO-9004 : Kalite sistemi gerekleri

Bu standartlar uygulandığında, firmanın yüksek kalite standartlarını sağladığına dair müşterilere bir güvence sağlanmaktadır. Standartlar ile bakım arasındaki ilişki ise gayet açıktır, yetersiz bakım yapılan cihazlar ile yüksek kalitede ürün imal etmek imkansızdır. ISO-9000'in bir bölümü, üretim sürecinin kontrol altında tutulması için gereken dokümantasyon ve kayıtlardan bahseder. Örneğin ISO-9004 standartları, üretim ile ilgili test ve ölçü ekipmanının kalibre ve sertifika işleri ilgilidir. Bu standartlar, ekipmanların tanımını, kalibrasyon takvimini, kalibrasyon talimatlarını, kurulum ve kullanılmasına ışık tutar.

ISO-9004 standardının bir bölümü, üretim sürecinin devam etmesi için koruyucu bakım programının oluşturulmasından bahseder. El ile yada bilgisayar desteği ile olsun, ISO-9000 standartlarına ulaşmak ve idame ettirmek için mutlaka bir bakım izleme sistemi olmalıdır.

Bir başka konu da eğitim ihtiyaçlarıdır. ISO-9000 standartlarını anlayabilmek için her kullanıcı ve bakım teknisyeni eğitim görmelidir. Ayrıca işçiler de cihazların kullanımı ve bakımı hakkında uygun seviyede eğitilmelidir.

Ekonomik durgunluk dönemlerinde işletmeler masraflarını azaltmaktadırlar ve buna bakım ile eğitim bölümleri de dahil edilmektedir. Şimdi ise ISO-9000 sertifikası alabilmek için işletmeler, cihaz ile aletlere uygun seviyede bakım yapacak, gerekli kayıtları tutacak personel bulundurma zorunluluğu ile karşı karşıyadır.

18. BAKIM TUTUM MÜHENDİSLİĞİNDE SAYISAL PARAMETRELER

18.1 Bakım Projesi Kontrol Yöntemleri

Geniş bir kullanım alanı bulan iki tip bakım projesi kontrol yöntemi vardır. Bunlar, Program hesaplama ve gözden geçirme tekniği (Program Evalution and Rewiev Technique-PERT) ve Kritik yol yöntemidir (Critical Path Method-CPM).

Bakım konusunda dikkate alınması gereken üç önemli faktör zaman, maliyet ve kaynak imkanlarıdır. CPM ve PERT özellikle bu faktörler ve kombinasyonları ile ilgilenir. PERT ve CPM benzerdir ancak, projedeki faaliyetlerin bitiş zamanları belirsiz olduğunda PERT, bitiş zamanları belli ise CPM kullanılır. Aşağıdaki maddeler PERT ve CPM ile alakalıdır :

- Bir projeyi ayrı iş ve görevlere ayırırlar
- Bu iş ve görevleri bir mantık ağına yayarlar
- Her iş ve görevin icra süresini belirlerler
- Bir program geliştirirler
- Projenin tamamlanmasını kontrol eden iş ve görevleri tanımlarlar
- Programı geliştirmek için kaynakları yeniden dağıtırlar

18.2 Faaliyet Tahmini Devam Süresinin Hesabı

PERT planı, formülde belirtilen nihai devam süresini hesaplayabilmek için üç adet faaliyet süreklilik tahminine ihtiyaç duyar (Clark, 1962) :

$$T_a = \frac{OT + 4(MT) + PT}{6} \quad (18.1)$$

T_a : Faaliyetin tahmini devam süresi

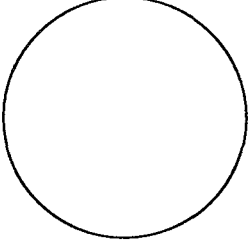
OT : Faaliyetin tamamlanması için gereken minimum süre

PT : Faaliyetin tamamlanması için gereken maksimum süre

MT : Faaliyetin tamamlanması için gereken muhtemel süre

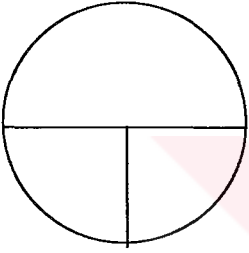
18.3 Kritik Yol Yöntemi

Kritik yol yönteminde dört adet sembol kullanılır. Bunlar :



Daire bir olayı gösterir. Özellikle, bir projenin belirli bir noktasını gösterir.

Olay, bir faaliyet yada faaliyetlerin başlangıcı yada bitişi olabilir ve olaylar genellikle sayılarla gösterilirler.

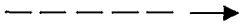


Dairenin üst kısmına olay numarası yazılır. Alt kısmında bulunan bölümlerden sol tarafa en son olay zamanı ve sağ tarafa da en erken olay zamanı yazılır. En son olay zamanı, projenin tamamlanmasını geciktirmeden bir olayın en son tamamlanma süresi olarak tanımlanabilir. En erken olay zamanı ise, bir faaliyetin yada olayın en erken tamamlanma zamanıdır.



Sürekli ok işareti, zaman, para ve iş gücü harcayan faaliyeti gösterir.

Ok, her zaman bir daireden başlar ve bir dairede biter.



Kesikli ok, sınırlık yada farazi bir faaliyeti gösterir. Aslında bu, para, zaman ve iş gücü harcamayan hayali bir faaliyettir.

18.3.1 Kritik Yol Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları

Kritik yol yönteminin avantajları (Lomax, 1969) :

- 1) Proje sürecini izlemek için etkin bir araçtır
- 2) İlgili kişiler arasında iletişimi güçlendirir ve projenin anlaşılmasını kolaylaştırır

- 3) Projenin zamanında tamamlanması için önemli olan noktaları belirtir. Bu faaliyetler, bütün projenin ön görülen zamanda bitirilebilmesi için zamanında tamamlanmalıdır
- 4) İş akışı içindeki ilişkileri gösterir ve ihtiyaç duyulan kaynak ve iş gücünün belirlenmesinde yardımcı olur
- 5) Maliyetleri kontrol etmek için etkin bir araçtır ve kolaylıkla bilgisayarda uygulanabilir
- 6) Gözden kaçan bir nokta olmasını önler ve projenin devam süresini sistematik olarak hesaplamaya yardım eder

Kritik yol yönteminin dezavantajları :

- 1) Maliyetlidir
- 2) Zaman harcar
- 3) Faaliyet sürelerini yeterince iyi tahmin edemez
- 4) Faaliyet sürelerinin tahmininde kötümser yaklaşım eğilimindedir

18.4 Bakım Yönetimi Kontrol İndisleri

Bakım fonksiyonunun etkinliğini ölçmek için yönetim, çeşitli yaklaşımlarda bulunur. Yönetmek ve bakımı kontrol etmek için indisler sıklıkla kullanılır. Bu indisler geçmiş bilgileri referans noktası olarak kullanarak eğilimleri gösterirler. Tek bir indis bakım faaliyetinin toplam performansını doğru olarak göstermeyeceği için, bakım organizasyonları bakım etkinliğini ölçmek için birden çok indis kullanır. Bu indislerin amacı bakım yönetimini, geçmiş performanslarının üzerine çıkmak için cesaretlendirmektir.

Bu bölümde çeşitli ana ve yardımcı indisler incelenecektir. Ana indisler bakıma bağlı olarak organizasyonun genel performansını, özel indisler ise bakım fonksiyonunun belirli bir sahadaki performansını gösterir (Niebel, 1994 ; Hartmann, 1994 ; Westerkamp, 1997 ; Stoneham, 1998). Bu indis değerleri, eğilimleri göstermek için periyodik olarak tablolara işlenir. Bakım yönetiminde kullanılan ana indisler Çizelge 18.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 18.1 Bakım yönetiminde kullanılan ana ve yardımcı indisler

Ana İndisler	Açıklamalar
$I_1 = \frac{TMC}{TS}$	TMC : Toplam bakım masrafı TS : Toplam satış
$I_2 = \frac{TMC}{TO}$	TO : Toplam çıkış (galon, ton, megawatt)
$I_3 = \frac{TMC}{TIPE}$	TIPE : Tesis ve cihazdaki toplam yatırım
Yardımcı İndisler	Açıklamalar
$I_4 = \frac{TTPM}{TTEM}$	TTPM : Koruyucu bakım için sarf edilen toplam süre TTEM : Tüm bakım için sarf edilen toplam süre
$I_5 = \frac{TAMC}{TBMC}$	TAMC : Toplam güncel bakım masrafı TBMC : Bütçeye göre toplam bakım masrafı
$I_6 = \frac{TMAC}{TMC}$	TMAC : Toplam bakım idari maliyeti
$I_7 = \frac{PJCED}{TPJ}$	PJCED : Plan tarihine kadar bitirilmiş toplam planlı işler TPJ : Planlanmış işlerin toplam sayısı
$I_8 = \frac{TPJAM}{TPJ}$	TPJAM : Malzeme bekleyen toplam iş sayısı
$I_9 = \frac{MHEUJ}{TMMH}$	MHEUJ : Acil ve plan dışı işlerin adam-saati TMMH : Bakım için harcanan toplam adam-saat
$I_{10} = \frac{DTCB}{TDT}$	DTCB : Arızalardan dolayı atıl kalma zamanı TDT : Toplam atıl kalma süresi
$I_{11} = \frac{NJI}{TIC}$	NJI : Araştırmalar sonucu çıkan işler TIC : Tamamlanan toplam araştırma sayısı
$I_{12} = \frac{TMLC}{TMMC}$	TMLC : Bakımda görev alan işçilerin toplam maliyeti TMMC
$I_{13} = \frac{TMC}{TMFC}$	TMFC : Toplam üretim maliyeti
$I_{14} = \frac{TMC}{TNMW}$	TNMW : Toplam adam-saat
$I_{15} = \frac{PMMSJ}{MCP}$	PMMSJ : Programlanmış işlerde sarf edilen adam-saatin yüzdesi MCP : Her birim ürün başına bakım maliyeti

Bu ana ve yardımcı indislerin ne ifade ettiği ve neyi ölçtüğü kısaca şöyledir :

- Birinci indis, toplam bakım masrafının toplam satışa oranıdır. Geçmiş tecrübelerle göre ortalama bakım masrafları toplam satışların %5'i civarındadır. Ancak endüstri kollarına göre bu oran geniş ölçüde değişiklik gösterebilmektedir. Örneğin indis çelik endüstrisi için %12.8 iken bu değer kimya endüstrisi için %6.8 dolayındadır.
- İkinci indis, toplam bakım maliyetini organizasyondan elde edilen toplam ürün ile kıyaslar.
- Üçüncü indis, toplam bakım maliyetini, tesisteki yada cihazdaki toplam yatırım ile kıyaslar. Çelik endüstrisinde bu indis ortalama %8.6 ve kimya endüstrisinde ortalama %3.8'dir.
- Dördüncü indis, bakım organizasyonu içerisindeki koruyucu bakım aktivitesini kontrol etmek için yararlıdır. İndis oranı % 20 ile % 40 arasında tutulmalıdır.
- Beşinci indis, bakım bütçe planının doğruluğunu ölçmek için kullanılır. Eğer büyük farklar yada değişimler varsa süratli önlem gerektirir.
- Altıncı indis, genel bakım giderlerini kontrol için kullanılır.
- Yedinci indis, iş programlamada yararlıdır.
- Sekizinci indis, malzeme kontrolü için kullanılabilir.
- Dokuzuncu indis, bakım etkinliğini ölçmek için kullanılabilir.
- Onuncu indis de bakım etkinliğini ölçmek için kullanılabilir.
- On birinci indis, araştırma etkinliğini ölçmek için kullanılan önemli bir parametredir.
- On ikinci indis, malzeme ile işçi maliyetleri arasındaki ilişkiyi inceler.
- On üçüncü indis, bakım maliyeti ile üretim maliyetleri arasındaki ilişkiyi inceler.
- On dördüncü indis, bakım maliyeti ile harcanan adam-saat miktarı arasındaki ilişkiyi inceler.
- On beşinci indis, maliyetleri düşürme çalışmalarını izlemeye yardımcı olur.

18.5 Düzeltici Bakım Ölçümleri

Üç adet ölçüm yöntemi vardır. Bunlar Çizelge 18.2’de gösterilmiştir (AMCP 706-132, 1975 ; Blanchard, Verna ve Peterson, 1995 ; Dhillon, 1999) :

Çizelge 18.2 Düzeltici bakım ölçüm eşitlikleri

Ölçüm Konusu	Eşitlik	Açıklamalar
Ortalama Düzeltici Bakım Süresi	$T_{mcm} = \frac{\sum \lambda_j T_{cmj}}{\sum \lambda_j}$	T_{mcm} : Ortalama düzeltici bakım süresi T_{cmj} : j’nci sistem/cihazın düzeltici bakım süresi λ_j : j’nci sistem/cihazın arıza oranı
Düzeltici Bakım Süresi Orta Değeri	$T_{med} = \text{antilog} \left(\frac{\sum \lambda_j \log T_{cmj}}{\sum \lambda_j} \right)$	T_{med} : Düzeltici bakım orta değeri
Maksimum Etkin Düzeltici Bakım Süresi	$T_{cmax} = \text{antilog} (T_{mn} + z \sigma_{cm})$	T_{cmax} : Maksimum etkin düzeltici bakım süresi T_{mn} : T_{cmj} ‘nin logaritmalarının ortalaması σ_{cm} : Örneğin, düzeltici bakım sürelerinin logaritmalarının standart sapması z : T_{cmax} için belirlenen yüzde değerinin yerini tutan standart sapma değeri

Ortalama düzeltici bakım süresinin olasılık dağılımının eksponansiyel, normal ve lognormal olduğunu göstermiştir. Örneğin, üzerinde kendi kendini test imkanı ile çabuk söküş ve değişim bakım kavramına sahip elektronik cihazlarda bu dağılım genellikle eksponansiyeldir. Çabuk söküş ve değişim bakım kavramına sahip mekanik yada elektro-mekanik donanımlar için dağılım normal ve kendi kendini test özelliği olmayan elektronik cihazlar için dağılım lognormaldir.

Düzeltici bakım orta değeri genellikle örneğe ait en iyi ortalama değerini verir ve onarım zamanının tüm değerlerinin %50’sidir. Düzeltici bakım orta değeri, tüm düzeltici bakımların

%50'sinin tamamlanabileceği sürenin ölçüsüdür.

Maksimum etkin düzeltici bakım süresi, tüm potansiyel düzeltici bakım faaliyetlerinin istenen yüzdede tamamlanması (genellikle %90-95) için gereken zamanı ölçer. Örneğin %90 olması durumunda, maksimum etkin düzeltici bakım süresi, tüm bakım faaliyetlerinin %90'ının tamamlanacağı süredir.

18.5.1 Düzeltici Bakım Matematik Yöntemleri

Bu yöntemler, parça yada cihazın arıza ve düzeltici bakım oranlarının göz önüne alırlar ve cihaz/sistemin arızalı olma, hazır olma, ortalama arıza süresi gibi özelliklerini tayin etmek için de kullanılabilir.

18.5.1.1 Birinci Yöntem

Bu matematik yöntemde, sistem çalışır durumdadır yada arızalıdır. Düzeltici bakım, arızalı sistemi çalışır duruma getirmek için yapılır (Dhillon, 1999). Şu kabuller yapılarak yöntem oluşturulur :

- Arıza ve düzeltici bakım oranları sabittir
- Onarılan sistem yenisi kadar iyi durumdadır
- Sistem arızaları istatistiksel olarak bağımsızdır

$$A_s = \frac{MTTF}{T_{mcm} + MTTF} \quad (18.2)$$

A_s : Sistemin hazır olma yüzdesi

MTTF : Ortalama arıza süresi

T_{mcm} : Ortalama düzeltici bakım süresi

18.5.1.2 İkinci Yöntem

Bu matematik yöntemde, sistem normal olarak çalışıyor olabilir yada iki özel arıza durumunda bulunabilir. Buna örnek olarak valflar verilebilir (açık pozisyonda kalması yada kapalı pozisyonda kalması duruma göre iki arıza tipidir).

Düzeltilici bakım her iki arıza tipinde de sistemi normal konuma getirmek için uygulanır (Dhillon ve Singh, 1981 ; Dhillon, 1983).

Şu kabuller yapılarak yöntem oluşturulur :

- Sistem iki farklı arıza durumunda bulunabilir
- Onarılan sistem yenisi kadar iyi durumdadır
- Sistem arızaları istatistiksel olarak bağımsızdır
- Arıza ve düzeltilici bakım oranları sabittir

$$A_s = \frac{\mu_{c1}\mu_{c2}}{\mu_{c1}\mu_{c2} + \lambda_1\mu_{c2} + \lambda_2\mu_{c2}} \quad (18.3)$$

$\mu_{c1,2}$: Arıza durumu 1 veya 2'den sistemin çalışır duruma getirilmesi için yapılan düzeltilici bakım oranı

$\lambda_{1,2}$: Sistemin çalışır durumdan arıza durumu 1 veya 2'ye geçiş oranı

18.5.1.3 Üçüncü Yöntem

Bu matematik yöntemde, sistem normal çalışıyor olabilir, arızalı-faal olabilir yada arızalı olabilir. Buna örnek olarak jeneratörler verilebilir (tam kapasite ile elektrik üretebilir, kısmi güç üretebilir yada hiç üretemeyebilir). Düzeltilici bakım arıza-faal durumda yada tamamen arızalı durumda iken sistemin arızalı parçalarını onarmak için başlatılır (Dhillon, 1983). Şu kabuller yapılarak yöntem oluşturulur :

- Tam arıza, kısmi arıza ve düzeltilici bakım oranı sabittir
- Sistem tamamen yada kısmen arızalanabilir. Kısmi çalışan sistem tamamen de durabilir
- Onarılan sistem yenisi kadar iyi durumdadır
- Sistem arızaları istatistiksel olarak bağımsızdır

$$K_1K_2 = \mu_{c1}\mu_{c2} + \lambda_3\mu_{c2} + \mu_{c1}\mu_{c3} + \mu_{c2}\lambda_1 + \lambda_1\mu_{c3} + \lambda_1\lambda_3 + \mu_{c1}\lambda_2 + \lambda_2\mu_{c3} + \lambda_2\lambda_3 \quad (18.4)$$

$$A_{SF} = \frac{\mu_{c1}\mu_{c2} + \lambda_3\mu_{c2} + \mu_{c1}\mu_{c3}}{K_1K_2} \quad (18.23)$$

0,1,2	: Sistemin durumu.	0= sistem normal çalışıyor 1= sistem arızalı-faal 2= sistem arızalı
$\lambda_{1,2,3}$	: Sistem arıza oranı.	1= normal durumdan arızalı-faal duruma 2=normal çalışır durumdan arızalı duruma 3=arızalı-faal durumdan arızalı duruma
$\mu_{C1,2,3}$	: Sistem düzeltici bakım oranı.	1=arızalı-faal durumdan çalışır duruma 2=arızalı durumdan çalışır duruma 3=arızalı durumdan arızalı-faal duruma
A_{SF}	: Sistemin hazır olma yüzdesi	

18.5.1.4 Dördüncü Yöntem

Bu matematik yöntemde, birbirinin aynı iki paralel ünite vardır. Sistemin başarısı için en az bir ünitenin normal çalışması lazımdır. Koruyucu bakım herhangi bir ünite arızalanır arızalanmaz başlar (Shooman, 1968). Şu kabuller yapılarak sistem oluşturulur :

- Sistem iki adet aynı ve bağımsız üniteden oluşur
- Onarılan sistem yenisi kadar iyi durumdadır
- Her iki ünite arızalandığında düzeltici bakım yapılmamaktadır
- Ünite arıza ve düzeltici bakım oranı sabittir

$$MTTF_s = \frac{3\lambda + \mu_{cm}}{2\lambda^2} \quad (18.6)$$

$$\lambda = \frac{1}{MTTF_u} \quad (18.7)$$

$$\mu_{cm} = \frac{1}{MCMT} \quad (18.8)$$

$$MTTF_s = \frac{MTTF_u}{2MCMT} (3MCMT + MTTF_u) \quad (18.9)$$

0,1,2	: Sistemin durumu.	0= her iki ünite normal çalışıyor 1= bir ünite arızalı, bir ünite çalışıyor 2= her iki ünite arızalı
λ	: Sistem arıza oranı.	
μ_{cm}	: Sistem düzeltici bakım oranı.	
$MTTF_s$	: Sistemin ortalama arıza süresi	
$MTTF_u$	: Ünitelerin ortalama arıza süresi	
MCMT	: Ünitelerin ortalama düzeltici bakım süresi	

18.5.2 Düzeltici Bakım İle Çok Üniteli Sistemler İçin Tahmini Etkin Arıza Oranı Denklemleri

18.5.2.1 Tip 1 Sistemler İçin Etkin Arıza Oranı

Tip 1 sistemlerin “m” adet bağımsız ve ayrı faal ünitelerin paralel olduğu ve “k” adet ünitenin sistemin çalışmasını etkilemeden arızalanabildiği sistemler olarak kabul edilir. Düzeltici bakım bir ünite arızalanır arızalanmaz başlar. Ünite arıza oranı ve düzeltici bakım oranı sabittir. Bunun için, (m-K) ünitenin arızalı olduğu sistemin tahmini etkin arıza oranı şu şekilde hesaplanabilir (Rome Air Development Center, 1988) :

$$\lambda_{(m-K)/m} = \frac{m! \lambda^{K+1}}{(m-K-1)! \mu^K} \quad (18.10)$$

$\lambda_{(m-K)/m}$: Sistemin tahmini etkin arıza oranı. Bu sistemde, en az (m-K) tane ünite normal olarak çalışmak zorundadır

λ : Ünitelerin arıza oranı

μ : Ünitelerin düzeltici bakım oranı

18.5.2.2 Tip 2 Sistemler İçin Etkin Arıza Oranı

Tip 2 sistemler, iki adet bağımsız ve ayrı ünitenin paralel çalıştığı sistemler olarak kabul edilir. Düzeltici bakım bir ünite arızalanır arızalanmaz başlar, ancak arızalanan sistem onarılmaz. Ünite arıza oranı ve düzeltici bakım oranı sabittir (Rome Air Development Center, 1988) .

$$\lambda_{se} = \frac{\lambda_1 \lambda_2 [(\mu_1 + \mu_2) + (\lambda_1 + \lambda_2)]}{\mu_1 \mu_2 + (\mu_1 + \mu_2)(\lambda_1 \lambda_2)} \quad (18.11)$$

λ_{se} : İki ünite paralel sistemin etkin arıza oranı

$\lambda_{1,2}$: 1. ve 2. ünitenin arıza oranı

$\mu_{1,2}$: 1. ve 2. ünitenin düzeltici bakım oranı

18.6 Güvenilirlik Esasına Dayalı Bakım Etkinliği Ölçme Teknikleri

Güvenilirlik esasına dayanan bakımın (GEDB) etkinliğini ölçmek için birçok teknik geliştirilmiştir. Ancak nümerik yada metrik göstergeler en kullanışlılardır çünkü, tarafsızdırlar, niceldirler, kesindirler ve eğilimleri gösterdikleri için kelimelerden daha açıklayıcıdırlar. Bu ölçüm tekniklerinden bazıları hedeflenmesi gereken oranlar ile birlikte aşağıda verilmiştir (NASA, 1996):

18.6.1 Cihaz Hazırlığı

$$EA = \frac{H_{ea}}{TH_{rp}} \quad (18.12)$$

EA : Cihaz hazırlığı

H_{ea} : Her cihazın çalışmaya hazır olduğu saat sayısı

TH_{rp} : Ele alınan periyot boyunca toplam saat

Bu ölçüm tekniği için hedef %96 olmalıdır.

18.6.2 Acil Yüzde Endeksi

$$EP = \frac{H_{ej}}{TH_w} \quad (18.13)$$

EP : Acil yüzdesi

H_{ej} : Acil işlerde çalışılan toplam süre (saat)

TH_w : Toplam çalışılan süre (saat)

Bu ölçüm tekniği için hedef %10 ve aşağısı olmalıdır.

18.6.3 Önleyici Test ve İnceleme Yapılan Cihaz Endeksi

Bu endeks önleyici test ve inceleme yapılmaya aday cihazların yüzdesini hesaplamakta kullanılır.

$$P_{epti} = \frac{E_i}{TE_c} \quad (18.14)$$

P_{epti} : Önleyici test ve inceleme yapılmaya aday cihazların yüzdesi

E_i : Önleyici test ve inceleme programındaki cihaz sayısı

TE_c : Önleyici test ve inceleme yapılmaya aday cihazların sayısı

Bu ölçüm tekniği için hedef %100 olmalıdır.

18.6.4 Termografik Sörveyde Bulunan Arıza Endeksi

$$P_{ffr} = \frac{TFN}{DS} \quad (18.15)$$

P_{ffr} : Termografik sörveyde bulunan arızaların yüzdesi

TFN : Bulunan toplam arıza miktarı

DS : Sörvey edilen toplam cihaz miktarı

Bu ölçüm tekniği için hedef %3 yada daha az olmalıdır.

18.6.5 Fazla Mesai Bakım Yüzdesi Endeksi

$$P_{mo} = \frac{TMOH}{TRMH} \quad (18.16)$$

P_{mo} : Fazla mesai bakım yüzdesi

TMOH : Ele alınan periyot boyunca fazla mesai bakımı için harcanan zaman

TRMH : Ele alınan periyot boyunca normal zamanlı bakımlar için harcanan zaman

Bu ölçüm tekniği için hedef %5 yada daha az olmalıdır.

18.6.6 Koruyucu Bakım/ Önleyici Test ve İnceleme-Reaktif Bakım Endeksi

$$P_{pp} = \frac{MHPP}{MHR + MHPP} \quad (18.17)$$

P_{pp} : Koruyucu Bakım/ Önleyici Test ve İnceleme iş yüzdesi

MHPP : Koruyucu Bakım/ Önleyici Test ve İnceleme işi toplam adam-saati

MHR : Reaktif bakım işinin toplam adam-saati

Bu ölçüm tekniği için hedef %70 olmalıdır.

18.6.7 Reaktif Bakım ile İlişkili Endeks

$$P_{rm} = \frac{MHR}{MHR + MHPP} \quad (18.18)$$

P_{rm} : Reaktif bakım işi yüzdesi

MHPP : Koruyucu Bakım/ Önleyici Test ve İnceleme işi toplam adam-saati

MHR : Reaktif bakım işinin toplam adam-saati

Bu ölçüm tekniği için hedef %30 olmalıdır.

18.6.8 Koruyucu Bakım/ Önleyici Test ve İnceleme İşi Endeksi

$$P_{\text{epp}} = \frac{\text{TEH}}{\text{TPPMH}} \quad (18.19)$$

P_{epp} : Koruyucu Bakım ve Önleyici Test ve İnceleme işine göre acil iş yüzdesi

TEH : Acil işler için harcanan toplam süre (saat)

TPPMH : Koruyucu Bakım ve Önleyici Test ve İnceleme işi için harcanan toplam süre

Bu ölçüm tekniği için hedef %20 ve daha az olmalıdır.

18.7 Envanter Kontrol Modelleri

Envanter kontrolü için geliştirilen modeller, belirli bir parçaya olan ihtiyacın diğer parçalara olan talepten bağımsız yada diğer taleplere bağımlı olması kabulüne dayanır. Bu bölümde açıklanacak olan yaklaşımlar bağımsız taleplerin yönetimine ait modellerdir. Modellerle ilgili bazı harcama tipleri şöyledir (Heizer ve Render, 1996):

1) Elde tutma maliyeti : Bu, envanterin tutulması ile ilgilidir. Ayrıca sigorta masrafları, ekstra personel masrafları ve ilgili masrafları da kapsar. Elde tutma maliyeti içerisine giren masraf kalemleri şunlardır, operasyon masrafları, bina kirası, sigorta, amortisman, vergiler, işçi masrafları, ekipman kirası, malzeme artıkları ile ilgili masraflar, hırsızlık ve eskime ve yıpranma kaybı v.b.

2) Sipariş maliyeti : Bu da sipariş süreci, kırtasiye desteği, formlar, ikmal gibi konularla ilgilidir

3) Sipariş açma maliyetleri : Bu da, sipariş açmak için yapılan masrafları içerir

18.7.1 Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli

Bu modelle ilgili bazı kabuller vardır (Harris, 1915) :

- Sabit ve bilinen talep
- Siparişin verilişi ve yerine konması arasında sabit ve bilinen süre
- Makul olmayan miktar azalmaları

- Doğru zamanda sipariş ile stoktan kaçınma
- İki değişken masraf, elde tutma maliyeti ve sipariş veya kurulum maliyeti

$$SUC = NOP \times SOC = \frac{\theta}{q} \times SOC \quad (18.20)$$

SUC : Yıllık sipariş açma maliyeti

NOP : Yıllık gelen sipariş miktarı

SOC : Her sipariş için, sipariş masrafı

θ : Birim olarak yıllık envanter malzemeleri talebi

q : Her siparişteki malzeme miktarı

$$AHC = AIL \times HC = \frac{q}{2} \times HC \quad (18.21)$$

AHC : Yıllık envanter elde tutma maliyeti

AIL : Ortalama envanter seviyesi

HC : Yıllık elde tutma yada taşıma maliyeti

Optimum sipariş miktarı için yıllık sipariş açma miktarı (SUC) ile yıllık envanter elde tutma maliyeti (AHC) eşit olmalıdır :

$$SUC = AHC \quad (18.22)$$

$$\frac{\theta}{q} \times SOC = \frac{q}{2} \times HC \quad (18.23)$$

$$q^* = \sqrt{\frac{2\theta \times SOC}{HC}} \quad (18.24)$$

q^* : Her sipariş için optimum malzeme sayısı (ekonomik sipariş miktarı)

$$n = \frac{\theta}{q^*} \quad (18.25)$$

n : Her yıl verilmesi beklenen sipariş sayısı

$$ETBO = \frac{TWD}{n} \quad (18.26)$$

ETBO : Siparişler arası tahmini süre

TWD : Yıllık toplam iş günü sayısı

$$DD = \frac{\theta}{TWD} \quad (18.27)$$

DD : Günlük talep

$$ROP = DD \times LT \quad (18.28)$$

ROP : Tekrar sipariş noktası

LT : Yeni sipariş için başlangıç süresi

18.7.2 Üretim Sipariş Miktarı Modeli

Ekonomik sipariş miktarı modelinde, tüm sipariş miktarının, bakım bölümü tarafından bir seferde alındığı kabul ediliyordu. Ancak, siparişlerin gelmesinin zaman aldığı durumlarda vardır. Bu gibi durumlarla başa çıkmak için başka bir modele ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sistemde, üretim bölümünün tüm siparişi hemen üretemeyeceği kabul edilir. Netice olarak,

sınırlı ikmal oranı ekonomik sipariş miktarı hesaplarını önemli derecede etkiler.

Sınırlı ikmal oranı senaryosuna göre, envanter sipariş miktarı seviyesine ulaşamaz çünkü bazı malzemeler ikmal yapılır yapılmaz envanterden alınır. Bu yüzden envanter asla sipariş edilen miktar seviyesine erişemez. Üretim sipariş miktarı modeli, sipariş miktarının üretim zamanıyla ilgilenir. Bu yüzden ikmal periyodu (Vonderembse ve White, 1996):

$$RT = \frac{q}{r} \quad (18.29)$$

RT : ikmal süresi yada periyodu

r : Günlük miktar olarak ikmal oranı

q : Her siparişteki malzeme miktarı

$$U = \frac{q}{r} \times DD \quad (18.30)$$

U : İkmal periyodu boyunca kullanım

DD : Günlük talep

$$MIL = q - U = q - \frac{q}{r} \times DD = q \left(1 - \frac{DD}{r} \right) \quad (18.31)$$

MIL : Maksimum envanter seviyesi

$$AHC = \frac{MIL}{2} \times HC = \frac{q}{2} \left(1 - \frac{DD}{r} \right) \times HC \quad (18.32)$$

AHC : Yıllık envanter elde tutma maliyeti

$$SUC = AHC \quad (18.33)$$

$$\frac{\theta}{q} \times \text{SOC} = \frac{q}{2} \left(1 - \frac{\text{DD}}{r} \right) \times \text{HC} \quad (18.34)$$

$$q^* = \sqrt{\frac{2\theta \times \text{SOC}}{\left(1 - \frac{\text{DD}}{r} \right) \times \text{HC}}} \quad (18.35)$$

q^* : Her sipariş için optimum malzeme sayısı (ekonomik sipariş miktarı)

18.7.3 Fiyat İndirimi Sipariş Modeli

Ekonomik sipariş miktarı modeliyle alakalı diğer bir kabul de, malzeme fiyatlarının sipariş miktarı ne olursa olsun sabit kaldığıdır. Gerçek hayatta ise, firmalar miktara göre fiyat indirimi teklif edebilirler. Bunun için, sipariş miktarı alış fiyatını etkileyebilir. Sipariş miktarı arttıkça alış fiyatı düşer fakat büyük sipariş miktarları nedeniyle elde tutma masrafları artar. Bu durumda, önemli nokta yüksek elde tutma maliyetleri ile düşük malzeme fiyatı arasındaki ilişkidir.

$$\text{TAIC} = \text{SUC} + \text{AHC} + \text{PC} = \frac{\theta}{q} \times \text{SOC} + \frac{q}{2} \times \text{HC} + \theta C_u \quad (18.36)$$

TAIC : Yıllık toplam envanter maliyeti

PC : Ürün maliyeti

C_u : Her bir malzemenin maliyeti (dolar)

$$q^* = \sqrt{\frac{2\theta \times \text{SOC}}{C_u}} \quad (18.37)$$

q^* : Her sipariş için optimum malzeme sayısı (ekonomik sipariş miktarı)

iC_u : Malzeme fiyatının yüzdesi cinsinden elde tutma maliyeti

18.7.4 Emniyet Stoğu

Emniyet stokunun amacı, ihtiyaç anında malzemenin tükenmesi yada tükenmiş olma riskini azaltmaktır. Emniyet stoku oluşturmanın bilinen bir tekniği “iki ambar sistemidir”. Bu durumda, malzeme miktarı tekrar sipariş noktasına geldiğinde sabit bir ikmal siparişi verilir.

Yani , malzemeler iki ayrı ambarda depolanır ve bir ambardaki malzeme bitince derhal sipariş verilir ve bu sipariş karşılanana kadar diğer ambardaki malzemeler kullanılır. Malzeme sipariş noktası, talep oranı ve alakalı değişkenlerine bağlıdır. Emniyet stoku ihtiyacı şu faktörlere bağlıdır (Kelly ve Haris, 1979) :

- Tekrar sipariş aralığı
- Arzu edilen servis seviyesi
- Sipariş için geçen sürenin tahmini/kontrolü
- Sipariş karşılanma sürecindeki talep değişiklikleri
- Sipariş karşılanma süresinin uzunluğu

Taleplerdeki belirsizlik ve stokların tükenme ihtimali, malzemelere olan talep olasılık dağılımı ile tayin edilebilir. Geçmiş tecrübeler ve bilgilere göre, sipariş karşılanma sürecinde talepler normal olasılık dağılımı göstermektedir. Arzu edilen servis seviyesi için gerekli emniyet stoku için (Vonderembse ve White, 1996):

$$ST = z\sigma \quad (18.38)$$

ST : Arzu edilen servis seviyesi için gerekli emniyet stoku

z : Arzu edilen servis seviyesi ortalama değerinden standart sapma miktarı

σ : Sipariş karşılama süresince talepteki standart sapma

$$ODP = \mu + z\sigma \quad (18.39)$$

ODP : Sipariş noktası

μ : Sipariş karşılanma süresi boyunca ortalama talep

18.7.5 Bakım-Envanter İlişkili Faktörlerde Artma ve Azalma

Bakım kaynaklı envanter miktarını ve dolayısıyla bakım masrafını arttıran birçok faktör vardır. Bu faktörlerin dikkatli bir biçimde gözden geçirilmesi envanter masraflarını ve dolayısıyla bakım masraflarını düşürmeye yardımcı olur. Bu faktörler (Martin, 1988) :

- Üretimin durmasının maliyeti
- İhtiyaç duyulan parçaların standardizasyonu
- Envanter veya sipariş miktarlarına yeterince özen gösterilmemesi
- Bakım programlama ihtiyaçları
- Çok amaçlı depoların varlığı
- Miktarla göre alımın ve fiyat indirimlerine yeterince önem verilmemesi
- Güvenilemeyen tedarikçiler
- Tesislerin yapıları ve koşulları

Bakım kaynaklı envanterin azalmasına sebep olan faktörlere ise, tedarikçilerin iyi hizmeti, nakit para imkanı, ambar faaliyetleri ile ilgili maliyetler, düzensiz olmayan cihaz arızaları sayılabilir.

18.7.6 Yedek Parça Miktarını Tahmin İçin Model

Bakım faaliyetinde, sistem/cihaz için gereken yedek parça miktarının tayini önemlidir. Bu, direk olarak bakım envanterini etkiler. Yedek parça miktarının tayini, göz önünde bulundurulacak parçanın güvenilirliği, sistemde kullanılan parça miktarı ve ihtiyaç duyulduğu an yedek parçanın bulunma olasılığı gibi faktörlere bağlıdır (Ebel ve Lang, 1963 ; Blanchard, 1981).

$$P_s = \sum_{j=0}^n \frac{\left\{ \left[(-1) \ln e^{-q\lambda t} \right]^j e^{-q\lambda t} \right\}}{j!} \quad (18.40)$$

P_s : İhtiyaç anında parçanın bulunma olasılığı

λ : Parça arıza oranı

t : Süre

n : Envanterde mevcut parça miktarı

q : Kullanılan özel parça sayısı

Zaman zaman Ps emniyet faktörü olarak da kullanılabilir. Parça ihtiyacının tahmininde arzu edilen emniyet seviyesini gösterir. Yüksek Ps değeri, ihtiyaç duyulan yedek parça miktarının artmasına ve yüksek satın alma ile envanter masraflarına yol açar.

18.8 Bakımda İnsan Hatalarının Önlenmesi İçin Teknikler

Bakımlardaki insan hatalarını önceden hesaplayabilmek için çeşitli yöntemler kullanılabilir. Bu bölümde en sık kullanılan yöntem olan Markov yöntemi açıklanmıştır.

18.8.1 Markov Yöntemi:

Bu yöntem, mühendislik sistemlerinin güvenilirlik analizlerinin yapılması ve bakımlarda insan hatalarının önlenmesi için kullanılır. İki adet matematik yöntemi vardır :

18.8.1.1 Yöntem I

Bu matematik yöntemde sistem, bakım hatası yada diğer hatalar nedeniyle arızalanabilir. Bu yöntemde şu kabuller yapılır (Dhillon, 1991) :

- Sistem bakım hatası yada diğer hatalardan dolayı arızalanabilir
- Arızalı sistem onarılır ve periyodik olarak koruyucu bakım uygulanır
- Bakım hataları, arızalar ve bakım harici arıza oranları sabittir
- Arızalı sistem onarım oranı sabittir
- Onarılan sistem yenisi kadar iyi durumdadır

$$P_1(t) = \frac{\lambda_m}{\lambda_m + \lambda_n} \left[1 - e^{-(\lambda_m + \lambda_n)t} \right] \quad (18.41)$$

$$P_2(t) = \frac{\lambda_n}{\lambda_m + \lambda_n} \left[1 - e^{-(\lambda_m + \lambda_n)t} \right] \quad (18.42)$$

$$P_0(t) = e^{-(\lambda_m + \lambda_n)t} \quad (18.43)$$

0,1,2 : Sistem durumu
 0= sistem normal çalışıyor
 1= sistem bakım hatası nedeniyle arızalı
 2= sistem bakım hatası dışında bir nedenle arızalı

t : Zaman

$P_{0,1,2}(t)$: Sistemin t zamanında durum 0,1 yada 2'de bulunma olasılığı

λ_m : Sistem bakım hatası oranı

λ_n : Sistem bakım harici hata oranı

μ_m : Sistem onarım oranı (durum 1'den durum 0'a)

μ_n : Sistem onarım oranı (durum 2'den durum 0'a)

Yukarıda verilen üç formülde düzenli koruyucu bakım yapıldığında yani $\mu_m = \mu_n = 0$ durumunda geçerlidir.

18.8.1.2 Yöntem II

Bu yöntemde sistem, sadece bakım harici hatalardan dolayı arızalanır ancak bakım kaynaklı hatalardan dolayı sistemin performansı düşer. Yöntemle ilgili şu kabuller yapılır (Dhillon, 1991) :

- Tamamen yada kısmen arızalı sistem onarılır ve düzenli olarak koruyucu bakım yapılır
- Bakım kaynaklı hatalar sistemin performansı düşürür ancak arızaya yol açmaz
- Sistemin, arızalı ve arızalı-faal durumdan onarım oranı sabittir
- Onarılan sistem yenisi kadar iyi durumdadır
- Bakım kaynaklı ve diğer arıza oranları sabittir

$$K_1 K_2 = \mu_m \mu_s + \lambda_d \mu_s + \mu_m \mu_d + \mu_s \lambda_m + \lambda_m \mu_d + \lambda_m \lambda_d + \mu_m \lambda_s + \lambda_s \mu_d + \lambda_s \lambda_d \quad (18.44)$$

$$P_{1ss} = \frac{\lambda_m \mu_s + \lambda_m \mu_d + \lambda_s \mu_d}{K_1 K_2} \quad (18.45)$$

$$AV_{os}(t) = P_0(t) + P_1(t) \quad (18.46)$$

LR : Saatlik işçi oranı
 BR : Kazanç oranı
 TAH : Yıllık çalışma saati toplamı

$$TLC = C_{em} \times N \quad (18.49)$$

TLC : Toplam işçi maliyeti
 N : İşçi sayısı

18.9.1 Saat Başına Standart Maliyet Hesabı

Saat başına standart maliyet hesabı, bir bakım organizasyonunda bakım etkinliğini birbirine uygun standart bir temel üzerinde değerlendirmeye yardımcı olur. Örneğin bakım işleriyle uğraşan işçiler standart işler yapmazlar ancak, bu yaklaşım ile elektrik, marangoz, boru bağlantı gibi işleri tarafsız bir şekilde karşılaştırmak mümkün olur (Westerkamp, 1997).

$$C_{sh} = \frac{PD \times FBF}{PHP \times EPHP} \quad (18.50)$$

Csh : Saat başına yapılan işin maliyeti
 PD : Her periyot için ödenen para
 PHP : Üretim yapılan planlı saatler
 EPHP : Üretim yapılan denk planlı saatler
 FBF : Ücret dışındaki herhangi bir kazanç faktörü

18.9.2 Onarım İşgücü Maliyeti Hesabı

Onarım işgücü maliyeti şu eşitlik ile hesaplanabilir (AMCP 706-133, 1976) :

$$RC = \alpha(1 - RSF)C_{um} \quad (18.51)$$

$$\alpha = \lambda_{nr} \times L_s \times H_o \quad (18.52)$$

$$C_{um} = MCH \times AMHPR \times MUF \quad (18.53)$$

RC	: İşgücüne bağlı onarım maliyeti
Cum	: işgücüne bağlı birim onarım maliyeti
RSF	: Kayıp, hasara bağlı onarılabılır fire faktörü
α	: Sistem yaşam çevrimi boyunca arızalanan onarılabılır parça sayısı
Ls	: Sistem ömrü
Ho	: Yıllık çalışma saati
nr	: Onarılabılır parçaların toplam sayısı
λ	: Parçaların sabit arıza oranı
MCH	: Genel giderler de dahil saatlik işgücü maliyeti
AMHPR	: Her bir onarım faaliyeti için ortalama adam-saat süresi
MUF	: İşgücü kullanım faktörü

18.9.3 Düzeltici Bakım İşçilik Maliyeti Hesabı

Düzeltici bakım işçi maliyeti hesabı, cihaz yada sistemin arızalar arası ortalama süre (MTBF) ve ortalama onarım süresi (MTTR) bilindiği takdirde hesaplanabilir (Dhillon, 1989).

$$CM_{al} = \frac{SOH \times LCH \times MTTR}{MTBF} \quad (18.54)$$

CMal	: Yıllık düzeltici bakım işçilik maliyeti
LCH	: Saat başına düzeltici bakım işçilik maliyeti
SOH	: Yıllık planlı çalışma saati

18.9.4 Bakım Malzemeleri Maliyeti Hesabı

Bakım malzemeleri maliyet hesabı, toplam bakım maliyet hesabının önemli bir bileşenidir. Aşırı envanter ve kullanılmayan parçalar ambar ve stoklar için önemli birer faktör olduğundan, iyi planlanmış ve etkin bir şekilde çalışan stok ve ambarlar malzeme maliyetini önemli derecede azaltabilir. Bakımlarda kullanılan ambar malzemelerinin maliyetinden söz ederken şu hususlara dikkat edilmelidir (Niebel, 1994) :

- Son tedarik yada üretim maliyeti
- Malzemenin envanteriyle ilgili maliyet
- Yatırım yapılan para ile ilgili maliyet
- Bozulma yada çürüme gibi olaylar sonucu stokta olan azalma
- Enflasyona bağlı olarak stoktaki malzemelerin değerindeki artış

$$TCS = PDC + IC + (WI - PDC) + (0.01 \times T \times PDC) + (0.1 \times PDC) \quad (18.55)$$

$$TCS = \frac{WI + IC + [(T \times PDC) + (10 \times PDC)]}{100} \quad (18.56)$$

$$PDC = w \times PP \times (1 + L_s + L_u) - SM \quad (18.57)$$

$$WI = PDC \times (1 + i)^n \quad (18.58)$$

$$IC = \frac{FSC \times B}{K \times R} \quad (18.59)$$

TCS	: Onarım anında stok yada ambarın toplam değeri
PDC	: Alım ve nakliye masrafları dahil envanterin şimdiki değeri
WI	: n periyot sonra envanterin değeri
IC	: Her parça için envanter maliyeti
T	: Stoktaki parça için ay cinsinden süre
PP	: Her birim için alım maliyeti

Lu	: Gelecekte kullanım olasılığı düşük olan ve envantere geri dönen parçalardan oluşan kayıp
w	: Kullanılan malzemenin birim miktarı (ağırlık yada diğer)
Ls	: Ufak parçalar v.b. nedenlerle kayıp
i	: Belirli bir periyot için pay oranı
FSC	: Yıllık yer maliyeti (0.0929 m ² cinsinden)
B	: ft ² cinsinden ambar alanı
R	: Parçanın normal olarak sarf edildiği yıllar
K	: Ambardaki ortalama malzeme sayısı

18.9.5 Bakım Maliyeti Tahmin Modelleri

18.9.5.1 Bakım Malzemeleri Maliyeti Tahmin Modeli

Bakım malzemeleri maliyet tahmininde şu eşitlikten yararlanılır (AMCP 706-133, 1976) :

$$CME = RDC + \theta(UPC) \quad (18.60)$$

CME	: Bakım malzemeleri maliyeti
RDC	: Bakım malzemeleri ile ilgili AR-GE maliyetleri
UPC	: Bakım malzemeleri birim tedarik maliyeti
θ	: Bakım malzemelerinin toplam miktarı

18.9.5.2 Üretim Tesisi Arıza Maliyeti Tahmin Yöntemi

Lewitt'e (1997) göre üretim tesisi maliyet tahmin yöntemi şu şekildedir :

$$PFDC = S_i + C_r + RC_r + RL + C_c + C_p \quad (18.61)$$

PFDC	: Üretim tesisi arıza maliyeti
------	--------------------------------

Si	: Boştaki operatörlerin maliyeti
Cr:	Varsa kiralık ünitelerin değiştirilme maliyeti
RCr	: Bozulmuş ürünün değiştirme maliyeti
RL	: Gelir kaybı, malzeme gibi daha az telafi edilebilir maliyetler
Cc	: Müşteri memnuniyetsizliğinden kaynaklanan kayıplar
Cp	: Gecikmeden kaynaklanan cezalar

18.9.6 Bakım Kaynaklı Maliyet İndisleri

Bakım faaliyetinin etkinliğini, maliyeti göz önünde bulundurarak ölçmek için birçok indis vardır. (Niebel, 1994 ; ER HQ-0004, 1976 ; Omdahl, 1988))

18.9.6.1 Bakım Maliyet Oranı

$$R_{mc} = \frac{TMC}{TCS} \quad (18.62)$$

Rmc	: Bakım maliyet oranı
TMC	: Toplam bakım maliyeti
TCS	: Toplam satış maliyeti

Bu oran birçok endüstri kolunda %5 civarındadır. Bu indis, bakım maliyetlerini toplam maliyetler ile karşılaştırmak için yararlıdır.

18.9.6.2 Bakım İşçilik Maliyetinin Malzeme Maliyetine Oranı

$$R_{lm} = \frac{TMC_l}{TMC_m} \quad (18.63)$$

Rlm	: Bakım işçilik maliyetinin malzeme maliyetine oranı
-----	--

TMC_l : Toplam bakım işçilik maliyeti

TMC_m : Toplam bakım malzeme masrafı

18.9.6.3 Bakım Maliyetinin Toplam İmalat Maliyetine Oranı

$$R_{mm} = \frac{TMC}{C_{tm}} \times 100 \quad (18.64)$$

R_{mm} : Bakım maliyetinin toplam imalat maliyetine oranı

TMC : Toplam bakım maliyeti

C_{tm} : Toplam imalat maliyeti

18.9.6.4 Bakım Maliyetinin Tesisin Toplam Değerine Oranı

$$R_{mv} = \frac{TMC}{TCI} \quad (18.65)$$

R_{mv} : Bakım maliyetinin tesisin toplam değerine oranı

TMC : Toplam bakım maliyeti

TCI : Tesisteki toplam yatırım miktarı

18.9.6.5 Bakım Maliyetinin Toplam Adam-Saate Oranı

$$R_{mh} = \frac{TMC}{TMH} \quad (18.66)$$

R_{mh} : Bakım maliyetinin toplam adam-saate oranı

TMH : Harcanan toplam adam-saat

TMC : Toplam bakım maliyeti

18.9.6.6 Koruyucu Bakım Maliyetinin Toplam Arıza Maliyetine Oranı

$$R_{mb} = \frac{TPMC(1000)}{TBC} \quad (18.67)$$

R_{mb} : Koruyucu bakım maliyetinin toplam arıza maliyetine oranı

TPMC : Üretim kayıplarını da içeren koruyucu bakım

TBC : Toplam arıza maliyeti

18.10 Yazılım Bakımı Maliyeti

Günümüzde yazılımların bakım masrafları, yazılımın yaşam çevrimi içerisinde önemli yer tutmaktadır. 1970'lerde yazılım geliştirme çalışmaları bir yazılımın toplam bütçesinin neredeyse tamamını kullanırken, 1990'larda yazılımın bakım masraflarının yaşam çevrimi boyunca olan masrafların yaklaşık %80'ini kapsadığı tahmin edilmektedir. Bakım maliyetlerine ilişkin bakım maliyet modeli (Sheldon, 1979 ; Dhillon, 1989) :

$$C_{sm} = \frac{3(CMM)(N)}{DC} \quad (18.68)$$

C_{sm} : Yazılım bakım maliyeti

CMM : adam-ay maliyeti

N : Her ay değiştirilecek talimat sayısı

DC : Zorluk sabiti
kolay=500
orta =250
zor =100

18.11 Güvenilirlik Analiz Yöntemi

18.11.1 Hata Ağacı Yöntemi

Hata ağacı metodu, karmaşık mühendislik sistemlerinin güvenilirlik analizlerinin yapılması için endüstri sektöründe geniş kullanım alanı bulan bir yöntemdir. Hata ağacı, arzu edilmeyen

bir olaya sebep olan temel olayların bağlantısının mantıksal gösterimidir. “Ve” ve “Veya” mantık kapıları kullanılarak ağaç yapısında olayların anlatımıdır. Hata ağacı analizi, verilen bir sistemde istenmeyen ve adına “üst olay” denen olayın tanımlanması ile başlar. “Üst olay” a sebep olan olaylar oluşturulur ve “Veya” ile “Ve” mantık kapılarıyla birleştirilir.

“Veya” kapısı, girdilerinden biri yada birkaçı hata ise, hata çıkışı verir. “Ve” kapısı ise “Veya” kapısının aksine, girdilerinden tümü hata ise hata çıkışı verir.

Hata ağacı yapısı, hata olayının daha fazla geliştirilme ihtiyacı kalmayana dek, hataların birbiri ardına oluşturulmasıyla yapılır. Bu hata olayları temel hata olayları olarak bilinir ve hata ağacı, “üst olay” ile temel hata olaylarını ilişkilendiren mantık yapısıdır.

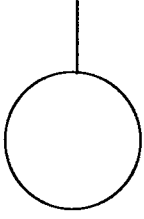
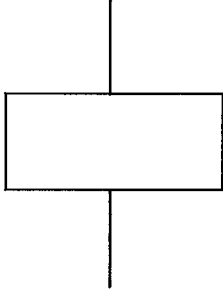
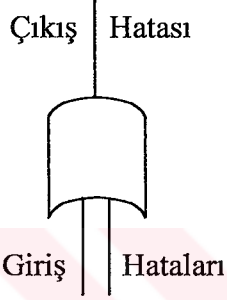
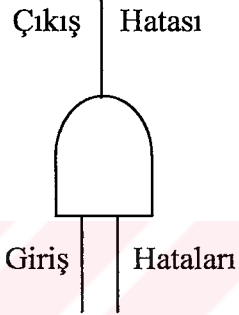
Hata ağacı yapısında dört temel sembol kullanılır. Daire ve dikdörtgen sembolleri sırasıyla, bir kapının girişinden meydana gelen temel hata olayı ve sonuç hatası kombinasyonunu gösterir.

Hata ağacının oluşturulması yukarıdan aşağıya doğrudur. Birbiri ardına sorulan “Bu olay nasıl olabilir?” sorusunu içerir. Hata ağacı oluşturulmasında şu adımlar vardır :

- 1) Sistem kabulleri ve hatayı neyin oluşturduğu gibi faktörler belirlenmelidir
- 2) Giriş, çıkış ve ara bağlantıların gösterildiği bir sistem blok diyagramı geliştirilmelidir
- 3) Arzu edilmeyen olay belirlenmelidir
- 4) Hata ağacı sembolleri ile “üst olay” a sebep olan tüm nedenler belirlenmelidir
- 5) İhtiyaç duyulan en alt basamağa kadar hata ağacı oluşturulmalıdır
- 6) Her bir ihtiyaç için hata ağacı analiz edilmelidir
- 7) Gerekli düzeltici tedbirler belirlenmelidir
- 8) Düzeltici tedbirler yazılı hale getirilmeli ve takip edilmelidir

Hata ağacı sembolleri şu şekildedir :

Çizelge 18.3 Hata ağacı sembolleri

 Temel hata olayı	 Sonuç hata olayı
 “Veya” kapısı	 “Ve” kapısı

18.11.1.1 Olasılık Hesabı

“Ve” ile “Veya” kapılarının çıkışındaki hata olaylarının oluşma olasılığı şu formüllerle hesaplanabilir (Ireson, Coombs ve Moss, 1996) :

$$P(E_0) = 1 - \prod_{i=1}^k \{1 - P(E_i)\} \quad (18.69)$$

$$P(E_a) = \prod_{i=1}^k P(E_i) \quad (18.70)$$

$P(E_0)$: “Ve” kapısı çıkışında hata olayı oluşma olasılığı

$P(E_a)$: “Veya” kapısı çıkışında hata olayı oluşma olasılığı

- k : Giriş hata olaylarının toplam sayısı
- P(Ei) : Giriş hata olaylarının oluşma olasılığı (i=1,2,3,...,k)

18.12 Bakım Uygunluk/Onarılabilirlik Ölçme Teknikleri

Bakıma uygunluk/onarılabilirliği analiz etmek için çeşitli ölçme teknikleri vardır. Ortalama onarım süresi (MTTR), ortalama koruyucu bakım süresi ve bakım nedeniyle ortalama atıl kalma süresi gibi. Bakıma uygunluk/onarılabilirlik fonksiyonları, t=0 anında başlayan bir onarımın, t anında bitme olasılığını tahmin etmek için kullanılır (AMCP 706-133, 1976 ; Blanchard, 1981 ; Ireson ve Coombs, 1988 ; Dhillon, 1999).

18.12.1 Ortalama Onarım Süresi

$$MTTR = \frac{\left(\sum_{i=1}^k \lambda_i CMT_i \right)}{\sum_{i=1}^k \lambda_i} \quad (18.71)$$

- MTTR : Ortalama onarım süresi
- CMTi : Onarım ihtiyacı olan ünite/parça için düzeltici bakım/onarım süresi
- λ_i : Ünite/parçanın arıza oranı

18.12.2 Ortalama Koruyucu Bakım Süresi

$$MPMT = \frac{\left(\sum_{i=1}^m FPM_i \times ETPMT_i \right)}{\sum_{i=1}^m FPM_i} \quad (18.72)$$

- MPMT : Ortalama koruyucu bakım süresi
- m : Koruyucu bakım işlerinin toplam sayısı
- FPMi : Koruyucu bakım işlerinin periyodu
- ETPMTi : Koruyucu bakım işinde geçen süre

18.12.3 Bakım Nedeniyle Ortalama Atıl Kalma Süresi

$$\text{MMD} = \text{MAMT} + \text{LDT} + \text{ADT} \quad (18.73)$$

MMD : Bakım nedeniyle ortalama atıl kalma süresi

LDT : Lojistik gecikme zamanı

ADT : İdari gecikme zamanı

MAMT : Koruyucu ve düzeltici bakım için gerekli ortalama süre



19. YÜKSEK DEVİRLİ DİSEL MAKİNEYE SAHİP GEMİLERİNİN ANA VE YARDIMCI MAKİNE BAKIM-TUTUM YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ

Bu bölümde, daha önceki bölümlerde anlatılan Bakım-Tutum Mühendisliği ve Bakım-tutum kavramı da göz önünde bulundurularak yüksek süratli Diesel ana ve yardımcı makinelere sahip aynı tip dört adet geminin ana ve yardımcı makine bakım yöntemleri incelenmiştir. Bu çalışmada öncelikle makine üretici firması tarafından uygulanması istenilen çalışma saatine dayalı bakım işlemleri listelenmiş, daha sonra bu gemilerin bulunabilen tüm ana ve yardımcı makine arıza kayıtları toplanmış, bu arıza kayıtları makine sistemleri bazında ayrılmış, listelenmiş ve son olarak her bir sistemin ortalama arıza süresi hesaplanmıştır.

19.1 Ana ve Yardımcı Makinelere Uygulanan Bakımlar

Göz önünde bulundurulana ana ve yardımcı makinelere üretici firmanın tavsiye ve direktifleri doğrultusunda çalışma saatine göre bakım uygulanmaktadır. Buna göre, ana makinelere her 150, 300 ve 1500 çalışma saatlerinde bakım uygulanmaktadır. Bunun yanı sıra 4500 çalışma saatinde diğer yapılan bakımlara ilave olarak onarım kuruluşlarınca çeşitli test ve bakımlar uygulanmakta, 9000 çalışma saati sonunda ise ana makineler değiştirilmektedir. Ana makinelere uygulanan bakımların içerikleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir (Çizelge 19.1 , Çizelge 19.2 , Çizelge 19.3 , Çizelge 19.4).

Çizelge 19.1 Ana makinelere uygulanan 150 saatlik bakım

Sistem Adı	Yapılacak Bakım
Hava Sistemi	Emercensi Hava Klapelerinin Fonksiyon Kontrolü
Hava Sistemi	Hava Emiş Devrelerinin Emniyet ve Hasar Kontrolü
Turbo Sistemi	Actuating Silindirlerin, Egzoz ve Emme klapelerinin fonksiyon Kontrolü
Soğutma Suyu Sistemi	Soğutma Suyu Numunesi Alınması ve Analizi
Yağlama Yağı Sistemi	Yağlama Yağı Numunesi Alınması ve Analizi
Yağlama Yağı Filtreleri	Yağ Değiştirilirken Filtrelerin Boşaltılması ve Filtrelerde Metal Parça Kontrolü

Çizelge 19.2 Ana makinelere uygulanan 300 saatlik bakım

Sistem Adı	Yapılacak Bakım
Uygulanan 150 Saatlik Bakım İşlemlerine İlave Olarak Aşağıdaki Bakımlar Yapılır.	
Turbo Sistemi	Turbo Kontrol Ünitesinin ve Selenoid Valfların Ayar Kontrolü
Soğutma Suyu Sistemi	Makine Tatlı Su Seviye Alarmının Fonksiyon Kontrolünün Yapılması
Yağlama Yağı Filtreleri	Filtre Elemanlarının ve Contaların Değiştirilmesi (Her 600 Çalışma Saatinde)
Prayming Yağ Filtreleri	Filtre Elemanları ve Filtre Muhafazasının Temizlenmesi (Her 600 Çalışma Saatinde)
Yağlama Noktaları	Makine Üzerindeki Yağlanacak Aksamın Sökülmesi
Makine Yağlama Yağı	Her 300 Çalışma Saatinde Yağlama Yağının Değiştirilmesi
İlk Hareket Sistemi	İlk Hareket Sisteminin Fonksiyon Kontrolü
İlk Hareket Sistemi	İlk Hareket Plot Ünitesinin Filtre Temizliğinin Yapılması
Valf Dişli Grubu	Yağlama Yağı Beslemesinin Göz Kontrolü
Valf Dişli Grubu	Makine Valf Ayarlarının Kontrolü / Ayarı
Egzoz Sistemi	Egzoz Sisteminin ve Boşaltma Devrelerinin Tıkalı Olup Olmadığının Kontrolü
Egzoz Sistemi	Egzoz Boru Devrelerinin Sıkılık ve Sağlamlık Kontrolü
Yakıt Sistemi	Yakıt Ön Filtresinin Temizliği
Yakıt Sistemi	Dublex Motorin Filtrelerinin Boşaltılması ve Filtre Elemanlarının Değiştirilmesi
Deniz Suyu Sistemi	Makine Deniz Suyu Beslemesinin Kontrolü
Deniz Suyu Sistemi	Deniz Suyu Alıcı Filtrelerinin Temizlenmesi
Şarj Transfer Devresi	Şarj Transfer Valflarının Kontrolü
Şarj Transfer Devresi	Non-return Valfların Kontrolü

Çizelge 19.3 Ana makinelere uygulanan 1500 saatlik bakım

Sistem Adı	Yapılacak Bakım
Uygulanan 150 ve 300 Saatlik Bakım İşlemlerine İlave Olarak Aşağıdaki Bakımlar Yapılır.	
Hava Sistemi	Şarj Hava Basıncının Kontrolü
Hava Sistemi	Yoğuşma Suyu Boşaltma Devrelerinin Temizliği
Soğutma Suyu Sistemi	Makine Tatlı Su Sisteminin Yıkınması ve Tatlı Suyun Değiştirilmesi
Soğutma Suyu Sistemi	Termostat Öncesinde Bulunan Straynerin Temizliği
Valf Dişli Grubu	Valf Dişli Grubu Parçalarının Göz Kontrolü
Yakıt Sistemi	Enjektörlerin Sökülüp Test Edilmesi, Pul ve Contalarının Yenilenmesi / Temizlenmesi, Ayarı (Her 3000 Çalışma Saatinde)
Yakıt Sistemi	Yakıt Boru Devrelerinin Contalarının Yenilenmesi (Her 3000 Çalışma Saatinde)
Makine Genel	Shock-Mounth ve Yayların Kontrolü
Makine Genel	Shock-Mounth ve Askı Yaylarının Klerens Kontrolü
Makine İzleme Sistemi	İzleme Sisteminin ve Sensörlerin Fonksiyon ve Ayar Kontrollerinin Yapılması
Şarj Hava Ön Isıtma Kontrol Valfi	Valfin Fonksiyon Kontrolünün ve Ayar Değerlerinin Kontrolünün Yapılması
Makine Kontrol Sist.	Makine Kontrol Sistemi Gecikme Sürelerinin Kontrolü

Çizelge 19.4 Ana makinelere uygulanan 4500 saatlik bakım

Uygulanan 150, 300 ve 1500 Saatlik Bakımlara İlave Olarak Aşağıdaki Bakımlar Tersane veya Fabrikalar Tarafından Yapılır.	
Sistem Adı	Yapılacak Bakım
Yakıt Pompası	Pompanın Fabrika Testi
Tatlı Su Pompası	Pompanın Fabrika Testi
Deniz Suyu Pompası	Pompanın Fabrika Testi
Y / Yağı Pompası	Pompanın Fabrika Testi
Tatlı Su Termostatu	Termostatin Fabrika Testi
Y / Yağı Termostatu	Termostatin Fabrika Testi
Isı Değiştiriciler	Isı Değiştiricilerin Fabrika Testleri
Kaverler	Sökülerek Fabrikada Test Edilmesi
Silindirler	Silindir İçi Osiloskop Testleri

Yardımcı makinelere de aynı şekilde çalışma saatini esas alan ve 250, 1000 ve 2000 çalışma saati sonunda uygulanan bakımlar bulunmaktadır. Yardımcı makinelere uygulanan bakımların içerikleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir (Çizelge 19.5 , Çizelge 19.6 , Çizelge 19.7 , Çizelge 19.8).

Çizelge 19.5 Yardımcı makinelere uygulanan 250 saatlik bakım

Sistem Adı	Yapılacak Bakım
Hava Sistemi	Acil Durum Hava Klapelerinin Fonksiyon Kontrolü
Hava Sistemi	Hava Emiş Devrelerinin Emniyet ve Hasar Kontrolü
Soğutma Suyu Sistemi	Soğutma Suyu Numunesi Alınması ve Analizi
Makine Yağlama Yağı	Her 500 Çalışma Saatinde Yağlama Yağının Değiştirilmesi
Yağlama Yağı Sistemi	Yağlama Yağı Numunesi Alınması ve Analizi
Yağlama Yağı Filtreleri	Yağ Değiştirilirken Filtrelerin Boşaltılması ve Filtrelerde Metal Parça Kontrolü
Yağlama Yağı Filtreleri	Filtre elemanları ve Contaların Değiştirilmesi (Her 1000 Çalışma Saatinde)
Yağlama Yağı Sistemi	Yağlama Yağı By-pass Filtre Elemanları ve Contalarının Değiştirilmesi (Her 1000 Çalışma Saatinde)

Çizelge 19.6 Yardımcı makinelere uygulanan 1000 saatlik bakım

Sistem Adı	Yapılacak Bakım
Uygulanan 250 Saatlik Bakım İşlemlerine İlave Olarak Aşağıdaki Bakımlar Yapılır.	
Soğutma Suyu Sistemi	Tatlı Su Pompası Şaft Boğazındaki Kontrol Deliklerinin Açık Olup Olmadığının Kontrolü
Soğutma Suyu Sistemi	Tatlı Su Seviye Alarminin Fonksiyon Kontrolü
Yağlama Noktaları	Makine Üzerindeki Yağlama Noktalarının Yağlanması
Valf Dişli Grubu	Makine Valf Ayarlarının Kontrolü / Ayarı
Valf Dişli Grubu	Silindir Kapak Lastiklerinin Kontrolü / Değiştirilmesi
Gavarnör	Gavarnör Bağlantı Parçalarının Hareket Serbestliğinin Kontrolü

Yakıt Sistemi	Yakıt Ön Filtresinin Temizlenmesi
Egzoz Sistemi	Egzoz Sisteminin ve Boşaltma Devrelerinin Tıkalı Olup Olmadığının Kontrolü
Egzoz Sistemi	Egzoz Boru Devrelerinin ve Turboların Kontrolü
Deniz Suyu Sistemi	Deniz Suyu Alıcı Filtrelerinin Temizlenmesi
Deniz Suyu Sistemi	Makine Deniz Suyu Alıcı Filtrelerinin Temizlenmesi
Deniz Suyu Sistemi	Deniz Suyu Pompası Şaft Boğazındaki Kontrol Deliklerinin Açık Olup Olmadığının Kontrolü

Çizelge 19.7 Yardımcı makinelere uygulanan 2000 saatlik bakım

Sistem Adı	Yapılacak Bakım
Uygulanan 250 ve 1000 Saatlik Bakım İşlemlerine İlave Olarak Aşağıdaki Bakımlar Yapılır.	
Hava Sistemi	Şarj Hava Basıncının Kontrolü
Hava Sistemi	Yoğuşma Suyu Boşaltma Devrelerinin Temizliği
Soğutma Suyu Sistemi	Makine Tatlı Su Sisteminin Yıkınması ve Tatlı Suyun Değiştirilmesi
Soğutma Suyu Sistemi	Tatlı Su Dönüş Devresi Üzerinde Bulunan Straynerin Temizlenmesi
Valf Dişli Grubu	Valf Dişli Grubu Parçalarının Göz Kontrolü
Yakıt Sistemi	Enjektörlerin Sökülüp Test Edilmesi, Pul ve Contalarının Yenilenmesi / Temizlenmesi, Ayarı (400 Çalışma Saatinde Enjektör Nozullarının Değiştirilmesi)
Silindirler	Silindirlerin Kompresyon Basınçlarının Ölçülmesi

Makine İzleme Sistemi	İzleme Sisteminin ve Sensörlerin Fonksiyon ve Ayar Kontrollerinin Yapılması
Makine Genel	Makine Bağlantı Saplama ve Somunlarının Sıkılık Kontrolü
Makine Genel	Shock-Mounth Kontrolü

Çizelge 19.8 Yardımcı makinelere uygulanan 6000 saatlik bakım

Uygulanan 250, 1000 ve 2000 Saatlik Bakımlara İlave Olarak Aşağıdaki Bakımlar Tersane veya Fabrikalar Tarafından Yapılır.	
Sistem Adı	Yapılacak Bakım
Yakıt Pompası	Pompanın Fabrika Testi
Tatlı Su Pompası	Pompanın Fabrika Testi
Deniz Suyu Pompası	Pompanın Fabrika Testi
Y / Yağı Pompası	Pompanın Fabrika Testi
Tatlı Su Termostatı	Termostatın Fabrika Testi
Y / Yağı Termostatı	Termostatın Fabrika Testi
Isı Değiştiriciler	Isı Değiştiricilerin Fabrika Testleri
Kaverler	Sökülerek Fabrikada Test Edilmesi
Silindirler	Silindir İçi Osiloskop Testleri

19.2 Ana ve Yardımcı Makine Bakım Maliyetleri

Yapılan bakımlar sadece makinelerin yağlama, soğutma ve deniz suyu gibi birinci derece önem arz eden sistemlerin test ve bazı elemanlarının değişimi ile shock-mounth gibi makine yerleşimini ilgilendiren parçaların fiziki kontrolünü kapsamaktadır. Gemilerin ana ve yardımcı makine çalışma saatleri (Çizelge 19.9) , bu süre içerisinde yapılan saatli bakımlar (Çizelge 19.10) ve bakım setlerinin fiyatları (Çizelge 19.11) şöyledir.

Çizelge 19.9 Gemilerin ana ve yardımcı makine çalışma saatleri

Makine Çalışma Süresi (saat)	Gemi-1	Gemi-2	Gemi-3	Gemi-4
Ana Makine-1	13,146	12,006	3,692	11,599
Ana Makine-2	13,011	12,689	3,385	11,391
Ana Makine-3	13,163	12,779	3,694	11,590
Ana Makine-4	13,005	11,807	3,381	11,375
Yardımcı Makine-1	36,052	36,103	33,130	30,219
Yardımcı Makine-2	34,671	36,256	35,502	33,211
Yardımcı Makine-3	21,365	34,182	23,258	30,707

Gemilerin her birinde ana tahrik amaçlı dört adet ana makine ve elektrik üretimi ve beslemesi için üç adet yardımcı makine bulunmaktadır. Ana makine-1 ile Ana makine-3 ve Ana Makine-2 ile Ana makine-4'ün çalışma saatlerinin birbirlerine yakın olduğu görülmektedir. Bunun nedeni gemilerin seyir süresince aynı anda iki makineyi kullanmasıdır. Yani gemi seyir süresince ya Ana makine-1 ve Ana makine-3 yada Ana makine-2 ve Ana makine-4'ü aynı anda kullanmaktadır.

Yardımcı makineler için böyle bir durum söz konusu olmamakla birlikte makinelerde meydana gelen ve makinenin komple değiştirmesini gerektiren durumlar dışında çalışma saatleri birbirine eşit tutulmaya çalışılmaktadır. Gemiler limanda iken yardımcı makinelerden biri gerekli elektrik gücünü sağlayabilmekte ancak seyirde iki adet yardımcı makine paralel durumda çalıştırılarak yeterli elektrik gücünü sağlanmaktadır.

Çizelge 19.10 Ana ve yardımcı makinelere uygulanmış saatli bakımlar

Ana Makinelere Yapılan Bakım Miktarı (Adet)	Gemi-1				Gemi-2				Gemi-3				Gemi-4			
Ana Makineler	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
150 saatlik bakım	87	86	87	86	80	84	85	78	24	22	24	22	77	75	77	75
300 saatlik bakım	43	43	43	43	40	42	42	39	12	11	12	11	38	37	38	37
1500 saatlik bakım	8	8	8	8	8	8	8	8	2	2	2	2	7	7	7	7
4500 saatlik bakım	2	2	2	2	2	2	2	2	-	-	-	-	2	2	2	2
9000 saatlik bakım	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	1	1	1	1
Yardımcı Makinelere Yapılan Bakım Miktarı (Adet)	Gemi-1				Gemi-2				Gemi-3				Gemi-4			
Yardımcı Makineler	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	3
250 saatlik bakım	144	138	85	144	145	136	132	142	93	120	132	122				
1000 saatlik bakım	36	34	21	36	36	34	33	35	23	30	33	30				
2000 saatlik bakım	18	17	10	18	18	17	16	17	11	15	16	15				
6000 saatlik bakım	6	5	3	6	6	5	5	5	3	5	5	5				
24000 saatlik bakım	1	1	-	1	1	1	1	1	-	1	1	1				

Çizelge 19.10’da gösterildiği şekilde, ana ve yardımcı makinelere yapılan saatli bakım miktarları her bir gemi bazında hemen hemen birbirine eşittir. Bunun nedeni bir önceki paragrafta açıklandığı gibi gemilerin makine çalışma saatlerini birbirine eşit tutma çabalarıdır. Böylece hem makine çalışma saatleri hem de makinelere yapılan saatli bakım miktarları eşit olmaktadır. Gemi-3’ün ana makinelerine 4,500 ve 9,000 saatlik bakımın, ayrıca Gemi-1 ve Gemi-3’e ait Yardımcı Makine-3’e 24,000 saatlik bakımın, makine çalışma saatlerinin bakım saatine henüz ulaşmamış olması yüzünden yapılmadığı görülmektedir.

Çizelge 19.11 Ana ve yardımcı makine saatli bakım set fiyatları

Ana Makine Saatli Bakım Setleri	Bakım Seti Fiyatları (\$)
150 saatlik bakım seti	318
300 saatlik bakım seti	78
1500 saatlik bakım seti	475
Yardımcı Makine Saatli Bakım Setleri	
250 saatlik bakım seti	105
1000 saatlik bakım seti	22
2000 saatlik bakım seti	166
Yağlama yağı (\$ / t)	1,268

Ana ve yardımcı makinelere uygulanan saatli bakım setlerinin ve ana makinelerde 300 çalışma saatinde bir, yardımcı makinelerde 500 çalışma saatinde bir değiştirilen yağlama yağının fiyatı Çizelge 19.11'deki gibidir. Tüm bu bilgiler ışığında dört geminin ana ve yardımcı makinelerinin sadece planlı bakımları için yapılan masraflar şu şekildedir :

Çizelge 19.12 Gemi-1 ana ve yardımcı makinelerin planlı bakım seti maliyetleri

Ana Makine Bakım Maliyetleri (\$)						
Ana Makineler	1	2	3	4	TOPLAM	ORT.
150 saatlik bakım	27,666	27,348	27,666	27,348	110,028	27,507
300 saatlik bakım	3,354	3,354	3,354	3,354	13,416	3,286.5
1500 saatlik bakım	3,800	3,800	3,800	3,800	15,200	3,800
Ana makineler için planlı bakım seti maliyetleri toplamı (\$)					138,644	34,661
Yardımcı Makine Bakım Maliyetleri (\$)						
Yrd. Makineler	1	2	3		TOPLAM	ORT.
250 saatlik bakım	15,120	14,490	8,925		38,535	12,845
1000 saatlik bakım	792	748	462		2,002	667.3
2000 saatlik bakım	2,988	2,822	1,660		7,470	2,490
Yardımcı makineler için planlı bakım seti maliyetleri toplamı (\$)					48007	16002,3
Gemi-1 için ana ve yardımcı makine planlı bakım maliyetleri (\$)					186,651	26,665

Çizelge 19.13 Gemi-2 ana ve yardımcı makinelerin planlı bakım seti maliyetleri

Ana Makine Bakım Maliyetleri (\$)						
Ana Makineler	1	2	3	4	TOPLAM	ORT.
150 saatlik bakım	25,440	26,712	27,030	24,804	103,986	2,600
300 saatlik bakım	3,120	3,276	3,276	3,042	12,714	3,178.5
1500 saatlik bakım	3,800	3,800	3,800	3,800	15,200	3,800
Ana makineler için planlı bakım seti maliyetleri toplamı (\$)					131,900	32,975
Yardımcı Makine Bakım Maliyetleri (\$)						
Yrd. Makineler	1	2	3		TOPLAM	ORT.
250 saatlik bakım	15,120	15,225	14,280		44,625	14,875
1000 saatlik bakım	792	792	748		2,332	777
2000 saatlik bakım	2,988	2,988	2,822		8,798	2,932
Yardımcı makineler için planlı bakım seti maliyetleri toplamı (\$)					55,755	18,585
Gemi-2 için ana ve yardımcı makine planlı bakım maliyetleri (\$)					187,655	26,807

Çizelge 19.14 Gemi-3 ana ve yardımcı makinelerin planlı bakım seti maliyetleri

Ana Makine Bakım Maliyetleri (\$)						
Ana Makineler	1	2	3	4	TOPLAM	ORT.
150 saatlik bakım	7,632	6,996	7,632	6,996	29,256	7,314
300 saatlik bakım	936	858	936	858	3,588	897
1500 saatlik bakım	950	950	950	950	3,800	950
Ana makineler için planlı bakım seti maliyetleri toplamı (\$)					36,644	9,161
Yardımcı Makine Bakım Maliyetleri (\$)						
Yrd. Makineler	1	2	3		TOPLAM	ORT.
250 saatlik bakım	13,860	14,910	9,765		38,535	12,845
1000 saatlik bakım	726	770	506		2,002	667
2000 saatlik bakım	2,656	2,822	1,826		7,304	2,434
Yardımcı makineler için planlı bakım seti maliyetleri toplamı (\$)					47,841	15,947
Gemi-3 için ana ve yardımcı makine planlı bakım maliyetleri (\$)					84,485	12,069

Çizelge 19.15 Gemi-4 ana ve yardımcı makinelerin planlı bakım seti maliyetleri

Ana Makine Bakım Maliyetleri (\$)						
Ana Makineler	1	2	3	4	TOPLAM	ORT.
150 saatlik bakım	24,486	23,850	24,486	23,850	96,672	24,168
300 saatlik bakım	2,964	2,886	2,964	2,886	11,700	2,925
1500 saatlik bakım	3,325	3,325	3,325	3,325	13,300	3,325
Ana makineler için planlı bakım seti maliyetleri toplamı (\$)					121,672	30,418
Yardımcı Makine Bakım Maliyetleri (\$)						
Yrd. Makineler	1	2	3		TOPLAM	ORT.
250 saatlik bakım	12,600	13,860	12,810		39,270	13,090
1000 saatlik bakım	660	726	660		2,046	682
2000 saatlik bakım	2,490	2,656	2,490		7,636	2,545
Yardımcı makineler için planlı bakım seti maliyetleri toplamı (\$)					48,952	16,317
Gemi-4 için ana ve yardımcı makine planlı bakım maliyetleri (\$)					170,624	24,374

Görüldüğü gibi sadece bakım setlerine dayalı maliyetler bile gemi başına 180,000 dolardan fazladır. Ana makinelerde 300 çalışma saati sonunda 1,200 kilogram ve yardımcı makinelerde de 500 çalışma saati sonunda 150 kilogram yağlama yağı değiştirildiği dikkate alınırsa bu dört geminin toplam yağlama yağı harcaması ve bunun maliyeti Çizelge 19.16'da gösterildiği şekilde olacaktır. Çizelgeler 19.12-15 ile Çizelge 19.16 karşılaştırıldığında ne kadar çok kullanılırsa kullanılsın, saatli bakım seti maliyetleri yağlama yağı değişim maliyetinin yaklaşık beşte biri kadar tutmaktadır.

Bakım seti maliyetleri ve yağlama yağı masrafları haricinde göz önünde bulundurulması gereken diğer bir nokta ise işçilik maliyetleridir. Ancak makinelerin planlı bakımlarını gemi personeli yaptığı için işçilik ücretleri planlı bakım maliyetleri hesabında göz ardı edilecektir.

Çizelge 19.16 Dört geminin ana ve yardımcı makine toplam yağlama yağı harcaması

	Makine	Ana Makine Çalışma Saatleri	Ana Makinelerde Değiştirilen Yağ Miktarı (Kg)	Yardımcı Makine Çalışma Saatleri	Yardımcı Makinelerde Değiştirilen Yağ Miktarı (Kg)	TOPLAM (Kg)
Gemi-1	1	13,146	51,600	36,052	10,800	233,850
	2	13,011	51,600	34,671	10,350	
	3	13,163	51,600	21,365	6,300	
	4	13,005	51,600			
Gemi-2	1	12,006	48,000	36,103	10,800	227,400
	2	12,689	50,400	36,256	10,800	
	3	12,779	50,400	34,182	10,200	
	4	11,807	46,800			
Gemi-3	1	3,692	14,400	33,130	9,900	82,500
	2	3,385	13,200	35,502	10,500	
	3	3,694	14,400	23,258	6,900	
	4	3,381	13,200			
Gemi-4	1	11,599	45,600	30,219	9,000	207,900
	2	11,391	44,400	33,211	9,900	
	3	11,590	45,600	30,707	9,000	
	4	11,375	44,400			
					TOPLAM(Kg)	751,650
Yağlama Yağı Fiyatı (\$ / t)						1,268
Toplam Yağlama Yağı Masrafı (\$)						953,092

19.3 Ana ve Yardımcı Makine Arıza Onarımları ve Maliyetleri

Gemilerin ana ve yardımcı makine kayıtları incelendiğinde gemiden gemiye farklılık göstermekle birlikte ana makinelerde ortalama 15 ana sistemde ve yardımcı makinelerde de ortalama 17 sistemde çeşitli arızalar meydana geldiği tespit edilmiştir. Her bir gemi ve sistem bazında ana makine ve yardımcı makinelerde meydana gelen arızalar (Çizelge 19.17 ve Çizelge 19.18) şöyledir :

Çizelge 19.17 Ana makine sistemleri arızaları

	GEMİ-1				GEMİ-2				GEMİ-3				GEMİ-4			
Ana Makineler	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Soğutma Sistemi	7	1	1	3	1	2	1	1	3	-	-	1	7	2	2	2
Deniz Suyu Sistemi	2	7	2	1	1	1	3	-	1	2	4	2	3	9	12	2
İlk Hareket Sistemi	1	2	1	4	4	-	1	1	-	-	1	-	5	2	1	2
Yağlama Yağı Sistemi	-	-	-	-	1	3	-	1	1	-	-	2	1	7	3	4
Motorin Sistemi	2	1	2	3	2	2	4	2	3	-	2	-	7	2	-	-
Elektronik	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	11	10
Silindir Elemanları	6	7	14	-	2	11	-	3	1	2	1	3	3	2	3	1
Turbolar	3	8	5	2	6	3	6	2	2	-	1	-	2	3	3	2
Sensörler	1	2	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	6	4	9	7
Gavarnör	3	2	5	2	-	2	2	3	5	-	4	4	2	5	1	3
Enjektör	26	20	4	18	2	-	2	-	1	1	-	-	8	5	6	-
Layner	2	-	-	7	3	4	8	6	1	-	-	3	-	-	1	-
Mekik	1	3	5	1	1	5	3	1	3	-	-	7	2	1	-	1
Mekanik Sistem	2	1	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	1	1
Hava Sistemi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	1
Cut-out Sistemi	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-
Ön Isıtma Sistemi	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-
Elektronik Kartlar	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	11	6	5
Şafta Bağlama Sistemi	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 19.17 incelendiğinde ana makinelerde en fazla arıza yapan sistemlerin enjektörler, gavarnörler, silindir elemanları, deniz suyu sistemi, soğutma sistemi ve turbolar olduğu, hava sistemi, ön ısıtma sistemi, cut-out sistemi ve şafta bağlama sisteminin ise çok az arıza yaptıkları görülmektedir. Makine üzerinde bulunan ve sürekli çalışan parçalar sık arıza yapmakta, sürekli çalışmayan ve ana makinenin yardımcı sistemlerini oluşturan parçalar nispeten daha az arıza yapmaktadır.

Çizelge 19.18 Yardımcı makine sistemleri arızaları

	GEMİ-1			GEMİ-2			GEMİ-3			GEMİ-4		
Yardımcı Makineler	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Soğutma Sistemi	3	2	-	3	-	5	3	2	-	4	1	4
Yağlama Yağı Sistemi	2	2	1	1	2	3	1	1	1	-	1	4
Motorin Sistemi	2	-	4	1	1	1	1	-	-	-	-	2
Deniz Suyu Sistemi	1	1	3	1	-	2	-	1	-	2	6	-
İlk Hareket Sistemi	3	5	-	4	4	-	-	-	-	1	2	-
Enjektör	3	1	2	-	1	1	-	-	-	1	1	1
Gavarnör	3	6	3	-	-	-	-	1	1	2	5	7
Silindir Elemanları	-	1	1	5	5	7	-	-	2	3	1	4
Elektronik Sistem	2	3	3	-	-	-	-	-	-	9	4	12
Yük dengeleme Ünitesi	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2	1	2
Ön Isıtma Sistemi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Marş Motoru	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	2
Yakıt Kamçıları	33	32	11	4	12	13	2	-	1	14	9	5
Turbo	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Layner	-	4	-	-	1	2	1	-	-	-	-	1

Çizelge 19.18 incelendiğinde ise yardımcı makinelerde en fazla arıza yapan sistemlerin yakıt kamçıları, gavarnörler, silindir elemanları ve elektronik sistemler olduğu, ana makinelerden farklı olarak yardımcı makinelerde enjektörlerin, soğutma ve deniz suyu sistemlerinin ve turboların sık arıza yapmadıkları görülmektedir.

İleride değinileceği üzere yedek parça, işçilik gibi harcamalarda göz önüne alındığında bahse konu bu arızalar işletim maliyetlerini arttırmaktadır.

Söz konusu ana makinelerin 11,000 saatten ve yardımcı makinelerin 30,000 saatten fazla çalıştıkları göz önüne alınırsa arıza yapmamalarının imkansız olduğu anlaşılabacaktır. Planlı bakım harici yapılan bu arıza onarımları yani düzeltici bakımlar, planlı bakım harcamalarından daha fazla bir mali yük getirmektedir.

Dört geminin ana ve yardımcı makine arıza kayıtları incelendiğinde Çizelge 19.19, Çizelge 19.20 ve Çizelge 19.21’de verilen sistem arızalarının yoğunlaştığı makine parçaları, bu parçaların tedarik fiyatları ve onarım tesisleri tarafından onarımları için gereken adamxsaat süreleri şu şekilde tespit edilmiştir :

Çizelge 19.19 Ana makinelerde sık arıza yapan parçalara ait bilgiler

ANA MAKİNE ARIZA SİSTEMLERİNDE ARIZA YAPAN PARÇALAR			
Sistem	Parça	Parça Fiyatı (\$)	Onarım Süresi
İlk hareket sistemi	İlk hareket hava selenoidi	1,087	4 AxS
Aşırı besleme	Yüksek basınç turbo	-	136 AxS
Aşırı besleme	Alçak basınç turbo	-	136 AxS
Aşırı besleme	Turbo kontrol ünitesi	-	34 AxS
Aşırı besleme	Turbo kontrol pistonu	-	34 AxS
Aşırı besleme	Turbo yağ keçesi	-	136 AxS
Soğutma sistemi	Tatlı su pompası	4,438	51 AxS
Enjektör	Enjektör	633	21 AxS
Enjektör	Enjektör memesi	369	21 AxS
Deniz suyu sistemi	Deniz suyu pompası	161	51 AxS
Silindir elemanları	Piston	-	51 AxS
Silindir elemanları	Emme valfi	90	34 AxS
Silindir elemanları	Egzoz valfi	224	34 AxS
Silindir elemanları	Piston segmanları	108	34 AxS
Silindir elemanları	Non-return valf	-	4 AxS
Silindir elemanları	Kaver contası	-	34 AxS
Yakıt sistemi	Silindir yakıt pompası	-	17 AxS
Gavarnör	Lineer valf	736	17 AxS
Ön ısıtma sistemi	Ön ısıtma pompa/motoru	457	17 AxS
Cut-out sistemi	Cut-out selenoid valfi	332	2 AxS

Çizelge 19.17’de verilen ve ana makinelerde çok sık arıza yaptığı tespit edilen soğutma suyu, enjektör, gavarör, silindir elemanları gibi sistemlerin yedek parça fiyatlarının pahalı ve onarım sürelerinin uzun olduğu Çizelge 19.19’da görülmektedir.

Çizelge 19.20 Yardımcı makinelerde sık arıza yapan parçalara ait bilgiler

YARDIMCI MAKİNE ARIZA SİSTEMLERİNDE ARIZA YAPAN PARÇALAR			
Sistem	Parça	Parça Fiyatı (\$)	Onarım Süresi
Deniz suyu sistemi	Deniz suyu pompası	6,615	34 AxS
Enjektör	Enjektör	1	8,5 AxS
Enjektör	Enjektör memesi	27	8,5 AxS
Silindir elemanları	Piston segmanları	45	51 AxS
Silindir elemanları	Layner etek lastiği	4	51 AxS
Yakıt kamçısı	Silindir yakıt kamçıları	318	2 AxS
İlk hareket sistemi	İlk hareket hava selenoidi	1,200	4 AxS
Marş motoru	Marş motoru	1,577	17 AxS
Gavarör	Gavarör	647	17 AxS
Yük dengeleme ünitesi	Yük dengeleme ünitesi	2,096	8,5 AxS

Çizelge 19.18’de verilen ve yardımcı makinelerde çok sık arıza yaptığı tespit edilen gavarör, yakıt kamçısı, silindir elemanları ve Çizelge 19.21’de gösterildiği gibi elektronik sistemlerin yedek parça fiyatlarının pahalı ve onarım sürelerinin uzun olduğu Çizelge 19.20’de görülmektedir.

Çizelge 19.21 Ana ve yardımcı makine izleme sisteminde sık arıza yapan parçalara ait bilgiler

ANA ve YARDIMCI MAKİNE İZLEME SİSTEMİNDE ARIZA YAPAN PARÇALAR			
Sistem	Parça	Parça Fiyatı (\$)	Onarım Süresi
İzleme sistemi	Ana makine termocouple	240	8.5 AxS
İzleme sistemi	Yardımcı makine gavarnör	858	17 AxS
İzleme sistemi	Yük dengeleme ünitesi	559	8.5 AxS
İzleme sistemi	Âna makine speed sensör	541	8.5 AxS
İzleme sistemi	Ana makine deniz suyu basınç sensörü	535	8.5 AxS
İzleme sistemi	Yağlama yağı basınç sensörü	651	8.5 AxS
İzleme sistemi	Start-stop sistemi elektronik kartı	585	17 AxS
İzleme sistemi	Sıcaklık sensörü	213	8.5 AxS
İzleme sistemi	Üçlü devir takometresi	702	17 AxS
İzleme sistemi	Kumanda sistemi power supply kartı	4,000	17 AxS
İzleme sistemi	Turbo ünit kontrol kartı	946	17 AxS

Günümüzde, elektronik kumanda ve izleme sistemleri inşa edilen tüm yeni gemilerin ana ve yardımcı makinelerinde kullanılmaktadır. Makine işletmeciliğini kolaylaştıran bu elektronik sistemlerin yedek parça fiyatları oldukça yüksektir. Elektronik sistemlerde meydana gelen arızalar, arızalı elektronik elemanın değiştirilmesi ile onarıldığından onarım süreleri oldukça kısadır.

Yukarıdaki bilgiler ışığında ana ve yardımcı makinelerde meydana gelen arızaların onarım maliyetleri sistem ve parça bazında hesaplanırsa (Çizelge 19.22-23-24) , arıza onarımlarının makine işletmeciliğinde ne kadar pahalı bir işlem olduğu kolaylıkla görülebilir. İşte bu yüzden söz konusu makinelerin Bölüm 18’de açıklanan hesaplama yöntemleri çerçevesinde maliyet etkinlik analizleri yapılacak ve planlı bakım sistemine dahil edilebilecek bazı kontrol yada bakımlar ile ne kadar bir tasarruf sağlanabileceği araştırılacaktır.

Çizelge 19.22 Ana makine sistemlerinin arıza onarım maliyetleri

Parça	Parça Fiyatı (\$)	Onarım Süresi (AxS)	İşçilik Ücreti (\$/AxS)	Toplam Maliyet (\$)
İlk hareket selenoidi	1,087	4	22	1,175
Yüksek basınç turbo	-	136	22	-
Alçak basınç turbo	-	136	22	-
Turbo kontrol ünitesi	-	34	22	-
Turbo kontrol pistonu	-	34	22	-
Turbo yağ keçesi	-	136	22	-
Tatlı su pompası	4,438	51	22	5,560
Enjektör	633	21	22	1,095
Enjektör memesi	369	21	22	831
Deniz suyu pompası	161	51	22	1,283
Piston	-	51	22	-
Emme valfi	90	34	22	838
Egzoz valfi	224	34	22	972
Piston segmanları	108	34	22	856
Non-return valf	-	4	22	-
Kaver contası	-	34	22	-
Silindir yakıt pompası	-	17	22	-
Lineer valf	736	17	22	1,110
Ön ısıtma pompası	457	17	22	831
Cut-out selenoid valfi	332	2	22	376

Çizelge 19.23 Yardımcı makine sistemlerinin arıza onarım maliyetleri

Parça	Parça Fiyatı (\$)	Onarım Süresi (AxS)	İşçilik Ücreti (\$/AxS)	Toplam Maliyet (\$)
Deniz suyu pompası	6,615	34	22	7,363
Enjektör	1	8.5	22	187
Enjektör memesi	27	8.5	22	214
Piston segmanları	45	51	22	1,167
Layner etek lastiği	4	51	22	1,126
Silindir yakıt kamçıları	318	2	22	362
İlk hareket selenoidi	1,200	4	22	1,288
Marş motoru	1,577	17	22	1,951
Gavarnör	647	17	22	1,021
Yük dengeleme ünitesi	2,096	8.5	22	2,283

Çizelge 19.24 Ana ve yardımcı makine izleme sisteminin arıza onarım maliyetleri

Parça	Parça Fiyatı (\$)	Onarım Süresi (AxS)	İşçilik Ücreti (\$/AxS)	Toplam Maliyet (\$)
Ana makine termocouple	240	8.5	22	427
Yardımcı makine gavarnör	858	17	22	1,232
Yardımcı makine yük dengeleme ünitesi	559	8.5	22	746
Ana makine speed sensör	541	8.5	22	728
Ana makine deniz suyu basınç sensörü	535	8.5	22	722
Yağlama yağı basınç sensörü	651	8.5	22	838
Start-stop sistemi elektronik kartı	585	17	22	959
Ana ve yardımcı makine sıcaklık sensörü	213	8.5	22	400

Çizelgelerde verilen rakamlar, arızalı parçanın bir defaya mahsus onarım maliyeti göstermektedir. Bu maliyetler Çizelge 19.17 ve 19.18’de verilen arıza miktarları çerçevesinde değerlendirildiğinde gemilerin ana ve yardımcı makine planlı bakım setleri için harcanan para 629,415 \$ iken, arıza onarımları için harcanan para ise ortalama olarak 3,500,000 \$ gibi inanılması zor bir rakam çıkmaktadır. Arıza onarım maliyetleri ortalama bir değer olmasına rağmen yine de planlı bakım maliyetinin iki katından fazladır.

19.4 Ana ve Yardımcı Makine Arızalarının Analizi

Burada yapılacak analizlerde Bölüm 18’de açıklanan bazı eşitlik ve indislerden yararlanılacaktır. İncelenecek olan konu gemi ana ve yardımcı makineleri olduğu için Bölüm 18’de verilen ve üretim, yazılım bakımı, bakımda insan hataları, envanter kontrolü gibi konularla ilgili olan eşitlik ve indisler kullanılmayacaktır.

19.4.1 Ortalama Düzeltici Bakım Süresi

Gemilerin ana ve yardımcı makine çalışma saatleri ile arıza miktarları göz önüne alındığında Çizelge 18.2’de verilen Ortalama düzeltici bakım süresi eşitliği yardımı ile ortalama düzeltici bakım süreleri şu şekilde hesaplanır :

Çizelge 19.25 Gemi-1 için ana makine ortalama düzeltici bakım süresi hesapları

GEMİ-1 ANA MAKİNE-1				
SİSTEM	ARIZA MİKTARI (λ_i)	ORTALAMA SÜRE (T_{cmj})	($\lambda_i \times T_{cmj}$)	Tmcm (saat)
Soğutma	7	51	357	
Deniz suyu	2	51	102	
İlk hareket	1	4	4	
Motorin	2	17	34	
Silindir ve elemanları	6	34	204	
Turbo	3	136	408	
Sensörler	1	8.50	8.5	
Gavarnör	3	17	51	
Enjektör	26	21	546	
Layner	2	34	68	
Mekik	1	34	34	
Mekanik	2	20	40	
Cut-out	0	2	0	
Ön ısıtma	0	17	0	
Elektronik kartlar	0	17	0	
SONUÇ	56		1,856.5	33.15

GEMİ-1 ANA MAKİNE-2				
SİSTEM	ARIZA MİKTARI (λi)	ORTALAMA SÜRE (Tcmj)	(λi x Tcmj)	Tmcm (saat)
Soğutma	1	51	51	
Deniz suyu	7	51	357	
İlk hareket	2	4	8	
Motorin	1	17	17	
Silindir ve elemanları	7	34	238	
Turbo	8	136	1,088	
Sensörler	2	8.50	17	
Gavarnör	2	17	34	
Enjektör	20	21	420	
Layner	0	34	0	
Mekik	3	34	102	
Mekanik	1	20	20	
Cut-out	0	2	0	
Ön ısıtma	0	17	0	
Elektronik kartlar	1	17	17	
SONUÇ	55		2,369	43.07

GEMİ-1 ANA MAKİNE-3				
SİSTEM	ARIZA MİKTARI (λi)	ORTALAMA SÜRE (Tcmj)	(λi x Tcmj)	Tmcm (saat)
Soğutma	1	51	51	
Deniz suyu	2	51	102	
İlk hareket	1	4	4	
Motorin	2	17	34	
Silindir ve elemanları	14	34	476	
Turbo	5	136	680	
Sensörler	1	8.50	8.5	
Gavarnör	5	17	85	
Enjektör	4	21	84	
Layner	0	34	0	
Mekik	5	34	170	
Mekanik	1	20	20	
Cut-out	1	2	2	
Ön ısıtma	0	17	0	
Elektronik kartlar	1	17	17	
SONUÇ	43		1,733.5	40.31

GEMİ-1 ANA MAKİNE-4				
SİSTEM	ARIZA MİKTARI (λ_i)	ORTALAMA SÜRE (T_{cmj})	($\lambda_i \times T_{cmj}$)	Tmcm (saat)
Soğutma	3	51	153	
Deniz suyu	1	51	51	
İlk hareket	4	4	16	
Motorin	3	17	51	
Silindir ve elemanları	0	34	0	
Turbo	2	136	272	
Sensörler	1	8.50	8.5	
Gavarnör	2	17	34	
Enjektör	18	21	378	
Layner	7	34	238	
Mekik	1	34	34	
Mekanik	1	20	20	
Cut-out	2	2	4	
Ön ısıtma	1	17	17	
Elektronik kartlar	0	17	0	
SONUÇ	46		1,276.5	27.75

Çizelge 19.26 Gemi-1 için yardımcı makine ortalama düzeltici bakım süresi hesapları

GEMİ-1 YARDIMCI MAKİNE-1				
SİSTEM	ARIZA MİKTARI (λ_i)	ORTALAMA SÜRE (T_{cmj})	($\lambda_i \times T_{cmj}$)	Tmcm (saat)
Soğutma	3	51	153	
Yağlama	2	51	102	
Motorin	2	17	34	
Deniz suyu	1	34	34	
İlk hareket	3	4	12	
Enjektör	3	8.5	25.5	
Silindir ve elemanları	0	51	0	
Elektronik	2	17	34	
Yük dengeleme ünitesi	0	8.5	0	
Turbo	0	136	0	
Layner	0	51	0	
Gavarnör	3	17	51	
Yakıt kamçısı	33	2	66	
SONUÇ	52		511.5	9.84

GEMİ-1 YARDIMCI MAKİNE-2

SİSTEM	ARIZA MİKTARI (λ_i)	ORTALAMA SÜRE (Tcmj)	($\lambda_i \times Tcmj$)	Tmcm (saat)
Soğutma	2	51	102	
Yağlama	2	51	102	
Motorin	0	17	0	
Deniz suyu	1	34	34	
İlk hareket	5	4	20	
Enjektör	1	8.5	8.5	
Silindir ve elemanları	1	51	51	
Elektronik	3	17	51	
Yük dengeleme ünitesi	0	8.5	0	
Turbo	0	136	0	
Layner	4	51	204	
Gavarnör	6	17	102	
Yakıt kamçısı	32	2	64	
SONUÇ	57		738.5	12.96

GEMİ-1 YARDIMCI MAKİNE-3

SİSTEM	ARIZA MİKTARI (λ_i)	ORTALAMA SÜRE (Tcmj)	($\lambda_i \times Tcmj$)	Tmcm (saat)
Soğutma	0	51	0	
Yağlama	1	51	51	
Motorin	4	17	68	
Deniz suyu	3	34	102	
İlk hareket	0	4	0	
Enjektör	2	8.5	17	
Silindir ve elemanları	1	51	51	
Elektronik	3	17	51	
Yük dengeleme ünitesi	1	8.5	8.5	
Turbo	1	136	136	
Layner	0	51	0	
Gavarnör	3	17	51	
Yakıt kamçısı	11	2	22	
SONUÇ	30		557.5	18.58

Çizelge 19.27 Gemi-2 için ana makine ortalama düzeltici bakım süresi hesapları

GEMİ-2 ANA MAKİNE-1				
SİSTEM	ARIZA MİKTARI (λ_i)	ORTALAMA SÜRE (Tcmj)	($\lambda_i \times Tcmj$)	Tmcm (saat)
Soğutma	1	51	51	
Deniz suyu	1	51	51	
İlk hareket	4	4	16	
Yağlama	1	20	20	
Motorin	2	17	34	
Şafta bağlama	0	17	0	
Silindir ve elemanları	2	34	68	
Turbo	6	136	816	
Sensörler	0	8.5	0	
Gavarnör	0	17	0	
Enjektör	2	21	42	
Layner	3	34	102	
Mekik	1	34	34	
Mekanik	0	20	0	
SONUÇ	23		1,234	53.65

GEMİ-2 ANA MAKİNE-2				
SİSTEM	ARIZA MİKTARI (λ_i)	ORTALAMA SÜRE (Tcmj)	($\lambda_i \times Tcmj$)	Tmcm (saat)
Soğutma	2	51	102	
Deniz suyu	1	51	51	
İlk hareket	0	4	0	
Yağlama	3	20	60	
Motorin	2	17	34	
Şafta bağlama	1	17	17	
Silindir ve elemanları	11	34	374	
Turbo	3	136	408	
Sensörler	0	8.5	0	
Gavarnör	2	17	34	
Enjektör	0	21	0	
Layner	4	34	136	
Mekik	5	34	170	
Mekanik	0	20	0	
SONUÇ	34		1,386	40.76

GEMİ-2 ANA MAKİNE-3				
SİSTEM	ARIZA MİKTARI (λi)	ORTALAMA SÜRE (Tcmj)	(λi x Tcmj)	Tmcm (saat)
Soğutma	1	51	51	
Deniz suyu	3	51	153	
İlk hareket	1	4	4	
Yağlama	0	20	0	
Motorin	4	17	68	
Şafta bağlama	0	17	0	
Silindir ve elemanları	0	34	0	
Turbo	6	136	816	
Sensörler	1	8.5	8.5	
Gavarnör	2	17	34	
Enjektör	2	21	42	
Layner	8	34	272	
Mekik	3	34	102	
Mekanik	1	20	20	
SONUÇ	32		1,570.5	49.08

GEMİ-2 ANA MAKİNE-4				
SİSTEM	ARIZA MİKTARI (λi)	ORTALAMA SÜRE (Tcmj)	(λi x Tcmj)	Tmcm (saat)
Soğutma	1	51	51	
Deniz suyu	0	51	0	
İlk hareket	1	4	4	
Yağlama	1	20	20	
Motorin	2	17	34	
Şafta bağlama	0	17	0	
Silindir ve elemanları	3	34	102	
Turbo	2	136	272	
Sensörler	0	8.5	0	
Gavarnör	3	17	51	
Enjektör	0	21	0	
Layner	6	34	204	
Mekik	1	34	34	
Mekanik	0	20	0	
SONUÇ	20		772	38.60

Çizelge 19.28 Gemi-2 için yardımcı makine ortalama düzeltici bakım süresi hesapları

GEMİ-2 YARDIMCI MAKİNE-1				
SİSTEM	ARIZA MİKTARI (λ_i)	ORTALAMA SÜRE (T_{cmj})	($\lambda_i \times T_{cmj}$)	Tmcm (saat)
Soğutma	3	51	153	
Yağlama	1	51	51	
Motorin	1	17	17	
Deniz suyu	1	34	34	
İlk hareket	4	4	16	
Enjektör	0	8.5	0	
Silindir ve elemanları	5	51	255	
Marş motoru	0	17	0	
Yakıt kamçısı	4	2	8	
Layner	0	51	0	
SONUÇ	19		534	28.11

GEMİ-2 YARDIMCI MAKİNE-2				
SİSTEM	ARIZA MİKTARI (λ_i)	ORTALAMA SÜRE (T_{cmj})	($\lambda_i \times T_{cmj}$)	Tmcm (saat)
Soğutma	0	51	0	
Yağlama	2	51	102	
Motorin	1	17	17	
Deniz suyu	0	34	0	
İlk hareket	4	4	16	
Enjektör	1	8.5	8.5	
Silindir ve elemanları	5	51	255	
Marş motoru	0	17	0	
Yakıt kamçısı	12	2	24	
Layner	1	51	51	
SONUÇ	26		473.5	18.21

GEMİ-2 YARDIMCI MAKİNE-3				
SİSTEM	ARIZA MİKTARI (λ_i)	ORTALAMA SÜRE (Tcmj)	($\lambda_i \times Tcmj$)	Tmcm (saat)
Soğutma	5	51	255	
Yağlama	3	51	153	
Motorin	1	17	17	
Deniz suyu	2	34	68	
İlk hareket	0	4	0	
Enjektör	1	8.5	8.5	
Silindir ve elemanları	7	51	357	
Marş motoru	1	17	17	
Yakıt kamçısı	13	2	26	
Layner	2	51	102	
SONUÇ	35		1,003.5	28.67

Çizelge 19.29 Gemi-3 için ana makine ortalama düzeltici bakım süresi hesapları

GEMİ-3 ANA MAKİNE-1				
SİSTEM	ARIZA MİKTARI (λ_i)	ORTALAMA SÜRE (Tcmj)	($\lambda_i \times Tcmj$)	Tmcm (saat)
Soğutma	3	51	153	
Deniz suyu	1	51	51	
İlk hareket	0	4	0	
Yağlama	1	20	20	
Motorin	3	17	51	
Silindir ve elemanları	1	34	34	
Turbo	2	136	272	
Gavarnör	5	17	85	
Enjektör	1	21	21	
Layner	1	34	34	
Mekik	3	34	102	
Mekanik	0	20	0	
Ön ısıtma	1	17	17	
SONUÇ	22		840	38.18

GEMİ-3 ANA MAKİNE-2				
SİSTEM	ARIZA MİKTARI (λ_i)	ORTALAMA SÜRE (Tcmj)	($\lambda_i \times Tcmj$)	Tmcm (saat)
Soğutma	0	51	0	
Deniz suyu	2	51	102	
İlk hareket	0	4	0	
Yağlama	0	20	0	
Motorin	0	17	0	
Silindir ve elemanları	3	34	102	
Turbo	0	136	0	
Gavarnör	0	17	0	
Enjektör	1	21	21	
Layner	0	34	0	
Mekik	0	34	0	
Mekanik	1	20	20	
Ön ısıtma	0	17	0	
SONUÇ	7		245	35.00

GEMİ-3 ANA MAKİNE-3				
SİSTEM	ARIZA MİKTARI (λ_i)	ORTALAMA SÜRE (Tcmj)	($\lambda_i \times Tcmj$)	Tmcm (saat)
Soğutma	0	51	0	
Deniz suyu	4	51	204	
İlk hareket	1	4	4	
Yağlama	0	20	0	
Motorin	2	17	34	
Silindir ve elemanları	1	34	34	
Turbo	1	136	136	
Gavarnör	4	17	68	
Enjektör	0	21	0	
Layner	0	34	0	
Mekik	1	34	34	
Mekanik	0	20	0	
Ön ısıtma	0	17	0	
SONUÇ	14		514	36.71

GEMİ-3 ANA MAKİNE-4				
SİSTEM	ARIZA MİKTARI (λ_i)	ORTALAMA SÜRE (Tcmj)	($\lambda_i \times Tcmj$)	Tmcm (saat)
Soğutma	1	51	51	
Deniz suyu	2	51	102	
İlk hareket	0	4	0	
Yağlama	2	20	40	
Motorin	0	17	0	
Silindir ve elemanları	3	34	102	
Turbo	0	136	0	
Gavarnör	4	17	68	
Enjektör	0	21	0	
Layner	3	34	102	
Mekik	7	34	238	
Mekanik	0	20	0	
Ön ısıtma	0	17	0	
SONUÇ	22		703	31.95

Çizelge 19.30 Gemi-3 için yardımcı makine ortalama düzeltici bakım süresi hesapları

GEMİ-3 YARDIMCI MAKİNE-1				
SİSTEM	ARIZA MİKTARI (λ_i)	ORTALAMA SÜRE (Tcmj)	($\lambda_i \times Tcmj$)	Tmcm (saat)
Soğutma	3	51	153	
Yağlama	1	51	51	
Motorin	1	17	17	
Deniz suyu	0	34	0	
Layner	1	51	51	
Silindir ve elemanları	0	51	0	
Marş motoru	0	17	0	
Gavarnör	0	17	0	
Yakıt kamçısı	2	2	4	
SONUÇ	8		276	34.50

GEMİ-3 YARDIMCI MAKİNE-2				
SİSTEM	ARIZA MİKTARI (λi)	ORTALAMA SÜRE (Tcmj)	(λi x Tcmj)	Tmcm (saat)
Soğutma	2	51	102	
Yağlama	1	51	51	
Motorin	0	17	0	
Deniz suyu	1	34	34	
Layner	0	51	0	
Silindir ve elemanları	0	51	0	
Marş motoru	0	17	0	
Gavarnör	1	17	17	
Yakıt kamçısı	0	2	0	
SONUÇ	5		204	40.80

GEMİ-3 YARDIMCI MAKİNE-3				
SİSTEM	ARIZA MİKTARI (λi)	ORTALAMA SÜRE (Tcmj)	(λi x Tcmj)	Tmcm (saat)
Soğutma	0	51	0	
Yağlama	1	51	51	
Motorin	0	17	0	
Deniz suyu	0	34	0	
Layner	0	51	0	
Silindir ve elemanları	2	51	102	
Marş motoru	1	17	17	
Gavarnör	1	17	17	
Yakıt kamçısı	1	2	2	
SONUÇ	6		189	31.50

Çizelge 19.31 Gemi-4 için ana makine ortalama düzeltici bakım süresi hesapları

GEMİ-4 ANA MAKİNE-1				
SİSTEM	ARIZA MİKTARI (λ_i)	ORTALAMA SÜRE (Tcmj)	($\lambda_i \times Tcmj$)	Tmcm (saat)
Soğutma	7	51	357	
Deniz suyu	3	51	153	
İlk hareket	5	4	20	
Yağlama	1	20	20	
Motorin	7	17	119	
Elektronik	1	17	17	
Silindir ve elemanları	3	34	102	
Turbo	2	136	272	
Sensörler	6	8.5	51	
Gavarnör	2	17	34	
Enjektör	8	21	168	
Layner	0	34	0	
Mekik	2	34	68	
Hava	2	34	68	
Cut-out	1	2	2	
Ön ısıtma	0	17	0	
Elektronik kartlar	12	17	204	
Mekanik	1	20	20	
SONUÇ	63		1,675	26.59

GEMİ-4 ANA MAKİNE-2				
SİSTEM	ARIZA MİKTARI (λ_i)	ORTALAMA SÜRE (Tcmj)	($\lambda_i \times Tcmj$)	Tmem (saat)
Soğutma	2	51	102	
Deniz suyu	9	51	459	
İlk hareket	2	4	8	
Yağlama	7	20	140	
Motorin	2	17	34	
Elektronik	2	17	34	
Silindir ve elemanları	2	34	68	
Turbo	3	136	408	
Sensörler	4	8.5	34	
Gavarnör	5	17	85	
Enjektör	3	21	63	
Layner	0	34	0	
Mekik	1	34	34	
Hava	1	34	34	
Cut-out	2	2	4	
Ön ısıtma	1	17	17	
Elektronik kartlar	11	17	187	
Mekanik	0	20	0	
SONUÇ	57		1,711	30.02

GEMİ-4 ANA MAKİNE-3				
SİSTEM	ARIZA MİKTARI (λ_i)	ORTALAMA SÜRE (Tcmj)	($\lambda_i \times Tcmj$)	Tmcm (saat)
Soğutma	2	51	102	
Deniz suyu	12	51	612	
İlk hareket	1	4	4	
Yağlama	3	20	60	
Motorin	0	17	0	
Elektronik	11	17	187	
Silindir ve elemanları	3	34	102	
Turbo	3	136	408	
Sensörler	9	8.5	76.5	
Gavarnör	1	17	17	
Enjektör	6	21	126	
Layner	1	34	34	
Mekik	0	34	0	
Hava	0	34	0	
Cut-out	0	2	0	
Ön ısıtma	0	17	0	
Elektronik kartlar	6	17	102	
Mekanik	1	20	20	
SONUÇ	59		1,850.5	31.36

GEMİ-4 ANA MAKİNE-4				
SİSTEM	ARIZA MİKTARI (λ_i)	ORTALAMA SÜRE (Tcmj)	($\lambda_i \times Tcmj$)	Tmcm (saat)
Soğutma	2	51	102	
Deniz suyu	2	51	102	
İlk hareket	2	4	8	
Yağlama	4	20	80	
Motorin	0	17	0	
Elektronik	10	17	170	
Silindir ve elemanları	1	34	34	
Turbo	2	136	272	
Sensörler	7	8.5	59.5	
Gavarnör	3	17	51	
Enjektör	0	21	0	
Layner	0	34	0	
Mekik	1	34	34	
Hava	1	34	34	
Cut-out	0	2	0	
Ön ısıtma	1	17	17	
Elektronik kartlar	5	17	85	
Mekanik	1	20	20	
SONUÇ	42		1,068.5	25.44

Çizelge 19.32 Gemi-4 için yardımcı makine ortalama düzeltici bakım süresi hesapları

GEMİ-4 YARDIMCI MAKİNE-1				
SİSTEM	ARIZA MİKTARI (λ_i)	ORTALAMA SÜRE (Tcmj)	($\lambda_i \times Tcmj$)	Tmcm (saat)
Soğutma	4	51	204	
Yağlama	0	51	0	
Motorin	0	17	0	
Deniz suyu	2	34	68	
İlk hareket	1	4	4	
Enjektör	1	8.5	8.5	
Gavarnör	2	17	34	
Silindir ve elemanları	3	51	153	
Elektronik	9	17	153	
Yük dengeleme ünitesi	2	8.5	17	
Turbo	0	136	0	
Layner	0	51	0	
Ön ısıtma	1	17	17	
Marş motoru	0	17	0	
Yakıt kamçısı	14	2	28	
SONUÇ	39		686.5	17.60

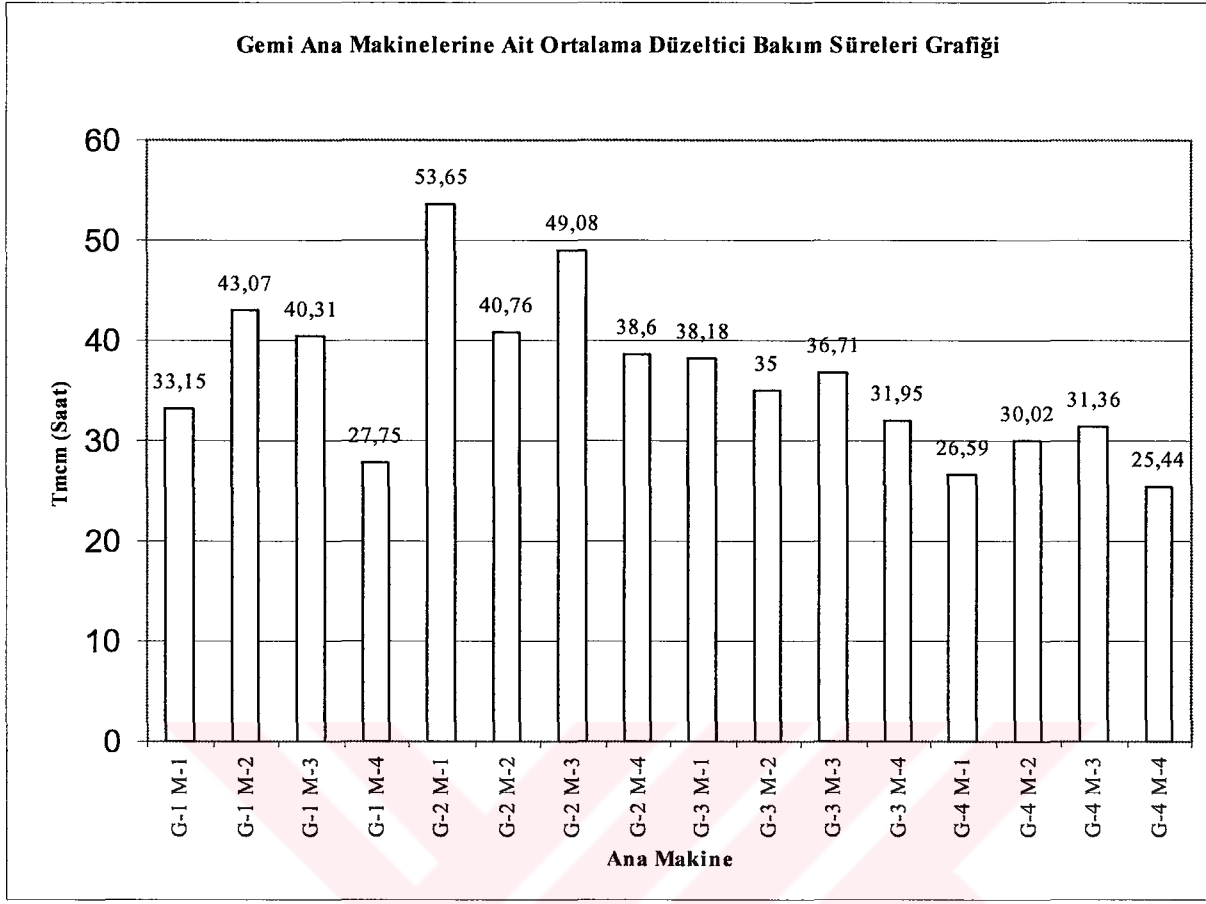
GEMİ-4 YARDIMCI MAKİNE-2

SİSTEM	ARIZA MİKTARI (λi)	ORTALAMA SÜRE (Tcmj)	(λi x Tcmj)	Tmcm (saat)
Soğutma	1	51	51	
Yağlama	1	51	51	
Motorin	0	17	0	
Deniz suyu	6	34	204	
İlk hareket	2	4	8	
Enjektör	1	8.5	8.5	
Gavarnör	5	17	85	
Silindir ve elemanları	1	51	51	
Elektronik	4	17	68	
Yük dengeleme ünitesi	1	8.5	8.5	
Turbo	0	136	0	
Layner	0	51	0	
Ön ısıtma	0	17	0	
Marş motoru	0	17	0	
Yakıt kamçısı	9	2	18	
SONUÇ	31		553	17.84

GEMİ-4 YARDIMCI MAKİNE-3

SİSTEM	ARIZA MİKTARI (λi)	ORTALAMA SÜRE (Tcmj)	(λi x Tcmj)	Tmcm (saat)
Soğutma	4	51	204	
Yağlama	4	51	204	
Motorin	2	17	34	
Deniz suyu	0	34	0	
İlk hareket	0	4	0	
Enjektör	1	8.5	8.5	
Gavarnör	7	17	119	
Silindir ve elemanları	4	51	204	
Elektronik	12	17	204	
Yük dengeleme ünitesi	2	8.5	17	
Turbo	1	136	136	
Layner	1	51	51	
Ön ısıtma	0	17	0	
Marş motoru	2	17	34	
Yakıt kamçısı	5	2	10	
SONUÇ	45		1,225.5	27.23

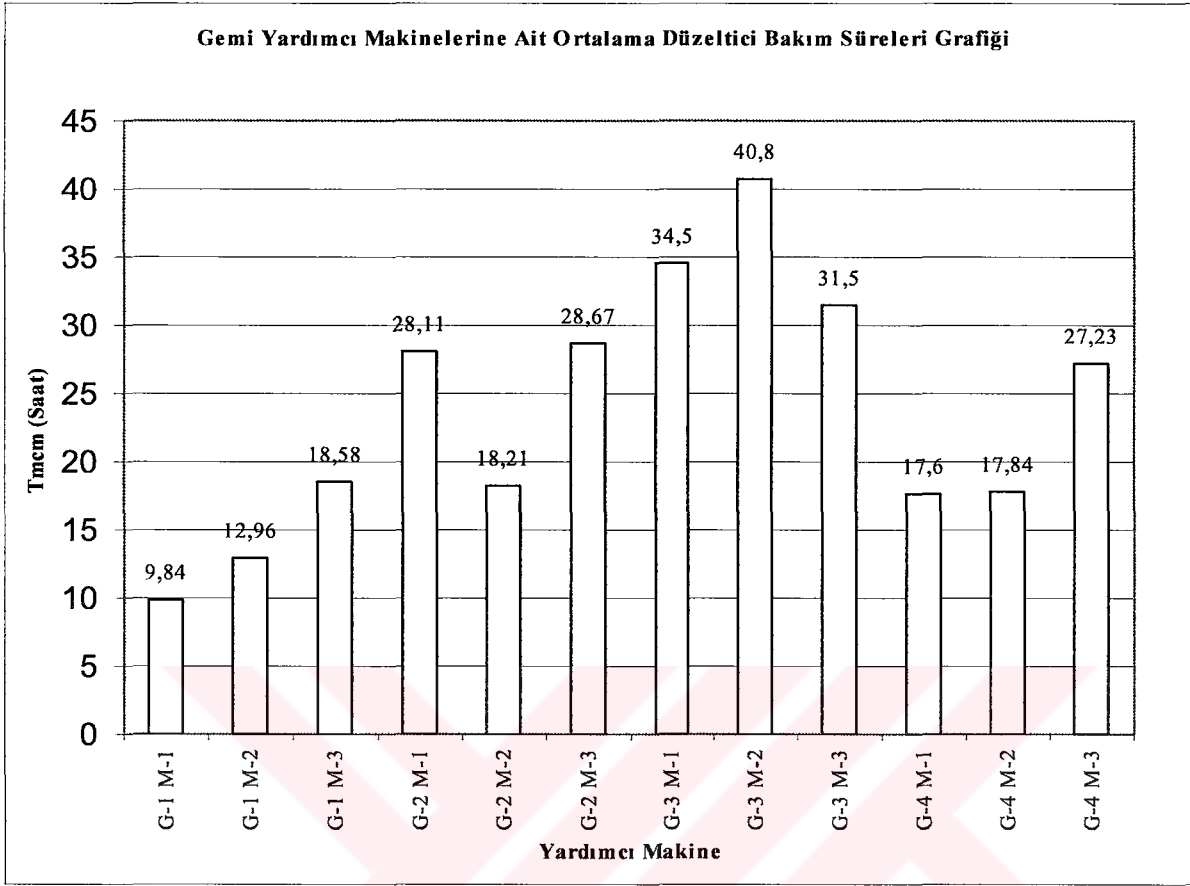
Şekil 19.1 Ana makinelere ait ortalama düzeltici bakım süreleri grafiği



Şekil 19.1’den de görüldüğü dört geminin ana makinelerine ait ortalama düzeltici bakım süreleri yaklaşık olarak 36.3 saattir. Gemilerin ana makinelerine ait ortalama düzeltici bakım sürelerinin farklılığı arıza yapan sistemlerin farklılığına, arıza miktarlarına ve arıza onarım sürelerine bağlı olarak değişmektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde en yüksek ortalama düzeltici bakım süresine sahip olan Gemi-2’ye ait Ana Makine-1’de, onarımı 136 saat süren turbo sisteminde 6 kez arıza meydana geldiği, onarımları 34 saat süren laynerlerde 3 kez ve silindir elemanlarında 2 kez arıza meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu arızaların onarım sürelerinin uzun olması nedeniyle makinenin ortalama düzeltici bakım süresi de büyük bir değere ulaşmaktadır.

En düşük ortalama düzeltici bakım süresine sahip olan Gemi-4’e ait Ana makine-4’de ise arıza onarımları uzun süren turbo sisteminde, silindir elemanlarında ve mekiklerde sadece 1 kez arıza meydana gelmiştir. Meydana gelen arızalarının az oluşu bu makinenin ortalama düzeltici bakım süresinin az olmasını sağlamıştır.

Şekil 19.2 Yardımcı makinelerine ait ortalama düzeltici bakım süreleri grafiği



Şekil 19.2’den de görüldüğü dört geminin yardımcı makinelerine ait ortalama düzeltici bakım süreleri yaklaşık olarak 23.8 saattir. Gemilerin yardımcı makinelerine ait ortalama düzeltici bakım sürelerinin farklılığı arıza yapan sistemlerin farklılığına, arıza miktarlarına ve arıza onarım sürelerine bağlı olarak değişmektedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde en yüksek ortalama düzeltici bakım süresine sahip olan Gemi-3’e ait Yardımcı Makine-2’de sadece 5 adet arıza meydana gelmesine rağmen bu arızaların, onarımı 51 saat süren soğutma ve yağlama sistemlerinde 3 kez , onarımı 34 saat süren deniz suyu sisteminde 1 kez ve onarımı 17 saat süren gavanörde meydana gelmesi ve onarım sürelerinin uzun olması nedeniyle makinenin ortalama düzeltici bakım süresi de büyük bir değere ulaşmaktadır.

En düşük ortalama düzeltici bakım süresine sahip olan Gemi-1’e ait Yardımcı makine-1’de ise arızaların çok olmasına rağmen toplam onarım sürelerinin Gemi-3 Yardımcı makine-2’ye göre nispeten düşük olması ortalama düzeltici bakım süresi azdır.

19.4.2 Düzeltici Bakım Matematik Yöntemleri İle Hesaplar

19.4.2.1 Yöntem I

Bir makinenin sağlıklı ve verimli çalışabilmesi, o makineyi meydana getiren değişik görevleri olan sistemlerin uyum içinde çalışması ile mümkündür. Makineyi meydana getiren bu sistemlerden biri yada birkaçında meydana gelebilecek arızalar makinenin performansının düşmesine yada makinenin arızalanarak atıl kalmasına yol açabilir. Aşağıdaki çizelgelerde verilen hesaplarda öncelikle gemi ana ve yardımcı makinelerini oluşturan sistemlerin makine çalışma saatine bağlı olarak ortalama arıza süreleri bulunmuş (MTTF), daha sonra eşitlik 18.2 yardımı ile sistemlerin hazır olma yüzdeleri (A_s) hesaplanmıştır.

Çizelge 19.33 Gemi-1 için ana makine sistem hazır olma yüzdesi hesapları

GEMİ-1 ANA MAKİNE-1			
SİSTEM	MTTF	Tmcm	A_s
SOĞUTMA	1,878	51	0.97
DENİZ SUYU	6,573	51	0.99
İLK HAREKET	13,146	4	1.00
MOTORİN	6,573	17	1.00
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	2,191	34	0.98
TURBO	4,382	136	0.97
SENSÖRLER	13,146	8.50	1.00
GAVARNÖR	4,382	17	1.00
ENJEKTÖR	506	21	0.96
LAYNER	6,573	34	0.99
MEKİK	13,146	34	1.00
MEKANİK SİSTEM	6,573	20	1.00
CUT-OUT	0	2	1.00
ÖN ISITMA	0	17	1.00
ELEKTRONİK KARTLAR	0	17	1.00

GEMİ-1 ANA MAKİNE-2			
SİSTEM	MTTF	Tmcm	A_s
SOĞUTMA	13,011	51	1.00
DENİZ SUYU	1,859	51	0.97
İLK HAREKET	6,506	4	1.00
MOTORİN	13,011	17	1.00
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	1,859	34	0.98
TURBO	1,626	136	0.92
SENSÖRLER	6,506	8.50	1.00
GAVARNÖR	6,506	17	1.00
ENJEKTÖR	651	21	0.97
LAYNER	0	34	0.00
MEKİK	4,337	34	0.99
MEKANİK SİSTEM	13,011	20	1.00
CUT-OUT	0	2	1.00
ÖN ISITMA	0	17	1.00
ELEKTRONİK KARTLAR	13,011	17	1.00

GEMİ-1 ANA MAKİNE-3			
SİSTEM	MTTF	Tmcm	A_s
SOĞUTMA	13,163	51	1.00
DENİZ SUYU	6,582	51	0.99
İLK HAREKET	13,163	4	1.00
MOTORİN	6,582	17	1.00
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	940	34	0.97
TURBO	2,633	136	0.95
SENSÖRLER	13,163	8.50	1.00
GAVARNÖR	2,633	17	0.99
ENJEKTÖR	3,291	21	0.99
LAYNER	0	34	1.00
MEKİK	2,633	34	0.99
MEKANİK SİSTEM	13,163	20	1.00
CUT-OUT	13,163	2	1.00
ÖN ISITMA	0	17	1.00
ELEKTRONİK KARTLAR	13,163	17	1.00

GEMİ-1 ANA MAKİNE-4			
SİSTEM	MTTF	Tmcm	A_s
SOĞUTMA	4,335	51	0.99
DENİZ SUYU	13,005	51	1.00
İLK HAREKET	3,251	4	1.00
MOTORİN	4,335	17	1.00
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	0	34	1.00
TURBO	6,503	136	0.98
SENSÖRLER	13,005	8.50	1.00
GAVARNÖR	6,563	17	1.00
ENJEKTÖR	723	21	0.97
LAYNER	1,858	34	0.98
MEKİK	13,005	34	1.00
MEKANİK SİSTEM	13,005	20	1.00
CUT-OUT	6,503	2	1.00
ÖN ISITMA	13,005	17	1.00
ELEKTRONİK KARTLAR	0	17	1.00

Çizelge 19.34 Gemi-1 için yardımcı makine sistem hazır olma yüzdesi hesapları

GEMİ-1 YARDIMCI MAKİNE-1			
SİSTEM	MTTF	Tmcm	A_s
SOĞUTMA	12,017	51	1.00
YAĞLAMA	18,026	51	1.00
MOTORİN	18,026	17	1.00
DENİZ SUYU	36,052	34	1.00
İLK HAREKET	12,017	4	1.00
ENJEKTÖR	12,017	8.5	1.00
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	0	51	1.00
ELEKTRONİK	18,026	17	1.00
YÜK DENGELEME ÜNİTESİ	0	8.5	1.00
TURBO	0	136	1.00
LAYNER	0	51	1.00
GAVARNÖR	12,017	17	1.00
YAKIT KAMÇISI	1,092	2	1.00

GEMİ-1 YARDIMCI MAKİNE-2			
SİSTEM	MTTF	Tmcm	A_s
SOĞUTMA	17,336	51	1.00
YAĞLAMA	17,336	51	1.00
MOTORİN	0	17	1.00
DENİZ SUYU	34,671	34	1.00
İLK HAREKET	6,934	4	1.00
ENJEKTÖR	34,671	8.5	1.00
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	34,671	51	1.00
ELEKTRONİK	11,557	17	1.00
YÜK Dengeleme Ünitesi	0	8.5	1.00
TURBO	0	136	1.00
LAYNER	8,668	51	0.99
GAVARNÖR	5,779	17	1.00
YAKIT KAMÇISI	1,083	2	1.00

GEMİ-1 YARDIMCI MAKİNE-3			
SİSTEM	MTTF	Tmcm	A_s
SOĞUTMA	0	51	1.00
YAĞLAMA	21,365	51	1.00
MOTORİN	5,341	17	1.00
DENİZ SUYU	7,122	34	1.00
İLK HAREKET	0	4	1.00
ENJEKTÖR	10,683	8.5	1.00
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	21,365	51	1.00
ELEKTRONİK	7,122	17	1.00
YÜK Dengeleme Ünitesi	21,365	8.5	1.00
TURBO	21,365	136	0.99
LAYNER	0	51	1.00
GAVARNÖR	7,122	17	1.00
YAKIT KAMÇISI	1,942	2	1.00

Çizelge 19.35 Gemi-2 için ana makine sistem hazır olma yüzdesi hesapları

GEMİ-2 ANA MAKİNE-1			
SİSTEM	MTTF	Tmcm	A_s
SOĞUTMA	12,006	51	1.00
DENİZ SUYU	12,006	51	1.00
İLK HAREKET	3,002	4	1.00
YAĞLAMA	12,006	20	1.00
MOTORİN	6,003	17	1.00
ŞAFTA BAĞLAMA	0	17	1.00
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	6,003	34	0.99
TURBO	2,001	136	0.94
SENSÖRLER	0	8.5	1.00
GAVARNÖR	0	17	1.00
ENJEKTÖR	6,003	21	1.00
LAYNER	4,002	34	0.99
MEKİK	12,006	34	1.00
MEKANİK SİSTEM	0	20	1.00
GEMİ-2 ANA MAKİNE-2			
SİSTEM	MTTF	Tmcm	A_s
SOĞUTMA	6,345	51	0.99
DENİZ SUYU	12,689	51	1.00
İLK HAREKET	0	4	1.00
YAĞLAMA	4,230	20	1.00
MOTORİN	6,345	17	1.00
ŞAFTA BAĞLAMA	12,689	17	1.00
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	1,154	34	0.97
TURBO	4,230	136	0.97
SENSÖRLER	0	8.5	1.00
GAVARNÖR	6,345	17	1.00
ENJEKTÖR	0	21	1.00
LAYNER	3,172	34	0.99
MEKİK	2,538	34	0.99
MEKANİK SİSTEM	0	20	1.00
GEMİ-2 ANA MAKİNE-3			
SİSTEM	MTTF	Tmcm	A_s
SOĞUTMA	12,779	51	1.00
DENİZ SUYU	4,260	51	0.99
İLK HAREKET	12,779	4	1.00
YAĞLAMA	0	20	1.00
MOTORİN	3,195	17	0.99
ŞAFTA BAĞLAMA	0	17	1.00
TURBO	2,130	136	0.94
SENSÖRLER	12,779	8.5	1.00
GAVARNÖR	6,390	17	1.00
ENJEKTÖR	6,390	21	1.00
LAYNER	1,597	34	0.98
MEKİK	4,260	34	0.99
MEKANİK SİSTEM	12,779	20	1.00

GEMİ-2 ANA MAKİNE-4			
SİSTEM	MTTF	Tmcm	A _s
SOĞUTMA	11,807	51	1.00
DENİZ SUYU	0	51	1.00
İLK HAREKET	11,807	4	1.00
YAĞLAMA	11,807	20	1.00
MOTORİN	5,904	17	1.00
ŞAFTA BAĞLAMA	0	17	1.00
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	3,936	34	0.99
TURBO	5,904	136	0.98
SENSÖRLER	0	8.5	1.00
GAVARNÖR	3,936	17	1.00
ENJEKTÖR	0	21	1.00
LAYNER	1,968	34	0.98
MEKİK	11,807	34	1.00
MEKANİK SİSTEM	0	20	1.00

Çizelge 19.36 Gemi-2 için yardımcı sistem makine hazır olma yüzdesi hesapları

GEMİ-2 YARDIMCI MAKİNE-1			
SİSTEM	MTTF	Tmcm	A _s
SOĞUTMA	12,034	51	1.00
YAĞLAMA	36,103	51	1.00
MOTORİN	36,103	17	1.00
DENİZ SUYU	36,103	34	1.00
İLK HAREKET	9,026	4	1.00
ENJEKTÖR	0	8.5	1.00
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	7,221	51	0.99
MARŞ MOTORU	0	17	1.00
YAKIT KAMÇISI	9,026	2	1.00
LAYNER	0	51	1.00

GEMİ-2 YARDIMCI MAKİNE-2			
SİSTEM	MTTF	Tmcm	A _s
SOĞUTMA	0	51	1.00
YAĞLAMA	18,128	51	1.00
MOTORİN	36,256	17	1.00
DENİZ SUYU	0	34	1.00
İLK HAREKET	9,064	4	1.00
ENJEKTÖR	36,256	8.5	1.00
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	7,251	51	0.99
MARŞ MOTORU	0	17	1.00
YAKIT KAMÇISI	3,021	2	1.00
LAYNER	36,256	51	1.00

GEMİ-2 YARDIMCI MAKİNE-3			
SİSTEM	MTTF	Tmcm	A_s
SOĞUTMA	6,836	51	0.99
YAĞLAMA	11,394	51	1.00
MOTORİN	34,182	17	1.00
DENİZ SUYU	17,091	34	1.00
İLK HAREKET	0	4	1.00
ENJEKTÖR	34,182	8.5	1.00
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	4,883	51	0.99
MARŞ MOTORU	34,182	17	1.00
YAKIT KAMÇISI	2,629	2	1.00
LAYNER	17,091	51	1.00

Çizelge 19.37 Gemi-3 için ana makine sistem hazır olma yüzdesi hesapları

GEMİ-3 ANA MAKİNE-1			
SİSTEM	MTTF	Tmcm	A_s
SOĞUTMA	1,231	51	0.96
DENİZ SUYU	3,692	51	0.99
İLK HAREKET	0	4	1.00
YAĞLAMA	3,692	20	0.99
MOTORİN	1,231	17	0.99
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	3,692	34	0.99
TURBO	1,846	136	0.93
GAVARNÖR	738	17	0.98
ENJEKTÖR	3,692	21	0.99
LAYNER	3,692	34	0.99
MEKİK	1,231	34	0.97
MEKANİK SİSTEM	0	20	1.00
ÖN ISITMA	3,692	17	1.00

GEMİ-3 ANA MAKİNE-2			
SİSTEM	MTTF	Tmcm	A_s
SOĞUTMA	0	51	1.00
DENİZ SUYU	1,693	51	0.97
İLK HAREKET	0	4	1.00
YAĞLAMA	0	20	1.00
MOTORİN	0	17	1.00
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	1,128	34	0.97
TURBO	0	136	1.00
GAVARNÖR	0	17	1.00
ENJEKTÖR	3,385	21	0.99
LAYNER	0	34	1.00
MEKİK	0	34	1.00
MEKANİK SİSTEM	3,385	20	0.99
ÖN ISITMA	0	17	1.00

GEMİ-3 ANA MAKİNE-3			
SİSTEM	MTTF	Tmcm	A_s
SOĞUTMA	0	51	1.00
DENİZ SUYU	924	51	0.95
İLK HAREKET	3,694	4	1.00
YAĞLAMA	0	20	1.00
MOTORİN	1,847	17	0.99
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	3,694	34	0.99
TURBO	3,694	136	0.96
GAVARNÖR	924	17	0.98
ENJEKTÖR	0	21	1.00
LAYNER	0	34	1.00
MEKİK	3,694	34	0.99
MEKANİK SİSTEM	0	20	1.00
ÖN ISITMA	0	17	1.00

GEMİ-3 ANA MAKİNE-4			
SİSTEM	MTTF	Tmcm	A_s
SOĞUTMA	3,381	51	0.99
DENİZ SUYU	1,691	51	0.97
İLK HAREKET	0	4	1.00
YAĞLAMA	1,691	20	0.99
MOTORİN	0	17	1.00
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	1,127	34	0.97
TURBO	0	136	1.00
GAVARNÖR	845	17	0.98
ENJEKTÖR	0	21	1.00
LAYNER	1,127	34	0.97
MEKİK	483	34	0.93
MEKANİK SİSTEM	0	20	1.00
ÖN ISITMA	0	17	1.00

Çizelge 19.38 Gemi-3 için yardımcı makine sistem hazır olma yüzdesi hesapları

GEMİ-3 YARDIMCI MAKİNE-1			
SİSTEM	MTTF	Tmcm	A_s
SOĞUTMA	11,043	51	1.00
YAĞLAMA	33,130	51	1.00
MOTORİN	33,130	17	1.00
DENİZ SUYU	0	34	1.00
LAYNER	33,130	51	1.00
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	0	51	1.00
MARŞ MOTORU	0	17	1.00
GAVARNÖR	0	17	1.00
YAKIT KAMÇISI	16,565	2	1.00

GEMİ-3 YARDIMCI MAKİNE-2			
SİSTEM	MTTF	Tmcm	A_s
SOĞUTMA	17,751	51	1.00
YAĞLAMA	35,502	51	1.00
MOTORİN	0	17	1.00
DENİZ SUYU	35,502	34	1.00
LAYNER	0	51	1.00
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	0	51	1.00
MARŞ MOTORU	0	17	1.00
GAVARNÖR	35,502	17	1.00
YAKIT KAMÇISI	0	2	1.00

GEMİ-3 YARDIMCI MAKİNE-3			
SİSTEM	MTTF	Tmcm	A_s
SOĞUTMA	0	51	1.00
YAĞLAMA	23,258	51	1.00
MOTORİN	0	17	1.00
DENİZ SUYU	0	34	1.00
LAYNER	0	51	1.00
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	11,629	51	1.00
MARŞ MOTORU	23,258	17	1.00
GAVARNÖR	23,258	17	1.00
YAKIT KAMÇISI	23,258	2	1.00

Çizelge 19.39 Gemi-4 için ana makine sistem hazır olma yüzdesi hesapları

GEMİ-4 ANA MAKİNE-1			
SİSTEM	MTTF	Tmcm	A _s
SOĞUTMA	1,657	51	0.97
DENİZ SUYU	3,866	51	0.99
İLK HAREKET	2,320	4	1.00
YAĞLAMA	11,599	20	1.00
MOTORİN	1,657	17	0.99
ELEKTRONİK	11,599	17	1.00
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	3,866	34	0.99
TURBO	5,800	136	0.98
SENSÖRLER	1,933	8.5	1.00
GAVARNÖR	5,800	17	1.00
ENJEKTÖR	1,450	21	0.99
LAYNER	0	34	1.00
MEKİK	5,800	34	0.99
HAVA	5,800	34	0.99
CUT-OUT	11,599	2	1.00
ÖN ISITMA	0	17	1.00
ELEKTRONİK KARTLAR	967	17	0.98
MEKANİK SİSTEM	11,599	20	1.00

GEMİ-4 ANA MAKİNE-2			
SİSTEM	MTTF	Tmcm	A _s
SOĞUTMA	5,696	51	0.99
DENİZ SUYU	1,266	51	0.96
İLK HAREKET	5,696	4	1.00
YAĞLAMA	1,627	20	0.99
MOTORİN	5,696	17	1.00
ELEKTRONİK	5,696	17	1.00
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	5,696	34	0.99
TURBO	3,797	136	0.97
SENSÖRLER	2,848	8.5	1.00
GAVARNÖR	2,278	17	0.99
ENJEKTÖR	3,797	21	0.99
LAYNER	0	34	1.00
MEKİK	11,391	34	1.00
HAVA	11,391	34	1.00
CUT-OUT	5,696	2	1.00
ÖN ISITMA	11,391	17	1.00
ELEKTRONİK KARTLAR	1,036	17	0.98
MEKANİK SİSTEM	0	20	1.00

GEMİ-4 ANA MAKİNE-3			
SİSTEM	MTTF	Tmcm	A_s
SOĞUTMA	5,795	51	0.99
DENİZ SUYU	966	51	0.95
İLK HAREKET	11,590	4	1.00
YAĞLAMA	3,863	20	0.99
MOTORİN	0	17	1.00
ELEKTRONİK	1,054	17	0.98
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	3,863	34	0.99
TURBO	3,863	136	0.97
SENSÖRLER	1,288	8.5	0.99
GAVARNÖR	11,590	17	1.00
ENJEKTÖR	1,932	21	0.99
LAYNER	11,590	34	1.00
MEKİK	0	34	1.00
HAVA	0	34	1.00
CUT-OUT	0	2	1.00
ÖN ISITMA	0	17	1.00
ELEKTRONİK KARTLAR	1,932	17	0.99
MEKANİK SİSTEM	11,590	20	1.00

GEMİ-4 ANA MAKİNE-4			
SİSTEM	MTTF	Tmcm	A_s
SOĞUTMA	5,688	51	0.99
DENİZ SUYU	5,688	51	0.99
İLK HAREKET	5,688	4	1.00
YAĞLAMA	2,844	20	0.99
MOTORİN	0	17	1.00
ELEKTRONİK	1,138	17	0.99
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	11,375	34	1.00
TURBO	5,688	136	0.98
SENSÖRLER	1,625	8.5	0.99
GAVARNÖR	3,792	17	1.00
ENJEKTÖR	0	21	1.00
LAYNER	0	34	1.00
MEKİK	11,375	34	1.00
HAVA	11,375	34	1.00
CUT-OUT	0	2	1.00
ÖN ISITMA	11,375	17	1.00
ELEKTRONİK KARTLAR	2,275	17	0.99
MEKANİK SİSTEM	11,375	20	1.00

Çizelge 19.40 Gemi-4 için yardımcı makine sistem hazır olma yüzdesi hesapları

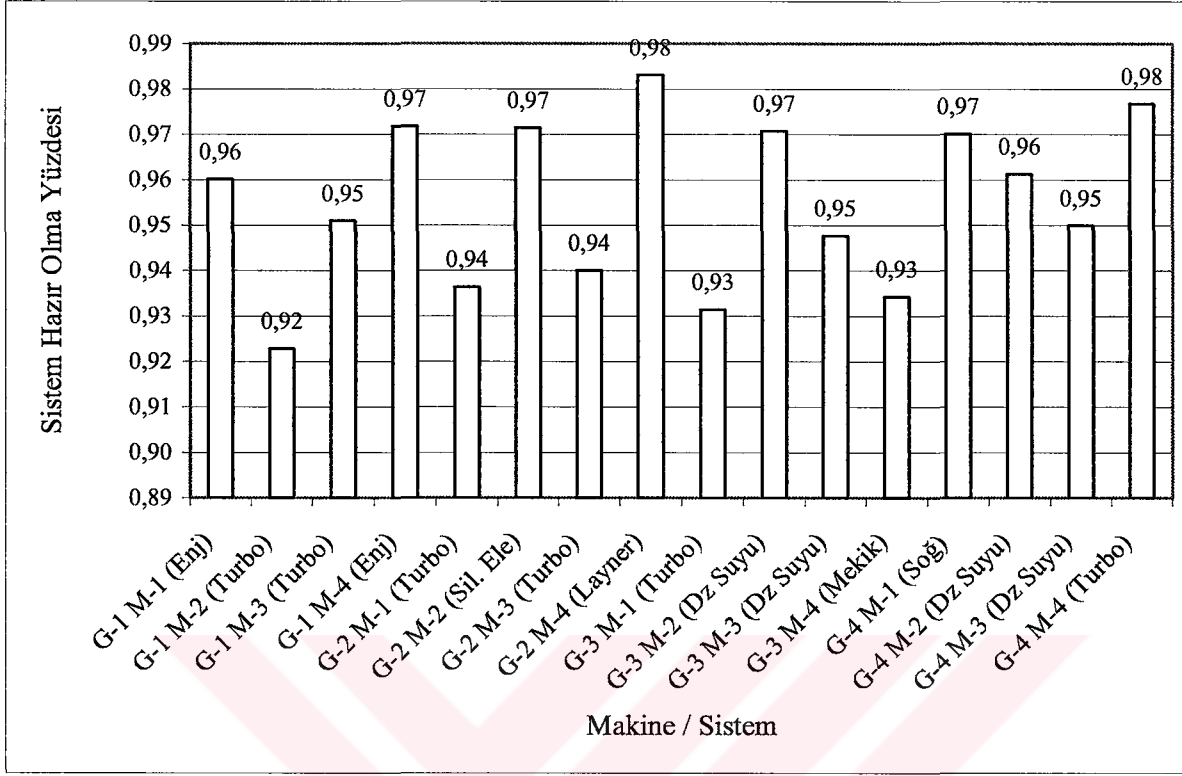
GEMİ-4 YARDIMCI MAKİNE-1			
SİSTEM	MTTF	Tmcm	A_s
SOĞUTMA	7,555	51	0.99
YAĞLAMA	0	51	1.00
MOTORİN	0	17	1.00
DENİZ SUYU	15,110	34	1.00
İLK HAREKET	30,219	4	1.00
ENJEKTÖR	30,219	8.5	1.00
GAVARNÖR	15,110	17	1.00
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	10,073	51	0.99
ELEKTRONİK	3,358	17	0.99
YÜK DENGELEME ÜNİTESİ	15,110	8.5	1.00
TURBO	0	136	1.00
LAYNER	0	51	1.00
ÖN ISITMA	30,219	17	1.00
MARŞ MOTORU	0	17	1.00
YAKIT KAMÇISI	2,159	2	1.00

GEMİ-4 YARDIMCI MAKİNE-2			
SİSTEM	MTTF	Tmcm	A_s
SOĞUTMA	33,211	51	1.00
YAĞLAMA	33,211	51	1.00
MOTORİN	0	17	1.00
DENİZ SUYU	5,535	34	0.99
İLK HAREKET	16,601	4	1.00
ENJEKTÖR	33,211	8.5	1.00
GAVARNÖR	6,642	17	1.00
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	33,211	51	1.00
ELEKTRONİK	8,303	17	1.00
YÜK DENGELEME ÜNİTESİ	33,211	8.5	1.00
TURBO	0	136	1.00
LAYNER	0	51	1.00
ÖN ISITMA	0	17	1.00
MARŞ MOTORU	0	17	1.00
YAKIT KAMÇISI	3,690	2	1.00

GEMİ-4 YARDIMCI MAKİNE-3			
SİSTEM	MTTF	Tmcm	A_s
SOĞUTMA	7,677	51	0.99
YAĞLAMA	7,677	51	0.99
MOTORİN	15,354	17	1.00
DENİZ SUYU	0	34	1.00
İLK HAREKET	0	4	1.00
ENJEKTÖR	30,707	8.5	1.00
GAVARNÖR	4,387	17	1.00
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	7,677	51	0.99
ELEKTRONİK	2,559	17	0.99
YÜK DENGELERME ÜNİTESİ	15,354	8.5	1.00
TURBO	30,707	136	1.00
LAYNER	30,707	51	1.00
ÖN ISITMA	0	17	1.00
MARŞ MOTORU	15,354	17	1.00
YAKIT KAMÇISI	6,141	2	1.00

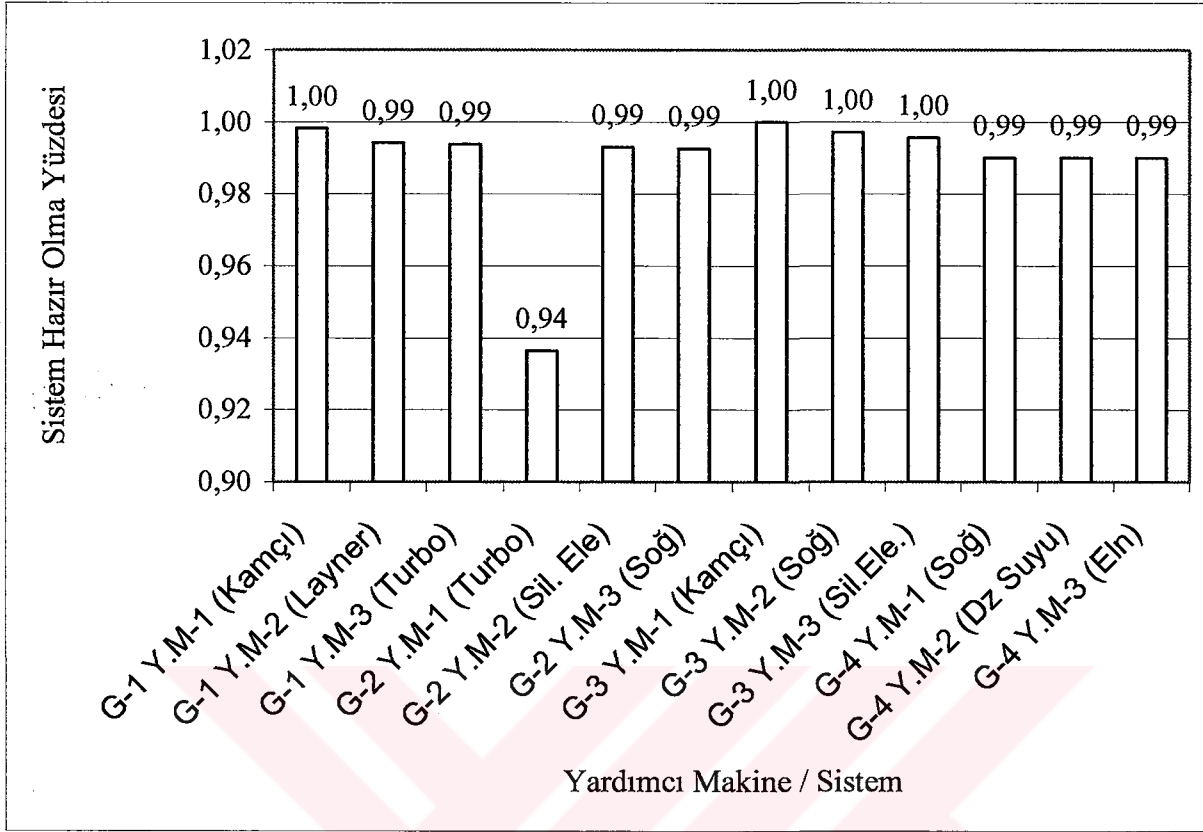
Sistem hazır olma yüzdesi hesapları ve sonuçlarında dikkat edilecek nokta şudur : hiç arıza yapmayan sistemlerin hazır olma yüzdeleri eşitlik 18.2 yardımı ile hesaplanırsa matematik kuralları gereği sıfır olarak bulunmaktadır. Ancak, hiç arıza yapmayan bir sistem sürekli olarak hazırdır ve bu yüzden Çizelge 19.33-40'da ortalama arıza süreleri (MTTF) sıfır olarak görülen sistemlerin hazır olma yüzdelerinin sıfır yerine 1 olarak yazılmasının nedeni budur. Ana ve yardımcı makinelerden seçilen ve en düşük hazır olma yüzdesine sahip sistemler karşılaştırmak için aşağıdaki tablolarda verilmiştir :

Şekil 19.3 Ana makineler içerisinde en düşük hazır olma yüzdesine sahip sistemler



Şekil 19.3’de sadece ana makineler arasında en düşük hazır olma yüzdesine sahip olan sistemler gösterilmiştir. Çizelge 19.33-40 ‘da verilen hesaplamalar ana makine sistemlerinin neredeyse tamamının her zaman hazır olduğunun göstermektedir. Ancak Şekil 19.3’de gösterilen sistemler sadece kendi hazır olma yüzdelерinin değil genel anlamda makinelerin de hazır olma yüzdelерini etkilemektedir. Bölüm başında anlatıldığı gibi bir makinenin sürekli ve verimli olarak çalışabilmesi için tüm sistemlerin çalışır durumda olması gerekmektedir. Bu durum yardımcı makineler için de farklı değildir. Şekil 19.4’de yardımcı makinelerdeki en düşük hazır olma yüzdesine sahip olan sistemler verilmiştir ve ana makineler sistemleri için yapılan tüm açıklamalar yardımcı makine sistemleri için de geçerlidir.

Şekil 19.4 Yardımcı makineler içerisinde en düşük hazır olma yüzdesine sahip sistemler



19.4.3 Yardımcı Makineler İçin Etkin Arıza Oranı

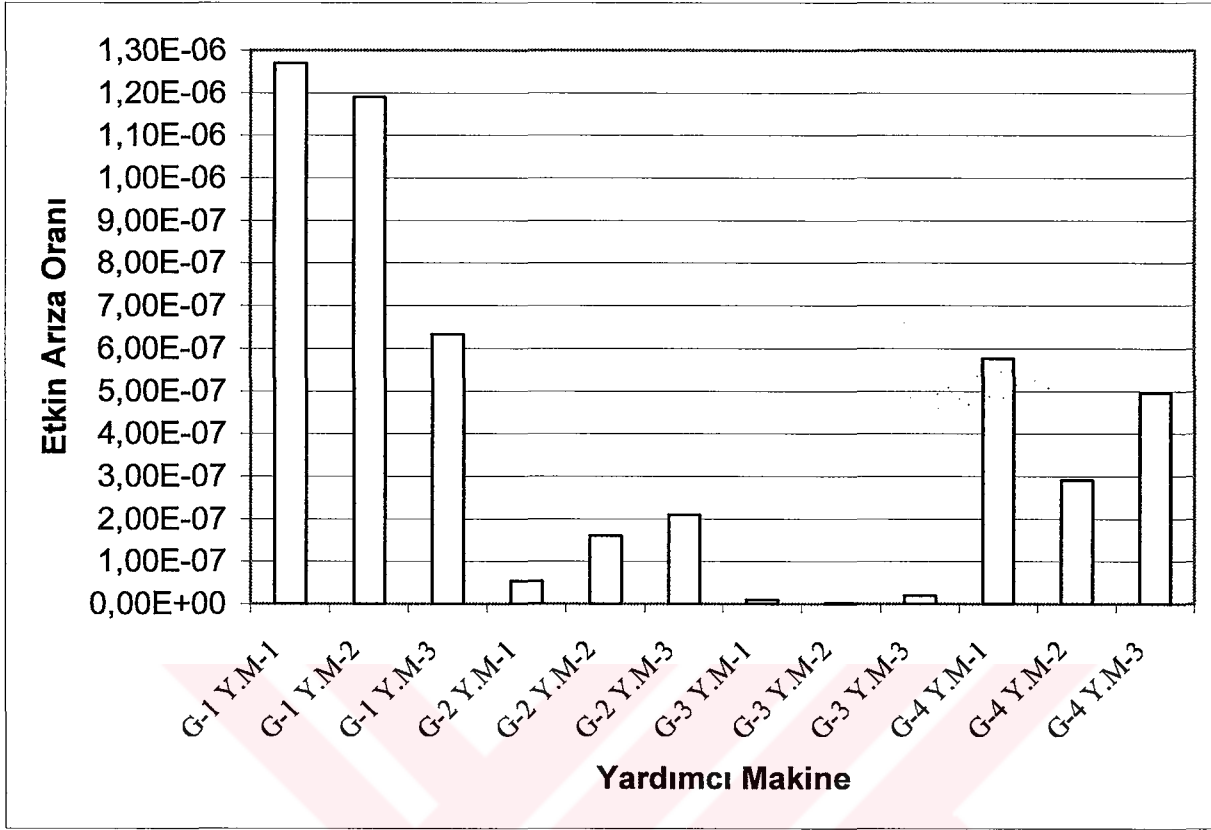
Etkin arıza oranı, sistem yada cihazın ortalama arıza süresi olarak da tanımlanabilir. Gemilerde yardımcı makineler ana tahrik hariç tüm sistemlerin elektrik beslemesini sağlarlar. Bu işi tek başlarına yapabilecekleri gibi artan güç gereksinimlerine cevap verebilmek için birden fazla makine paralel durumda da çalışabilir. Bu durumdan hareketle gemilerde mevcut yardımcı makineleri Bölüm 18’de anlatıldığı ve eşitlik 18.10’da verildiği gibi sistemler olarak kabul ederek etkin arıza oranlarını hesaplayabiliriz. Hesaplamalarda her gemide 3 adet yardımcı makine olduğu ve geminin elektrik ihtiyacının sağlıklı bir şekilde karşılanabilmesi için en az iki makinenin çalışması gerektiği göz önünde bulundurulmaktadır.

Çizelge 19.41 Gemi yardımcı makinelerinin etkin arıza oranları

Gemi / makine	Makine çalışma saati	Toplam arıza miktarı	Arıza oranı (arıza/saat) λ	Düzeltilici bakım oranı (saat) μ	Etkin arıza oranı (arıza/saat)
Gemi-1 / 1	36,052	52	0.00144	9.84	1.27×10^{-6}
Gemi-1 / 2	34,671	57	0.0016	12.96	1.19×10^{-6}
Gemi-1 / 3	21,365	30	0.0014	18.58	6.33×10^{-7}
Gemi-2 / 1	36,103	19	0.0005	28.11	5.34×10^{-8}
Gemi-2 / 2	36,256	26	0.0007	18.21	1.61×10^{-7}
Gemi-2 / 3	34,182	35	0.001	28.67	2.09×10^{-7}
Gemi-3 / 1	33,130	8	0.00024	34.50	1.00×10^{-8}
Gemi-3 / 2	35,502	5	0.00014	40.80	2.88×10^{-9}
Gemi-3 / 3	23,258	6	0.00025	31.50	1.19×10^{-8}
Gemi-4 / 1	30,,219	39	0.0013	17.60	5.76×10^{-7}
Gemi-4 / 2	33,211	31	0.00093	17.84	2.91×10^{-7}
Gemi-4 / 3	30,707	45	0.0015	27.23	4.96×10^{-7}

Çizelge 19.41’de verilen gemi yardımcı makinelerine ait etkin arıza oranı değerleri, yardımcı makinelerin yaptığı arıza miktarına, bu arıza miktarının makine çalışma saatine oranına ve ortalama düzeltici bakım saatine bağlıdır. Çizelge 19.41’deki değerler ve Şekil 19.5 incelendiğinde en yüksek etkin arıza oranına Gemi-1 / Yardımcı makine-1’in sahip olduğu görülmektedir. Etkin arıza oranının ortalama arıza süresi olarak da tanımlanabileceği önceki paragraflarda anlatılmıştı. Burada Gemi-1 / Yardımcı makine-1’in etkin arıza oranının en yüksek olmasının nedeni makinenin 52 adet arıza yapması ve düzeltici bakım oranının diğer makineler yanında düşük kalmasıdır.

Şekil 19.5 Yardımcı makine etkin arıza oranı grafiği



19.4.4 Ortalama Onarım Süresi

Ortalama onarım süresi, bakıma uygunluk / onarılabirlik konusunda en geniş uygulama alanına sahip ölçme tekniğidir. Her bir geminin ana ve yardımcı makinesi için eşitlik 18.71 uygulanacak olursa şu değerlere ulaşılır :

ÇİZELGE 19.42 Gemi-1 ana makine sistemlerine ait ortalama onarım süreleri

GEMİ-1 ANA MAKİNE-1				
SİSTEM	CMT	λ_i	$\lambda_i \times \text{CMT}$	MTTR (saat)
SOĞUTMA	51	0.000530	0.0270	
DENİZ SUYU	51	0.000150	0.0077	
İLK HAREKET	4	0.000076	0.0003	
MOTORİN	17	0.000150	0.0026	
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	34	0.000460	0.0156	
TURBO	136	0.000230	0.0313	
SENSÖRLER	8.50	0.000076	0.0006	
GAVARNÖR	17	0.000230	0.0039	
ENJEKTÖR	21	0.002000	0.0420	
LAYNER	34	0.000150	0.0051	
MEKİK	34	0.000076	0.0026	
MEKANİK SİSTEM	20	0.000076	0.0015	
CUT-OUT	2	0.000000	0.0000	
ÖN ISITMA	17	0.000000	0.0000	
ELEKTRONİK KARTLAR	17	0.000000	0.0000	
	Σ	0.004204	0.14	33.353

GEMİ-1 ANA MAKİNE-2				
SİSTEM	CMT	λ_i	$\lambda_i \times \text{CMT}$	MTTR (saat)
SOĞUTMA	51	0.000077	0.0039	
DENİZ SUYU	51	0.000540	0.0275	
İLK HAREKET	4	0.000150	0.0006	
MOTORİN	17	0.000077	0.0013	
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	34	0.000540	0.0184	
TURBO	136	0.000620	0.0843	
SENSÖRLER	8.50	0.000150	0.0013	
GAVARNÖR	17	0.000150	0.0026	
ENJEKTÖR	21	0.001540	0.0323	
LAYNER	34	0.000000	0.0000	
MEKİK	34	0.000231	0.0079	
MEKANİK SİSTEM	20	0.000077	0.0015	
CUT-OUT	2	0.000000	0.0000	
ÖN ISITMA	17	0.000000	0.0000	
ELEKTRONİK KARTLAR	17	0.000077	0.0013	
	Σ	0.004229	0.1829	43.255

GEMİ-1 ANA MAKİNE-3				
SİSTEM	CMT	λ_i	$\lambda_i \times CMT$	MTTR (saat)
SOĞUTMA	51	0.000076	0.0039	
DENİZ SUYU	51	0.000152	0.0078	
İLK HAREKET	4	0.000076	0.0003	
MOTORİN	17	0.000152	0.0026	
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	34	0.001060	0.0360	
TURBO	136	0.000379	0.0515	
SENSÖRLER	8.50	0.000076	0.0006	
GAVARNÖR	17	0.000379	0.0064	
ENJEKTÖR	21	0.000303	0.0064	
LAYNER	34	0.000000	0.0000	
MEKİK	34	0.000379	0.0129	
MEKANİK SİSTEM	20	0.000076	0.0015	
CUT-OUT	2	0.000076	0.0002	
ÖN ISITMA	17	0.000000	0.0000	
ELEKTRONİK KARTLAR	17	0.000076	0.0013	
	Σ	0.003260	0.1314	40.307

GEMİ-1 ANA MAKİNE-4				
SİSTEM	CMT	λ_i	$\lambda_i \times CMT$	MTTR (saat)
SOĞUTMA	51	0.000231	0.0118	
DENİZ SUYU	51	0.000077	0.0039	
İLK HAREKET	4	0.000308	0.0012	
MOTORİN	17	0.000231	0.0039	
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	34	0.000000	0.0000	
TURBO	136	0.000154	0.0209	
SENSÖRLER	8.50	0.000077	0.0007	
GAVARNÖR	17	0.000154	0.0026	
ENJEKTÖR	21	0.001383	0.0290	
LAYNER	34	0.000538	0.0183	
MEKİK	34	0.000077	0.0026	
MEKANİK SİSTEM	20	0.000077	0.0015	
CUT-OUT	2	0.000154	0.0003	
ÖN ISITMA	17	0.000077	0.0013	
ELEKTRONİK KARTLAR	17	0.000000	0.0000	
	Σ	0.003537	0.0981	27.745

Çizelge 19.43 Gemi-1 yardımcı makine sistemlerine ait ortalama onarım süreleri

GEMİ-1 YARDIMCI MAKİNE-1				
SİSTEM	CMT	λ_i	$\lambda_i \times \text{CMT}$	MTTR (saat)
SOĞUTMA	51	0.000083	0.0042	
YAĞLAMA	51	0.000055	0.0028	
MOTORİN	17	0.000055	0.0009	
DENİZ SUYU	34	0.000028	0.0009	
İLK HAREKET	4	0.000083	0.0003	
ENJEKTÖR	8.5	0.000083	0.0007	
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	51	0.000000	0.0000	
ELEKTRONİK	17	0.000055	0.0009	
YÜK DENGELEME ÜNİTESİ	8.5	0.000000	0.0000	
TURBO	136	0.000000	0.0000	
LAYNER	51	0.000000	0.0000	
GAVARNÖR	17	0.000083	0.0014	
YAKIT KAMÇISI	2	0.000916	0.0018	
	Σ	0.001441	0.0142	9.829

GEMİ-1 YARDIMCI MAKİNE-2				
SİSTEM	CMT	λ_i	$\lambda_i \times \text{CMT}$	MTTR (saat)
SOĞUTMA	51	0.000058	0.0029	
YAĞLAMA	51	0.000058	0.0029	
MOTORİN	17	0.000000	0.0000	
DENİZ SUYU	34	0.000029	0.0010	
İLK HAREKET	4	0.000144	0.0006	
ENJEKTÖR	8.5	0.000029	0.0002	
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	51	0.000029	0.0015	
ELEKTRONİK	17	0.000087	0.0015	
YÜK DENGELEME ÜNİTESİ	8.5	0.000000	0.0000	
TURBO	136	0.000000	0.0000	
LAYNER	51	0.000115	0.0059	
GAVARNÖR	17	0.000173	0.0029	
YAKIT KAMÇISI	2	0.000923	0.0018	
	Σ	0.001644	0.0213	12.951

GEMİ-1 YARDIMCI MAKİNE-3				
SİSTEM	CMT	λ_i	$\lambda_i \times \text{CMT}$	MTTR (saat)
SOĞUTMA	51	0.000000	0.0000	
YAĞLAMA	51	0.000047	0.0024	
MOTORİN	17	0.000187	0.0032	
DENİZ SUYU	34	0.000140	0.0048	
İLK HAREKET	4	0.000000	0.0000	
ENJEKTÖR	8.5	0.000094	0.0008	
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	51	0.000047	0.0024	
ELEKTRONİK	17	0.000140	0.0024	
YÜK DENGELEME ÜNİTESİ	8.5	0.000047	0.0004	
TURBO	136	0.000047	0.0064	
LAYNER	51	0.000000	0.0000	
GAVARNÖR	17	0.000140	0.0024	
YAKIT KAMÇISI	2	0.000515	0.0010	
	Σ	0.001404	0.0261	18.603

Çizelge 19.44 Gemi-2 ana makine sistemlerine ait ortalama onarım süreleri

GEMİ-2 ANA MAKİNE-1				
SİSTEM	CMT	λ_i	$\lambda_i \times \text{CMT}$	MTTR (saat)
SOĞUTMA	51	0.000083	0.0042	
DENİZ SUYU	51	0.000083	0.0042	
İLK HAREKET	4	0.000333	0.0013	
YAĞLAMA	20	0.000083	0.0017	
MOTORİN	17	0.000167	0.0028	
ŞAFTA BAĞLAMA	17	0.000000	0.0000	
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	34	0.000167	0.0057	
TURBO	136	0.000499	0.0679	
SENSÖRLER	8.5	0.000000	0.0000	
GAVARNÖR	17	0.000000	0.0000	
ENJEKTÖR	21	0.000167	0.0035	
LAYNER	34	0.000249	0.0085	
MEKİK	34	0.000083	0.0028	
MEKANİK SİSTEM	20	0.000000	0.0000	
	Σ	0.001914	0.1026	53.629

GEMİ-2 ANA MAKİNE-2				
SİSTEM	CMT	λ_i	$\lambda_i \times CMT$	MTTR (saat)
SOĞUTMA	51	0.000158	0.0080	
DENİZ SUYU	51	0.000079	0.0040	
İLK HAREKET	4	0.000000	0.0000	
YAĞLAMA	20	0.000231	0.0046	
MOTORİN	17	0.000158	0.0027	
ŞAFTA BAĞLAMA	17	0.000079	0.0013	
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	34	0.000867	0.0295	
TURBO	136	0.000231	0.0314	
SENSÖRLER	8.5	0.000000	0.0000	
GAVARNÖR	17	0.000158	0.0027	
ENJEKTÖR	21	0.000000	0.0000	
LAYNER	34	0.000315	0.0107	
MEKİK	34	0.000394	0.0134	
MEKANİK SİSTEM	20	0.000000	0.0000	
	Σ	0.002669	0.1084	40.606

GEMİ-2 ANA MAKİNE-3				
SİSTEM	CMT	λ_i	$\lambda_i \times CMT$	MTTR (saat)
SOĞUTMA	51	0.000078	0.0040	
DENİZ SUYU	51	0.000235	0.0120	
İLK HAREKET	4	0.000078	0.0003	
YAĞLAMA	20	0.000000	0.0000	
MOTORİN	17	0.000313	0.0053	
ŞAFTA BAĞLAMA	17	0.000000	0.0000	
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	34	0.000000	0.0000	
TURBO	136	0.000469	0.0638	
SENSÖRLER	8.5	0.000078	0.0007	
GAVARNÖR	17	0.000156	0.0027	
ENJEKTÖR	21	0.000156	0.0033	
LAYNER	34	0.000626	0.0213	
MEKİK	34	0.000235	0.0080	
MEKANİK SİSTEM	20	0.000078	0.0016	
	Σ	0.002503	0.1229	49.092

GEMİ-2 ANA MAKİNE-4				
SİSTEM	CMT	λ_i	$\lambda_i \times \text{CMT}$	MTTR (saat)
SOĞUTMA	51	0.000085	0.0043	
DENİZ SUYU	51	0.000000	0.0000	
İLK HAREKET	4	0.000085	0.0003	
YAĞLAMA	20	0.000085	0.0017	
MOTORİN	17	0.000169	0.0029	
ŞAFTA BAĞLAMA	17	0.000000	0.0000	
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	34	0.000254	0.0086	
TURBO	136	0.000169	0.0230	
SENSÖRLER	8.5	0.000000	0.0000	
GAVARNÖR	17	0.000254	0.0043	
ENJEKTÖR	21	0.000000	0.0000	
LAYNER	34	0.000508	0.0173	
MEKİK	34	0.000085	0.0029	
MEKANİK SİSTEM	20	0.000000	0.0000	
	Σ	0.001693	0.0653	38.580

Çizelge 19.45 Gemi-2 yardımcı makine sistemlerine ait ortalama onarım süreleri

GEMİ-2 YARDIMCI MAKİNE-1				
SİSTEM	CMT	λ_i	$\lambda_i \times \text{CMT}$	MTTR (saat)
SOĞUTMA	51	0.000083	0.0042	
YAĞLAMA	51	0.000028	0.0014	
MOTORİN	17	0.000028	0.0005	
DENİZ SUYU	34	0.000028	0.0010	
İLK HAREKET	4	0.000111	0.0004	
ENJEKTÖR	8.5	0.000000	0.0000	
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	51	0.000138	0.0071	
MARŞ MOTORU	17	0.000000	0.0000	
YAKIT KAMÇISI	2	0.000111	0.0002	
LAYNER	51	0.000000	0.0000	
	Σ	0.000526	0.0148	28.103

GEMİ-2 YARDIMCI MAKİNE-2				
SİSTEM	CMT	λ_i	$\lambda_i \times CMT$	MTTR (saat)
SOĞUTMA	51	0.000000	0.0000	
YAĞLAMA	51	0.000055	0.0028	
MOTORİN	17	0.000028	0.0005	
DENİZ SUYU	34	0.000000	0.0000	
İLK HAREKET	4	0.000110	0.0004	
ENJEKTÖR	8.5	0.000028	0.0002	
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	51	0.000138	0.0070	
MARŞ MOTORU	17	0.000000	0.0000	
YAKIT KAMÇISI	2	0.000331	0.0007	
LAYNER	51	0.000028	0.0014	
	Σ	0.000718	0.0131	18.225

GEMİ-2 YARDIMCI MAKİNE-3				
SİSTEM	CMT	λ_i	$\lambda_i \times CMT$	MTTR (saat)
SOĞUTMA	51	0.000146	0.0074	
YAĞLAMA	51	0.000088	0.0045	
MOTORİN	17	0.000029	0.0005	
DENİZ SUYU	34	0.000059	0.0020	
İLK HAREKET	4	0.000000	0.0000	
ENJEKTÖR	8.5	0.000029	0.0002	
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	51	0.000205	0.0104	
MARŞ MOTORU	17	0.000029	0.0005	
YAKIT KAMÇISI	2	0.000380	0.0008	
LAYNER	51	0.000059	0.0030	
	Σ	0.001024	0.0294	28.682

Çizelge 19.46 Gemi-3 ana makine sistemlerine ait ortalama onarım süreleri

GEMİ-3 ANA MAKİNE-1				
SİSTEM	CMT	λ_i	$\lambda_i \times \text{CMT}$	MTTR (saat)
SOĞUTMA	51	0.000812	0.0414	
DENİZ SUYU	51	0.000271	0.0138	
İLK HAREKET	4	0.000000	0.0000	
YAĞLAMA	20	0.000271	0.0054	
MOTORİN	17	0.000812	0.0138	
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	34	0.000271	0.0092	
TURBO	136	0.000542	0.0737	
GAVARNÖR	17	0.001355	0.0230	
ENJEKTÖR	21	0.000271	0.0057	
LAYNER	34	0.000271	0.0092	
MEKİK	34	0.000812	0.0276	
MEKANİK SİSTEM	20	0.000000	0.0000	
ÖN ISITMA	17	0.000271	0.0046	
	Σ	0.005959	0.2275	38.179

GEMİ-3 ANA MAKİNE-2				
SİSTEM	CMT	λ_i	$\lambda_i \times \text{CMT}$	MTTR (saat)
SOĞUTMA	51	0.000000	0.0000	
DENİZ SUYU	51	0.000591	0.0301	
İLK HAREKET	4	0.000000	0.0000	
YAĞLAMA	20	0.000000	0.0000	
MOTORİN	17	0.000000	0.0000	
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	34	0.000887	0.0301	
TURBO	136	0.000000	0.0000	
GAVARNÖR	17	0.000000	0.0000	
ENJEKTÖR	21	0.000295	0.0062	
LAYNER	34	0.000000	0.0000	
MEKİK	34	0.000000	0.0000	
MEKANİK SİSTEM	20	0.000295	0.0059	
ÖN ISITMA	17	0.000000	0.0000	
	Σ	0.002068	0.0724	34.998

GEMİ-3 ANA MAKİNE-3				
SİSTEM	CMT	λ_i	$\lambda_i \times \text{CMT}$	MTTR (saat)
SOĞUTMA	51	0.000000	0.0000	
DENİZ SUYU	51	0.001082	0.0552	
İLK HAREKET	4	0.000271	0.0011	
YAĞLAMA	20	0.000000	0.0000	
MOTORİN	17	0.000541	0.0092	
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	34	0.000271	0.0092	
TURBO	136	0.000271	0.0369	
GAVARNÖR	17	0.001082	0.0184	
ENJEKTÖR	21	0.000000	0.0000	
LAYNER	34	0.000000	0.0000	
MEKİK	34	0.000271	0.0092	
MEKANİK SİSTEM	20	0.000000	0.0000	
ÖN ISITMA	17	0.000000	0.0000	
	Σ	0.003789	0.1392	36.724

GEMİ-3 ANA MAKİNE-4				
SİSTEM	CMT	λ_i	$\lambda_i \times \text{CMT}$	MTTR (saat)
SOĞUTMA	51	0.000296	0.0151	
DENİZ SUYU	51	0.000591	0.0302	
İLK HAREKET	4	0.000000	0.0000	
YAĞLAMA	20	0.000591	0.0118	
MOTORİN	17	0.000000	0.0000	
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	34	0.000887	0.0302	
TURBO	136	0.000000	0.0000	
GAVARNÖR	17	0.001183	0.0201	
ENJEKTÖR	21	0.000000	0.0000	
LAYNER	34	0.000887	0.0302	
MEKİK	34	0.002070	0.0704	
MEKANİK SİSTEM	20	0.000000	0.0000	
ÖN ISITMA	17	0.000000	0.0000	
	Σ	0.006506	0.2079	31.955

Çizelge 19.47 Gemi-3 yardımcı makine sistemlerine ait ortalama onarım süreleri

GEMİ-3 YARDIMCI MAKİNE-1				
SİSTEM	CMT	λ_i	$\lambda_i \times CMT$	MTTR (saat)
SOĞUTMA	51	0.000091	0.0046	
YAĞLAMA	51	0.000030	0.0015	
MOTORİN	17	0.000030	0.0005	
DENİZ SUYU	34	0.000000	0.0000	
LAYNER	51	0.000030	0.0015	
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	51	0.000000	0.0000	
MARŞ MOTORU	17	0.000000	0.0000	
GAVARNÖR	17	0.000000	0.0000	
YAKIT KAMÇISI	2	0.000060	0.0001	
	Σ	0.000241	0.0083	34.488

GEMİ-3 YARDIMCI MAKİNE-2				
SİSTEM	CMT	λ_i	$\lambda_i \times CMT$	MTTR (saat)
SOĞUTMA	51	0.000056	0.0029	
YAĞLAMA	51	0.000028	0.0014	
MOTORİN	17	0.000000	0.0000	
DENİZ SUYU	34	0.000028	0.0010	
LAYNER	51	0.000000	0.0000	
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	51	0.000000	0.0000	
MARŞ MOTORU	17	0.000000	0.0000	
GAVARNÖR	17	0.000028	0.0005	
YAKIT KAMÇISI	2	0.000000	0.0000	
	Σ	0.000141	0.0057	40.801

GEMİ-3 YARDIMCI MAKİNE-3				
SİSTEM	CMT	λ_i	$\lambda_i \times CMT$	MTTR (saat)
SOĞUTMA	51	0.000000	0.0000	
YAĞLAMA	51	0.000043	0.0022	
MOTORİN	17	0.000000	0.0000	
DENİZ SUYU	34	0.000000	0.0000	
LAYNER	51	0.000000	0.0000	
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	51	0.000086	0.0044	
MARŞ MOTORU	17	0.000043	0.0007	
GAVARNÖR	17	0.000043	0.0007	
YAKIT KAMÇISI	2	0.000043	0.0001	
	Σ	0.000258	0.0081	31.498

Çizelge 19.48 Gemi-4 ana makine sistemlerine ait ortalama onarım süreleri

GEMİ-4 ANA MAKİNE-1				
SİSTEM	CMT	λ_i	$\lambda_i \times CMT$	MTTR (saat)
SOĞUTMA	51	0.000604	0.0308	
DENİZ SUYU	51	0.000259	0.0132	
İLK HAREKET	4	0.000431	0.0017	
YAĞLAMA	20	0.000086	0.0017	
MOTORİN	17	0.000604	0.0103	
ELEKTRONİK	17	0.000086	0.0015	
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	34	0.000259	0.0088	
TURBO	136	0.000172	0.0234	
SENSÖRLER	8.5	0.000517	0.0044	
GAVARNÖR	17	0.000172	0.0029	
ENJEKTÖR	21	0.000690	0.0145	
LAYNER	34	0.000000	0.0000	
MEKİK	34	0.000172	0.0058	
HAVA	34	0.000172	0.0058	
CUT-OUT	2	0.000086	0.0002	
ÖN ISITMA	17	0.000000	0.0000	
ELEKTRONİK KARTLAR	17	0.001034	0.0176	
MEKANİK SİSTEM	20	0.000086	0.0017	
	Σ	0.005430	0.1444	26.589

GEMİ-4 ANA MAKİNE-2				
SİSTEM	CMT	λ_i	$\lambda_i \times CMT$	MTTR (saat)
SOĞUTMA	51	0.000176	0.0090	
DENİZ SUYU	51	0.000790	0.0403	
İLK HAREKET	4	0.000176	0.0007	
YAĞLAMA	20	0.000615	0.0123	
MOTORİN	17	0.000176	0.0030	
ELEKTRONİK	17	0.000176	0.0030	
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	34	0.000176	0.0060	
TURBO	136	0.000263	0.0358	
SENSÖRLER	8.5	0.000351	0.0030	
GAVARNÖR	17	0.000439	0.0075	
ENJEKTÖR	21	0.000263	0.0055	
LAYNER	34	0.000000	0.0000	
MEKİK	34	0.000088	0.0030	
HAVA	34	0.000088	0.0030	
CUT-OUT	2	0.000176	0.0004	
ÖN ISITMA	17	0.000088	0.0015	
ELEKTRONİK KARTLAR	17	0.000965	0.0164	
MEKANİK SİSTEM	20	0.000000	0.0000	
	Σ	0.005004	0.1502	30.005

GEMİ-4 ANA MAKİNE-3				
SİSTEM	CMT	λ_i	$\lambda_i \times \text{CMT}$	MTTR (saat)
SOĞUTMA	51	0.000172	0.0088	
DENİZ SUYU	51	0.001035	0.0528	
İLK HAREKET	4	0.000086	0.0003	
YAĞLAMA	20	0.000259	0.0052	
MOTORİN	17	0.000000	0.0000	
ELEKTRONİK	17	0.000948	0.0161	
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	34	0.000259	0.0088	
TURBO	136	0.000259	0.0352	
SENSÖRLER	8.5	0.000776	0.0066	
GAVARNÖR	17	0.000086	0.0015	
ENJEKTÖR	21	0.000517	0.0109	
LAYNER	34	0.000086	0.0029	
MEKİK	34	0.000000	0.0000	
HAVA	34	0.000000	0.0000	
CUT-OUT	2	0.000000	0.0000	
ÖN ISITMA	17	0.000000	0.0000	
ELEKTRONİK KARTLAR	17	0.000517	0.0088	
MEKANİK SİSTEM	20	0.000086	0.0017	
	Σ	0.005086	0.1596	31.374

GEMİ-4 ANA MAKİNE-4				
SİSTEM	CMT	λ_i	$\lambda_i \times CMT$	MTTR (saat)
SOĞUTMA	51	0.000175	0.0089	
DENİZ SUYU	51	0.000175	0.0089	
İLK HAREKET	4	0.000175	0.0007	
YAĞLAMA	20	0.000351	0.0070	
MOTORİN	17	0.000000	0.0000	
ELEKTRONİK	17	0.000878	0.0149	
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	34	0.000088	0.0030	
TURBO	136	0.000175	0.0238	
SENSÖRLER	8.5	0.000615	0.0052	
GAVARNÖR	17	0.000263	0.0045	
ENJEKTÖR	21	0.000000	0.0000	
LAYNER	34	0.000000	0.0000	
MEKİK	34	0.000088	0.0030	
HAVA	34	0.000088	0.0030	
CUT-OUT	2	0.000000	0.0000	
ÖN ISITMA	17	0.000088	0.0015	
ELEKTRONİK KARTLAR	17	0.000439	0.0075	
MEKANİK SİSTEM	20	0.000088	0.0018	
	Σ	0.003686	0.0937	25.417

Çizelge 19.49 Gemi-4 yardımcı makine sistemlerine ait ortalama onarım süreleri

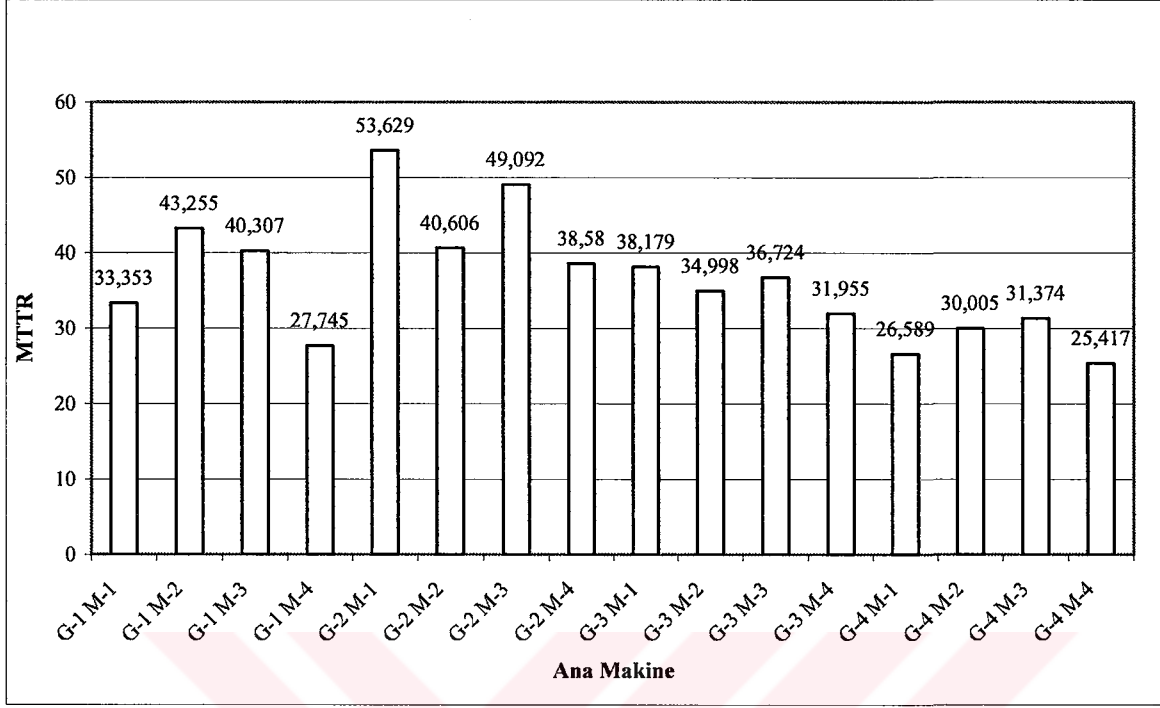
GEMİ-4 YARDIMCI MAKİNE-1				
SİSTEM	CMT	λ_i	$\lambda_i \times \text{CMT}$	MTTR (saat)
SOĞUTMA	51	0.000132	0.0067	
YAĞLAMA	51	0.000000	0.0000	
MOTORİN	17	0.000000	0.0000	
DENİZ SUYU	34	0.000066	0.0022	
İLK HAREKET	4	0.000033	0.0001	
ENJEKTÖR	8.5	0.000033	0.0003	
GAVARNÖR	17	0.000066	0.0011	
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	51	0.000099	0.0050	
ELEKTRONİK	17	0.000298	0.0051	
YÜK DENGELEME ÜNİTESİ	8.5	0.000066	0.0006	
TURBO	136	0.000000	0.0000	
LAYNER	51	0.000000	0.0000	
ÖN ISITMA	17	0.000033	0.0006	
MARŞ MOTORU	17	0.000000	0.0000	
YAKIT KAMÇISI	2	0.000463	0.0009	
	Σ	0.001289	0.0227	17.590

GEMİ-4 YARDIMCI MAKİNE-2				
SİSTEM	CMT	λ_i	$\lambda_i \times \text{CMT}$	MTTR (saat)
SOĞUTMA	51	0.000030	0.0015	
YAĞLAMA	51	0.000030	0.0015	
MOTORİN	17	0.000000	0.0000	
DENİZ SUYU	34	0.000180	0.0061	
İLK HAREKET	4	0.000060	0.0002	
ENJEKTÖR	8.5	0.000030	0.0003	
GAVARNÖR	17	0.000150	0.0026	
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	51	0.000030	0.0015	
ELEKTRONİK	17	0.000120	0.0020	
YÜK DENGELEME ÜNİTESİ	8.5	0.000030	0.0003	
TURBO	136	0.000000	0.0000	
LAYNER	51	0.000000	0.0000	
ÖN ISITMA	17	0.000000	0.0000	
MARŞ MOTORU	17	0.000000	0.0000	
YAKIT KAMÇISI	2	0.000271	0.0005	
	Σ	0.000931	0.0166	17.819

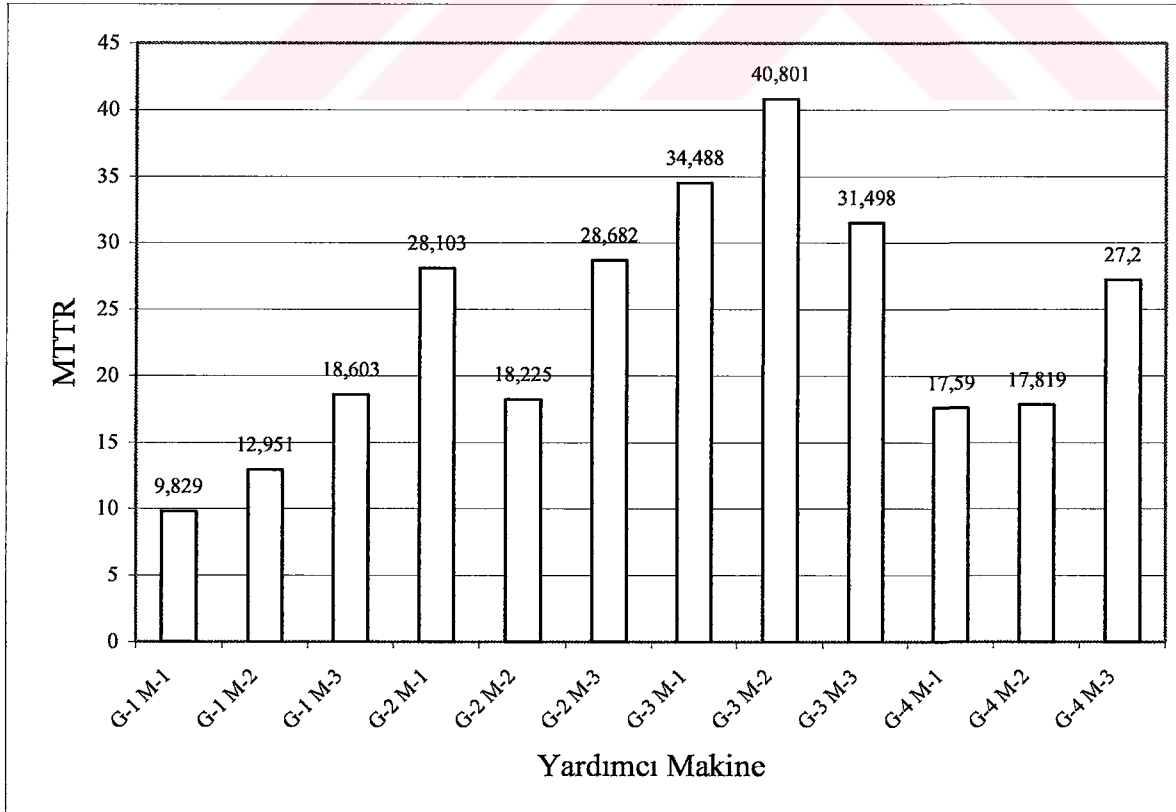
GEMİ-4 YARDIMCI MAKİNE-3				
SİSTEM	CMT	λ_i	$\lambda_i \times CMT$	MTTR (saat)
SOĞUTMA	51	0.000130	0.0066	
YAĞLAMA	51	0.000130	0.0066	
MOTORİN	17	0.000065	0.0011	
DENİZ SUYU	34	0.000000	0.0000	
İLK HAREKET	4	0.000000	0.0000	
ENJEKTÖR	8.5	0.000032	0.0003	
GAVARNÖR	17	0.000228	0.0039	
SİLİNDİR VE ELEMANLARI	51	0.000130	0.0066	
ELEKTRONİK	17	0.000390	0.0066	
YÜK DENGELEME ÜNİTESİ	8.5	0.000065	0.0006	
TURBO	136	0.000032	0.0044	
LAYNER	51	0.000032	0.0016	
ÖN ISITMA	17	0.000000	0.0000	
MARŞ MOTORU	17	0.000065	0.0011	
YAKIT KAMÇISI	2	0.000162	0.0003	
	Σ	0.001461	0.0397	27.200

Çizelge 19.42-49'da yapılan hesaplamaların sonuçları ana ve yardımcı makineler için Şekil 19.6 ve Şekil 19.7'de gösterilmiştir. Burada dikkat çeken nokta bulunan ortalama onarım sürelerinin ortalama düzeltici bakım süreleri ile hemen hemen aynı olmasıdır. Bunun nedeni ortalama düzeltici bakım süresi ile ortalama onarım süresi analizlerinin aynı veriler kullanılarak yapılmasıdır.

Şekil 19.6 Ana makine ortalama onarım süreleri grafiği



Şekil 19.7 Yardımcı makine ortalama onarım süreleri grafiği



20. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada öncelikle bakım-tutum işleminin ne olduğu, amacı, bakım-tutum faaliyetlerinin çeşitleri ve uygulama şekilleri ile bilgisayar destekli bakım sistemlerinin ne şekilde uygulandığı anlatılmaya çalışılmış ve bu kavramlar üzerine yüksek hızlı Diesel ana ve yardımcı makinelere sahip 4 adet aynı tip geminin hizmete giriş tarihlerinden bugüne kadar geçen süre içerisinde makinelere uygulanan saatli bakım miktarları, bakım maliyetleri ve bakım harici çıkan tüm arızaları araştırılmıştır.

Yapılan bu inceleme sonucunda, 4 gemiye ait toplam bakım maliyetinin ilk bakışta çok fazla gözükmeyle birlikte arıza onarımları için yapılan harcamaların bu maliyeti en az üçe katladığı, bunun yanı sıra arızadan dolayı makine yada makinelerin atıl kalmasına ve sonuçta bir işletim ve kazanç kaybına neden olduğu gösterilmiştir.

Burada incelenen ana makinelere 150, 300,1500, 4500 saatte bir ve yardımcı makinelere de 250, 1000, 2000 ve 6000 saatte bir bakım uygulanmaktadır. Ana makineler 9000 ve yardımcı makineler de 24000 çalışma saati sonunda değiştirilmektedir. Makinelerin arıza nedeniyle atıl kalmamaları ve buna bağlı olarak işletim zararı ile karşılaşılmasında için özellikle bir önceki paragrafta belirtilen ve sık arıza yapan sistem elemanlarına ait fiziki kontrol dahi olsa bazı bakım yada kontrollerin saatli bakım programlarına ilave edilmesinin eklenecek bakım/kontrol yöntemine de bağlı olarak arıza miktarını azaltacağı düşünülmektedir.

Her bir gemi bazında yapılan arıza listeleme çalışmaları sonucunda bazı sistemlerde mevcut parçaların çok sık ve aynı şekilde problem çıkardığı ve arıza periyotlarının neredeyse saatli bakım periyotlarından daha sık olduğu görülmüştür.

Gemilerin ana makine arızaları incelendiğinde en sık arıza yapan parçaların enjektör (4 gemi için ortalama 133 saatte bir), valf / kaver / piston / segman gibi parçalarıyla silindir elemanları (4 gemi için ortalama 209 saatte bir), deniz suyu tulumaları (4 gemi için ortalama 238 saatte bir), turbolar (4 gemi için 257 saatte bir) ve gavarörlere (4 gemi için ortalama 287 saatte bir) olduğu tespit edilmiştir.

Gemilerin yardımcı makine arızaları incelendiğinde ise en sık arıza yapan parçaların yakıt kamçıları (4 gemi için ortalama 235 saatte bir), elektronik kart ve sensörler (4 gemi için ortalama 971 saatte bir) ve valf / kaver / piston / segman gibi parçalarıyla silindir elemanları (4 gemi için ortalama 1105 saatte bir) olduğu tespit edilmiştir.

Arıza sıklığı neredeyse saatli bakım sürelerine denk gelen bu arızaların onarım maliyetlerinin de -işletim ve buna bağlı olarak elde edilecek kazanç göz ardı edildiğinde bile- parça ve işçilik harcamaları dikkate alındığında, ana makine enjektör onarımının arıza durumuna göre ortalama 1000\$, silindir elemanlarının onarımının ortalama 890\$, gavarınör onarımının 1110\$ ve deniz suyu tulumbasının onarımının 1280\$ olduğu görülmüştür. Aynı şekilde yardımcı makine onarım maliyetleri de, yakıt kamçılıarı için 362\$, elektronik sistemler için ortalama 620\$ ve silindir elemanları için de ortalama 1147\$ olduğu görülmüştür.

Örneğin, yardımcı makinelerde yakıt kamçılıarı ortalama 235 saate bir arıza yapmakta fakat herhangi bir saatli bakımda bu parçalara ait bir kontrol yada bakım bulunmamaktadır. 250 saatlik bakım programına bu kamçılıarın fiziki kontrolü yada gemi imkanları çerçevesinde yapılabilecek bir basınç kontrolünün materyal yorgunluğu veya titreşime bağlı yakıt kamçısı delinme olaylarını önleyeceği düşünülmektedir. Ana makine için de enjektörler örnek olarak alınabilir. Yapılan inceleme sonucunda ana makine enjektörlerinin 133 saatte bir arıza yaptığı görülmüne rağmen enjektörlerin bakımı 1500 saatlik bakım programı içerisindeyir. Bu veriler dikkate alındığında enjektörler için bakımların 1500 saat yerine 150 yada 300 saatlik bakım programına ilave edilmesinin daha uygun olacağı düşünülmektedir.

Arıza listeleri incelendiğinde her bir gemi makinesinin sistem bazında yaptığı arıza miktarlarının farklı olduğu görülmüştür. Örneğin ana makine elektronik sistem arızaları sadece Gemi-4'te mevcut iken, şafta bağla sistemi arızası sadece Gemi-2'de görülmüş, buna karşılık silindir elemanları, deniz suyu tulumbası, gavarınör arızaları dört gemide de görülmüştür. Aynı tip gemiler için hazırlanmış olan bu saatli bakım programları gemilerin bugüne kadar yapmış olduğu ana ve yardımcı makine arızaları dikkate alınarak her bir gemi için de özelleştirilebilir. Böylece gemi bazında kronik arızalar tespit edilmiş ve saatli bakımların önleyici bakım kavramına daha da uygun bir hale gelmesi ve maliyet etkinliğini arttırması sağlanabilir.

Tüm bu veriler ışığında bakım-tutum faaliyetlerinin sadece gemiler için değil para kazanmak yada kar gözetmeden hizmet vermek için kurulmuş tüm tesisler için vazgeçilmez bir işletmecilik bileşeni olduğu sonucuna varılmıştır. Her işletme envanterinde bulunan cihazlara etkin ve düzenli bakımlar uygulayarak cihazlarının ömrünü, performansını ve karlılığını arttırabilir. En önemli noktanın, cihazlara ait sağlıklı kayıtlar tutup belirli periyotlarla arıza analizi ile bakım maliyet etkinliği analizlerini yaparak bakım işlemlerini güncel, ihtiyaca cevap veren ve maliyet açısından etkin bir biçimde uygulamak olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Aksu, İ. A. (2003), TPM ve Endüstri İşletmelerinde Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi
- AMC Pamphlet No:750-2 (1985), Guide To Reliability Centered Maintenance, Departmen Of The Army, Washington D.C.
- AMCP 706-132. (1975), Engineering Desing Handbook : Maintainability Engineering Theory And Practice, Department of Defense, Washington D.C.
- AMCP 706-133. (1975), Engineering Desing Handbook : Maintenance Engineering Techniques, Department of Defense, Washington D.C.
- AMCP 706-134. (1972), Engineering Desing Handbook : Maintainability Guide for Desing, Department of Defense, Washington D.C.
- Ankenbrandt, F.L. (1963), Maintainability Desing, Engineering Publishers, New Jersey
- Arnold, J.R.T. (19*96), Indroduction To Materials Management, Prentice-Hall, New Jersey
- Blanchard, B.S. (1981), Logistics Engineering And Management, Prentice-Hall, New Jersey
- Blanchard, B.S. , Verma, D. Ve Peterson, E.L. (1995), Maintainabilty, John Wiley&Sons, New York
- Boehm, B.W. (1981), Software Engineering Economics, Prentice Hall, New Jersey
- Boing Company (1979), Software Cost Measuring and Reporting, ASD Document No: D180-22813-1, United States Air Force, Washington
- Brauer, D.C. ve Brauer, G.D. (1987), Reliability Centered Maintenance, IEEE Transac. Reliability, 36, 17-24
- Charette, R.N. (1986), Software Engineering Environments, Intertext Publications, New York
- Christensen, J.M. ve Howard, J.M. (1981), Field Experience In Maintenance, in Human Detection And Diagnosis Of System Failures, Plenum Press, New York, 111-133
- Clark, C.E. (1962), The PERT Model For The Distribution Of An Activity Time, Operations Research
- Coggins, J.M. (1994), Team Software Engineering And Project Management, Department Of Computer Science, University of North Carolina
- De Marco, T. (1982), Controlling Software Projects, Yourdon Pres, New Jersey
- Dhillon, B.S. ve Singh, C. (1981), Engineering Reliability : New Techniques And Applications, John Wiley&Sons, New York
- Dhillon, B.S. (1983), Reliability Engineering in Systems Design And Operation, Van Nostrand Reinhold Co, New York
- Dhillon, B.S. (1986), Human Reliability : With human Factors, Pergamon Pres, New York
- Dhillon, B.S. (1987), Engineering Management, Technomic Publishing Co, Lancaster
- Dhillon, B.S. (1989), Life Cycle Costing, Gordon And Breach Science Publishers, New York

- Dhillon, B.S. (1991), Robot Reliability And Safety, Springer-Verlag, New York
- Dhillon, B.S. (1999), Design Reliability : Fundamentals And Application, CRC Press, Florida
- Dhillon, B.S. (1999), Engineering Maintainability, Gulf Publishing, Houston
- Dhillon, B.S. (2002), Engineering Maintenance A Modern Approach, CRC Press, Florida
- Dickie, H.F. (1951), ABC Analysis, Modern Manufacturing, Factory Management And Maintenance, 20-25
- DOD Inst. 4151.12 (1968), Policies Governing Maintenance Engineering Within The Department Of Defence, Department Of Defense, Washington D.C.
- DOE-STD-1065-94 (1994), Guideline To Good Practices For Post-Maintenance Testing At DOE Nuclear Facilities, Department Of Energy, Washington
- Ebel, G. Ve Lang, A. (1963), Reliability Approach To The Spare Parts Problem, "Proceedings Of The National Symposium On Reliability And Quality Control), 130-134
- ERHQ-0004 (1976), Maintenance Manager's Guide, Energy Research And Development Administration, Washington D.C.
- Fairley, R.E. (1985), Software Engineering Concepts, McGraw-hill, New York
- Foster, J. (1993), Cost Factors In Software Maintenance, Ph.D. Dissertation, Department Of Computer Science, University of Durham, U.K
- Glass, R.L. (1979), Software Reliability Guidebook, Prentice Hall, New Jersey
- Grant Ireson, W., Coombs, C.F. (1988), Handbook of Reliability Engineering and Management, McGraw-Hill, New York
- Grant Ireson, W., Coombs, C.F. ve Moss, R.Y. (1996), Handbook of Reliability Engineering and Management, McGraw-Hill, New York
- Hagen, E.W. (1976) Human Reliability Analysis, Nuclear Safety, 17, 315-316
- Hammer, W. (1980), Product Safety Management And Engineering, Prentice-Hall, New Jersey
- Harris, F.W. (1915), Operations And Costs, A.W. Shaw Company, Chicago
- Hartmann, E. , Knapp, D.J. , Johnstone, J.J. ve Ward, K.G. (1994), How To Manage Maintenance, American Management Association, New York
- Heizer, J. ve Render, B. (1996), Production And Operation Management, Prentice-Hall, New Jersey
- Higgins, L.R. (1988), Maintenance Engineering Handbook, McGraw-Hill, New York
- Human Factors in Airline Maintenance (1997), A Study Of Incident Reports, Bureau Of Air Safety Investigation, Department Of Transport And Regional Development, Canberra
- IEEE-Std-1219-1993 (1994), IEEE Standards for Software Maintenance, Institute of Electrical and Electronic Engineers, New York
- Jordan, J.K. (1990), Maintenance Management, American Water Works Association, Denver

- Kelly, A. ve Haris, M.J. (1979), Management Of Industrial Maintenance, Newnes-Butterworths, London
- Lewitt, J. (1997), Managing Preventing Maintenance, Maintenance Technology, February 1997, 20-30
- Lewitt, J. (1997), The Handbook Of Maintenance Management, Industrial Press, New York
- Lientz, B.P. ve Swanson, E.B. (1980), Software MAintenance Management : A Study of The Maintenance of Computer Application Software in 487 Data Processing Organizations, Addison-Wesley, Massachusetts
- Lientz, B.P. ve Swanson, E.B. (1981), Problems in Application Software Maintenance, Communications of The ACM, 24:11, 763-769
- Lomax, P.A. (1969), Network Analysis : Applications To The Building Industry, The English Universities Press Limited, London
- Martin, J.C.(1988), Maintenance Stores And Inventory Control, McGraw-Hill, New York
- McKenna, T ve Oliverson, R. (1997), Glossary Of Reliability And Maintenance Terms, Gulf Publishing Company, Houston
- Meister, D. (1962), The Problem Of Human –initiated Failures, “Proceeding Of The 8th National Symposium on Reliability And Quality Control”, 234-239
- Meister, D. (1966), Human Factors in Reliability, “Reliability Handbook, W.G. Ireson”, McGraw-Hill, New York
- Meister, D. (1976), Human Factors : Theory And Practice, John Wiley&Sons, New York
- MICOM 750-8 (1972), Maintenance Of Supplies And Equipment, Department Of Defense, Washington D.C.
- MIL-STD-721 C , Definitions of Terms for Reliability and Maintainability, Department of Defence, Washington, D.C.
- Naresky, J.J. (1970), Reliability Definitions, IEEE Transac. On Reliability, 19, 198-200
- Moubray, J. (1999), Reliability Centered Maintenance, Industrial Pres, New York
- NAVAIR 00-25-403 (1996), Guidelines For The Naval Aviation Reliability Centered Maintenance Process, Naval Air Systems Command, Department Of Defense, Washington
- NAVORD OD 39223 (1969), Maintainability Engineering Handbook, Department Of Defense, Washington D.C.
- Niebel, B.W. (1994), Engineering Maintenance Management, Marcel Dekker, New York
- Nowlan, F.S. ve Heap, H.F. (1978), Reliability Centered Maintenance, Dolby Access Pres, San Francisco
- Omdahl, T.P. (1988), Reliability, Availability And Maintainability (RAM)Dictionary, ASQC Quality Pres, Milwaukee
- Patton, J.D. (1983), Preventive Maintenance, Instrument Society Of America, North Carolina

Pecht, M. (1995), Product Reliability, Maintainability, Supportability Handbook, CRC Pres, Florida

Pfleeger, S.L. (1998), Software Engineering : Theory and Practice, Prentice-Hall, New Jersey
 RADC (1988), Reliability Engineer's Toolkit, Systems Reliability And Engineering Division, Rome Airport Development Center, Griffiss Air Force Base

Reliability Centered Maintenance Guide For Facilities And Collateral Equipment (1996), NASA, Washington D.C.

Render, B. ve Heizer, J. (1997), Principles Of Operations Management, Prentice-Hall, New Jersey

Sheldon, M.R. (1979), Life Cycle Costing : A Better Method of Government Procurement, Westview Pres, Colorado

Shooman, M.L. (1968), Probabilistic Reliability : An Engineering Approach, McGraw-Hill, New York

Smith, D.J. ve Babb, A.H. (1973), Maintainability Engineering, John Wiley&Sons, New York

Stacey, D. (1999), Software Engineering, Course 27-230 Lecture Notes, Department Of Computer Science, University of Guelph, Ontario

Stoneham, D. (1998), The Maintenance Management And Technology Handbook, Elsevier Science, Oxford

Stewenson, C. (1995), Software Engineering Productivity, Chapman and Hall, New Jersey

Van Tassel, D. (1978), Program, Style, Design, Efficiency, Debugging and Testing, Prentice Hall, New York

Von Alven, W.H. (1964), Reliability Engineering , Prentice Hall, New Jersey

Vonderembe, M.A. ve White, G.P. (1996), Operations Management, West Publishing Company, New York

Wessterkamp, T.A. (1997), Maintenance Manager's Standard Manual, Prentice Hall, Paramus

Wireman, T. (1994), Computerized Maintenance Management Systems, Industrial Pres, New York

İNTERNET KAYNAKLARI

[1] www.marshallinstitute.com

[2] www.saferpak.com

[3] www.mfgeng.com

[4] www.mtu.com

[5] www.sciencedirect.com

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	13.11.1976	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1990-1994	Deniz Lisesi Komutanlığı
Lisans	1994-1998	Deniz Harp Okulu Komutanlığı Gemi İnşa Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2003-2005	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gemi İnşaatı Mühendisliği Anabilim Dalı

Çalıştığı kurumlar

1998-2004	TCG YILDIRIM Komutanlığı
2004-	Harp Filosu Komutanlığı (Devam Ediyor)

