**T.C.**
**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# ASKERİ GEMİLERDE ANA VE YARDIMCI MAKİNE ELEMANLARI İÇİN YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ

**EKREM TAMER**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**
**GEMİ İNŞAATI VE GEMİ MAKİNELERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**
**GEMİ İNŞAATI VE GEMİ MAKİNELERİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN**
**DOÇ. DR. UĞUR BUĞRA ÇELEBİ**

**İSTANBUL, 2016**

**T.C.**

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# ASKERİ GEMİLERDE ANA VE YARDIMCI MAKİNE ELEMANLARI İÇİN YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ

Ekrem TAMER tarafından hazırlanan tez çalışması 25.07.2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Tez Danışmanı**

Doç. Dr. Uğur Buğra ÇELEBİ

Yıldız Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri**

Doç. Dr. Uğur Buğra ÇELEBİ

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Nurten VARDAR

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Yrd. Doç. Dr. Tanzer SATIR

İstanbul Teknik Üniversitesi Denizcilik Fakültesi _____

# ÖNSÖZ

Yüzyıllardır denize kıyısı olan ülkeler tarafından, denizaşırı ulaşım, ticaret ve keşif yapılması amacıyla gemiler kullanılmıştır. Yapılan keşifler sonucunda ekonomik zenginliği olan ülkelerin doğal kaynaklarına sahip olabilmek için askeri gemiler üretilmiş ve kullanılmıştır. Denize kıyısı olan ülkeler, denizlerdeki hükümranlık haklarını, deniz alaka ve menfaatlerini korumak ve kollamak maksadıyla güçlü donanmaya sahip olmak istemişlerdir.

Askeri gemilerin yaşam döngüsü ve harekat ihtiyaçları göz önünde bulundurulduğunda, bu gemilerin ticari gemilere kıyasla daha maliyetli olduğu görülmektedir. Yaşayan platformlar olan askeri gemilerin inşa aşamasından kullanım amacının sona ermesine kadar geçen sürede, görevlerini eksiksiz olarak yapabilmesi için sistemlerin idamesinin efektif ve ekonomik olarak yerine getirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Gemi Yaşam Döngüsü, geminin inşaatından söküm aşamasına kadar giden süreçte atıkların minimize edilmesi ve geri dönüşüm/yeniden kullanım seçeneklerinin kullanıldığı bir modeldir.

Tez çalışmamın öneri sürecinden sonuna kadar ihtiyaç duyduğum her konuda desteğini ve emeğini esirgemeyen, tecrübe, öneri ve yorumlarıyla beni yönlendiren tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Uğur Buğra ÇELEBİ'ye, değerli fikirlerini ve zamanını paylaşmaktan çekinmeyen Sayın Arş. Gör. Levent BİLGİLİ'ye, bu uzun süreç boyunca göstermiş olduğu anlayışlı davranışları ile aileme, desteği, hoşgörüsü ve sevgisi ile daima yanıbaşımda olan sevgili eşime ve oğluma en içten teşekkürlerimi sunarım.

Temmuz, 2016

Ekrem TAMER

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ ..... ix

KISALTMA LİSTESİ ..... xii

ŞEKİL LİSTESİ ..... xiii

ÇİZELGE LİSTESİ ..... xiv

ÖZET ..... xvi

ABSTRACT ..... xviii

BÖLÜM 1

GİRİŞ ..... 1

1.1 Literatür Özeti ..... 1
1.2 Tezin Amacı ..... 6
1.3 Hipotez ..... 6

BÖLÜM 2

YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ ..... 7

2.1 YDA'nın Karakteristikleri ..... 7
2.1.1 YDA Nedir? ..... 8
2.1.2 YDA'nın Tarihçesi ..... 9
2.1.3 YDA'nın Kullanım Alanları ..... 10
2.1.4 YDA Alanında Faaliyet Gösteren Aktörler ..... 11
2.1.5 YDA'nın Geleceği ..... 11
2.1.6 YDA'nın Sınırları ..... 11
2.2 YDA Yönetimi ..... 12
2.2.1 YDA'nın Amaç ve Kapsamı ..... 13
2.2.2 Yaşam Döngüsü Envanteri (YDE) ..... 14
2.2.3 Yaşam Döngüsü Etki Analizi (YDEA) ..... 15
2.2.4 YDA'yı Yorumlama ..... 16

BÖLÜM 3

ASKERİ ONARIM İŞLEMLERİ VE ÇEVRE YÖNETİMİ ..... 19

3.1 Ana Makineye Ait Genel Bilgiler ..... 19
3.1.1 Ana Tahrik ve Takat Sistemi Bilgileri ..... 20
3.1.2 Ana Makine Marka ve Modelleri ..... 21
3.1.3 Ana Makine Karakteristik Bilgileri ..... 22
3.1.4 Makine Ağırlığı, Su ve Yağ Kapasiteleri ..... 22
3.2 Ana Makine Konfigürasyon ..... 22
3.2.1 MTU Marka Ana Makine Bakım Periyotları ..... 24
3.2.2 Sabit Parçalar ve Hareketli Parçalar ..... 24
3.2.2.1 Sabit Parçalar ..... 24
3.2.2.2 Hareketli Parçalar ..... 24
3.2.3 Hava Egzoz Sistemi ..... 25
3.2.4 Yakıt Sistemi ..... 25
3.2.5 Soğutma Sistemi ..... 25
3.2.6 Yağlama Yağı Sistemi ..... 25
3.2.7 Gavernör ve Bağlantıları ..... 26
3.2.8 Ana Makinelerin Devreye Alınması ..... 26
3.2.8.1 Çalıştırmadan Önce Yapılacak İşlemler ..... 26
3.3 Yardımcı Makineye Ait Genel Bilgiler ..... 26
3.3.1 Yardımcı Makine Marka ve Modeli ..... 27
3.3.2 Yardımcı Makine Genel Karakteristik Bilgileri ..... 28
3.3.3 Yardımcı Makineye ait Çalışma Değerleri ..... 28
3.4 Yardımcı Makine Konfigürasyon ..... 28
3.4.1 MTU Marka Yardımcı Makine Bakım Periyotları ..... 30
3.4.2 Sabit ve Hareketli Parçalarabit Parçalar ..... 30
3.4.2.1 Sabit Parçalar ..... 30
3.4.2.2 Hareketli Parçalar ..... 30
3.4.3 Hava ve Egzoz Sistemi ..... 31
3.4.4 Yakıt Sistemi ..... 31
3.4.5 Soğutma Sistemi ..... 31
3.4.6 Yağlama Yağı Sistemi ..... 31
3.4.7 Gavernör ve Start-Stop Sistemi ..... 32
3.4.8 Makinelerin Devreye Alınması ..... 32
3.5 Jenerik Bakım Sistemi ..... 32
3.5.1 Bakım Sistemi Uygulamaları ..... 33
3.5.2 Bigisayar Destekli Bakım Sistemi ..... 33
3.5.3 Bakım Yönetim Sistemi ..... 33
3.5.4 Bakım Onarım Kademeleri ..... 34
3.5.4.1 Gemi Seviyesi Bakım ..... 34
3.5.4.2 Onarım Kuruluşu Destekli Bakım ..... 34
3.5.4.3 Onarım Kuruluşu Seviyesi Bakım ..... 34
3.5.4.4 Üretici Seviyesi Bakımı ..... 34
3.5.5 Bakım Sistemi Bünyesinde Yer Alan Temel Dökümanlar ..... 34
3.5.6 Gemi İnşa Grup Numaraları ..... 35

3.6 Çevre Yönetimi İle İlgili Genel Hususlar ..... 35
3.6.1 Atık Yönetimi ..... 36
3.6.1.1 Atık Yönetimi Genel Uygulamalar ..... 37
3.6.1.2 Atık Yağların Yönetimi ..... 39
3.6.1.3 Atık Yağlar İle İlgili Esaslar ..... 40
3.6.1.4 Atık Yağ Kategorileri Ve Müsaade Edilen Kirletici Parametre Sınır Değerleri ..... 41

BÖLÜM 4

ANA VE YARDIMCI MAKİNE ATIK YÖNETİMİ ..... 43

4.1 Ana Makinenin Atık Yönetimi ..... 43
4.1.1 Ana Makinenin 2 Numaralı Bakım ..... 44
4.1.2 Ana Makinenin 3 Numaralı Bakımı ..... 44
4.1.3 Ana Makinenin 4 Numaralı Bakımı ..... 44
4.1.4 Ana Makinenin 5 Numaralı Bakımı ..... 45
4.1.5 Ana Makinenin 6 Numaralı Bakımı ..... 45
4.2 Yardımcı Makine Atık Yönetimi ..... 46
4.2.1 Yardımcı Makinenin 2 Numaralı Bakımı ..... 47
4.2.2 Yardımcı Makinenin 3 Numaralı Bakımı ..... 47
4.2.3 Yardımcı Makinenin 4 Numaralı Bakımı ..... 47
4.2.4 Yardımcı Makinenin 5 Numaralı Bakımı ..... 48
4.2.5 Yardımcı Makinenin 6 Numaralı Bakımı ..... 49
4.3 Ana ve Yardımcı Makine Atık Modellemesi ..... 50
4.4 Çevresel YDA Hesaplamaları ..... 53
4.4.1 Valf Parçasının Yaşam Döngüsü Analizi ..... 54
4.4.1.1 Valfin YDA'sı Süresince Hammadde Kullanımı ve Emisyonu ..... 55
4.4.1.2 Valfin YDA'sı Süresince Havaya Olan Emisyonu ..... 56
4.4.1.3 Valfin YDA'sı Süresince Suya Olan Emisyonu ..... 57
4.4.1.4 Valfin YDA'sı Süresince Toprağa Olan Emisyon ..... 59
4.4.2 Yağlama Yağının Yaşam Döngüsü Analizi ..... 60
4.4.2.1 Yağlama Yağının YDA'sı Süresince Hammadde Kullanımı ve Emisyonu ..... 61
4.4.2.2 Yağlama Yağının YDA'sı Süresince Havaya Olan Emisyonu ..... 62
4.4.2.3 Yağlama Yağının YDA'sı Süresince Suya Olan Emisyonu ..... 63
4.4.2.4 Yağlama Yağının YDA'sı Süresince Toprağa Olan Emisyonu ..... 64
4.4.3 YDA'nın Çevresel Etkisinin Yorumlanması ..... 65
4.5 Yaşam Döngüsü Maliyet Analizinde Kullanılacak Model ve Maliyet Formülleri ..... 65
4.5.1 Atık Yağlama Yağı Pürifayeri Sistemi İçin Maliyet Analizi ..... 68
4.5.2 Yatırım Maliyeti ..... 68
4.5.3 Kullanım ve İdame Maliyeti ..... 69
4.5.4 Toplam Sistem Maliyeti ..... 69
4.6 Geri Dönüşüm Senaryosu Uygulanan Ana ve Yardımcı Makineye İlişkin Geri Dönüşüm Sayesinde Elde Edilen Kazanç ..... 69

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER ..... 70
KAYNAKLAR ..... 73
ÖZGEÇMİŞ ..... 76

## SİMGE LİSTESİ

| | |
|---|---|
| C | Toplam Sistem Maliyeti |
| $C_R$ | Araştırma ve Geliştirme Maliyeti |
| $C_o$ | Kullanım ve İdame Maliyeti |
| $C_I$ | Yatırım Maliyeti |
| $C_{RM}$ | Program Yönetimi Maliyeti |
| $C_{RR}$ | İleri Düzeyde Araştırma ve Geliştirme Maliyeti |
| $C_{RE}$ | Mühendislik Bilgileri ve Dizayn Maliyeti |
| $C_{RT}$ | Donanım Geliştirme ve Test Maliyeti |
| $C_{IM}$ | Üretim (Sistem/Donanım) Maliyeti |
| $C_{IC}$ | Yapım (İnşaat) Maliyeti |
| $C_{IL}$ | Başlangıç Lojistik Destek Maliyeti |
| $C_{IM}$ | Üretim Maliyeti |
| $C_{IN}$ | Tekrar Geri Döndürülemeyen Üretim Maliyeti |
| $C_{IR}$ | Tekrar Geri Döndürülebilen Üretim Maliyeti |
| $C_{ILM}$ | Lojistik Program Yönetimi Maliyeti |
| $C_{ILP}$ | Yedek/Onarım Parçaları ve DKÖT'lerin Tedariki İçin Gerekli Bilginin Hazırlanma Maliyeti |
| $C_{ILS}$ | Başlangıç Yedek Parça Tedarik Maliyeti |
| $C_{ILI}$ | Başlangıç Envanter Yönetimi Maliyeti |
| $C_{ILD}$ | Teknik Doküman Hazırlama Maliyeti |
| $C_{ILT}$ | Başlangıç Eğitim ve Eğitim Yardımcıları Maliyeti |
| $C_{ILX}$ | DKÖT Tedarik Maliyeti |
| $C_{ILY}$ | Başlangıç Ulaştırma ve Taşıma Maliyeti |
| $C_{OOT}$ | Kullanıcı Personel Eğitimi Maliyeti |
| $Q_{OS}$ | Kullanıcı Öğrencilerin Sayısı |
| $T_T$ | Eğitim Programının Uzunluğu |
| $C_{TOP}$ | Kullanıcı Eğitimi Maliyeti |
| $C_{OOE}$ | DKÖT Maliyeti |
| $C_{SOE}$ | Gemi Seviyesi (SEVİYE-1) DKÖT Maliyeti |
| $C_{SIE}$ | Orta Seviyedeki (SEVİYE-2) DKÖT Maliyeti |
| $C_{SDE}$ | Tersane Seviyesindeki (SEVİYE-3) DKÖT Maliyeti |
| $C_{SCE}$ | Sarfedilebilir Malzeme Maliyeti |
| $C_{AE}$ | Malzeme Alım Emrinin Ortalama Maliyeti |

| | |
|---|---|
| $Q_{AE}$ | Malzeme Alım Emrinin Sayısı |
| $Q_{ME}$ | İstenen Parça Miktarı |
| $C_{HE}$ | Malzemenin Envanterdeki Bakım Maliyeti |
| $Q_{HE}$ | Malzemenin Envanterdeki Miktarı |
| $C_{OM}$ | İdame (Bakım) Maliyeti |
| $C_{OMM}$ | Bakım Personeli ve Destek Maliyeti |
| $C_{OMX}$ | Yedek ve Tamir Parçaları Maliyeti |
| $C_{OMS}$ | DKÖT Bakım Maliyeti |
| $C_{OMT}$ | Ulaştırma ve Taşıma Maliyeti |
| $C_{OMP}$ | Bakım Emniyeti Maliyeti |
| $C_{OMF}$ | Bakım Tesisleri Maliyeti |
| $C_{OMD}$ | Teknik Doküman Maliyeti |
| $C_{OOS}$ | Koruyucu/Düzeltici Bakım Maliyeti |
| $Q_{PA}$ | Koruyucu/Düzeltici Bakım (MA) Maliyeti |
| $M_{MHP}$ | Koruyucu/Düzeltici Bakım İş Saati / MA |
| $C_{OPP}$ | Koruyucu Bakım İşçilik Maliyeti |
| $C_{MHP}$ | Taşıma/Koruyucu/Düzeltici (MA) Başına Malzeme Maliyeti |
| $C_{OMX}$ | Yedek ve Tamir Parçaları Maliyeti |
| $C_{SO}$ | Gemi Seviyesi (SEVİYE-1) Yedek ve Tamir Parçaları Maliyeti |
| $C_{SI}$ | Orta Seviyedeki (SEVİYE-2) Yedek ve Tamir Parçaları Maliyeti |
| $C_{SD}$ | Tersane (SEVİYE-3) Seviyesindeki Yedek ve Tamir Parçaları Maliyeti |
| $C_{SC}$ | Sarfedilebilir Malzeme Maliyeti |
| $C_{M}$ | Yedek Parça Maliyeti |
| $Q_{M}$ | İstenen Yedek Parça Miktarı |
| $Q_{H}$ | Malzemenin Envanterdeki Miktarı |
| $C_{H}$ | Malzemenin Envanterde Bakım Maliyeti |
| $C_{OMS}$ | DKÖT Donanımı Bakım Maliyeti |
| $Q_{PAE}$ | DKÖT'ün Koruyucu/Düzeltici Bakım (MA) Miktarı |
| $M_{MHE}$ | DKÖT'ün Koruyucu/Düzeltici Bakım İş saati/MA |
| $C_{OPE}$ | DKÖT'ün Koruyucu/Düzeltici Bakım İşçilik Maliyeti |
| $C_{MHE}$ | Taşıma/Koruyucu/Düzeltici (MA) Başına Malzeme Maliyeti |
| $C_{OMT}$ | Ulaştırma ve Taşıma Maliyeti |
| $C_{T}$ | Taşıma Maliyeti |
| $C_{P}$ | Paketleme Maliyeti |
| $Q_{T}$ | Tek Yöne Taşıma Miktarı |
| W | Taşınan Cismin Ağırlığı |
| $C_{OMP}$ | Bakım Eğitimi Maliyeti |
| $Q_{SM}$ | İdame/Bakım Öğrencileri Sayısı |
| $T_{T}$ | Eğitim Süresi |
| $C_{TOM}$ | İdame/Bakım Eğitimi Maliyeti |
| $C_{OMD}$ | Teknik Bilgi Doküman Maliyeti |
| $C_{OMDİ}$ | Spesifik bilgi/Dokümanı'nın Maliyeti |
| kW | kilowatt |
| rpm | Revolution per minute |
| kwh | Saat başına harcanan enerji |
| MW | Megawatt |

| | |
|---|---|
| ppm | parts per million |
| C | santigrat |
| kg | kilogram |
| $m^3$ | metreküp |
| g | gram |
| MJ | megajoule |
| tn.lg | kilometre ton |
| m | Metre |
| $m^2$ | metrekare |
| € | Avro |

## KISALTMA LİSTESİ

| | |
|---|---|
| AYGEİY | Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik |
| AB | Avrupa Birliği |
| ABD | Amerika Birleşik Devletleri |
| BM | Birleşmiş Milletler |
| CAYDAS | Co-ordination Action for innovation in Life Cycle Analysis for Sustainability |
| $CO_2$ | Karbondioksit |
| ECAs | Emission Control Areas |
| IMO | Uluslararası Denizcilik Örgütü |
| ISO | International Standart Organization |
| JEPMG | Joint Environmental Protection Management Group |
| LCA | Life Cycle Assessment |
| MBYS | Materyal Bakım Yönetim Sistemi |
| MEPC | Marine Environment Protection Committee |
| MHD | Materyal Hazırlık Derecesi |
| NMVOC | Metan Olmayan Uçucu Bileşik |
| $NO_x$ | Azot Oksit |
| PCB | Poliklorlubifeniller |
| PM | Parçacıklı Madde |
| PSSA | Particularly Sensitive Sea Area |
| SETAC | Society of Environmental Toxicology and Chemistry |
| $SO_x$ | Kükürt Oksit |
| UNEP | United Nations Environment Programme |
| YDA | Yaşam Döngüsü Analizi |
| YDE | Yaşam Döngüsü Envanter Analizi |
| YDEA | Yaşam Döngüsü Etki Analizi |
| YDM | Yaşam Döngüsü Maliyeti |
| YDSA | Yaşam Döngüsü Sürdürülebilirlik Analizi |

## ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 Yaşam Döngüsü Analizinin Aşamaları……..8
Şekil 2.2 Yaşam Döngüsü Analizinin Metodolojisi……12
Şekil 2.3 Yorumlama safhasının YDA'nın diğer safhaları ile ilişkisi……18
Şekil 3.1 Fırkateyne ait makine daireleri yerleşimi ve ana tahrik sistemi……20
Şekil 3.2 Ana Makine (20 V 1163 TB93)'nin soldan görünüşü……21
Şekil 3.3 Ana makine konfigürasyon……23
Şekil 3.4 Yardımcı Makine kesit resmi……27
Şekil 3.5 Yardımcı Makine Konfigürasyon……29
Şekil 4.1 Fırkateyn Ana ve Yardımcı Makine 6 yıllık operasyon aşaması……50
Şekil 4.2 Ana makineden çıkan atık miktarı……53
Şekil 4.3 Yardımcı makineden çıkan atık miktarı……53
Şekil 4.4 Paket programa ait ekran çıktısı……54
Şekil 4.5 Valf parçası için paket programa ait ekran çıktısı……55
Şekil 4.6 Valfin ham yağ ve CO2 emisyonu……55
Şekil 4.7 Valfin su ve doğalgaz emisyonu……56
Şekil 4.8 Valfin havaya olan partikül ve CO2 emisyonu……56
Şekil 4.9 Valfin havaya Ozon, NMVOC, Manganez ve Magnezyum Emisyonu……57
Şekil 4.10 Valfin havaya Askıda katı madde, Silisyum, Sodyum, Magnezyum, Demir ve Bor emisyonu……57
Şekil 4.11 Valfin havaya Kurşun, Arsenik, Ksilen, Vanadyum, Krom ve Siyanür emisyonu 58
Şekil 4.12 Valfin toprağa Silisyum, Manganez, Demir, Alüminyum ve Çinko emisyonu.59
Şekil 4.13 Valfin toprağa Vanadyum, Krom ve Bakır emisyonu……59
Şekil 4.14 Yağlama yağı için paket programa ait ekran çıktısı……60
Şekil 4.15 Yağlama yağının üretimi ve bertarafı esnasında kullanılan su ve gaz miktarı……60
Şekil 4.16 Yağlama yağının üretimi ve bertarafı esnasında oluşan yağ ve $CO_2$ emisyonu 61
Şekil 4.17 Yağlama yağının havaya olan Partikül, Ozon ve NMVOC emisyonu……61
Şekil 4.18 Yağlama yağının suya Vanadyum, Siyanür ve Krom emisyonu……62
Şekil 4.19 Yağlama yağının suya Çinko, Vanadyum, Kurşun, Bakır ve Krom emisyonu…63

## ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 Deniz Kuvvetlerindeki MEKO sınıfı Fırkateyn Listesi……20
Çizelge 3.2 Ana tahrik ve takat sistemi bilgileri……20
Çizelge 3.3 Ana makine marka ve modeli……22
Çizelge 3.4 Ana Makine karakteristik bilgileri……22
Çizelge 3.5 Ana makine ağırlığı, su ve yağ kapasiteleri……22
Çizelge 3.6 MTU marka Ana Makine bakım periyotları……24
Çizelge 3.7 Yardımcı makineye ait karakteristik bilgileri……28
Çizelge 3.8 Yardımcı makine çalışma tüketim değerleri……28
Çizelge 3.9 MTU marka Yardımcı makine bakım periyotları……30
Çizelge 3.10 Gemi İnşa Grup Numaraları……35
Çizelge 3.11 Atık Yağ Kategorileri ve Müsaade Edilen Sınır Değerler……42
Çizelge 4.1 Ana Makinenin 2 numaralı bakımı ve oluşan atıklar……44
Çizelge 4.2 Ana makinenin 3 numaralı bakımı ve oluşan atıklar……44
Çizelge 4.3 Ana makinenin 4 numaralı bakımı ve oluşan atıklar……44
Çizelge 4.4 Ana makinenin 5 numaralı bakımı ve oluşan atıklar……46
Çizelge 4.5 Ana makinenin 6 numaralı bakımı ve oluşan atıklar……46
Çizelge 4.6 Yardımcı makinenin 2 numaralı bakımı ve oluşan atıklar……47
Çizelge 4.7 Yardımcı makinenin 3 numaralı bakımı ve oluşan atıklar……47
Çizelge 4.8 Yardımcı makinenin 4 numaralı bakımı ve oluşan atıklar……48
Çizelge 4.9 Yardımcı makinenin 5 numaralı bakımı ve oluşan atıklar……49
Çizelge 4.10 Yardımcı makinenin 6 numaralı bakımı ve oluşan atıklar……49
Çizelge 4.11 Ana ve Yardımcı makineye yaşam süreci boyunca (30 yıl) uygulanan bakım tekrarları……50
Çizelge 4.12 Ana makineden 6 yıllık süreçte çıkan atıklar ve miktarları……51
Çizelge 4.13 Yardımcı makineden 6 yıllık süreçte çıkan atıklar ve miktarları……52
Çizelge 4.14 Valf parçasının üretim ve yaşam döngüsü boyunca suya olan emisyonu…58
Çizelge 4.15 Yağlama yağının üretim ve yaşam döngüsü boyunca havaya olan emisyonu 62
Çizelge 4.16 Yağlama yağının üretim ve yaşam döngüsü boyunca suya olan emisyonu 62
Çizelge 4.17 Yağlama yağının üretim ve yaşam döngüsü boyunca toprağa olan emisyonu……63
Çizelge 1.18 Maliyet Analizi Formülleri64
Çizelge 4.19 Yatırım Maliyeti……67

Çizelge 4.20 Üretim Maliyeti……67
Çizelge 4.21 Başlangıç Lojistik Destek Maliyeti……68
Çizelge 4.22 Kullanım ve İdame Maliyeti……68
Çizelge 4.23 Toplam Sistem Maliyeti……68
Çizelge 4.23 Ana ve Yardımcı Makine İçin Geri Dönüşüm Sayesinde Elde Edilen Kazanç 69

# ÖZET

## ASKERİ GEMİLERDE ANA VE YARDIMCI MAKİNENİN OPERASYON AŞAMASINDA ATIK YÖNETİM MODELİ GELİŞTİRİLMESİ

Ekrem TAMER

Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç.Dr.Uğur Buğra ÇELEBİ

Yüzyıllardır denize kıyısı olan ülkeler, ülke savunmaları maksadıyla askeri gemiler kullanmışlardır. Bu gemilerin üretimi ve idamesi; yapacağı görev, kullanılacağı deniz sahası, üzerinde bulunduracağı silah sistemi vs. bakımından karmaşıktır.

Bu gemilerin yaşam döngüsü analizi için yayımlanmış uluslararası askeri kurallar incelendiğinde çok az sayıda NATO dokümanları ve raporları bulunmaktadır. Askeri gemiler, devletlerin uluslararası antlaşmalarla tespit etmiş olduğu kurallardan hep muaf tutulmuştur. Dünya deniz savaş filoları incelendiğinde, ticari gemiler kadar atık çıkarımı ve emisyon oluşumu gözlemlenmektedir. Bu da çevre kirliliğine ve enerji israfına, doğal kaynakların verimli kullanılmamasına neden olmaktadır.

Yaşam Döngüsü Analizi (YDA) modelinde geri dönüşüm ve yeniden kullanım metotları verimli bir şekilde kullanıldığında, gerek ülke ekonomilerine gerekse çevresel atıkların minimize edilmesine büyük katkı sağlanmaktadır. YDA, geminin geri dönüştürülebilir kısımlarının çevresel performans ve maliyet dengelerinin optimal şekilde sağlanmasına dayalı bütünsel bir sistematik olup etkili bir şekilde kullanıldığında büyük faydalar sağlayan bir analiz yöntemidir.

Gemilerin yaşam döngüsünün çevreye olan etkilerinin yanında mali boyutu da oldukça önemli bir husustur. 30-40 yıllık ömürleri boyunca sayıca ve boyut olarak birçok endüstri alanından daha fazla atık/hurda malzeme kaynağı olan gemilerin söz konusu

malzemeler nedeniyle çevreye ve ekonomiye zarar verebileceği benzer yaşam döngüsü analizi çalışmalar kapsamında ortaya konulmuştur. Bu durumun iyileştirilmesi çalışması kapsamında gemi kaynaklı atık/hurda malzemelerin geri dönüşümünün/yeniden kullanımının sağlanması küresel çevre değerlendirmesine kayda değer bir fayda sağlayacaktır.

Bu çalışma kapsamında bir firkateynin ana ve yardımcı makinelerinin belirli parçalarının yaşam döngüsü analizi ele alınmıştır. Çalışma kapsamında, gemi personelinin ve tersane personelinin planlı bakım sistemi, arıza onarımları ve idame bakımları kapsamında gemide oluşan atık ve emisyonları ortaya koyacak jenerik bir model hazırlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yaşam Döngüsü Analizi, Savaş Gemisi, Maliyet Analizi, Geri Dönüşüm, Gemi Kökenli Emisyonlar

## ABSTRACT

# WASTE MANAGEMENT WITH LIFE CYCLE ANALYSIS METHOD FOR MILITARY SHIP MACHINE SYSTEMS

Ekrem TAMER

Naval Architecture and Marine Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Doç. Dr. Uğu Buğra ÇELEBİ

Military ships have been used for defensive purposes by the countries that have a coastal line for centuries. Production and maintenance of these vessels include many complex processes due to missions, weapons and sea field.

Investigating the published military rules show that there are no enough documents and reports on life cycle analysis of military ships. Military vessels are exempted from the rules and regulations that are determined by international treaties. . Extensive using of military and commercial ships results with environmental pollution, waste of energy and misusage of natural resources.

Life Cycle Assessment (LCA) models provide a significant contribution to both minimizing of wastes and developing of the country's economy by using recycling and reusing methods efficiently. As a holistic systematic based on the ship's recyclable parts in an optimal manner to ensure the environmental performance and cost balance, LCA is an analysis method that provides great benefits.

Besides the ship life cycle impact on the environment, economical situation is an important issue. It is presented in similar studies that ships caused more waste and

scrap material than other industries within 30-40 years of ıts life. Recyclind and reusing the scrap and waste material can be heplful to the global environmental assessment.

In this study, LCA of some parts of main engine and auxiliary engine in the engine room of a frigate is investigated.A generic model was prepared that the wastes and emissions occurred as a result of scheduled maintenance and defect repair processes are calculated..

**Keywords:** Life Cycle Assessment, War Ship, Cost Analysis, Recycling, Ship Based Emission.

# BÖLÜM 1

# GİRİŞ

## 1.1 Literatür Özeti

Gemilerin bilinen en eski örneği ilk olarak M.Ö. 4000 yıllarında Eski Mısırlıların uzun kamışlı olarak kullandığı teknelerdir. Bundan sonra Polinezyalılar, Fenikeliler ve Vikingler ulaşım ve ticaret maksadıyla gemiler inşa etmişlerdir. Osmanlı döneminde donanma ya da eski adıyla Donanma-yı Humayun 14. yy'da kurulmuştur. 1323 yılında Karamürsel'in fethi ile Osmanlı Devleti denize ulaşarak burada ilk Osmanlı tersanesini kurmuştur. Bu tarihten sonra deniz gücünün kurumsallaşma çalışmalarına başlanmıştır. Tarihimizdeki en önemli deniz zaferleri; Preveze Deniz Muhaberesi, Cerbe Deniz Muhaberesi ve günümüz tarihinde önemli yeri olan Çanakkkale Deniz Zaferidir. Donanma Komutanlığı halihazırda Gölcük'te konuşlu bulunmaktadır.

Askeri gemilerin operasyonel aşaması geminin denize indirilmesi ile birlikte başlamaktadır. Askeri gemilere, yaşam döngüsü boyunca verilen görevleri eksiksiz yapabilmesi maksadıyla gemide gemi personeli ve tersane sürecinde tersane personeli tarafından üretici firma teknik kitapları doğrultusunda bakım/onarım işlemleri uygulanmaktadır. Bu süreler içerisinde rutin olarak gemilere denizde karina kontrolü ve havuzda havuz kontrolleri yapılmaktadır. Teknolojik gelişmelere ayak uydurulması ve personelin gemi yaşamının kolaylaştırılması maksadıyla yapılan modernizasyonlar, uzun süreli bakım/onarım overhol zamanlarında uygulanmaktadır.

Yaşam Döngüsü Analizi (YDA), bir ürün veya sistemin üretim aşamasından başlanarak işlem, kullanım ve bertaraf aşamalarını kapsayacak şekilde çevresel etkilerinin değerlendirilmesi olarak tanımlanabilir.

Askeri gemilerin yaşam döngüsü analizi için bugüne kadar yapılan çalışmalar neticesinde yayımlanmış ve halen yürürlükte olan NATO dokümanları ve raporları bulunmaktadır. Bunlara ilaveten ticari gemilerin yaşam döngüsü için yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen literatür taraması sonucunda irdelenen ve faydalanılan doküman/rapor/makalelere ilişkin bilgiler aşağıda yer aldığı gibidir.

Fet (2002) [1], YDA metodunun, gemi yaşam döngüsünün çevresel etki hesaplanmasında kullanılabileceğini gösteren bir çalışma yapmıştır. İlk YDA deneysel çalışmasında elde ettiği sonuçlarda, yapılan işlemlerin kişiye göre değişebileceği durumları açıklamış ve elde edilen sonuçlarda birbirleriyle çelişebilecek sistem sınırlarının önemini vurgulamıştır. Finnveden vd. (2009) [2] çalışmalarında YDA'nın, çevresel etkilerini ve ürünün hammaddeden, üretimi, kullanım aşaması ve atık yönetimine kadar olan süreçteki yaşamı boyunca kullanılan kaynakları belirleyen bir araç olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca YDA'nın daha önceki dönemlerde yapılan gelişmelerini desteklemeyi amaçlamışlardır. YDA'nın amaç ve kapsam sürecindeki niteleyici ve önemli olan tanımları üzerinde yoğunlaşmışlardır. Envanter analizi sürecindeki ayrımın ise sistem sınırları, veri toplama ve paylaştırma kısımlarında oluştuğunu belirtmişlerdir. Sonuç olarak; ürün ve hizmetlerin çevresel etkileri hesaplandığında, yaşam döngüsünde oluşan değişken problemleri önlemek için YDA kullanımının çok önemli olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Chatzinikolaou vd. (2015) [3], gemi yaşam döngüsünün; üretim, operasyon, bakım ve söküm/geri dönüşüm olarak ayrılabileceğini ve bu aşamalardan en fazla emisyonun operasyon aşamasında ortaya çıkacağını belirtmişler ve çalışmalarında gemiler için detaylı bir YDA konsepti tanımlamışlardır. Bu konsepti, özellikle yaptıkları gemi sera gazı emisyonları (GHG's) çalışmaları ile desteklemişlerdir. Ayrıca Chatzinikolaou ve Ventikos (2015) [4], gemi hava emisyonlarının çevresel etkisini hesaplamak maksadıyla, YDA yaklaşımını kendi araştırma çalışmalarına entegre etmişlerdir. Nakliye safhasında karşılaşılan zorluklar dahil olmak üzere, deniz nakliye senaryolarına, metodolojinin adaptasyonunun, sistem sınırlarının seçiminin ve yaşam döngüsü envanterlerinin oluşturulmasının eklendiği durumları incelemişlerdir. Bilgili ve Celebi (2013) [5], çalışmalarında atık yönetim modelini ön planda tutarak, operasyon aşamasında gemi

kaynaklı emisyon ve atıkların azaltılmasında yaşam döngüsü analizinin etkisini incelemişlerdir. YDA'nın, bir ürün için tüketimi açıklayan, etkinliği artıran, maliyet, emisyon ile harcanan zamanı azaltan, yenilikçi, sürdürülebilir ve bütünsel bir yaklaşım olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Chatzinikolaou ve Ventikos (2015) [6], gemilere ait hava emisyon analizinin yapılmasına olanak sağlayan ve aynı zamanda YDA yaklaşımını da içeren yeni bir matematiksel sistem geliştirmişlerdir. YDA yaklaşımının, gemi üzerinde bulunan sistemlerin bakım/onarım ve hurdaya ayırma işlemlerinde alterantifler sunduğu ve bu alternatiflerin, YDA'nın temel kavramları ile tutarlı olduğu konusuna değinmişlerdir. Bu yöntemin, çevresel maliyetler ile YDA safhaları arasındaki geçişlerden kaynaklanan problemlerde azalma sağladığını tespit etmişlerdir. YDA'nın uygulanmasıyla çevresel performansların devamlı geliştiği belirtilmiş ve buna bağlı olarak sektörün topluma sağladığı faydanın artacağı değerlendirilmiştir. Bundan dolayı YDA yaklaşımının deniz ulaşım sektörü ile birleştirilmesi gerektiği sonucuna ulaşmışlardır.

Bijwaard ve Knapp (2008) [7], yaptıkları araştırmada denizcilik sektörünün görece güvenli olduğu sonucuna ulaşmışlar ve gemi yaşam döngüsünün sektöre olan adaptasyonunun sağlanması ve bu süreçte yapılacak denetimlerin arttırılmasıyla yaşanan kazaların ve maliyetlerin azaltılmasının sağlanabileceğini araştırmışlardır. Carvalho vd. (2011) [8] gemi söküm sürecinde yapılan işlemlerin çevresel etkilerinin modellenmesi hakkında çalışmışlardır. Çalışmalarında kullandıkları bilgileri Portekiz'de bulunan söküm tersanesinden almışlar ve alınan bilgileri yaygın bilgisayar yazılımı olan "SimaPro YDA" üzerinden analiz etmişlerdir. Çalışma kapsamında, farklı gemiler için değişik çevresel değerlendirme metodları kullanılmış ve benzer çevresel etkilerin olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca çevresel etkinin sadece geminin tipine bağlı olmadığı ve asıl önemli olan unsurun gemi teknesi ve üzerinde bulunan sistem/cihazların bileşiminin olduğu sonucunu çıkarmışlardır. Chiffi vd. 2009 [9], gemilerin enerji tüketiminin çevre kirliliğine olan etkisini değerlendiren bir çalışma yapmışlardır. Çalışma kapsamında "EX-TREMIS" isimli bir program kullanılmıştır. Bu program; Avrupa'da kullanılan ve içinde demir, hava ve deniz yolu taşımacılığından meydana gelen toplam emisyon, emisyon faktörleri, özgül enerji tüketimi bilgilerini içermektedir. Yapılan analiz neticesinde denizcilik sektöründeki enerji tüketiminin

arttığı vurgulanmış ve buna paralel olarak gemilerdeki emisyon azaltıcı teknolojik gelişmenin arttığı belirtilmiştir.

Alkaner ve Zhou (2005) [10], denizcilikte kullanılan ergimiş karbonat yakıt hücresinin (MCFC) yaşam döngüsü analizi üzerine çalışma yapmışlardır. Çalışma, motorin içeren yakıt hücrelerinin YDA'sı üzerine yoğunlaşmıştır. Bengtsson vd. (2011) [11], özellikle Emisyon Kontrol Alanlarında (Emission Control Areas-ECAs) gelecek yıllarda yakıt kalitesi ve egzoz emisyonları ile ilgili yaptırımlarla karşı karşıya kalınacağını ve bu sebeple alternatif yakıt sistemi veya emisyon azaltıcı tedbirlerin kullanılması gerekeceğine değinmişlerdir. Bu kapsamda kullanılan yakıta YDA perspektifinden bakılarak yakıtın çevresel etkileri incelenmiştir. İnceleme neticesinde 4 değişik yakıt tipi ele alınmış ve gemilerde kullanılan yakıtların yanmasının büyük oranda çevresel etki oluşturduğu görülmüştür. Analiz edilen 4 yakıt tipi içerisinde LNG yakıtının küresel ısınmaya olan etkisinin diğerlerine göre daha az olduğu gözlenmiştir.

Kameyama vd. (2004) [12], geminin yaşam çevrimi boyunca potansiyel çevresel etkilerini hesaplayabilen "LIME" adında kapsamlı bir yazılım geliştirmişlerdir. Çalışma kapsamında dökme yük gemilerinin onarım ve üretim, geri dönüşüm ve operasyon süreçlerini kapsayan tüm yaşam döngüsü esas alınmıştır. Aşama aşama yapılan çalışmanın neticesinde; geminin, yaşam döngüsü sürecindeki hemen hemen tüm çevresel etkisinin operasyon aşamasında gerçekleştiği ve dikkate alınması gereken en önemli çevresel etki kategorilerinin; asidifikasyon, küresel ısınma, kaynak tüketimi ve kentsel hava kirliliği olduğu tespit edilmiştir. "LIME" programının içeriğine göre gemi yaşam döngüsü boyunca karbondioksit ($CO_2$), azot oksit ($NO_x$), kükürt oksit ($SO_x$), metan olmayan uçucu bileşik (NMVOC) ve parçacıklı madde (PM) emisyonlarının yanı sıra ham petrol kullanımının çevreye olan etkisinin dikkate değer seviyelerde olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Choia vd. (2015) [13], ömrü tükenen malzeme yönetiminin yapılabilmesi için çevresel YDA ve fayda maliyet analizi ile malzemelerin çevresel etki ve ekonomik fizibilite hesaplamalarını yapmışlardır. ABD, AB, Türkiye ve Çin'de uygulanan standart gemi geri dönüşümünün belirli kurallara uyması durumunda karlı bir işlem olabileceğine değinmişlerdir. Standart gemi geri dönüşümünde kurallara sıkı bir şekilde uyulması

durumunda çevreye olacak emisyonların önemsiz olabileceği vurgulanmıştır. Güney Asya'da kullanılan standart dışı gemi geri dönüşümü çevreye daha fazla zararlı emisyon bırakılmasına sebep olmaktadır. Standart geri dönüşüm metodu ile çevreye olan zararlı emisyonların minimize edildiği ve tekrar kazanımı sağlanan malzemelerin yeni gemi inşa sürecinde kullanılmasıyla hammadde kullanılmasının azaltılmasına olanak sağlayabileceği belirtilmiştir. Seoa vd. (2015) [14], geminin yaşam maliyet analizine bağlı olarak gemi kaynaklı oluşan karbonların yakalanması ve depolanması için en uygun $CO_2$ sıvılaştırma sistemini seçmek maksadıyla 4 değişik sıvılaştırma sistemi üzerine çalışma yapmışlardır. Bu sıvılaştırma sistemlerinin yaşam döngüsü maliyet analizi değerlendirmesi; yatırım maliyeti, işletme giderleri ve öngörülemeyen diğer giderler hesaba katılarak yapılmıştır. Çalışma neticesinde işletme gider payının %80 ile en fazla olduğu ve yatırım maliyetinin %11, öngörülemeyen giderlerin %9 olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Vlad (2009) [15], matematiksel programlamanın YDA'ya olan katkılarını araştırmıştır. Çalışma kapsamında değişik envanter hesaplamaları için matematiksel formüller kullanılmıştır. Nihai ürünün çevresel etkisi, o ürüne ait her seviyedeki işlemin özeti olarak belirtilmiş ve bu etki hesabının her seviyedeki işlemin analizi ile bulunabileceğini öngörmüştür. Matematiksel programların, YDA çevresel etki değerlendirmesine fayda sağlayan bir araç olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Okasha vd. 2010 [16], deniz şartlarının değişken olduğu durumlarda gemi teknesinin, YDA performans analizi yardımıyla yapısal durumunu inceleyen bir çalışma yapmışlardır.

NATO, Araştırma ve Teknoloji Organizasyonu Teknik Raporu'nda (Research and Technology Organisation) [17] askeri sistemlerin yaşam döngüsü içerisindeki ekonomik maliyetleri üzerinde çalışma yapılmıştır. Bu raporda yaşam döngüsü maliyetinin (YDM-Life Cycle Cost-LCC), sistemlerin tüm ömrü boyunca oluşacak işletme, idame ve sonunda bertaraf etme aşamalarında ortaya çıkan harcamaları kapsadığı belirtilmektedir. Raporda, bir genel maliyet dağılımı yapısını oluşturmak için herhangi bir askeri programda YDM kullanımının gerekliliğine değinilmiş ve açıklanan maliyet

dağılımı yapısının geliştirilebilir, diğer yöntemler ile kıyaslanabilir, net anlaşılabilir olmasının beklendiği belirtilmiştir.

## 1.2 Tezin Amacı

Bu çalışma kapsamında, ülkelerin savunmalarında ve deniz alaka ve menfaatlerin korunmasında yüksek öneme haiz konumda bulunan örnek bir askeri gemiye yaşam döngüsü analizi uygulanacaktır. Bu geminin ana ve yardımcı makinelerinin yaşam döngüsü operasyon aşamasındaki arıza, bakım, onarım ve planlı bakım sistemi içerisinde oluşabilecek atık malzeme ve atık yağların yaşam döngüsü analizi metodu ile atık yönetiminin belirlenmesi ve ortaya çıkan atıkların efektif kullanılması amaçlanmıştır. Bu sayede geri dönüşümün ve yeniden kullanımının Deniz Kuvvetleri Komutanlığı'na faydasının incelenmesi ve genel olarak oluşan atıkların çevresel etkisinin azaltılmasına yönelik önerilerin verilmesi hedeflenmiştir.

## 1.3 Hipotez

Askeri gemilerde yaşam döngüsü analizinin kullanılması ile gemi üzerinde bulunan ana ve yardımcı makinelerden arıza, bakım, onarım ve planlı bakım sistemi içerisinde çıkabilecek atık malzeme ve atık yağın geri dönüşüm/berataraf işlemlerinin yapılarak ekonomik kazanç sağlanmasının yanında çevresel etkilerinin azaltılabileceğine yapılan analizler ile ulaşılmıştır.

# BÖLÜM 2

# YAŞAM DÖNGÜSÜ ANALİZİ

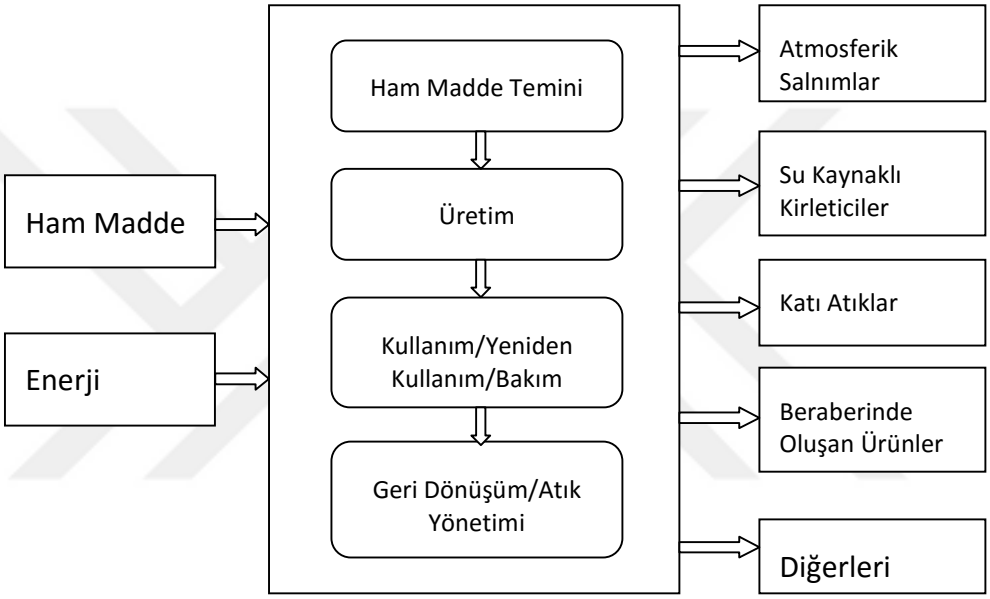
Çevre politikaları genel olarak sürdürülebilir üretimi ve tüketime geçişi hedeflemektedir. Bu aşamalar değişik seviyelerde ve değişik yollarla yapılabilmektedir. Endüstriler, ürünlerin ve yaptığı işlemlerin çevresel performanslarını geliştirici faaliyetlerine devam ettiği sürece çevresel etkiler üzerine bilgi kullanımı kaçınılmaz olmaktadır. "Beşikten-mezara", çevresel etkilerin değerlendirilmesine, ürünlerin ve hizmetlerin gelişmesine olanak sağlayan temel düşünce yapısıdır. Bu düşünce yapısı için en yaygın kullanılan değerlendirme sistemi çevresel YDA'dır. Çevre bilinci arttıkça, sanayi ve işletmeler, faaliyetlerinin çevreyi nasıl etkilediğini incelemektedir. Birçok işletme, "yeşil" ürünler sunarak ve "yeşil ürün" süreçlerini kullanarak farkındalık yaratmaya çalışmaktadır. Bazı firmaların çevreye verdikleri zararı minimuma indirme yolları araştırmasındaki sebep; ürünlerin ve üretimin çevresel performansının önemli bir konu haline gelmesinden kaynaklanmaktadır. Birçok şirket, kendi çevresel performansını geliştirmek için kirliliği önleme stratejileri oluşturmakta ve çevre yönetim sistemlerini kullanarak çözümler keşfetmenin avantajlı olduğunu düşünmektedir[18].

## 2.1 YDA'nın Karakteristikleri

Bu bölümde YDA genel çerçevede tanımlanmıştır. YDA, "Çok çeşitli endüstrilerin değişik karar verme süreçlerinde ne işlev görmektedir?" veya "YDA'nın uluslararası platformdaki düzenleme ve standartlaştırma faaliyetlerine entegre edilme süreci nasıl olmaktadır?" gibi sorulara cevap aranmaktadır[19].

### 2.1.1 YDA Nedir?

YDA, bir ürünün yaşamı boyunca çevresel etki girdilerinin ve çıktılarının derlenmesi ve değerlendirilmesi olarak tanımlanabilir. YDA yöntemi, bir ürün ya da hizmet üretiminde kullanılan hammaddelerin bulunmasından, ürünün nihai hale getirilmesine kadar geçen sürede üretim, nakliye, kullanım ve ortaya çıkan atığın bertarafını da kapsayan yaşam döngüsünün değişik aşamalarındaki çevresel etkileri değerlendirmek, belirlemek ve yönetmek için kullanılabilir.




Şekil 2.1 YDA'nın Aşamaları [20]

YDA, birbirini takip eden işlemlerle ve birbirinden bağımsız işlemler süreci perspektifi ile değerlendirme yapar ve genellikle daha geleneksel analizlerde dikkate alınmayan etkiler (örneğin, hammadde çıkarımı, malzeme taşıma, nihai ürün bertaraf, vb.) de dahil olmak üzere, ürün yaşam döngüsünün tüm aşamalarından kaynaklanan toplam çevresel etkileri tahmin etmek için kullanılır[18].

Maliyet odaklı YDA'nın erken gelişiminin kesin amaçlarından bir tanesi de performansın artırılırken maliyetin düşürülmesidir. Bu kapsamda YDA yaklaşımı birçok firma tarafından benimsenmiş ve kullanımı artarak devam etmektedir[21].

### 2.1.2 YDA'nın Tarihçesi

YDA kavramının bugünki anlamda ortaya çıkışı 1960'lı yıllarda olmuştur. Sınırlı hammadde ve enerji kaynaklarının tükenmesi ile ilgili duyulan endişe, toplam enerji kullanımını ve gelecekteki hammadde kaynağı ihtiyacı için yollar bulmaya teşvik etmiştir. Harold Smith, 1963 yılında Dünya Enerji Konferansında, konunun ilk yayınlarından biri olan kimyasal ürünlerin üretimi için toplam enerji ihtiyacı hesaplamasını anlatmıştır [18].

1960'lı yılların sonuna doğru, küresel modelleme kapsamında, değişen nüfus etkilerinin tahmini ile bu değişimin hammadde talebi ve enerji kaynakları üzerindeki etkisi hakkında çalışma yapılmıştır. Yakıtların hızlı tüketim tahminleri, aşırı atık ısıdan kaynaklanan iklimsel değişiklikler, endüstriyel süreçlerdeki üretimin ve enerji kullanımının daha detaylı hesaplanmasını teşvik etmiştir. Bu dönemde, yaklaşık bir düzine çalışma, alternatif enerji kaynaklarının çevresel etkileri ile oluşan maliyetleri tahmin etmek için yapılmıştır[19].

1969 yılında, araştırmacılar ABD'de yaşam döngüsü envanter analizinin (YDE) güncel yöntemlerini kullanarak Coca-Cola Firması için bir iç çalışma başlattılar. Çevreye en az salınım yapan ve doğal kaynakların kullanımını en az etkileyen kutuyu belirlemek için birçok içecek kutuları arasında kıyaslama yapılmıştır. Yapılan çalışma ile her bir kutunun imal işleminden kaynaklanan çevresel atıkların miktarını belirlenmiştir. 1970'lerin başlarında, Amerika'da ve Avrupa'daki diğer firmalar da benzer karşılaştırmalı YDE gerçekleştirmişlerdir. 1975'ten 1980'lerin başına kadar petrol krizi etkisinin azalmasıyla birlikte, buna bağlı olarak yapılan kapsamlı çalışmalar azalmıştır. Çevresel endişeler evsel ve tehlikeli atıklar üzerine yoğunlaşmıştır. Ancak, bu süre boyunca YDE geliştirilmeye devam edilmiş, metodoloji özellikle enerji ihtiyacına odaklanmıştır. Bu süre zarfında, Avrupa Komisyonu tarafından bir Çevre Müdürlüğü'nün kurulmasıyla Avrupalıların konuya olan hassasiyeti gelişmeye başlamıştır. Avrupalı YDA uygulayıcıları ABD'de kullanılan yaklaşıma paralel bir çalışma gerçekleştirdiler. Tüm Avrupa'da kirlilik kurallarında standardizasyon sağlama ile ilgili çalışma yapılmıştır. 1988 yılında katı atıkların dünya çapında en büyük sorun haline gelmesiyle, YDA; çevresel problemleri çözmek için kullanılmaya başlayan bir araç

olmaya başladı. 1991 yılında, YDA'nın gelişmesine önem veren devletler, YDA'nın uygunsuz kullanımı ile duyulan endişeyi içeren bir bildirisi yayınladılar ve YDA'nın kullanımında aynı yöntemler geliştirilene kadar birlikte hareket etme kararı aldılar. Bu hareket, YDA metodolojisi diğer çevre örgütlerinin yardımıyla standart hale getirilmeye çalışılmıştır. 2002 yılında, Birleşmiş Milletler Çevre Programı (United Nations Environment Programme-UNEP), Yaşam Döngüsü Girişimini başlatmak için Çevresel Toksikoloji ve Kimya Derneği (Society of Environmental Toxicology and Chemistry-SETAC) ile iş birliği yapmaya başlamıştır [18].

### 2.1.3 YDA'nın Kullanım Alanları

YDA'nın başlıca kullanım alanları şöyle özetlenebilir [19,20]:

- Belirli bir ürünle ilgili problemlerin analiz edilmesi,
- Ürün geliştirme çalışmasında kullanılacak parametrelerin tespit edilmesi,
- İhtiyaca yönelik yeni ürün dizaynı,
- Bir işlemin yapılması esnasında birbirine benzeyen ürün veya hizmetler arasında seçim yapılması.

YDA'nın özellikle kamu ve özel sektörde kullanıldığı alan yeşil satın alma uygulamaları olarak göze çarpmaktadır. Bu çalışmalar kapsamında, doğal kaynak kullanımı ve bunların çevresel etkileri göz önünde bulundurulur ve var olan alternatifler arasından YDA çalışması yapılarak sonuca ulaşılır. Çevreye olan duyarlılık gün geçtikçe artmaktadır. Birleşmiş Milletler (BM)'in 2015 yılına ait küresel sorunlardan birinin çevresel sorunlar olduğunu belirtmesi de bu konuya olan hassasiyeti göstermektedir. Çevreye duyarlı yani eko-tasarım, YDA'nın diğer bir uygulama alanıdır. Bu kullanım alanı özellikle özel firmalar tarafından yeni ürün geliştirilmesinde kullanılmaktadır. YDA, ürünler ve süreçlerle alakalı konularda doğrudan kullanılabileceği gibi ürün ve hizmet eldesi süreçlerinin dizaynı, iyileştirilmesi, optimizasyonu gibi genel yaklaşımlı çalışmalarda da kullanılabilmektedir.

### 2.1.4 YDA Alanında Faaliyet Gösteren Aktörler

YDA çevre yönetimi alanının temel konularından birisi olduğundan yaklaşık elli yıldır bu konu üzerinde faaliyet gösteren birçok kurum bulunmaktadır. YDA konusundan önemli role sahip kurumlar; SETAC, ISO (International Standart Organization), UNEP ve AB'dir [20].

### 2.1.5 YDA'nın Geleceği

1960'lı yıllarda ürün ve hizmetlerin birbirleri ile kıyaslanması ve çevreye olan etkilerinin tüm yaşam döngüleri çerçevesinde belirlenmesi amacıyla başlayan çalışmaların sonucu olan YDA yaklaşımı, AB ülkeleri başta olmak üzere, ABD, Japonya, Güney Kore, Kanada ve Avustralya gibi pek çok ülkenin devlet politikası haline getirilmiş ve gönüllü birçok girişimin temel aracı haline gelmiştir. Bu yoğun kullanım ile birlikte YDA'nın kullanıldığı coğrafyalarda farklı etki kategorileri incelenmiş ve değişik projelerin toplumsal ve ekonomik boyutları da YDA ile değerlendirilmeye başlanmıştır[19,20].

YDA'nın geliştirilmesine yönelik olarak yapılan Co-ordination Action for innovation in Life Cycle Analysis for Sustainability (CAYDAS) projesi AB tarafından desteklenmiştir. Bu projenin en önemli çıktılarından bir tanesi Yaşam Döngüsü Sürdürülebilirlik Analizi (YDSA), YDA'nın sürdürülebilirlik çalışmaları kapsamında ihtiyaç duyacağı bilgi, model ve araştırmaların saptanıp tamamlanmasına yönelik bir yaklaşımdır. YDSA, çevresel etkilerin ön planda tutulduğu YDA yaklaşımının, insan, gezegen ve refahtan oluşan sürdürülebilirliğin üç boyutunu da içine alacak şekilde genişletilmiş hali olarak düşünülmekte ve bunun geliştirilmesi çalışmasına devam edilmektedir [20].

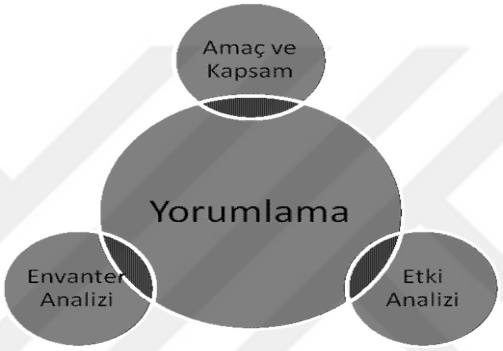
### 2.1.6 YDA'nın Sınırları

YDA'nın temel karakteristiği, bütünsel yapısı olan dayanıklılığı ve aynı zamanda sınırıdır. YDA yerel etkilerle tanımlanamaz ve süreçlerin tamamıyla ilgilenir. YDA ile bazı sebepler azaltılabilir ve bazı bölgelerdeki emisyonlar tanımlanabilir. Ancak YDA tam anlamıyla yerel risk değerlendirme çalışmasını desteklemeyebilir. YDA endüstrilerin faaliyet alanları ve diğer ekonomik işlemlerin fiziksel karakteristiklerine odaklanır, piyasa mekanizmasını yada ikincil etkileri dikkate almaz. Genellikle YDA hem

ekonomideki hemde çevrede olan tüm işlemlere doğrusal olarak bakar. Ayrıca YDA ürünlerin çevresel özelliklerini dikkate alır ve ekonomik, sosyal ve diğer karakterlerini dikkate almaz [19].

## 2.2 YDA Yönetimi

YDA için çalışma yöntemi, dünya çapında fikir birliğinin konusu olmuş ve ISO standartlarının temelini oluşturan çerçeve ile yapılandırılmıştır. Bu çerçeve tüm YDA'yı, Amaç ve Kapsam, Envanter Analizi, Etki Analizi ve Yorumlama olmak üzere 4 safhaya böler.




Şekil 2.2 YDA'nın Metodolojisi [21]

Yaşam döngüsü düşüncesi "6 RE" felsefesiyle tanımlanabilir[22]; re-think (yeniden etraflıca düşünmek) ile ürün ve işlevi hakkında detaylı analiz yapılır, re-duce (azaltmak) ile hammadde ve enerji sarfiyatını yaşam döngüsü boyunca azaltır, re-place (yerini değiştirmek/ikame) ile zararlı maddeler yerine daha az zararlı olanları kullanılır, re-cycle (geri dönüşüm) ile geri kazanılabilecek materyaller seçilir, re-use (yeniden kullanım) ile ürünün tekrar kullanılabilecek şekilde üretilir ve re-pair(onarmak) ile onarıma uygun üretim yapılır. Donanmada "6 RE" felsefesinin tam anlamıyla olmasa da uygulanmaya çalışıldığı söylenebilir. Donanmaya alınacak bir cihaz veya ürün alınmadan önce kullanıcı birlik tarafından görüş öneri alınarak detaylı analizi yapılmaktadır. Kullanım aşamasında maliyetleri düşürme adına sistem/cihaz ihtiyaca binaen kullanılarak hammadde kullanımı ve enerji sarfiyatı azaltılmaktadır. Çevre dostu uygulamaların yaygınlaşması ile daha az zararlı olanlar seçilmektedir. Kullanılan malzemelerin geri dönüşümü ve yeniden kullanımı tersanelerde değerlendirilmektedir. Ancak bununla ilgili çalışmalar devam etmektedir. Onarım işlemleri tersaneler

tarafından yapılabilmektedir. Gelişen teknoloji ve çevre dostu ürünlerin kullanımının gerekli olduğu zamanımızda, donanmamız da şartlara ayak uydurma konusunda elinden geleni yapmaktadır. Bu tarz yaşam döngüsü çalışmaları da önümüzdeki süreçlere ışık tutacaktır.

### 2.2.1 YDA'nın Amaç ve Kapsamı

Amaç ve kapsam, YDA'nın tüm çalışma planının belirlendiği ve ilk seçimlerin yapıldığı safha olarak düşünülmelidir. Çalışmanın amacı; eldeki kesin sorun, hedeflenen kitle ve amaçlanan uygulama açısından belirlenir. Çalışmanın kapsamı ise zamansal, coğrafi ve teknolojik kapsama alanı ve amacına ilişkin çalışmanın gelişmişlik düzeyine göre belirlenir. Amaç ve kapsam belirleme, yapılacak çalışmanın hedefini ve yaşam döngüsü boyunca ortaya çıkacak olan çevresel etkilerin karar verme sürecine etkisinin belirlendiği safha olarak değerlendirilmelidir. YDA süreci herhangi bir ürün, işlem veya hizmetten kaynaklanabilecek olası çevresel etkilerin hesaplanmasında kullanılır. YDA'da amaç ve kapsam belirlemek, ne kadar süre ve kaynağa ihtiyaç duyulacağını ortaya koyabileceği gibi değerlendirme sonucunda en faydalı sonuçların alınabilmesini sağlayacak şekilde tüm analiz safhalarına yol gösterecektir. Hedef tanımı ve kapsam belirleme aşamasında alınan her seçim, çalışmanın nasıl yönetileceğini ve nihai sonuçların çalışmanın hedefine olan uygunluğunu etkileyecektir[19,20].

YDA'nın amacı insan sağlığına ve çevreye en az etkisi olacak ürün, işlem veya hizmeti seçmektir. Bunun yanı sıra YDA çalışmaları yeni ürün, işlem veya hizmet geliştirme aşamalarında da önemli rol oynamaktadır. Yapılan çalışmanın niteliğine ve içeriğine bağlı olmak üzere YDA çalışması yapmanın başka amaçları da vardır. Olası diğer amaçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir [19,20,23].

- Çevresel değerlendirmelerin desteklenmesi,
- Bir işlem için referans bilgilerin saptanması,
- Bir sistemde her bir basamak veya işleme ait katkıların ayrı ayrı belirlenmesi,
- Veri eksikliklerinin ortaya çıkarılması,
- Kamu politika oluşturma süreçlerini desteklemesi,

- Ürün sertifikalandırmasını desteklemesi,
- Karar vericilere bilgi sağlaması ve yön göstermesi,
- Ürün ve işlem geliştirmede yol göstermesi.

Amaç ve kapsam tanımının sonuçları, değişik alternatif ürün sistemleri için çalışmanın akış amacının net bir tanımlamasını içermektedir. Bunun yanında çalışmanın kapsamı daha sonraki aşamalarda daha fazla seçeneğe rehberlik edecektir. Bu sonuçlar YDA'nın bir sonraki aşaması olan YDE için girdi olarak kullanılacaktır.

### 2.2.2 Yaşam Döngüsü Envanteri (YDE)

YDE, ürün veya sisteminin tanımlandığı safha olarak adlandırılabilir. Bu bağlamda, tanımlama yapılan her işlemin akış diyagramının tasarlanmasını, her işlem süreci için bilgilerin toplanmasını, çok fonksiyonlu işlemler için iş paylaşımının yapılmasını ve sonuç hesaplamalarının tamamlanmasını içerir. YDE'daki ana sonuç, girdilerin ve çevreye olan çıktıların kg cinsinden $CO_2$ veya demir, $m^3$ cinsinden doğalgaz olarak listelemektir. YDA'da her akış veya süreç, ekonomik girdi ve çıktıların çevresel müdahalelere dönüştürülene kadar birbirini takip etmelidir. Herhangi bir sistemin çalışmasında, sistem sınırlarının geri kalan kısımlardan ayrılması gerekmektedir. YDE; ürün ve çevre sistemi, ürün sistemine uygun ve uygun olmayan işlemler ve düşünülen ürün sistemi ile diğer ürünler arasındaki sınır olmak üzere üç çeşit sınır belirlemektedir [19].

YDE sonucunda, çevreye yayılan emisyonların yanı sıra harcanan enerji ve kullanılan malzeme miktarını içeren bir liste yapılmalıdır. Bu liste yapılırken aşağıda verilmiş olan yaşam döngüsü envanterinin önemli aşamalarına göre ayrı ayrı düşünülmelidir[20],

- Değerlendirilmekte olan sürecin akış diyagramının oluşturulması,
- Veri toplama planının geliştirilmesi,
- Verilerin toplanması,
- Değerlendirme ve raporlama.

Yukarıda belirtilen önemli aşamalar neticesinde oluşan analiz bir sonraki aşama olan "Yaşam Döngüsü Etki Analizi (YDEA-Life Cycle Impact Assessment-LCIA)" safhasında girdi olarak kullanılacaktır.

### 2.2.3 Yaşam Döngüsü Etki Analizi (YDEA)

YDEA, YDE sonuçları ile çevresel etkinin toplumsal tercihler açısından yönlendirilmesi ve yorumlanması olarak tanımlanmaktadır. Bu amaçla, etki kategori listesi tanımlanır ve bu etki kategorileri için kategori göstergelerine uygun çevresel müdahalelerle ilgili modeller seçilir. Gerçek modelleme sonuçları tanımlama aşamasında hesaplanır ve opsiyonel standartlaştırma şartları, dünya veya bölgesel çapta sonuçlanan modellerin payına göre hesaplanır[19]. YDEA safhasında, ortaya konan çevresel emisyonların insan sağlığı başta olmak üzere çevresel etkilerinin değerlendirilmesi yapılmaktadır. YDEA'da ana başlıklar insan sağlığı ve çevresel etkiler olsa da doğal kaynak tüketimi de ele alınmaktadır.

YDEA aşamasında, YDE sonuçları kaynakların (demir cevheri, ham petrol ve rüzgar enerjisi gibi canlı olmayan kaynaklar) tükenmesi, iklim değişikliği ve asitlenme gibi ilgili etki kategorilerine dönüştürülmektedir. Bu amaçla, uygun etki kategorileri tanımlanmalıdır. Uygulayıcıların çalışmalarını kolaylaştırmak için, etki kategorilerinin varsayılan bir listesi, temel, çalışmaya bağlı ve diğer etki kategorileri arasında ayrım yapacak şekilde ayrıntılı incelenmelidir. YDA'nın bu aşamasında uygulayıcılar kendi çalışmalarının amacına uygun olan kategorileri seçmek zorundadırlar. Bu kategorilerin seçiminde izleyeceği aşamalar; etki kategorilerinin seçilmesi ve tanımlanması, sınıflandırma, karakterizasyon, normalizasyon, gruplandırma, ağırlıklandırma ve YDEA sonuçlarını değerlendirme aşamalarıdır[19].

Yukarıda bahsedilen aşamalar incelendiğinde;

1. "Etki kategorilerinin seçilmesi ve tanımlanması" ilk aşama olarak ele alınır, amaç ve kapsam tarifinin bir parçası olarak veri toplama sürecine yol göstermek için tamamlanmalıdır.
2. "Sınıflandırma", YDE sonuçlarını birleştirip birbiriyle bağlantılı olan etki kategorilerini ayırarak hangi etki kategorisinde olmasını sağlar.

3. “Karakterizasyon”, karakterizasyon faktörleri kullanılarak YDE sonuçlarının insan sağlığı ve çevresel etkileri temsil eden birimlere dönüştürülür.
4. “Normalizasyon”, etki göstergelerinin farklı etki kategorilerinde karşılaştırılmasını sağlayan bir analiz aracıdır.
5. “Gruplandırma”, elde edilen etki kategorilerinin daha iyi yorumlanması maksadıyla bir veya daha fazla başlık altında toplanmasıdır.
6. “Ağırlıklandırma”, farklı etki kategorilerinde bulunan analiz sonuçlarının konuyla alakalı olarak değerlendirme yapılarak önem durumunun belirlenmesidir.
7. “YDEA sonuçlarını değerlendirme ve raporlandırma” kısmında her kategori için etki potansiyellerinin hesaplandığı bu aşamada sonuçların doğruluğu ispatlanmalıdır.

Bir sonraki aşama olan “Yorumlama” safhası için girdi değerleri olan bu safhanın ana sonuçları “Çevre Profili”, “Normalleştirilmiş Çevre Profili” ve “Ağırlıklandırılmış Profili” içermektedir. Bu safhada her kategorinin etki potansiyelleri hesaplanarak sonuçların doğruluğu ispatlanmalıdır. Elimizdeki değerlerin doğruluğu ve hassasiyeti amaç ve kapsam safhasında hedeflenen ile uygun olmalıdır. YDEA sonuçları rapor haline getirilirken, analizler kapsamında kullanılan metot detaylı olarak belirtilmeli, çalışılan sistem seçilen sınırlarıyla birlikte açıklanmalı ve hesaba katılan tüm varsayımlar ilgili dökümanlara eklenmelidir. YDEA’da diğer bütün analiz araçları gibi birçok sınırlamalar mevcuttur. Sistematik bir uygulama şekline sahip olsa da, içeriğinde bulunan varsayım, sadeleştirme ve yapılan tercihlere bağlı olarak kendi içinde öznel bir yapıya sahiptir[19,20].

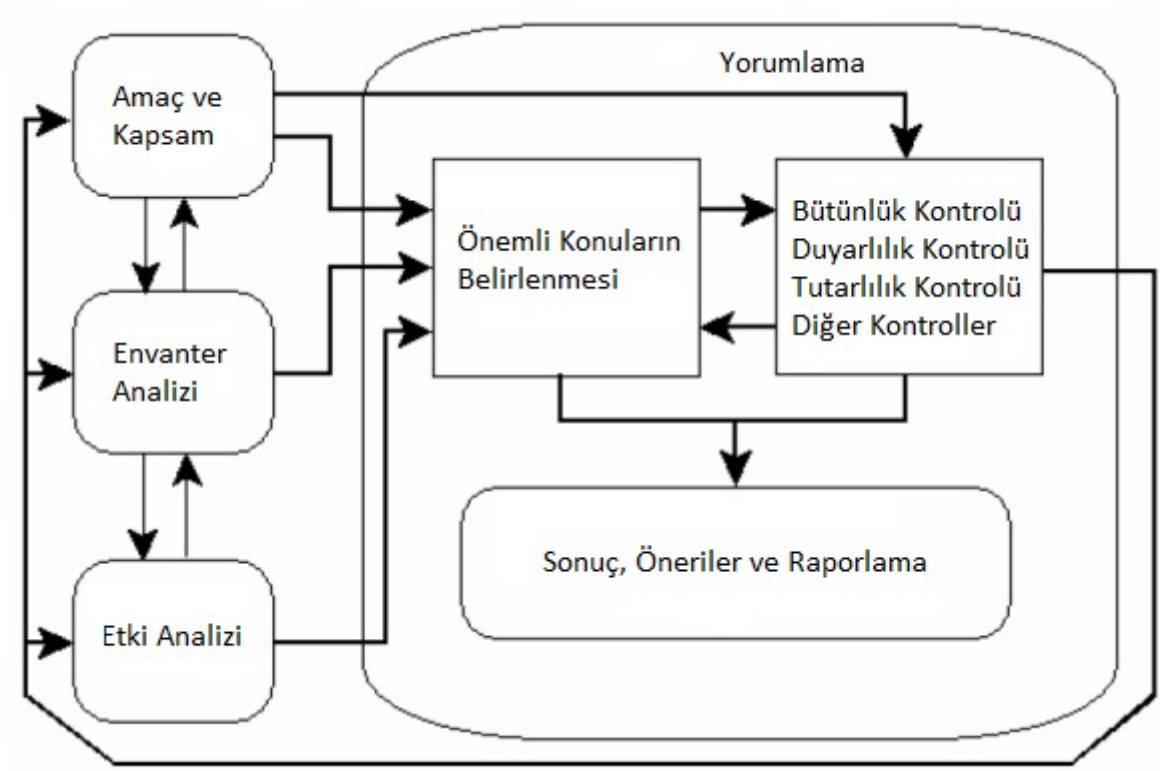
### 2.2.4 YDA’yı Yorumlama

YDA’yı yorumlama safhası, analiz ve tüm tercihlerin sonuçlarının ve analiz süreci esnasında yapılan varsayımların sağlamlık ve doğruluk açısından değerlendirildiği ve tüm sonuçların şekillendiği aşamadır. Yaşam döngüsü analizinin yorumlama aşamasında YDE ve YDEA aşamalarında elde edilen sonuçlar çalışılan sisteme uygun teknikler ile değerlendirilir. Yorumlama safhasının ana unsurları sonuçların değerlendirilmesi, sonuçların analizi ve sonuçlar ile çalışmanın formülize edilmesidir.

Sonuçların değerlendirilmesi tutarlılık ile bütünlük açısından ve sonuçların analizi sağlamlılık açısından değerlendirilmektedir. Bu süreçte aşağıdaki usule ilişkin konular dikkate alınmalıdır[19].

- Yorumlama safhasında varsayımların ve kontrol veya analiz edilen bilgilerin seçiminde özellikle ürün özellikleri ve sistem özellikleri, metodolojik seçimler ve veri ile hesaplama modellerinin kullanılması,
- Duyarlılık analizi ve belirsizlik analizinin uygulanması,
- Hesaplanmış YDA sonuçlarının doğruluğunun, sınırlandırma kriterlerinin kullanımının, veri belirsizliğinin ve işlem sürecinde sapmalardan kaynaklanan belirsizliklerin miktarının belirlenmesi,
- YDA sonuçlarına dayalı hükümlerin olası etkilerine, YDA çalışmasının amacının olası düzeltmelerine ve işlemin daha ileri gelişmesinin olası revizyonuna bağlı olarak sonuçların aralıklarının etkileri,
- Ayrıntılı işlem planlama ve süreç yönetimi.

YDA'nın bu safhasında, sonuçların yetkinliğinin korunması için denetleyici bir sürecin düzenlenmesi gerekmektedir. Paydaşlardan elde edilen potansiyel girdi de YDA'nın kalitesini artırmak için kullanılmalıdır. Özel işlem şartlarına dayalı "Zorunlu bilim" durumunda; sağlamlık kontrolleri, duyarlılık analizleri ve nihai kararları içeren başlık seçimine uygun konularla ilişkili tarafların arasında etkileşimi sağlayacak odalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bir sistemin YDA kapsamında yorumlama işlemi; tutarlılık ile bütünlük kontrolü, katkı, karışıklık ile duyarlılık ve belirsizlik analizi ve sonuç ile öneriler aşamalarından geçmektedir[20].




Şekil 2.3 Yorumlama safhasının YDA'nın diğer safhaları ile ilişkisi [18]

Tutarlılık kontrolünün amacı bir ürünün yaşam döngüsü boyunca ve çeşitli seçenekleri arasında varsayımların, yöntemlerin, modellerin ve verilerin çalışmanın amacı ve kapsamı ile uyumlu olup olmadığını tespit etmektir. Bütünlük kontrolü, ilgili tüm bilginin ve yorumlama aşaması için gerekli olan verilerin mevcut ve eksiksiz olmasını sağlar. Katkı analizi değişik faktörlerin sonuçlarına tüm katkının hesaplanmasına olanak sağlar. Karışıklık analizi, YDA sonuçlarına sistem içinde küçük değişikliklerin etkilerini inceler. YDA'yı karar verme mekanizması olarak kullanabilmek için, sonuçların sağlamlığına dayalı bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Yorumlama safhasının bu faktörü işlem bilgisindeki, model seçimindeki ve diğer değişkenlerdeki çeşitliliğin sonuçları üzerindeki etkiyi belirler. Duyarlılık analizinde, bu tarz çeşitlilikler bakımından sonuçların sağlamlığını belirlemek için bu değişiklikler ortaya konulabilir. Belirsizlik analizi, sonuçların toplam hatalarını hesaplamak için deneysel bilgiler kullanır[19,20].

Yorumlama safhasının son aşaması "Sonuç ve Öneriler"dir. Sonuçlar belirlenir ve YDA'nın bir önceki safhalarında toplanmış bilgilere ve yorumlama safhasının önceki adımlarında birleştirilmiş sonuçlara dayalı yorumlar çalışmanın hedef kitlesi için yapılır.

# BÖLÜM 3

# ASKERİ ONARIM İŞLEMLERİ VE ÇEVRE YÖNETİMİ

Deniz Kuvvetleri Komutanlığı, ülkenin deniz alaka ve menfaatlerinin korunmasında çok önemli rol almaktadır. Bu görevin yerine getirilmesinde son derece teknolojik imkanlara sahip fırkateynler, hücumbotlar, denizaltılar ve yardımcı sınıf askeri gemiler kullanılmaktadır. Özellikle fırkateynler ülkenin çıkarlarının ön planda tutulduğu Birleşmiş Milletler ve NATO tatbikatlarında en önemli görevleri icra etmektedirler. Çalışmada incelenen konu Almanya'da inşası yapılmış olan MEKO sınıfı fırkateyne ait ana ve yardımcı makinelerinin operasyonel aşamasında atık yönetim modellerinin oluşturulmasıdır.

## 3.1 Ana Makineye Ait Genel Bilgiler

Türk Deniz Kuvvetlerinin vurucu unsurları arasında en büyük öneme sahip gemilerinden olan MEKO sınıfı fırkateynler YAVUZ ve BARBAROS sınıfı olarak ikiye ayrılmaktadır. Donanmamıza 1987 yılında giren bu gemiler gelişmiş teknoloji ürünü silah, elektronik ve makine sistemleri ile donatılmıştır. Dörtlü ve ikili paketler halinde inşa edilen MEKO Sınıfı Fırkateynler'den donanmamızda 8 adet mevcuttur. Her yeni pakette teknolojik gelişmelere ve kullanımda görülen ihtiyaçlara göre modernize edilerek inşa edilen MEKO Sınıfı Fırkateynlerin listesi aşağıdadır.

Çizelge 3.1 Deniz Kuvvetlerindeki MEKO sınıfı Fırkateyn Listesi

| GEMİ İSMİ | BORDA NO. | SINIFI | PAKET | İNŞA YERİ |
|---|---|---|---|---|
| TCG YAVUZ | F 240 | YAVUZ | 1.PAKET-TRACK-I | ALMANYA |
| TCG TURGUTREİS | F 241 | YAVUZ | 1.PAKET-TRACK-I | ALMANYA |
| TCG FATİH | F 242 | YAVUZ | 1.PAKET-TRACK-I | TÜRKİYE |
| TCG YILDIRIM | F 243 | YAVUZ | 1.PAKET-TRACK-I | TÜRKİYE |

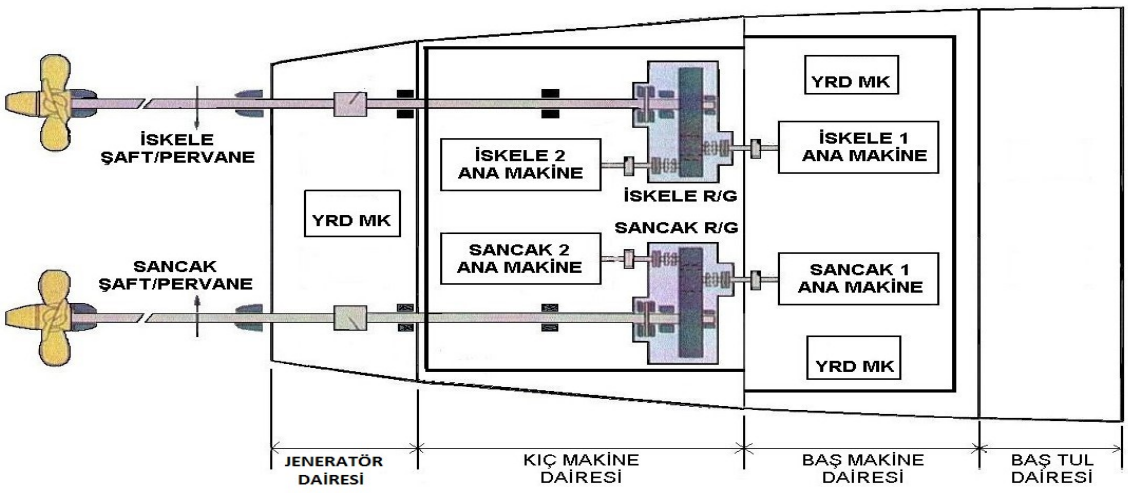
Çalışmada incelenen ana makine, YAVUZ sınıfı gemilere ait MTU 20V1163TB93 numaralı dizel makinedir.

### 3.1.1 Ana Tahrik ve Takat Sistemi Bilgileri

YAVUZ sınıfı fırkateynlerde 2 adet ana makine baş makine dairesinde, 2 adet ana makine kıç ana makine dairesinde olmak üzere 4 adet dizel ana makine bulunmaktadır.

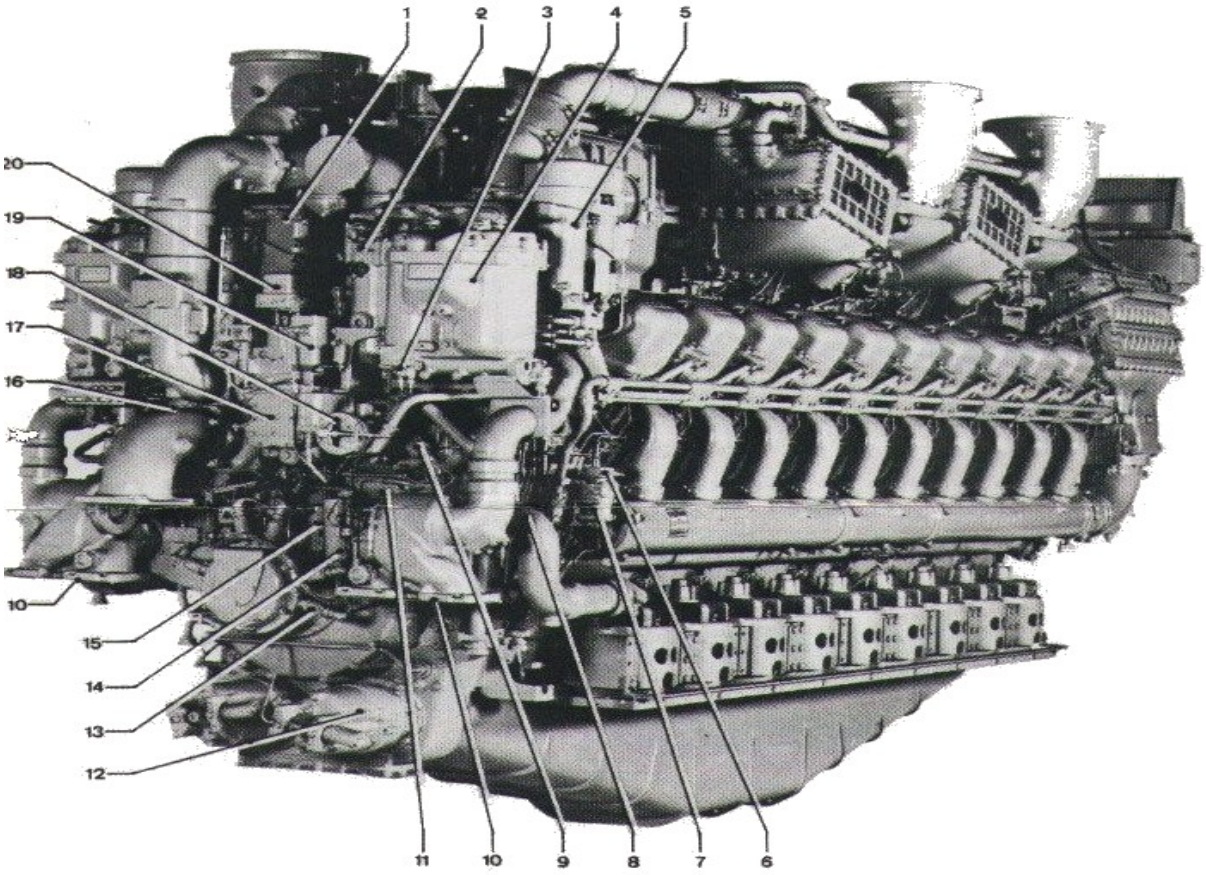
Çizelge 3.2 Ana tahrik ve takat sistemi bilgileri [24]

| S. NO | SİSTEM/CİHAZ ADI | MİKTARI | MARKA VE MODELİ |
|---|---|---|---|
| 1 | Ana tahrik sistemi | - | CODAD |
| 2 | Ana makine | 4 Adet | MTU 20V 1163 TB93 |
| 3 | Şanzıman | 2 Adet | RENK, ASL 2*180T |
| 4 | CPP | 2 Adet | KAMEWA |
| 5 | Şaft | 2 Adet | - |
| 6 | Pervane | 2 Adet | Piç kontrollü |




Şekil 3.1 Fırkateyne ait makine daireleri yerleşimi ve ana tahrik sistemi [24]

MEKO sınıfı fırkateynlerin yüksek sürat gücü, bünyesinde bulundurduğu ana makineler ile sağlanmaktadır. Aşağıdaki resimde gemide bulunan 1 adet ana makinenin görünümü bulunmaktadır.




1. Yağlama yağı soğutucusu
2. Piston soğutma yağı filtresi
3. Basınç kontrol valfı
4. Yağlama yağı filtresi
5. Dubleks yakıt filtresi
6. Yakıt sızıntı indikatorü
7. Yakıt sızıntı tankı
8. Tatlı su pompası
9. Termometre balbı
10. Termostat
11. Yakıt buster pompası
12. Yağlama yağ pompası
13. Takometre transmiteri
14. Kompresör
15. Start pilot valfı
16. Deniz suyu pompası
17. Gavernör
18. Yakıt basınç pompası
19. Stop ünite
20. Sürat ayar control sistemi

Şekil 3.2 Ana Makine (20 V 1163 TB93)'nin soldan görünüşü [24]

### 3.1.2 Ana Makine Marka ve Modelleri

Çalışmada incelenen ana makinenin marka ve modeli aşağıdaki çizelgede belirtilmiştir.

Çizelge 3.3 Ana makine marka ve modeli [24]

| MARKA MODEL | YAVUZ |
|---|---|
| İmalatçı Firma | MTU Friedrichshafen |
| Model | 20 V 1163 TB 93 |
| Devamlı Güç | 6120 KW / 1220 RPM (1120 rpm devamlı olarak alınan güçtür) |
| Aşırı Güç | 6735 KW / 1260 RPM (1260 rpm de alınan güçtür) |
| Azami Güç | 7400 KW / 1300-1350 RPM (1350 rpm de alınan güçtür) |

### 3.1.3 Ana Makine Karakteristik Bilgileri

Çizelge 3.4 Ana Makine karakteristik bilgileri [24]

| KARAKTERİSTİK | TİPİ |
|---|---|
| Çalışma Prensibi | Dört stroklu saykıl |
| Ateşleme Prensibi | Direkt püskürtmeli |
| Süperşarj Tipi | İki kademeli kontrollü turboşarjerli |
| Silindir Düzenlemesi (Blok tipi) | 60 ° - V tipi |
| Silindir Sayısı | 20 |

### 3.1.4 Makine Ağırlığı, Su ve Yağ Kapasiteleri

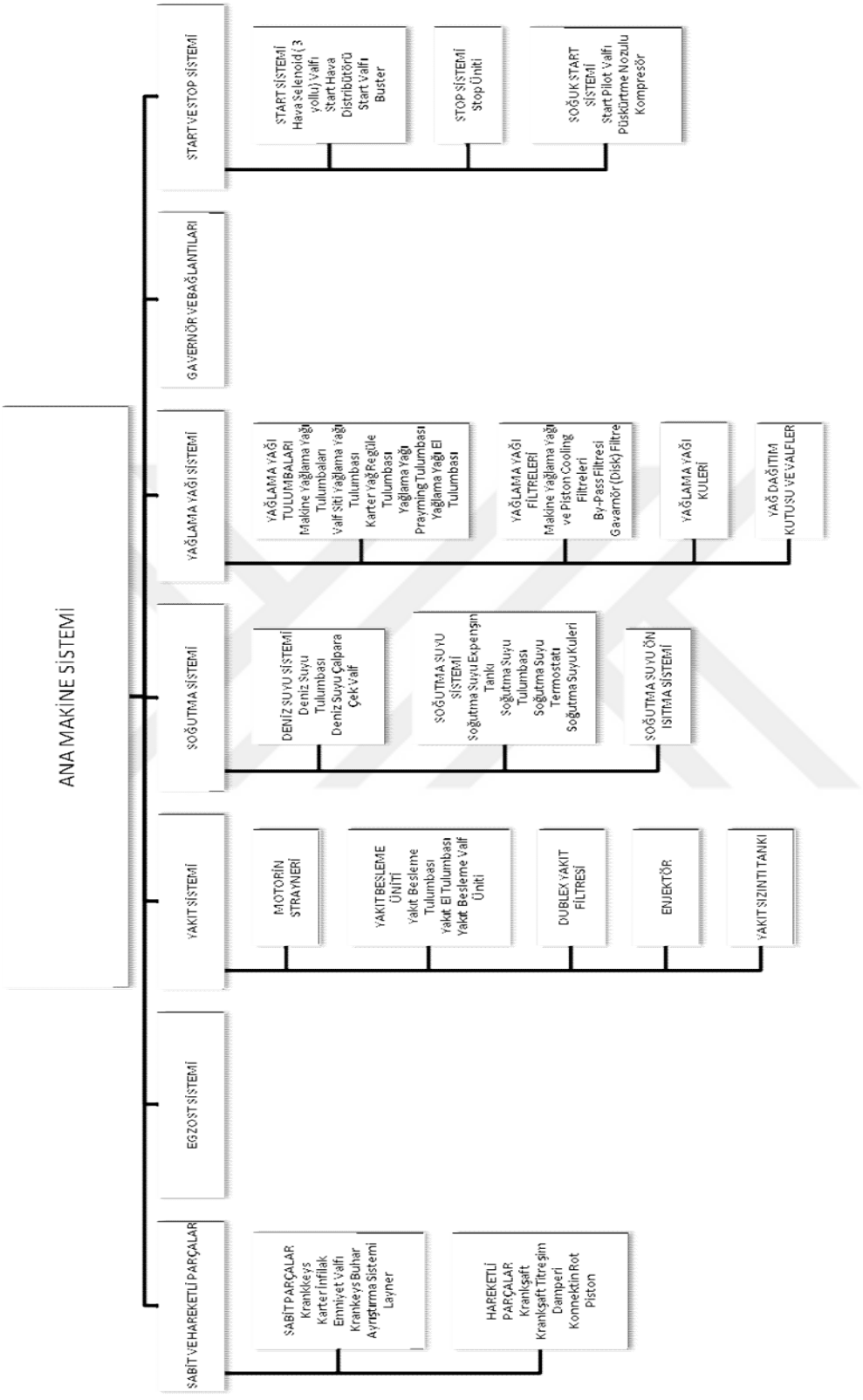
Çizelge 3.5 Ana makine ağırlığı, su ve yağ kapasiteleri [24]

| CİNSİ | MİKTAR |
|---|---|
| Kuru makine ağırlığı | 23.885 kg |
| Soğutma suyu kapasitesi (Boru devreleri dahil) | 630 lt |
| Deniz suyu kapasitesi | 360 lt |
| Yağlama Yağı Kapasitesi | 740 lt |

## 3.2 Ana Makine Konfigürasyon

Ana makineye ait müteakip başlıklarda belirtilen bilgiler gemide çalıştığım sürelerde edindiğim tecrübelere ve üretici firmanın teknik bilgi kitabı olan MTU manuel kılavuzlarından elde edilerek çalışma özeti olarak hazırlanmıştır. Ana makine sisteminin alt sistem kırılımını yaptığımızda alt kırılımlarını 7 başlık altında toplayabiliriz.

1.Sabit ve hareketli parçalar
2.Egzost sistemi
3.Yakıt sistemi
4.Soğutma sistemi
5.Yağlama sistemi
6.Gavernör bağlantıları
7.Start ve stop sistemi




Şekil 3.3 Ana makine konfigürasyon

Ana makineye ait alt cihaz kırılımları ile ilgili sistemden atık çıkan malzemelerin detayları belirtilmiş olup diğer kısımların özet bilgisi verilmiştir.

### 3.2.1 MTU Marka Ana Makine Bakım Periyotları

Makinenin faal halde bulundurulması, işletme ve bakım tutum maliyetlerinin minimumda tutulması ancak çalıştırma talimatlarına uyma ve bakım tutumları zamanında, imalatçı firmanın direktiflerine göre yapmakla mümkündür. MTU marka ana makine bakım periyotlarından, 5 ve 6 numaralı bakımlar tersane/fabrika seviyesi bakımları kapsamında icra edilmektedir. Ana makineye ait MTU marka bakım periyotları aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

Çizelge 3.6 MTU marka Ana Makine bakım periyotları [24]

| BAKIM ADI | YAPILACAK BAKIM | PERİYODU |
|---|---|---|
| 1 No.lu Bakım | Günlük çekler | Günlük |
| 2 No.lu Bakım | Çalışma saatine/zamana göre zamanı geldiğinde yapılacak bakımlar Periyodik bakım servisi olup makineyi sökmeden liman periyodunda uygulanır. | 150 saat / 6 ay |
| 3 No.lu Bakım | | 300 saat / 1 yıl |
| 4 No.lu Bakım | | 1500 saat / 2 yıl |
| 5 No.lu Bakım | Çalışma saatine/zamana göre ön overhol Kısmi overholdür ve bu bakım için makine kısmen sökülür. | 4500 saat / 6 yıl |
| 6 No.lu Bakım | Çalışma saatine/zamana göre yapılır. Tam overhol Ana overholdür. Bu bakım makinenin komple sökülmesini gerektirir. | 9000 saat / 12 yıl |

### 3.2.2 Sabit Parçalar ve Hareketli Parçalar

#### 3.2.2.1 Sabit Parçalar

Tüm makine elemanlarını üzerinde taşıyan en büyük ve temel olan parça krankkeysdir. Krankeys dökme çelik dilimlerden imal edilen parçaların kaynakla birleştirilmesi sonucu elde edilmektedir. Ana makinenin diğer önemli sabit parçalarından olan layner dökme demirden imal edilmiştir. Ana makine layner onarımı tersane seviyesi tarafından yapılmaktadır. Diğer sabit parçalar; karter infilak emniyet valfi ve krankeys buhar ayrıştırma sistemidir.

#### 3.2.2.2 Hareketli Parçalar

Ana makine üzerinde bulunan hareketli parçalar operasyonel aşamada çalışan ve bu ölçüde zamana/saate göre değişmesi gereken malzeme grubundandır. Hareketli

parçalar geminin harekattan sakıt kalmaması için sağlam materyaldan imal edilmiştir. Ana makine üzerindeki hareketli parçalar, ana hareket grubu parçaları ve valf hareket mekanizması parçaları olarak 2'ye ayrılmaktadır. Ana Hareket Grubu Parçaları; konektin rod, krankşaft, piston ve krankşaft titreşim damperidir. Hareketli parçalar içinden en büyüğü olan dövme çelikten imal edilen krankşaft doğrusal hareketi pistondan alarak radyal harekete dönüştürür. Valf hareket mekanizması parçaları; işletme dişlileri, valf hareket donanımı, kemşaft, vibrasyon damperi, kaver, balans ağırlıkları, kemşaft, tepitrod, rokerarm ve valflerdir.

### 3.2.3 Hava Egzoz Sistemi

Çalışmada incelenen ana makinenin turboşarjer sistemi, değişik sürat ve yüklerde türbin ve kompresörleri optimum verim değerlerinde çalıştırarak ve bütün çalışma bandında yeterli şarj basıncını sağlayarak makine güç eğrisini makine devrine bağlı olarak maksimumda ve spesifik yakıt tüketimini minimumda tutan "Sırasal Turboşarjer Sistemi" dir. Bu yüzden geminin emisyon değerleri daha düşük olmaktadır.

### 3.2.4 Yakıt Sistemi

Ana makine yakıt sistemi 5 alt sistem olarak ayrılabilir. Yakıt sisteminin alt sistemleri; motorin strayneri, yakıt besleme ünitesi, dublex yakıt filtresi, enjektör, ve yakıt sızıntı tankıdır.

### 3.2.5 Soğutma Sistemi

Ana makinenin tüm aksamları tatlı su ile soğutulmaktadır. Ana makinenin içinde dolaşan tatlı su ise deniz suyu ile soğutulmaktadır. Böylece soğutma sistemi; soğutma suyu sistemi ve deniz suyu sistemi olarak 2'ye ayrılmaktadır.

### 3.2.6 Yağlama Yağı Sistemi

Makine yağlama yağı sistemi üç alt sistemi ihtiva eder. Bunlar; yağ ıslah, hareketli parçalar ve valf mekanizmasını yağlayan alt sistemlerdir. Makine yağlama sistemi; yağlama yağı pompaları, yağlama yağı filtreleri, yağlama yağı soğutucusu, yağ dağıtım kutusu ve valfler olmak üzere 4'e ayrılır. Makine için yağlama yağı sistemi çok

önemlidir. Bu yüzden gemi personeli tarafından makine yağlama yağı numuneleri ve seviyeleri titizlikle takip edilmektedir.

### 3.2.7 Gavernör ve Bağlantıları

Gavernör makine süratini kontrol eder. Bu işlemi yaparken hareketini krankşafttan dişli vasıtasıyla alır ve gavernör bağlantıları vasıtasıyla yakıt pompalarına iletir.

### 3.2.8 Ana Makinelerin Devreye Alınması

Makinenin faal halde bulundurulması, işletme ve bakım tutum maliyetlerinin minimumda tutulması ancak çalıştırma talimatlarına uyma ve bakım tutumlarını zamanında, imalatçı firmanın direktiflerine göre yapmakla mümkündür.

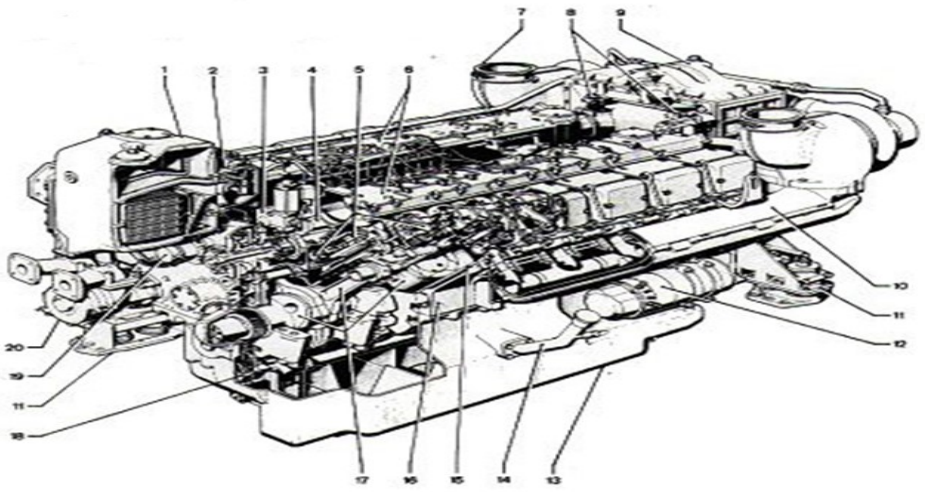
#### 3.2.8.1 Çalıştırmadan Önce Yapılacak İşlemler

Kısa bir süre önce stop edilen makineye bakım uygulanması gerekmektedir. Makine çalıştırılmadan önce ön ısıtma sistemi devreye alınarak soğutma suyunun uygun sıcaklığa gelmesi sağlanır. Elektronik aksamlar devreye alınarak sistem emniyet kontrolleri yapılır. Sistemin yağlama yağı ve motorin seviyeleri kontrol edilerek ihtiyaç halinde tamamlanması sağlanır. Belirtilen kontroller yapıldıktan sonra makine devreye alınır. İhtiyaç halinde yapılacak bakım/onarım sonucunda çıkacak atıklar planlı bakım sistemi, bakım ve onarım kapsamında değerlendirilecektir.

## 3.3 Yardımcı Makineye Ait Genel Bilgiler

Yavuz Sınıfı Fırkateynlerde 3 adet Yardımcı Makine (MTU 8V 396 TB 53) ve 1 adet Emercensi Dizel (DEUTZ BF12L513) bulunmaktadır. Baş makine dairesinde ana makinelerle birlikte tek kapsül içinde No.1 ve No.2 Yardımcı Makine, Jeneratör dairesinde kendi kapsülü içinde No.3 Yardımcı Makine ve Emercensi Jeneratör dairesinde Emercensi Dizel-Jeneratör bulunmaktadır. Yavuz sınıfı fırkateynlerin No.1 ve No.2 Yardımcı Makinelerin ilk hareket sistemi ‘havalı’, No.3 Yardımcı Makinenin ilk hareket sistemi ‘elektriki’dir. Emercensi Dizel-Jeneratör hava soğutmalı olup ilk hareket sistemi ‘elektriki’dir. Emercensi dizel, sahil elektrik veya dizel-jeneratör beslemelerinin gittiği durumlarda ve havuza çıkış faaliyetinin icra edildiği durumlarda devreye

alınmaktadır. Bu sebeple operasyon aşaması süresince devrede kaldığı zaman 20 saati geçmemektedir.



1. Soğutma suyu soğutucusu
2. Soğutma suyu termostatı
3. Silindir cutout
4. Yakıt püskürtme pompası
5. Valf mekanizması
6. Şarj hava /soğutma suyu manifoldu
7. Egzoz turboşarjeri
8. Emercensi hava kapama flapesi
9. Şarj hava soğutucusu
10. Egzoz manifoldu
11. Makine foundeyşın bağlantı yerleri
12. Elektrikli start motoru
13. Karter
14. Yağ doldurma yeri, seviye çubuğu ile birlikte
15. Layner
16. Silindir blok
17. Hareketli parçalar
18. Yağlama yağ pompası
19. Takometre
20. Tatlı su pompası

Şekil 3.4 Yardımcı Makine kesit resmi [25]

### 3.3.1 Yardımcı Makine Marka ve Modeli

Çalışmada incelenen yardımcı makinenin marka ve modeli MTU Friedrichshafen olup devamlı güç (%100) durumunda 1800 rpm'de 655 kW ve aşırı güç durumunda (%110) 1800 rpm'de 720 kW güç üretmektedir [25].

### 3.3.2 Yardımcı Makine Genel Karakteristik Bilgileri

Çalışmada incelenen Yardımcı makinenin genel karakteristiğine ilişkin bilgi aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Çizelge 3.7 Yardımcı makineye ait karakteristik bilgiler [25]

| KARAKTERİSTİK | TİPİ |
|---|---|
| Çalışma Prensibi | Dört stroklu saykıl, tek etkili |
| Ateşleme Prensibi | Direkt püskürtmeli |
| Süperşarj Tipi | Egzoz turboşarjerli |
| Soğutma Tipi | Su soğutmalı |
| Silindir Düzenlemesi (Blok tipi) | 90° - V tipi |
| Silindir Çapı | 165 mm |
| Silindir Sayısı | 8 |

### 3.3.3 Yardımcı Makineye ait Çalışma Değerleri

Seyir halinde veya liman durumunda yardımcı makine çalışırken gemi personeli yardımcı makinenin çalışma değeri kontrollerini titizlikle yapmaktadırlar. Çalışmada incelenen yardımcı makineye ait tüketim değerleri aşağıdaki tablolada belirtilmiştir.

Çizelge 3.8 Yardımcı makine çalışma tüketim değerleri [26]

| CİNSİ | ÖLÇÜM NOKTASI | NORMAL | LİMİT |
|---|---|---|---|
| Motorin | MTU Fluids and Lubricants Specification talimatlarına uygun olarak | 217 g/kwh | 227g/kwh |
| Yağlama yağı | Ortalama 100 çalışma saatinden sonra | 1,3 g/kwh | 2,0g/kwh |

## 3.4 Yardımcı Makine Konfigürasyon

Yardımcı makineye ait müteakip başlıklarda belirtilen bilgiler gemide çalıştığım sürelerde edindiğim tecrübelere göre ve üretici firmanın teknik bilgi klavuzlarından elde edilerek yazılmıştır. Yardımcı makine sisteminin alt sistem kırılımını yaptığımızda alt kırılımlarını 7 başlık altında toplayabiliriz.

1.Sabit ve hareketli parçalar

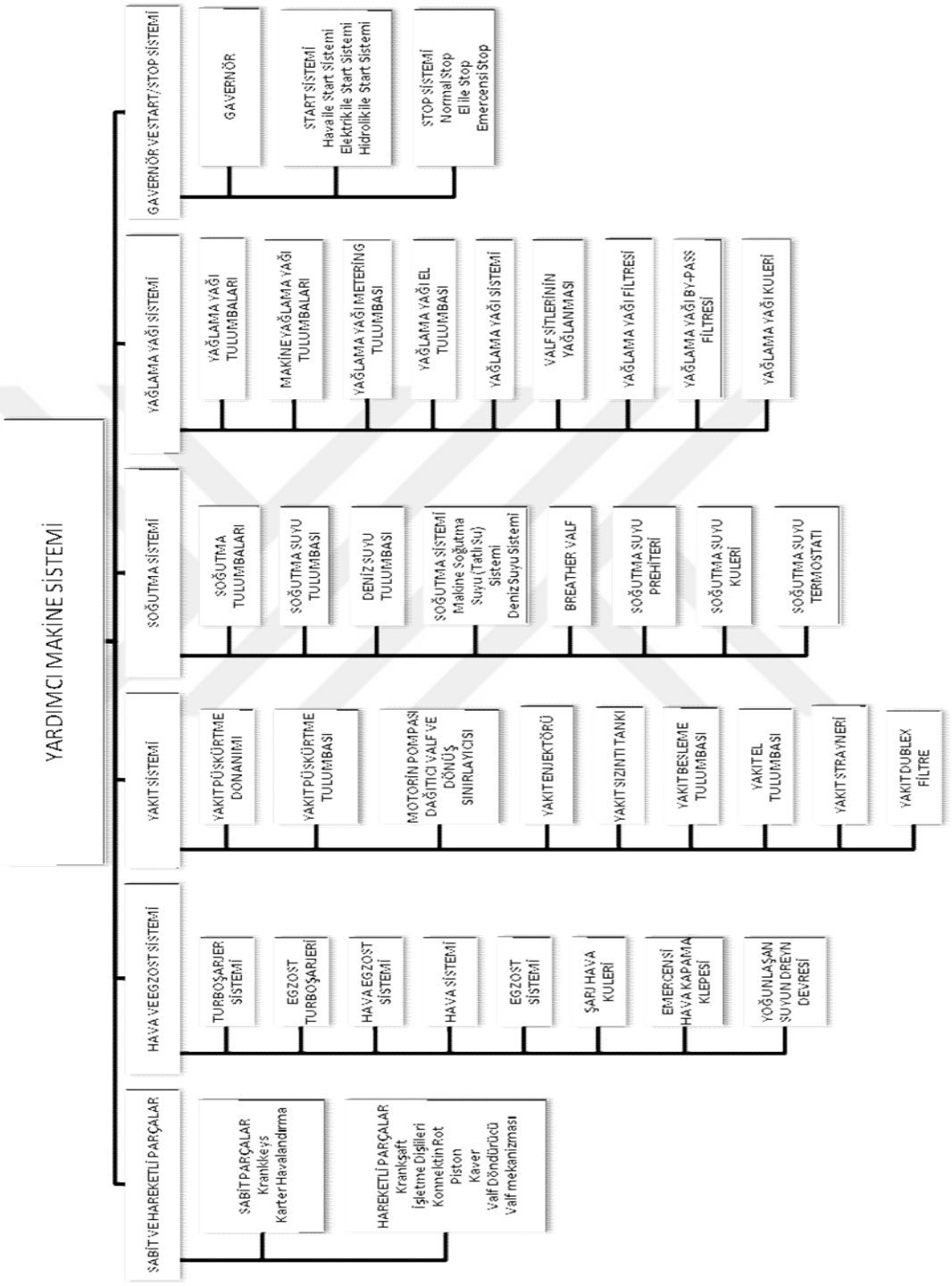
2.Hava ve Egzost sistemi

3.Yakıt sistemi

4.Soğutma sistemi

5.Yağlama sistemi

6.Gavernör ve Start/Stop sistemi




Şekil 3.5 Yardımcı Makine Konfigürasyon

### 3.4.1 MTU Marka Yardımcı Makine Bakım Periyotları

Makinenin faal halde bulundurulması, işletme ve bakım tutum maliyetlerinin minimumda tutulması ancak çalıştırma talimatlarına uyma ve bakım tutumları zamanında, imalatçı firmanın direktiflerine göre yapmakla mümkündür. Bakım periyotlarından, 5 ve 6 numaralı bakımlar tersane/fabrika seviyesi bakımları kapsamında icra edilmektedir. Ana makineye ait bakım periyotları aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

Çizelge 3.9 MTU marka Yardımcı makine bakım periyotları [25]

| BAKIM ADI | YAPILACAK BAKIM | PERİYODU |
|---|---|---|
| 1 No.lu Bakım | Günlük çekler | Günlük |
| 2 No.lu Bakım | Çalışma saatine/zamana göre yapılacak bakım olup gemi personelince makineyi sökmeden liman periyodunda uygulanır (ihtiyaç halinde denizde de yapılabilir). | 250 saat / 6 ay |
| 3 No.lu Bakım | Çalışma saatine/zamana göre yapılacak bakım olup gemi personelince makineyi sökmeden liman periyodunda uygulanır (ihtiyaç halinde denizde de yapılabilir). | 1000 saat / 1 yıl |
| 4 No.lu Bakım | Çalışma saatine/zamana göre yapılacak bakım olup gemi personelince makineyi sökmeden liman periyodunda uygulanır (ihtiyaç halinde denizde de yapılabilir). | 2000 saat / 2 yıl |
| 5 No.lu Bakım | Çalışma saatine/zamana göre yapılacak bakım olup kısmi overholdür ve bu bakım için makine kısmen sökülür. | 6000 saat / 6 yıl |
| 6 No.lu Bakım | Çalışma saatine/zamana göre yapılacak bakımlar olup ana overholdür ve bu bakım makinenin komple sökülmesini gerektirir. | 24000 saat / 12 yıl |

### 3.4.2 Sabit ve Hareketli Parçalarabit Parçalar

#### 3.4.2.1 Sabit Parçalar

Tüm makine elemanlarını üzerinde taşıyan en büyük ve temel olan parça krankkeysdir. Hareketli parçalara, bunların yataklarına ve diğer makine yardımcı elemanlarına yer sağlar. Krankkeys, yeterli sertliğin sağlanabilmesi için yekpare olarak yüksek derecede dökme demirden yapılmıştır. Ana makine üzerinde bulunan diğer sabit parça ise karter havalandırma elemanıdır.

#### 3.4.2.2 Hareketli Parçalar

Hareketli parçalar doğrusal itme enerjisini mekanik işe çevirir. Piston tarafından meydana getirilen doğrusal kuvvet konnektin rod vasıtasıyla krankpine iletilerek burada dairesel yani dönme hareketine çevrilir. Başlıca hareketli parçalar; krankşaft,

işletme dişlileri, konnektin rod, piston, kaver, valf döndürücü ve valf mekanizmasıdır. Krankşaft ve Konnektin rodlar dövme çelikten imal edilmiştir. Piston kafası çelikten ve Kaverler kaliteli dökme demirden imal edilmiştir.

### 3.4.3 Hava ve Egzoz Sistemi

Turboşarjer 3 parçadan oluşur; türbin, yatak ve kompresörden oluşur. Hava ve egzoz sisteminin diğer alt sistemleri; egzost turboşarjerleri, hava egzost sistemi, hava sistemi, egzost sistemi, şarj hava kuleri, emercensi hava kapama klepesi ve yoğunlaşan suyun dreyn devresidir.

### 3.4.4 Yakıt Sistemi

Yakıt sisteminin diğer alt sistemleri; yakıt püskürtme donanımı, yakıt püskürtme pompası, motorin pompası, dağıtıcı valf ve dönüş sınırlayıcısı, yakıt enjektörü ve yakıt sızıntı tankı, yakıt besleme pompası, yakıt el pompası, yakıt strayneri, yakıt dublex filtresidir. Pompa keysi hafif metalden yapılmıştır. Enjektör, yanma odasına gerekli olan motorinin püskürtülmesini sağlayan makinenin elemanıdır. Yakıt pompası gövdesi, dişli taşıyıcı pleyti ve kaver dökme demirden imal edilmiştir. Pompa şaftları çelikten imal edilmiştir.

### 3.4.5 Soğutma Sistemi

Soğutma sisteminin diğer alt sistemleri; soğutma pompaları, soğutma suyu pompası, deniz suyu pompası, soğutma sistemi, soğutma suyu soğutucusu ve soğutma suyu termostatıdır. Makinede 1 adet tatlı su pompası, 1 adet deniz suyu pompası mevcuttur.

### 3.4.6 Yağlama Yağı Sistemi

Yağlama yağı sisteminin diğer alt sistemleri; yağlama yağı pompası, makine yağlama yağı pompası, yağlama yağı el pompası, sistemi, filtresi, by-pass filtresi ve soğutucusudur.

### 3.4.7 Gavernör ve Start-Stop Sistemi

Gavernör makine süratini kontrol eder. Yavuz sınıfı fırkateynlerin No.1 ve No.2 Yardımcı Makineleri ilk hareket sistemi 'havalı' olup No.3 Yardımcı Makine ilk hareket sistemi 'elektriksel' dir. Makinenin stop etmesi elektrik tahrikli bir buton vasıtasıyla olur.

### 3.4.8 Makinelerin Devreye Alınması

Makinenin faal halde bulundurulması, işletme ve bakım tutum maliyetlerinin minimumda tutulması ancak çalıştırma talimatlarına uyma ve bakım tutumlarını zamanında, imalatçı firmanın direktiflerine göre yapmakla mümkündür. Çalışmada incelenen yardımcı makine çalıştırılmadan önce, devreye alınırken ve durdurulduğun yapılacak işlemler ana makinede olduğu gibidir.

## 3.5 Jenerik Bakım Sistemi

Bakım Sisteminin amacı, Deniz Kuvvetleri Komutanlığı'nın ana unsurunu oluşturan yüzer, dalar, uçar ve kıyı birliklerinde mevcut sistem/cihazların harbe hazırlık seviyelerini ve Materyal Hazırlık Derecelerini (MHD) en üst düzeyde idame ettirmek maksadıyla, Materyal Bakım Yönetim Sistemini (MBYS) oluşturmaktır. MBYS, belirlenen hedeflere ulaşmak maksadıyla en üst seviyeden en alt seviyeye kadar koordineli ve efektif çalışmayı kapsar. MBYS'nin ana hedefi; yüzer unsurların materyal hazırlık durumlarını en üst seviyede tutmaktır. Bu hedef doğrultusundaki alt hedefler ise;

- İnsan gücünü etkin şekilde kullanmak,
- Ekonomik tasarruf sağlayarak modernizasyona daha fazla bütçe ayrılmasına olanak sağlamak,
- Etkin ve standart bakım yöntemleri araştımak, geliştirmek ve oluşturmak,
- Personel eğitimine katkıda bulunmak,
- Sistem ve cihazların idame maliyetlerine ilişkin analizlere olanak sağlamak,
- Efektif takip ve kontrol sistemi geliştirmek,
- Gemilerde materyal kaynaklı arıza ve kazaları asgariye indirmek,

- Lojistik işlemleri yapan birimlere doğru verileri sağlamaktır.

MBYS'ne ait 3 adet alt sistem bulunmaktadır. Bunlar; Planlı Bakım Sistemi, Bilgisayar Destekli Bakım Sistemi ve Bakım Yönetim Sistemidir.

### 3.5.1 Bakım Sistemi Uygulamaları

Gemilerde bulunan sistem/cihazların materyal hazırlık seviyesini en üst düzeyde idame ettirmek maksadıyla, planlı olarak uygulanan gemi bünyesinde olan bakımlar ile gemi bünyesi haricinde kalan bakımları ifade eder. Bakım sistemi koruyucu ve arıza önleyici bir sistemdir ve arızaları asgariye indirmek için oluşturulmuştur. Arıza yapmadan önce bakımın yapılması ile arızanın engellenmesi prensibini esas alır. Gemilerde uygulanan bakım sisteminin amacı; sistem ve cihazların uzun süreli ve ekonomik olarak idamesini sağlamak, meydana gelebilecek arızaları önlemek/teşhis etmek ve personelin sistem/cihazlara olan alışkanlığını artırmaktır. Bu maksatla basit ve standart usullerle tüm sistem ve cihazlara ait koruyucu bakımların planlamasını, uygulamasını, kontrolünü ve uygulamada karşılaşılan sorunların giderilebilmesini öngörür. Sistem ve cihazlara uygulanacak koruyucu bakım türleri; periyot/çalışma saatine bağlı bakım, arıza teşhisi esaslı bakım, kontrol bakımı, aktif olmayan cihaz bakımı ve onarım seviyesi bakımlarıdır.

### 3.5.2 Bigisayar Destekli Bakım Sistemi

Yüzer unsurlara ait bakım faaliyetlerinin bilgisayar programı içerisinde planlama, icra, takip ve kontrolünü esas alan bir uygulamadır.

### 3.5.3 Bakım Yönetim Sistemi

ADA Sınıfı Korvetlerde mevcut Bakım Yönetim Sistemi (BYS); Entegre Platform Kontrol ve İzleme Sistemi ve Savaş Yönetim Sistemi ile otomasyonu sağlanmış sistem ve cihazlara ait çalışma saati değerlerini algılayan ve bakımları buna göre otomatik planlayan sistemdir.

### 3.5.4 Bakım Onarım Kademeleri

Deniz kuvvetlerinde bulunan yüzer unsurların harekata hazır olması maksadıyla, geminin sistem ve cihazlarına uygulanan "Bakım Onarım Kademeleri" 4'e ayrılmaktadır. Açıklamaları aşağıda belirtilmiştir.

#### 3.5.4.1 Gemi Seviyesi Bakım

Gemi imkan ve kabiliyetleri ile kullanıcı personelin gemide mevcut test/ölçü aletleri ile takım/avandanlıklar ve gemi yedeklerini kullanarak uygulayacağı bakımlardır.

#### 3.5.4.2 Onarım Kuruluşu Destekli Bakım

Gemi imkanlarının yetersiz kaldığı durumlarda onarım kuruluşları ve gemi personeli ile birlikte yerinde yapılan bakımlardır.

#### 3.5.4.3 Onarım Kuruluşu Seviyesi Bakım

Gemi personelinin yetki ve sorumluluğunu aşan tersane/onarım kuruluşlarınca bakımı yapılacak olan sistem/cihazın onarım kademesine alınarak icra edilen bakımlardır.

#### 3.5.4.4 Üretici Seviyesi Bakımı

Onarım kuruluşlarının kapasitesi dışında kalan, üretici ve yetkili firmaların tesislerinde yapılan bakımlardır.

### 3.5.5 Bakım Sistemi Bünyesinde Yer Alan Temel Dökümanlar

Sistem ve cihazlara, yapılması gereken tüm bakımlar Bakım Kartlarında yer almaktadır. Bu kart, hangi sistem ve cihaza, kimin tarafından, hangi yöntem ile hangi malzeme ve aletler kullanılarak, ne kadar sürede ve hangi periyotlarda sorularını cevaplayan bilgileri ihtiva eder. Belirli bir cihaz için yapılmış olan Bakım Kartlarının özet bilgileri Bakım Kartı Listelerinde yer alır. Cihaz sayısı 5 ve 5'den büyük ise, planlı bakım sistemi Sistem Listesi hazırlanır. Ayrıca komplike sistem/cihazların donanım irtibatlarını, donanım mevkilerini ve konumları farklı yerlerde ise bunun gösterimi Cihaz Donanım Tablosu vasıtasıyla yapılır.

### 3.5.6 Gemi İnşa Grup Numaraları

Deniz Kuvvetlerinde bulunan gemilerin sistem/cihazlarının ayrıldığı ve sınıflanrılıdığı Gemi İnşa Grup Numaraları (GİGN) aşağıdaki tabloda belirtilmiştir.

Çizelge 3.10 Gemi İnşa Grup Numaraları

| Gemi İnşa Grup Numarası | Cihaz/Sistem Grubun Adı |
|---|---|
| 1000 | Genel Tekne Yapısı |
| 2000 | Tahrik Sitemleri |
| 3000 | Elektrik Sistemi |
| 4000 | Komuta kontrol, Muhabere, Bilgisayar ve İstihbarat Sistemleri |
| 5000 | Yardımcı Sistemler |
| 6000 | Genel Donatım |
| 7000 | Silahlar ve Silah Teçhizatı |

## 3.6 Çevre Yönetimi İle İlgili Genel Hususlar

Deniz kuvvetlerinde, çevrenin korunmasına yönelik uluslararası seviyede yürütülen faaliyetlerin hukuki, politik, bilimsel ve güvenlik boyutlarıyla takip edilmesi ilgili başkanlıklar tarafından koordine edilmektedir. Çevrenin korunmasına yönelik faaliyetlerde; günümüzde açık denizlerin giderek çevre siyasetinin bir parçası olarak görülmesi ve açık denizlerin paylaşımı hususlarında ülkeler arasındaki menfaat uyuşmazlıklarında çevre hukukunun daha fazla uygulanması yönünde bir uluslararası eğilim oluşmaya başlatmıştır. Gelişmiş denizci devletler tarafından, deniz çevresinin korunmasına yönelik ilgili milli kurum ve kuruluşları tarafından sürdürülen faaliyetler ile bu doğrultuda yapılan bilimsel çalışmaların özellikle uluslararası ortamlarda sergilenmektedir. İlgili alanlarda yapılan düzenlemelere esas teşkil etmesi ve böylelikle bahse konu çalışma/bilimsel araştırmaları yapan ülkelere uluslararası seviyede denizcilik yönetiminde söz sahibi olma imkanı vermesi, gibi konularda uluslararası ortamdaki gelişmeler yakından takip edilmektedir. Bu bağlamda sonuçları itibarıyla Türkiye'nin çevre denizlerindeki menfaatlerinin korunması açısından etki yapabilecek bu gelişmelerin hukuki, politik, bilimsel ve güvenlik boyutlarıyla takip edilmesi sağlanmaktadır. Ayrıca Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) ve diğer uluslararası platformlarda deniz çevresinin korunması maksadıyla geliştirilen, ancak sonuçları itibarıyla çevre denizlerimize yönelik hukuki-politik etkiler yaratabilecek;

- IMO platformunda; Özel Duyarlı Deniz Alanları (Particularly Sensitive Sea Area-PSSA), Özel Alanlar (Special Area) ve ECA ilan edilmesi,

- BM platformunda, "Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi" kapsamında uluslararası sularda koruma alanları tesis edilmesi[27],

- AB platformunda, AB Entegre Denizcilik Politikasının çevre bacağını oluşturan "Deniz Çevresi Stratejisi Çerçeve Direktifi (Marine Strategy Framework Directive)" [28] kapsamında AB kurumları ve üye ülkeler tarafından yapılan çalışmalar ve gelişmeler,

- "Karadeniz, Akdeniz ve Bitişik Atlantik Bölgesinde Yaşayan Deniz Memelilerinin Korunması Anlaşması (ACCOBAMS)" [29] çerçevesindeki gelişme ve uygulamalar,

takip edilerek gerekli önlemler ve iyileştirmeler yapılmaktadır.

IMO Deniz Çevresinin Korunması Komitesi (Marine Environment Protection Committee-MEPC), NATO Müşterek Çevre Koruma Yönetim Grubu (Joint Environmental Protection Management Group-JEPMG) toplantılarına katılım sağlanarak koordineli yapılacak işlemlerde eşgüdüm sağlanmaktadır.

### 3.6.1 Atık Yönetimi

Deniz Kuvvetleri Komutanlığı bünyesinde bulunan tersaneler, kara tesisleri, deniz/hava/kara araçları ve diğer tesisler göz önüne alındığında oluşan atıklatın çeşitliliği ve miktarı çok fazladır. Bu atıkların bertarafı/geridönüşümü uluslararası arenada önemli olduğu kadar Deniz Kuvvetlerinde de çok önemli bir işlem olarak görülmektedir. Deniz Kuvvetlerinde atık yönetimi ile ilgili bazı tanımlar müteakip maddelerde belirtilmiştir [30],[31],[32].

a. Ara Depolama: Atıkların geri kazanım ve nihai bertaraf tesislerine ulaştırılmadan önce atık miktarı yeterli kapasiteye ulaşıncaya kadar güvenli bir şekilde depolanmasıdır.

b. Arıtma Tesisi: Her türlü faaliyet sonucu oluşan katı, sıvı ve gaz halindeki atıkların yönetmeliklerde belirlenen standartları sağlayacak şekilde arıtıldığı tesislerdir.

c. Atık: Herhangi bir faaliyet sonucunda oluşan, çevreye atılan veya bırakılan Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik (AYGEİY)'te yer alan sınıflardaki herhangi bir maddedir.

d. Atık Kodu: AYGEİY'de bulunan atık listesine göre atık cinsinin ifade edildiği altı haneli koddur.

e. Atık Üreticisi: Faaliyetleri sonucu atık oluşumuna neden olan kişi ve/veya atığın bileşiminde veya yapısında bir değişikliğe neden olacak ön işleme, karıştırma veya diğer işlemleri yapan herhangi bir gerçek veya tüzel kişidir.

f. Atık Yönetimi: Atığın kaynağında azaltılması, özelliğine göre ayrılması, toplanması, geçici depolanması, ara depolanması, geri kazanılması, taşınması, bertarafı ve bertaraf işlemleri sonrası kontrolü ve benzeri işlemleridir.

g. AYGEİY: Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik'tir.

h. Bertaraf: AYGEİY'de yer alan atık malzemenin imha edilmesi işlemlerinden herhangi biri veya birkaçını ifade eder.

i. Bertaraf Tesisi: AYGEİY atık malzemenin bertaraf işlemlerinden bir veya birkaçını yapmak üzere kurulmuş tesisdir.

j. Çevresel Etki Değerlendirmesi: Gerçekleştirilmesi plânlanan projelerin çevreye olabilecek olumlu ve olumsuz etkilerinin belirlenmesinde, olumsuz yöndeki etkilerin önlenmesi ya da çevreye zarar vermeyecek ölçüde en aza indirilmesi için alınacak önlemlerin, seçilen yer ile teknoloji alternatiflerinin belirlenerek değerlendirilmesinde ve projelerin uygulanmasının izlenmesi ve kontrolünde sürdürülecek çalışmalardır.

k. Katı atık: Üreticisi tarafından atılmak istenen ve toplumun huzuru ile özellikle çevrenin korunması bakımından, düzenli bir şekilde bertaraf edilmesi gereken katı atık maddelerdir.

#### 3.6.1.1 Atık Yönetimi Genel Uygulamalar

Deniz Kuvvetleri Komutanlığında atık yönetim uygulamaları ilgili mevzuat ve yönetmeliklere uygun olarak yapılmaktadır. Müteakip maddelerde Deniz Kuvvetlerinde

uygulanan bazı yöntemler ilgili mevzuat ve yönetmelikler [30],[31],[32],[33] göz önünde bulundurularak belirtilmiştir.

a. Deniz Kuvvetleri Komutanlığı'nda atıklara yapılacak işlemlerin tek elden ve sorunsuzca yürütülebilmesi için ilk adım olarak çevre yönetim kısmı ve çevre yönetim işlem sorumluları görevlendirilir.

b. Çevre yönetim sorumluları birliklerinde oluşabilecek tüm atıkları tanımlar ve atıkların kaynağını belirler. Bu kapsamda; atık yönetimi sorumluları kendi birlikleri için atık yönetim planları oluşturur ve bu planlar en küçük birlikten en tepedeki noktaya kadar zincirin bir halkası gibi birleştirilerek büyük ve tek bir plan haline getirilmesi sağlanır. Oluşturulan planlar kapsamında birliklerden çıkacak atığın miktarına ve özelliğine göre ihtiyaç duyulan geçici atık toplama merkezleri oluşturulur. Atıklar kaynağında türlerine ve atık kodlarına göre ayrı toplanarak, birliklerin geçici depolama alanlarında veya bölgesel geçici depolama merkezlerinde depolanır. Depolanan atıklar yapılacak olan sözleşmeler doğrultusunda türlerine göre belediyeler veya lisanslı firmalar tarafından taşınır ve geri dönüşümü/bertarafı sağlanır.

c. Doğal kaynakların olabildiğince az kullanıldığı temiz teknolojiler geliştirilmesi ve kullanılması ile üretim, kullanım veya bertaraf aşamalarında çevreye zarar vermeyecek veya en az zarar verecek şekilde tasarlanan ürünlerin kullanımı sağlanır.

d. Atık üretiminin kaçınılmaz olduğu durumlarda geri dönüşüm, tekrar kullanım ve ikincil hammadde elde etme amaçlı diğer işlemler ile atığın geri kazanılması/kazandırılması veya enerji kaynağı olarak kullanılması/kullandırılması sağlanır.

e. Atıklar, birlik dışında ilgili valilikten taşıma lisansı almış kişi, kurum veya kuruluşlar tarafından taşınır. Ancak mevzuatta lisans alma zorunluluğu getirilen atık türleri dışında belediyelerce veya belediyelerin denetiminde taşınan atıklar, evsel ve tehlikesiz atıklar ile ambalaj atığı taşıma işlemleri için taşıma lisansı alınması zorunlu değildir.

f. Atıkların en yakın ve en uygun olan tesiste, uygun yöntem ve teknolojiler kullanılarak bertaraf edilmesi/ettirilmesi sağlanır.

g. Atıkların, lisanslı geri kazanım ve bertaraf tesisleri ve hizmet veren belediyeler, il özel idareleri dışında yetkisiz kişi, kurum ve kuruluşlara teslim edilmesi yasaktır.

h. Birliklerde, her türlü faaliyet sırasında doğal kaynakların ve enerjinin verimli kullanılması amacıyla, atık oluşumunu kaynağında azaltan ve atıkların geri kazanılmasını sağlayan çevre ile uyumlu teknolojilerin kullanılmasını sağlamak ana hedeftir.

#### 3.6.1.2 Atık Yağların Yönetimi

Deniz Kuvvetleri Komutanlığında atık yağlar özellikle gemilerin ana ve yardımcı makinelerinin bakım/onarım/arıza sonrası oluşaktadır. Atık yağlar ile ilgili tanımlar müteakip maddelerde belirtilmiştir[32].

a. Atık Motor Yağı: Belirli bir kullanım süreci sonucunda motorlu kara araçlarından kaynaklanan ve orijinal kullanım amacına uygun olmayan atık yağlarıdır.

b. Atık Yağ: Kullanılmış benzinli motor, dizel motor, şanzıman ve diferansiyel, transmisyon, gres ve diğer özel taşıt yağları ile hidrolik sistem, türbin ve kompresör, kızak, açık kapalı dişli, sirkülasyon, metal kesme ve işleme, metal çekme, tekstil, ısıl işlem, ısı transfer, izolasyon ve koruyucu, izolasyon ve koruyucu, izolasyon, trafo, kalıp, buhar silindir, pnömatik sistem koruyucu, gıda ve ilaç endüstrisi, kâğıt makinesi, yatak ve diğer özel endüstriyel yağlar ve endüstriyel gresler, kullanılmış kalınlaştırıcı, koruyucu, temizleyici ve benzeri özel müstahzarlar ve kullanıma uygun olmayan yağ ürünleridir.

c. Atık Yağ Alım Tesisleri: Atık yağları üreten birlik/kurumlarda biriken atık yağ niteliğinde olan, slaç, slop, sintine sularını geri kazanım veya bertaraf tesislerine gönderilmesine kadar geçen süre içinde geçici depolandığı tesislerdir.

d. Atık Yağ Üreticisi: Faaliyetleri esnasında atık yağların oluşmasına neden olan birliklerdir.

e.Enerji Geri Kazanımı: Atık yağların mevcut yakıta ilave edilerek lisanslı tesislerde enerji amaçlı kullanımıdır.

f. Madenî Yağ: Baz yağına veya kimyasal sentez yöntemi ile işlenen maddelere, bazı katkıların ilâvesi sonucu, hareketli ve temas halinde olan iki yüzey arasındaki sürtünme ve/veya aşınmayı azaltma veya soğutma özelliğine sahip mamul haline getirilen doğal veya yapay maddelerdir.

g. Rafinasyon: Atık yağların rafine edilerek ulusal veya uluslararası standartlar ile şartnamelere uygun baz yağ veya petrol ürünlerine dönüştürülmesi işlemleridir.

h. Rejenerasyon: Atık yağlardan her türlü kirleticinin, oksidasyon ürünlerinin partiküllerin giderilerek ulusal veya uluslararası standartlar, şartnameler ile kullanım amacına uygun orijinal yağ elde edilmesidir.

#### 3.6.1.3 Atık Yağlar İle İlgili Esaslar

Atık motor yağları dâhil atık yağlar ile bu yağların işlenmesi sonucu çıkan atıkların insan ve çevreye zarar verecek şekilde sahada boşaltılması veya yenisi ile değiştirilmesi, depolanması, doğrudan veya dolaylı bir biçimde yüzeysel sular ile yeraltı suyuna, denizlere, drenaj sistemleri ile toprağa verilmesi, fuel-oil veya diğer sıvı yakıtlara karıştırılması ve yakılması yasaktır. Deniz Kuvvetleri Komutanlığı bağlısı birliklerde oluşan atık madenî yağlar, atık motor yağları, sanayi yağları, özel müstehzarlar gibi atık yağlar; AYGEİY EK-1'de yer alan "Atık Yağ Kategorileri ve Müsaade Edilen Kirletici Parametre Sınır Değerleri"nde verilen sınır değerlere göre; I, II ve III olmak üzere üç kategoride sınıflandırılır[34].

Atık yağların toplanması, geçici depolanması, taşınması, lisanslı işleme/bertaraf tesislerine satış, mübadele, hibe ve devir işlemlerinin yapılması atık yağın kategorisine göre yapılır. Atık yağlar, farklı kategorideki atık yağlarla, benzin, fuel-oil, motorin gibi sıvı yakıtlar, solvent vb. çözücüler, su, boya, deterjan, antifiriz, PCB (Poliklorlubifeniller) ve diğer toksik ve tehlikeli madde veya atıklarla karıştırılmadan, kategorilerine göre ayrı tank ve/veya konteynırlarda toplanır, geçici depolanır, taşınır ve lisanslı firmalara teslim edilir. Atık motor yağları haricindeki atık yağlar sadece lisanslı işleme ve bertaraf tesislerine teslim edilir. Bu kapsamda; I. kategori atık yağların, öncelikle rejenerasyon ve rafinasyon yolu ile geri kazanımlarının yapılması, II. kategori atık yağlar ile I. kategori atık yağların geri kazanım işlemleri sonucunda ürün kalitesi tutturulamayan atık

yağların, enerji geri kazanımında kullanılması, III. Kategori atık yağların ise çevre lisanslı tehlikeli atık yakma tesislerinde yakılarak zararsız hale getirilmesi gerektiği hususları dikkate alınır[32].

Deniz Kuvvetleri K.lığı bünyesinde bulunan aşağıdaki atıkların işlemleri 3212 sayılı kanun kapsamında yürütülür.

a. Atık motor yağlarının, ülkenin her yanından atık yağ toplama sistemini kurmuş motor yağı üreticisi veya yetkilendirilmiş kuruluşa bedelsiz teslim edilmesi.

b. I ve II'nci ve kategoriye girdiği tespit edilen diğer atık yağların, gerekli işleme ve/veya bertaraf lisansını almış olan kamu kurum ve kuruluşları ile Türk Silahlı Kuvvetleri ve/veya kamu yararına faaliyet gösteren vakıf ve derneklere veya lisanslı özel firmalara satış, mübadele, hibe ve devir işlemleri.

III'ncü kategoriye giren atık yağların, lisans almış taşıyıcılar vasıtasıyla lisanslı bertaraf tesislerine taşıtılması, bu tesislerde ücreti mukabili bertaraf ettirilmesi zorunludur. Gemilerden Atık Alınması ve Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinin 19'uncü maddesi gereğince gemilerin ürettiği atık yağlar da "Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliğine" tabi olup, bu kapsamda biriken atık yağlara yapılacak işlemler motor yağlarına yapılacak işlemler ile aynıdır. Atık motor yağı geçici depolama tanklarının/konteynerlerinin hacmi en az 200 lt ve en fazla 1250 lt'dir[30]. Atık motor yağları, kırmızı renkli, üzerinde "Atık Yağ" ibaresi yer alan ve yağmur suyundan korunan tank/konteynerlerde depolanır. Araçlardan çıkan yağ filtreleri atık motor yağı geçici depolama tanklarının yanında bulunan ayrı bir kapaklı konteynerde biriktirilir. Kesinlikle çöp kutusuna atılmaz veya çöp depolama alanına gönderilmez. Kullanılmış yağ filtresi konteyneri üzerinde "Yağ Filtresi" ibaresinin bulunması ve yağmur suyundan korunması zorunludur.

#### 3.6.1.4 Atık Yağ Kategorileri Ve Müsaade Edilen Kirletici Parametre Sınır Değerleri

I. KATEGORİ ATIK YAĞ: Bu kategoride yer alan atık yağlardaki PCB, toplam halojen ve ağır metal gibi kirleticiler aşağıdaki tabloda verilen sınır değerlerin altındadır. Bu kategorideki atık yağların öncelikle rejenerasyon ve rafinasyon yolu ile geri kazanımlarının sağlanması gerekmektedir. Bu kategorideki yağlar enerji geri kazanımı amacıyla kullanılabilir.

II. KATEGORİ ATIK YAĞ: Bu kategorideki atık yağlar Bakanlıktan lisans almış tesislerde enerji geri kazanımı amacıyla kullanıma uygun atık yağlardır. Ancak klorür, toplam halojen ve PCB parametreleri aşılmayan endüstriyel atık yağların rejenerasyon ve rafinasyon yoluyla geri kazanımı mümkündür.

III. KATEGORİ ATIK YAĞ: Bu kategoride yer alan atık yağlardaki ağır metaller aşağıdaki tabloda verilen sınır değerlerin üzerindedir. Klorür ile toplam halojenler 2000 ppm'in, PCB ise 50 ppm'in üzerindedir. Rejenerasyon ve rafinasyona uygun olmayan, yakıt olarak kullanılması insan ve çevre sağlığı açısından risk yaratan ve lisanslı tehlikeli atık yakma tesislerinde yakılarak zararsız hale getirilmesi gereken atık yağlardır.

Çizelge 3.11 Atık Yağ Kategorileri ve Müsaade Edilen Sınır Değerler[32]

| Kirleticiler | Müsade Edilen Sınır Değerleri(I.Kategori Atık Yağ) | Müsade Edilen Sınır Değerleri(II.Kategori Atık Yağ) | Müsade Edilen Sınır Değerleri(III.Kategori Atık Yağ) |
|---|---|---|---|
| Arsenik | < 5 ppm | Max. 5 ppm | > 5 ppm |
| Kadmiyum | < 2 ppm | Max. 2 ppm | > 2 ppm |
| Krom | < 10 ppm | Max. 10 ppm | > 10 ppm |
| Klorür | Max. 200 ppm | Max. 2000 ppm | > 2000 ppm |
| Kurşun | < 100 ppm | Max. 100 ppm | > 100 ppm |
| Toplam Halojenler | Max. 200 ppm | Max. 2000 ppm | > 2000ppm |
| Poliklorlubifeniller (PCB)* | Max. 10 ppm | Max. 50 ppm | > 50 ppm |
| Parlama Noktası | Min. 38 C | Min. 38 C | - |

(*) Atık yağlarda PCB analizi TS EN 12766-1, TS EN 12766-2, TS EN 12766-3, izolasyon sıvılarında ise TS EN 61619'a göre yapılır. PCB ölçümleri Bakanlığın uygun bulması halinde sektörel bazda yapılabilir.

# BÖLÜM 4

# ANA VE YARDIMCI MAKİNE ATIK YÖNETİMİ

MEKO sınıfı fırkateynler Türkiye Cumhuriyeti'nin deniz alaka ve menfaatlerini korumasına ek olarak uluslararası arenada da gerek NATO görev/tatbikatlarında gerekse de BM görevlerinde rol almaktadır. Her zaman göreve hazır olan bu gemilerin sistem/cihazlarının çalışır durumda idame edilmeside hayati öneme sahiptir. Bu yüzden gemi personeli sistem/cihazların üretici firmaların temin ettiği dökümanlarda belirtilmiş bakım konseptine bütünüyle uyarak sistem/cihazları harekata hazır tutmaktadır. Savaş gemisinin öncelikli sistemleri silah sistemleri olmasına karşın, geminin ana ve yardımcı makineleri de çok önemli sistemleridir. Gemide bulunan makine bölümü personeli geminin duruş ve vuruş gücüne etki eden ana ve yardımcı makinenin idamesini en iyi şekilde yapmak zorundadır. Üretici firmanın sağlamış olduğu teknik dökümanlarda belirtilen bakım/onarım konseptine bağlı kalarak üzerlerine düşen bu görevi en iyi şekilde yapmaktadırlar. Müteakip başlıklarda MEKO sınıfı fırkateynlerin yaşam çevrimi boyunca ana ve yardımcı makinelerinin bakım sistemi, arıza onarımı ve tersane seviyesi bakımları sürecinde oluşan atıkları incelenecektir.

## 4.1 Ana Makinenin Atık Yönetimi

MEKO sınıfı fırkateynlerde kullanılan 20 V 1163 TB 93 model numaralı makinelerin yaşam sürecinde 6 çeşit bakım yapıldığı Bölüm 3'te belirtilmiştir. 1'den 4 numaralı bakıma kadar olan kısım gemi personeli ve 5 ile 6 numaralı bakım ise fabrika personeli tarafından yapılmaktadır. 1 numaralı bakım genel kontroller olduğu için bakım sonucunda atık oluşmadığından yapılacak işlemlere değinilmemiştir. Müteakip başlıklar

altında belirtlilen bakımlarda yapılacak işlemler üretici firma teknik dökümanı ve Gölcük Tersanesi personeli tarafından verilen tavsiyeler üzerine hazırlanmıştır.

### 4.1.1 Ana Makinenin 2 Numaralı Bakım

Ana makinenin 2 numaralı bakımı çalışma saatine/zamanına göre gemi personeli tarafından yapılan bakımdır. Aşağıdaki tablo sadece atık oluşan bakımları içermektedir.

Çizelge 4.1 Ana Makinenin 2 numaralı bakımı ve oluşan atıklar [24]

| S. No | Sistem Adı/Durumu | Yapılacak İşlemler | Atık Malzeme |
|---|---|---|---|
| 1 | Makine yağlama yağı | Her 500 çalışma saatinde değiştir. | 800 litre yağ |
| 2 | Makine yağlama yağı | Numune al ve analizini yaptır. | 3 litre yağ |
| 3 | Yağlama yağı filtresi | Filtreyi dreyn et, elemanları ve bakır pulları değiştir. | 4 yağlama yağı filtresi ve 20 bakır pul |
| 4 | Yağlama yağı by-pass filtreleri | Filtre elemanlarını ve bakır pulları yenile, filtre keysini temizle. | 16 yağlama yağı by-pass filtresi ve 20 bakır pul |

### 4.1.2 Ana Makinenin 3 Numaralı Bakımı

Ana makinenin 3 numaralı bakımı çalışma saatine/zamanına göre gemi personeli tarafından yapılan bakımdır. Aşağıdaki tablo sadece atık oluşan bakımları içermektedir.

Çizelge 4.2 Ana makinenin 3 numaralı bakımı ve oluşan atıklar [24]

| S. No | Sistem Adı/Durumu | Yapılacak İşlemler | Atık Malzeme |
|---|---|---|---|
| 1 | Makine yağlama yağı | Her 500 çalışma saatinde değiştir. | 800 litre yağ |
| 2 | Makine yağlama yağı | Numune al ve analizini yaptır | 3 litre yağ |
| 3 | Yağlama yağı filtresi | Filtreyi dreyn et, elemanları ve bakır pulları değiştir. | 4 yağlama yağı filtresi ve 20 bakır pul |
| 4 | Yağlama yağı by-pass filtreleri | Filtre elemanlarını ve bakır pulları yenile, filtre keysini temizle. | 16 yağlama yağı by-pass filtresi ve 20 bakır pul |
| 5 | Yakıt dubleks filtresi | Dreyn et ve elemanları değiştir. | 2 yakıt filtresi |

### 4.1.3 Ana Makinenin 4 Numaralı Bakımı

Ana makinenin 4 numaralı bakımı çalışma saatine/zamanına göre gemi personeli tarafından yapılan bakımdır. Aşağıdaki tablo sadece atık oluşan bakımları içermektedir.

Çizelge 4.3 Ana makinenin 4 numaralı bakımı ve oluşan atıklar[24]

| S. No | Sistem Adı/Durumu | Yapılacak İşlemler | Atık Malzeme |
|---|---|---|---|
| 1 | Makine yağlama yağı | Her 500 çalışma saatinde değiştir. | 800 litre yağ |
| 2 | Makine yağlama yağı | Numune al ve analizini yaptır | 3 litre yağ |
| 3 | Yağlama yağı filtresi | Filtreyi dreyn et, elemanları ve bakır pulları değiştir. | 4 yağlama yağı filtresi ve 20 bakır pul |
| 4 | Yağlama yağı by-pass filtreleri | Filtre elemanlarını ve bakır pulları yenile, filtre keysini temizle. | 16 yağlama yağı by-pass filtresi ve 20 bakır pul |
| 5 | Yakıt dubleks filtresi | Dreyn et ve elemanları değiştir. | 2 yakıt filtresi |
| 6 | Enjektörler | Sök, test et ve bakır pulları değiştir | 5 bakır pul |

### 4.1.4 Ana Makinenin 5 Numaralı Bakımı

Ana makinenin 5 numaralı bakımı çalışma saatine/zamanına göre tersane personeli tarafından yapılan bakımdır. Aşağıdaki tablo sadece atık oluşan bakımları içermektedir.

Çizelge 4.4 Ana makinenin 5 numaralı bakımı ve oluşan atıklar [24]

| S.No | Sistem Adı | Yapılacak İşlemler | Atık Malzeme |
|---|---|---|---|
| 1 | Kaverler | Sök, bakım, onarım ve testlerini yap.Kaver altı yumuşak metal sızdırmazlık ringini ve su/yağ transfer ringlerini (farullar) yenileri ile değiştir. | 2 kaver |
| 2 | Pistonlar | Tüm piston kafalarını gözle kontrol et. Her banktan 1 adet piston sök, piston etek ve kafalarını kontrol et, eğer laynerler değiştirldi ise piston segmanlarını yenileriyle değiştir. | 2 piston ve 20 segman |
| 3 | Valf hareket mekanizması | Roker armları sök ve kontrollerini yap. Valflerin ölçü/fiziki kontrollerini yap, gerekliyse yenileriyle değiştir. | 5 adet valf |
| 4 | Turboşarjer | Sök, demonte et, temizle, parçaları gözle kontrol et. | 5 adet rulman |
| 5 | Tatlı su pompası | Sök, parçaları kontrol et, sızdırmazlık elemanları ve yatakları yenileriyle değiştir. | 1 rulman ve 2 conta |
| 6 | Deniz suyu pompası | Sök, parçaları kontrol et, sızdırmazlık elemanları ve yatakları yenileriyle değiştir. | 1 rulman ve 2 conta |
| 7 | Soğutma suyu termostatı | Termal eleman ile sızdırmazlık elemanlarını yenileri ile değiştir. | 1 termal eleman ve 2 conta |
| 8 | Yağlama yağı termostatı | Termal eleman ile sızdırmazlık elemanlarını yenileri ile değiştir. | 1 termal eleman ve 2 conta |
| 9 | Kaplin | Yağı değiştir. | 100 litre yağ |

### 4.1.5 Ana Makinenin 6 Numaralı Bakımı

Ana makinenin 6 numaralı bakımı çalışma saatine/zamanına göre tersane personeli tarafından yapılan bakımdır. Aşağıdaki tablo sadece atık oluşan bakımları içermektedir. 6 numaralı bakım kapsamında malzeme değişimi olmayan işlemler tabloya eklenmemiştir.

Çizelge 4.5 Ana makinenin 6 numaralı bakımı ve oluşan atıklar[24]

| S.No: | Sistem Adı | Yapılacak İşlemler | Atık Malzeme |
|---|---|---|---|
| 1 | Boru Devreleri | Deniz suyu, tatlı su ve yağlama yağı borularını sök, fiziki kontrollerini yap. Tüm o-ringleri ve ara bağlantı aparatlarını yenile. | 2 metre boru devresi |
| 2 | Turboşarjerler | Sök, demonte et, temizle ve parçaları gözle kontrol et. Ölçüm/kontrol sonuçlarından bağımsız olarak B2 turboşarjer rotor şaftı ve yataklarını yenile. | 10 adet rulman, 10 adet conta ve 5 adet rotor |
| 3 | İnterkuler/ Afterkuler ve Şarj Hava Ön Isıtıcısı | Sök, temizle ve sızdırmazlık testi yap. O-ringleri ve contaları değiştir. | 10 adet conta |
| 4 | Valf Hareket Mekanizması | Valflerin ölçü/fiziki kontrollerini yap, gerekliyse yenileriyle değiştir. | 5 valf |
| 5 | Kaverler | Sök, bakım, onarım ve tazyik testlerini yap. Kaver altı yumuşak metal sızdırmazlık ringini ve su/yağ transfer ringlerini yenileri ile değiştir. | 4 KAVER ve 40 RING |
| 6 | Harici Soğutma Suyu Devreleri | Soğutma suyu kuler gidiş-dönüş devrelerinin ve tüm devre valflerinin bakım/test ve kontrolünü yap. | 2 metre boru devresi |
| 7 | Yakıt Sistemi | Enjektörleri sök, temizliklerini yap. Filtreleri değiştir. Yakıt devrelerini sök, o-ringleri değiştir. | 2 metre boru devresi, pompa iç elemanları ve 5 adet enjektör |
| 8 | Yağlama Yağı Sistemi | Filtrelerini ve o-ringleri sök ve değiştir. Yağlama yağı pompalarını değiştir. Termostat balbı ve o-ringleri değiştir ve testini yap. | Yağlama yağı pompa yatağı, 6 adet conta ve termostat balbı |
| 9 | Deniz Suyu Pompası | Sök, temizle ve parçalarını kontrol et. Siğilleri ve rulmanlı yatakları değiştir. | 1 adet pompa rulmanı |
| 10 | Tatlı Su Pompası | Sök, temizle ve parçaları kontrol et, siğilleri ve rulmanlı yatakları değiştir. | 1 adet pompa rulmanı |
| 11 | Soğutma Suyu Termostatı | Sök ve temizliğini yap. Termostat balbını ve o-ringleri değiştir. | 1 adet balb |
| 12 | Dişli Grubu | Dişli grubu yatağını sök. Yenisi ile değiştir. Rulmanlı yatakları değiştir. | 10 adet rulman |
| 13 | Pistonlar | Pistonları ve biyel kollarını sök ve temizliklerini yap. Tüm segmanları ve piston kol yataklarını yenile. | 20 adet rulman ve 20 adet segman |
| 14 | Silindirler (Laynerler) | Laynerleri değiştir. O-ringleri değiştir. | 20 adet layner ve 40 adet segman |
| 15 | Kemşaft | Kemşaft yataklarını değiştir. Gerekli görülen yatak ve makaraları değiştir. | 2 adet rulman ve 5 adet makara |
| 16 | Yakıt Enjeksiyon Pompaları | Sök, temizliklerini yap ve o-ringleri değiştir. Pompa gaz kolu rulmanları değiştir. | 20 adet rulman ve 20 adet conta |
| 17 | Kaver kapağı | Sök, temizle ve o-ringleri değiştir. Gerekiyorsa civataları değiştir. | 50 civata |

## 4.2 Yardımcı Makine Atık Yönetimi

MEKO sınıfı fırkateynlerde kullanılan MTU 8V 396 TB 53 model numaralı makinelerin yaşam sürecinde 6 çeşit bakım yapıldığı Bölüm 3 ‘te belirtilmiştir. 1’den 4 numaralı

bakıma kadar olan kısım gemi personeli ve 5 ile 6 numaralı bakım ise fabrika personeli tarafından yapılmaktadır. 1 numaralı bakım genel kontroller olduğu için bakım sonucunda atık oluşmadığından yapılacak işlemlere değinilmemiştir. Müteakip başlıklar altında belirtlilen bakımlarda yapılacak işlemler üretici firma teknik dökümanı ve Gölcük Tersanesi personeli tarafından verilen tavsiyeler üzerine hazırlanmıştır.

### 4.2.1 Yardımcı Makinenin 2 Numaralı Bakımı

Yardımcı makinenin 2 numaralı bakımı çalışma saatine/zamanına göre gemi personeli tarafından yapılan bakımdır. Aşağıdaki tablo sadece atık oluşan bakımları içermektedir.

Çizelge 4.6 Yardımcı makinenin 2 numaralı bakımı ve oluşan atıklar [25]

| S.No: | Sistem Adı | Yapılacak İşlemler | Atık Malzeme |
|---|---|---|---|
| 1 | Yağlama yağı sistemi | Yağlama yağını yardımcı makinenin 500 çalışma saatinde değiştir. | 100 litre yağ |
| 2 | Yağlama yağı filtresi | Yağlama yağı filtresini ve contaları değiştir. | 3 yağlama yağı filtresi ve 15 conta |
| 3 | Yağlama yağı filtresi | Y. Yağı değişimlerinde filtreyi ve contayı değiştir, filtre keysini temizle. | 4 yağlama yağı by-pass filtresi ve 20 conta |

### 4.2.2 Yardımcı Makinenin 3 Numaralı Bakımı

Yardımcı makinenin 3 numaralı bakımı çalışma saatine/zamanına göre gemi personeli tarafından yapılan bakımdır. Aşağıdaki tablo sadece atık oluşan bakımları içermektedir.

Çizelge 4.7 Yardımcı makinenin 3 numaralı bakımı ve oluşan atıklar[25]

| S.No: | Sistem Adı | Yapılacak İşlemler | Atık Malzeme |
|---|---|---|---|
| 1 | Yağlama yağı sistemi | Yağlama yağını yardımcı makinenin 500 çalışma saatinde değiştir. | 100 litre yağ |
| 2 | Yağlama yağı filtresi | Yağlama yağı filtresini ve contaları değiştir. | 3 yağlama yağı filtresi ve 15 conta |
| 3 | Yağlama yağı by- pass filtresi | Y. Yağı değişimlerinde filtreyi ve contayı değiştir, filtre keysini temizle. | 4 yağlama yağı by-pass filtresi ve 20 conta |
| 4 | Valf dişlisi | Kaver kapak contasını kontrol et. Gerekirse değiştir. | 2 conta |
| 5 | Yakıt dublex filtresi | Dreyn et. Filtreyi değiştir. | 1 yakıt filtresi |

### 4.2.3 Yardımcı Makinenin 4 Numaralı Bakımı

Yardımcı makinenin 4 numaralı bakımı çalışma saatine/zamanına göre gemi personeli tarafından yapılan bakımdır. Aşağıdaki tablo sadece atık oluşan bakımları içermektedir.

Çizelge 4.8 Yardımcı makinenin 4 numaralı bakımı ve oluşan atıklar [25]

| S.No: | Sistem Adı | Yapılacak İşlemler | Atık Malzeme |
|---|---|---|---|
| 1 | Yağlama yağı sistemi | Yağlama yağını yardımcı makinenin 500 çalışma saatinde değiştir. | 100 litre yağ |
| 2 | Yağlama yağı | Numune al ve testlerini yap | 3 litre yağ |
| 3 | Yağlama yağı filtresi | Y. Yağı değişimlerinde filtreyi ve contayı değiştir, filtre keysini temizle. | 3 yağlama yağı filtresi ve 15 conta |
| 4 | Yağlama yağı by- pass filtresi | Y. Yağı değişimlerinde filtreyi ve contayı değiştir, filtre keysini temizle. | 4 yağlama yağı by-pass filtresi ve 20 conta |
| 5 | Valf dişlisi | Kaver kapak contasını kontrol et. Gerekirse değiştir. | 2 conta |
| 6 | Yakıt dublex filtresi | Dreyn et. Filtreyi değiştir. | 1 yakıt filtresi |
| 7 | Enjektörler | Enjektörleri sök, basınç testlerini yap, O ring ve pulunu değiştir. | 1 enjektör |

### 4.2.4 Yardımcı Makinenin 5 Numaralı Bakımı

Yardımcı makinenin 5 numaralı bakımı çalışma saatine/zamanına göre tersane personeli tarafından yapılan bakımdır. Aşağıdaki tablo sadece atık oluşan bakımları içermektedir.

Çizelge 4.9 Yardımcı makinenin 5 numaralı bakımı ve oluşan atıklar[25]

| S.No: | Sistem Adı | Yapılacak İşlemler | Atık Malzeme |
|---|---|---|---|
| 1 | Kaverler | Sök, bakım, onarım ve testlerini yap. | 1 kaver |
| 2 | Pistonlar | Tüm piston kafalarını gözle kontrol et. Her banktan 1 adet piston sök, piston etek ve kafalarını kontrol et, eğer laynerler değiştirldi ise piston segmanlarını yenileriyle değiştir. | 1 piston ve 10 segman |
| 3 | Turboşarjer | Sök, demonte et, parçaları gözle kontrol et. | 1 rulman ve 4 conta |
| 4 | Tatlı su pompası | Sök, parçaları kontrol et, sızdırmazlık elemanları ve yatakları yenileriyle değiştir. | 1 rulman ve 2 conta |
| 5 | Deniz suyu pompası | Sök, parçaları kontrol et, sızdırmazlık elemanları ve yatakları yenileriyle değiştir. | 1 rulman ve 2 conta |
| 6 | Soğutma suyu termostatı | Termal eleman ile sızdırmazlık elemanlarını yenileri ile değiştir. | 1 termal eleman ve 2 conta |
| 7 | Yağlama yağı termostatı | Termal eleman ile sızdırmazlık elemanlarını yenileri ile değiştir. | 1 termal eleman ve 2 conta |
| 8 | Kaplin | Yağı değiştir. | 50 litre yağ |

### 4.2.5 Yardımcı Makinenin 6 Numaralı Bakımı

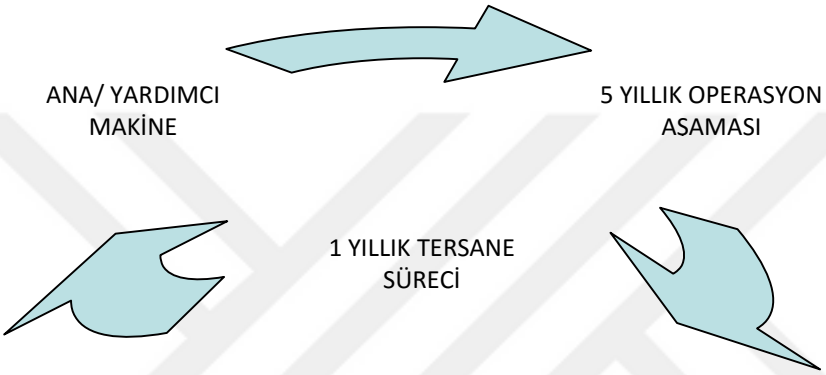
Yardımcı makinenin 6 numaralı bakımı çalışma saatine/zamanına göre tersane personeli tarafından yapılan bakımdır. Aşağıdaki tablo sadece atık oluşan bakımları içermektedir.

Çizelge 4.10 Yardımcı makinenin 6 numaralı bakımı ve oluşan atıklar [25]

| S.No: | Sistem Adı | Yapılacak İşlemler | Atık Malzeme |
|---|---|---|---|
| 1 | Boru Devreleri | Deniz suyu, tatlı su ve yağlama yağı borularını sök, fiziki kontrollerini yap. | 1 metre boru devresi |
| 2 | Turboşarjerler | Sök, demonte et, temizle ve parçaları gözle kontrol et.. Ölçüm/kontrol sonuçlarından bağımsız olarak B2 turboşarjer rotor şaftı ve yataklarını yenile. | 2adet rulman, 10 adet conta |
| 3 | İnterkuler/ Afterkuler | Sök, temizle ve sızdırmazlık testi yap. O-ringleri ve contaları değiştir. | 4 adet conta |
| 4 | Kaverler | Sök, bakım, onarım ve tazyik testlerini yap. | 1 kaver |
| 5 | Harici Soğutma Suyu Devreleri | Sistem üzerinde bulunan tüm boru devrelerinin kontrolünü yap. | 2 metre boru devresi |
| 6 | Yakıt Sistemi | Enjektörleri sök, temizliklerini yap. Yakıt pompasını sök, temizle, ölçü kontrollerini yap. | 2 metre boru devresi, pompa iç elemanları ve 1 adet enjektör |
| 7 | Yağlama Yağı Sistemi | Filtrelerini ve o-ringleri sök ve değiştir. Yağlama yağı pompalarını değiştir. Termostat balbı ve o-ringleri değiştir ve testini yap. | 2 yağlama yağı pompa yatağı, 6 adet conta ve 2 adet termostat balbı |
| 8 | Deniz Suyu Pompası | Sök, temizle ve parçalarını kontrol et. Siğilleri ve rulmanlı yatakları değiştir. | 1 adet pompa rulmanı |
| 9 | Tatlı Su Pompası | Sök, temizle ve parçaları kontrol et, siğilleri ve rulmanlı yatakları değiştir. | 1 adet pompa rulmanı |
| 10 | Soğutma Suyu Termostatı | Sök ve temizliğini yap. Termostat balbını ve o-ringleri değiştir. | 1 adet balb |
| 11 | Dişli Grubu | Dişli grubu yatağını sök ve yenisi ile değiştir. Rulmanlı yatakarı değiştir. | 2 adet rulman |
| 12 | Pistonlar | Tüm segmanları ve piston kol yataklarını yenile. | 8 adet rulman ve 16 adet segman |
| 13 | Silindirler (Laynerler) | Laynerleri değiştir. O-ringleri değiştir. | 8 adet layner ve 16 adet segman |
| 14 | Kemşaft | Kemşaft yataklarını değiştir. | 2 adet rulman |
| 15 | Yakıt Enjeksiyon Pompaları | Pompayı sök ve rulmanları değiştir. | 8 adet rulman |
| 16 | Kaver kapağı | Sök, temizle ve o-ringleri değiştir. Gerekiyorsa civataları değiştir. | 40 civata |

### 4.3 Ana ve Yardımcı Makine Atık Modellemesi

1987 yılında donanmaya giren MEKO sınıfı fırkateynler hala Türkiye Cumhuriyeti'nin deniz alaka ve menfaatlerinin korunmasında asli unsur olarak görev yapmaktadır. Görevlerini etkin olarak yaparken tüm sistem ve cihazlar her an kullanılmaya hazır olarak işletilmektedir. Yukarıda belirtilen bakımlar kapsamında jenerik senaryo olarak düşündüğümüz fırkateynin yaşam süresi 30 yıl olarak alınmıştır. Overhol/6 numaralı bakım kapsamında tersaneye giriş süresinin her 5 yılda bir ve tersane sürecinin 1 yıl olduğu değerlendirilmiştir.




Şekil 4.1 Fırkateyn Ana ve Yardımcı Makine 6 yıllık operasyon aşaması

Geminin operasyon aşamasında, her ana makine yıllık çalışma saatinin 1800 saat ve her yardımcı makine yıllık çalışma saatinin 5000 saat olarak göz önünde bulundurularak yaklaşık olarak atık malzeme miktarı hesaplanmıştır. Bu çalışma saatlerine göre 30 yılda tekrarlanan bakım miktarları aşağıda belirtilmiştir.

Çizelge 4.11 Ana ve Yardımcı makineye yaşam süreci boyunca (30 yıl) uygulanan bakım tekrarları

| Bakım Çeşidi | 1 Ana Makineye Uygulanan Periyot (Adet) | 1 Yardımcı Makineye Uygulanan Periyot (Adet) |
|---|---|---|
| 2 Numaralı Bakım | 300 | 500 |
| 3 Numaralı Bakım | 90 | 125 |
| 4 Numaralı Bakım | 30 | 60 |
| 5 Numaralı Bakım | 10 | 20 |
| 6 Numaralı Bakım | 5 | 5 |

Bu periyotlara istinaden ana ve yardımcı makineden çıkan atık miktarları aşağıdaki tablolarda belirtilmiştir. 5 ve 6 numaralı bakımlardan oluşan atık miktarı tersanede çalışan personelden alınan bilgiler doğrultusunda oluşturulmuştur.

Çizelge 4.12 Ana makineden 6 yıllık süreçte çıkan atıklar ve miktarları

| Atık Cinsi | Ana Makine Atık Miktarı (6 Yıllık) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 nu.lı bakım | 3 nu.lı bakım | 4 nu.lı bakım | 5 nu.lı bakım | 6 nu.lı bakım | Arıza Durumu | Toplam |
| Layner (Adet) | - | - | - | 5 | 20 | 5 | 30 |
| Piston (Adet) | - | - | - | 4 | 4 | 2 | 10 |
| Kaver (Adet) | - | - | - | 4 | 5 | 6 | 15 |
| Enjektör (Adet) | - | - | - | 10 | 5 | 5 | 20 |
| Valf (Adet) | - | - | - | 10 | 10 | 10 | 30 |
| Pompa ve turboşarjer rulmanı (Adet) | - | - | - | 15 | 80 | 15 | 110 |
| O-rıng/segman/conta/civata (Adet) | 2500 | 750 | 250 | 850 | 200 | 200 | 4750 |
| Yakıt filtresi (Adet) | - | 50 | 20 | 10 | 10 | 10 | 100 |
| Yağlama yağı filtresi (Adet) | 1200 | 350 | 150 | 50 | 20 | 30 | 1800 |
| Yağlama yağı (Litre) * | 15000 | - | - | 2000 | 1000 | 2000 | 20000 |
| Termal Eleman (Adet) | - | - | - | 3 | 2 | - | 5 |
| Boru Devresi (Metre) | - | - | - | - | 10 | - | 10 |

* Yağlama yağı değişimi her 500 saatte bir olacak şekilde hesaplanmıştır.

Çizelge 4.13 Yardımcı makineden 6 yıllık süreçte çıkan atıklar ve miktarları

| Atık Cinsi | Ana Makine Atık Miktarı (6 Yıllık) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 nu.lı bakım | 3 nu.lı bakım | 4 nu.lı bakım | 5 nu.lı bakım | 6 nu.lı bakım | Arıza Durumu | Toplam |
| Layner (Adet) | - | - | - | 4 | 8 | 3 | 15 |
| Piston (Adet) | - | - | - | 4 | 4 | 2 | 10 |
| Kaver (Adet) | - | - | - | 4 | 3 | 2 | 10 |
| Enjektör (Adet) | - | - | 2 | 4 | 2 | 2 | 10 |
| Valf (Adet) | - | - | - | 4 | 10 | 1 | 15 |
| Pompa ve turboşarjer rulmanı (Adet) | - | - | - | 16 | 25 | 4 | 45 |
| O-rıng/segman/conta/civata (Adet) | 3500 | 1000 | 500 | 100 | 100 | 50 | 5250 |
| Yakıt filtresi (Adet) | - | 20 | 10 | 10 | 5 | 5 | 50 |
| Yağlama yağı filtresi (Adet) | 700 | 600 | 300 | 30 | 10 | 10 | 1650 |
| Yağlama yağı (Litre) * | 5000 | - | - | 400 | 350 | 250 | 6000 |
| Termal Eleman (Adet) | - | - | - | 2 | 3 | - | 5 |
| Boru Devresi (Metre) | - | - | - | - | 5 | - | 5 |

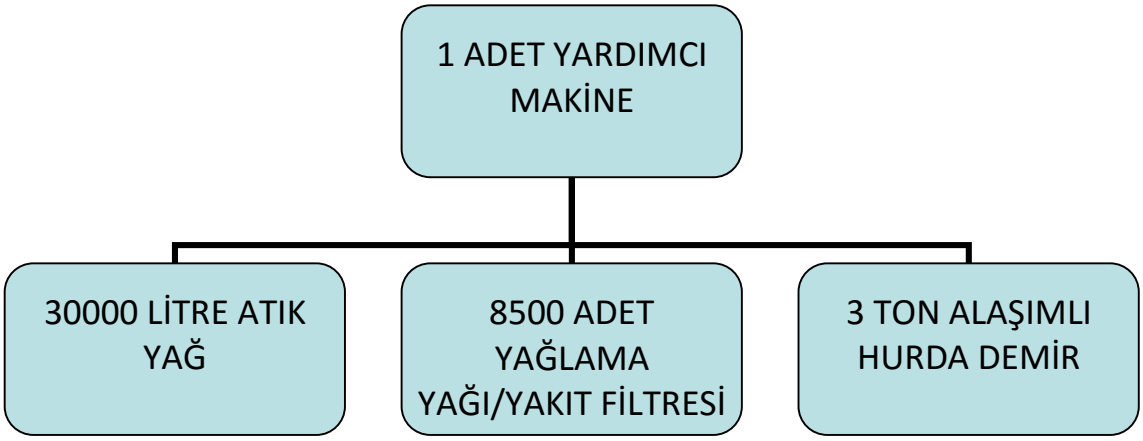
* Yağlama yağı değişimi her 500 saatte bir olacak şekilde hesaplanmıştır.

Yukarıdaki tablolar incelendiğinde 1 geminin sadece ana makinesinden yaşam çevrimi boyunca yaklaşık olarak 100000 lt atık yağ, 9500 adet yağlama yağı/yakıt filtre atığı ve yaklaşık 15 ton alaşımlı hurda demir atığı oluşmaktadır.




Şekil 4.2 Ana makineden çıkan atık miktarı

Yardımcı makineden ise yaklaşık olarak 30000 litre atık yağ, 8500 adet yağlama yağı/yakıt filtre atığı ve yaklaşık 3 ton alaşımlı demir atığı oluşmaktadır.



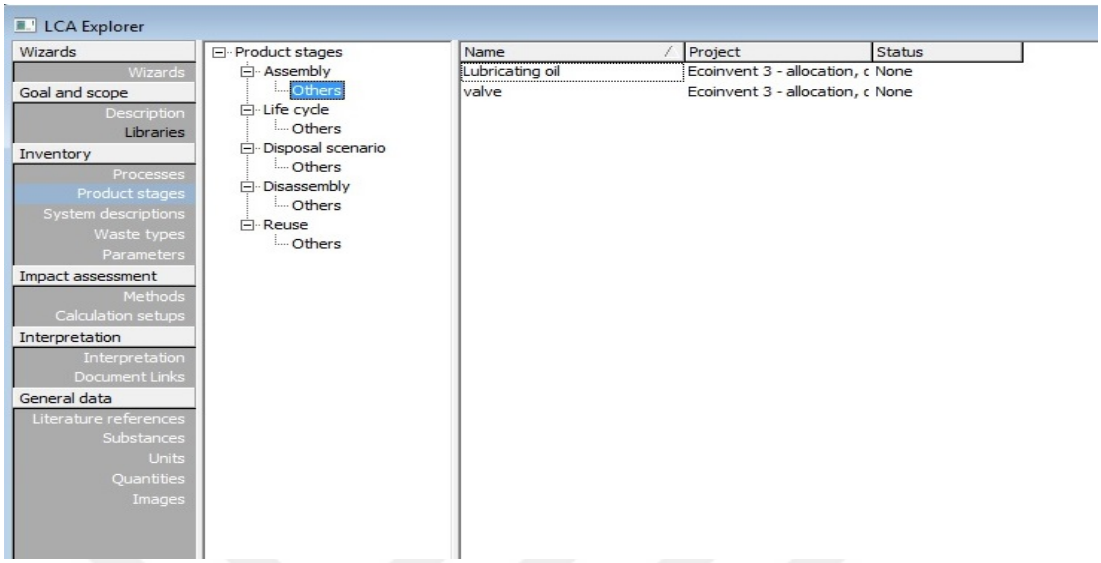

Şekil 4.3 Yardımcı makineden çıkan atık miktarı

Oluşan bu atıklar atık toplama merkezlerinde toplanarak sınıflandırılmakta ve buna göre geri dönüşüm/bertaraf işlemleri yapılmaktadır. Her ne kadar askeri gemiler MARPOL ve benzeri kurallardan muaf olsada atıkların çevresel etkilerini göz önünde bulundurarak yapılması gereken işlemleri yürürlükteki yönetmeliklere istinaden yapmaya çalışmaktadır. Tez kapsamında Yaşam Döngüsü Analizi yönetmi kullanılarak çıkan atıkların çevresel performansını SimaPro programı kullanılarak değerlendirilecek ve bunu desteklemek maksadıyla maliyet durumları ele alınılacaktır.

## 4.4 Çevresel YDA Hesaplamaları

Çevresel YDA hesaplamaları yapılabilmesi için ürünlerin ham maddeden başlayarak en son bertarafına kadar olan süreçteki tüm yaşam döngüsünü ve gerektiğinde geri dönüşümünü hesaba katarak, ürünün tüm yaşam döngüsü boyunca çevresel performansını ölçmeye yarayan bir yazılıma ihtiyaç vardır. Çevresel YDA hesaplamaları yapılırken lisanslı SimaPro paket programından faydalanılmıştır. Bu program ürünün yaşam döngüsü boyunca çevreye olan duyarlı kısımların belirlenerek iyileştirme fırsatlarının belirlenmesini, tüm yaşam döngüsü aşamalarının toplam çevresel etkiye olan katkısının analizinin yapılmasını, ürünler arasında içten ve dıştan gelen bağlantıların kıyaslanmasını, standart temeller oluşturulmasına ve ürünle ilgili, şirketlere yaşam döngüsü hakkında bilgi vererek kararlarına destek sağlamasına

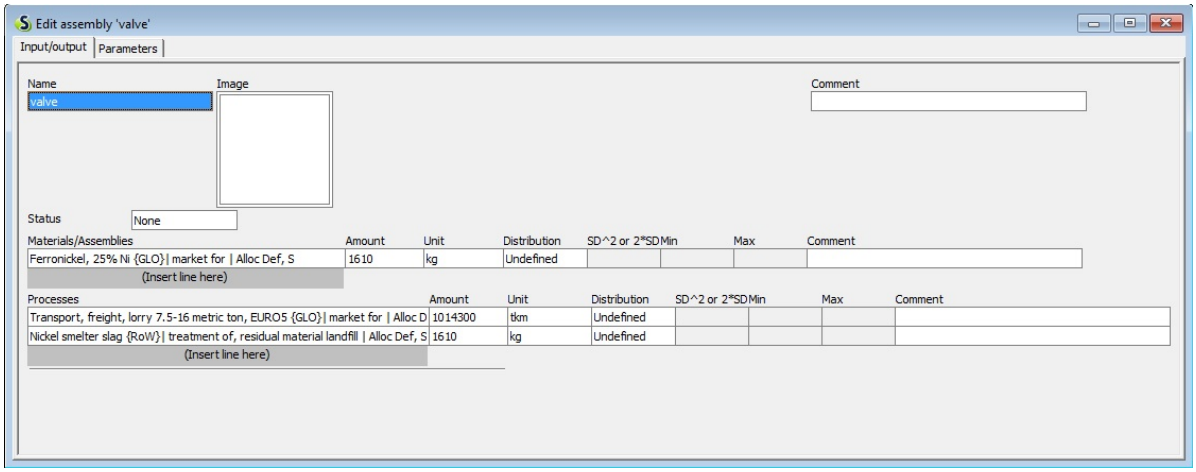
yardımcı olmasını sağlar. Aşağıdaki resim paket programında işlem süreçlerine ait ekran çıktısıdır.




Şekil 4.4 Paket programa ait ekran çıktısı

### 4.4.1 Valf Parçasının Yaşam Döngüsü Analizi

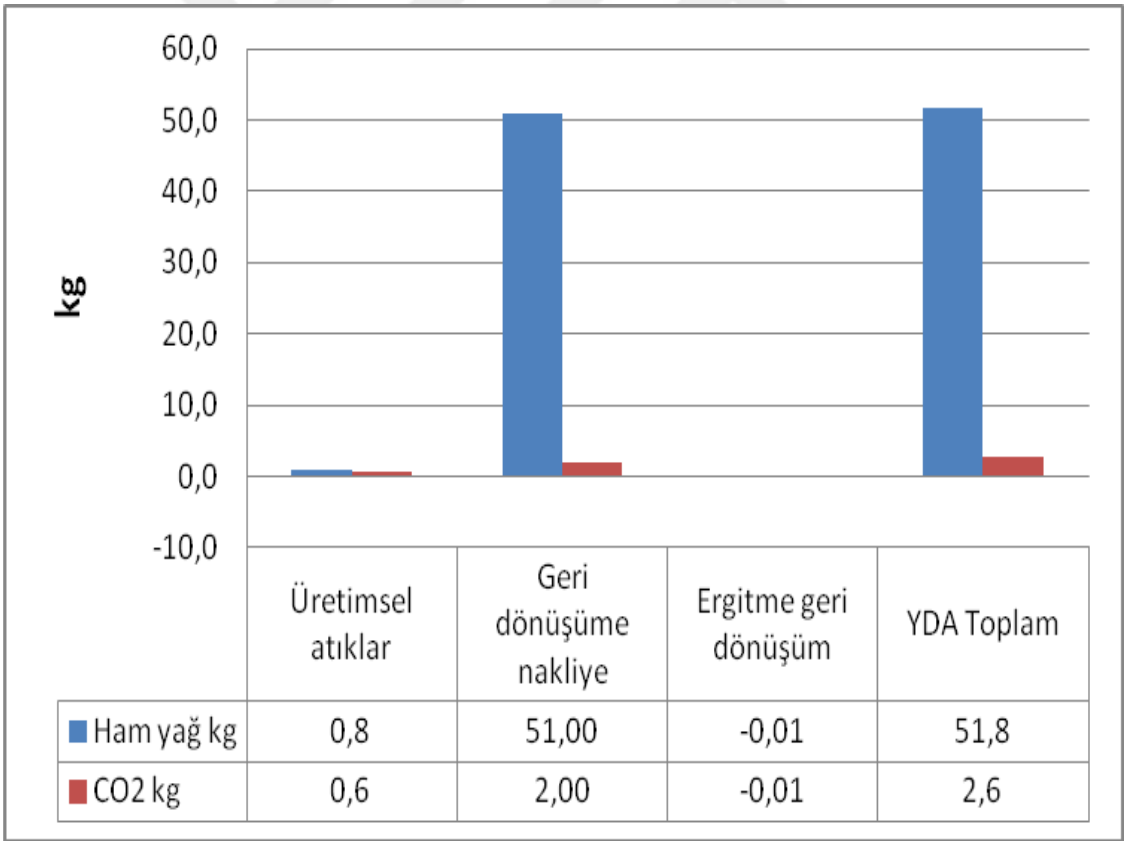
Ana ve yardımcı makine üzerinde bulunan valflerin alaşımları aynıdır. Valf parçasının ilk üretimi MTU firması tarafından yapılmaktadır. Valf parçasının ana ve yardımcı makinelere montesi sonrasında yaşam ömrü tamamlandığında atık toplama merkezinde toplanmaktadır. Türk Silahlı Kuvvetleri genelinde çıkan hurda demir atıklar Makine Kimya Enstitüsü (MKE)'ne teslim edilmekte ve geri dönüşümü yapılmaktadır. Aşağıdaki tablolarda valfin üretim ve geri dönüşüm aşamalarındaki çevreye olan emisyon değerleri paket program yardımı ile hesaplanmıştır. Valfin üretiminin Almanya'da yapıldığı, kullanımının Gölcük'te yapıldığı ve hurda atık olarak çıkarılmasından sonra Gölcük'ten Karabük'te bulunan demir çelik fabrikasına 315 km yol gidilerek ergitme işlemi ile geri dönüşümünün yapıldığı varsayılmıştır. Aşağıdaki resim valf parçasının paket programında işlem süreçlerine ait ekran çıktısıdır.



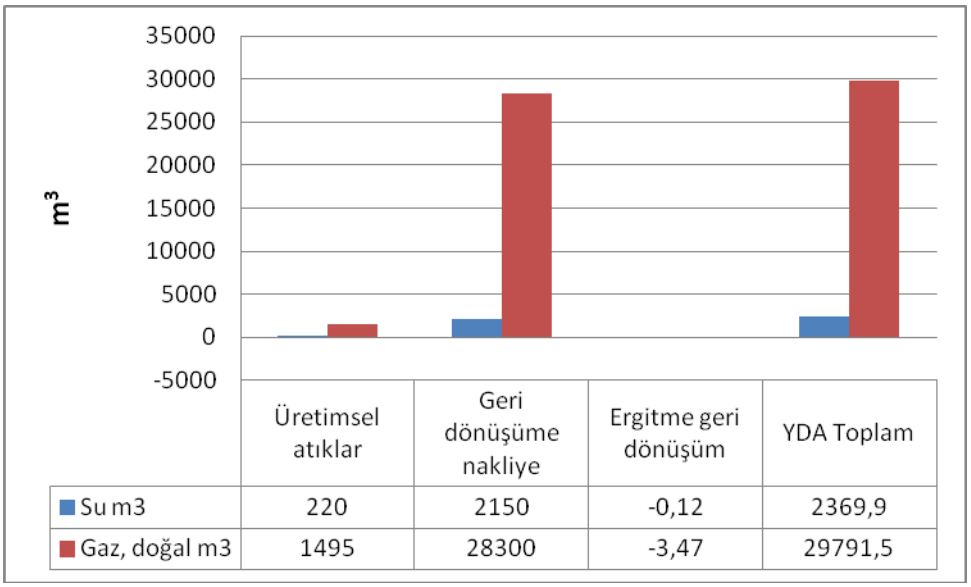

Şekil 4.5 Valf parçası için paket programa ait ekran çıktısı

#### 4.4.1.1 Valfin YDA'sı Süresince Hammadde Kullanımı ve Emisyonu

Valfin üretiminin yapılması için ihtiyaç duyulan hammadde miktarı ile geri dönüşümü yapıldığındaki emisyon durumu ile ilgili hususlar grafiklerde belirtilmiştir.




Şekil 4.6 Valfin ham yağ ve $CO_2$ emisyonu

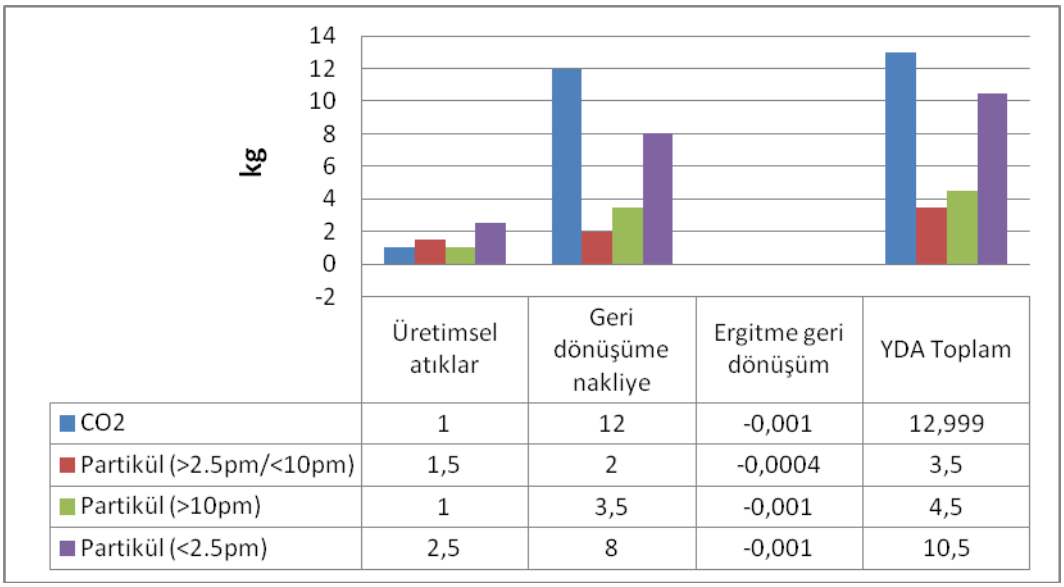



Şekil 4.7 Valfin su ve doğalgaz emisyonu

Yukarıdaki şekillerde valf üretiminde hammadde kullanımı ve emisyonları belirtilmiştir. Geri dönüştürme işlemi yapılarak tekrar valf üretimi yapıldığında eksi olarak verilen değerler kadar emisyon salınımı ve hammadde sarfiyatı azalmaktadır. Ayrıca bu üretim esnasında 0.5 $m^{2'}$lik bir atık toprak oluşmaktadır.

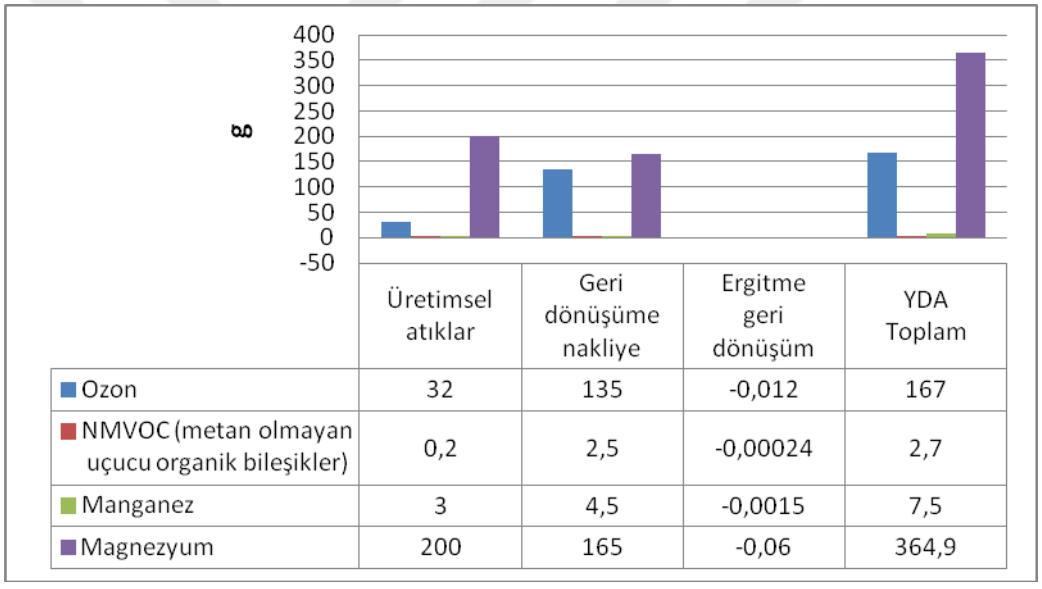
#### 4.4.1.2 Valfin YDA'sı Süresince Havaya Olan Emisyonu

Valf üretimi ve geri dönüşümü yapıldığında havaya olan emisyon durumu ile ilgili hususlar grafiklerde belirtilmiştir.




| | Üretimsel atıklar | Geri dönüşüme nakliye | Ergitme geri dönüşüm | YDA Toplam |
|---|---|---|---|---|
| CO2 | 1 | 12 | -0,001 | 12,999 |
| Partikül (>2.5pm/<10pm) | 1,5 | 2 | -0,0004 | 3,5 |
| Partikül (>10pm) | 1 | 3,5 | -0,001 | 4,5 |
| Partikül (<2.5pm) | 2,5 | 8 | -0,001 | 10,5 |

Şekil 4.8 Valfin havaya olan partikül ve $CO_2$ emisyonu



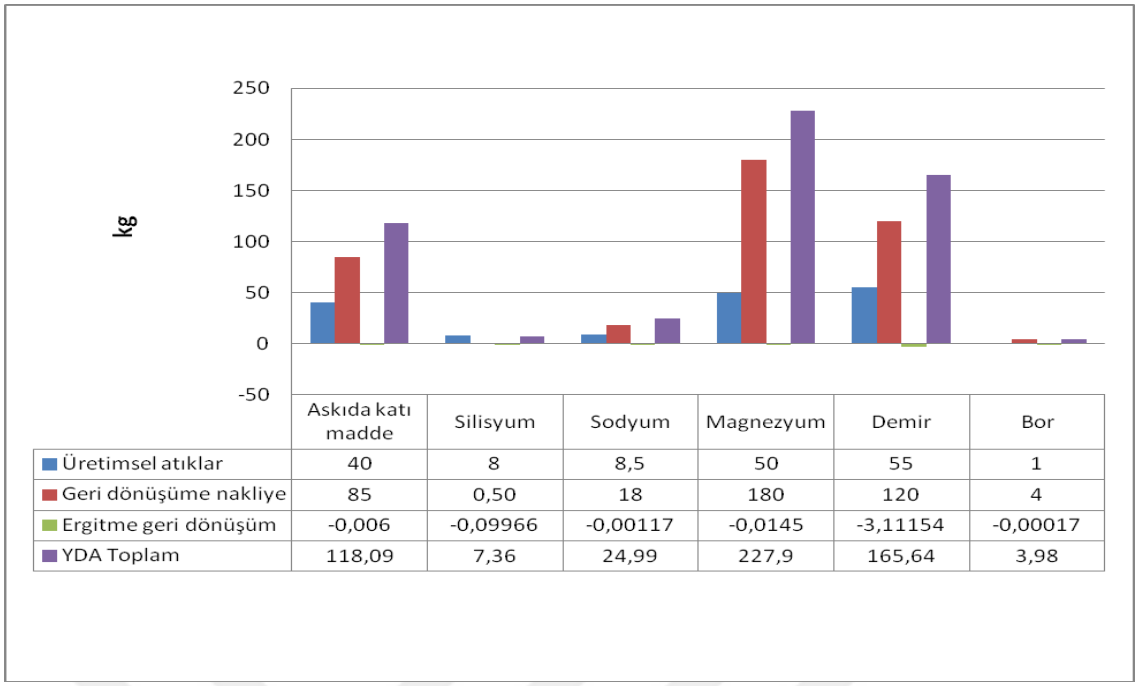

| | Üretimsel atıklar | Geri dönüşüme nakliye | Ergitme geri dönüşüm | YDA Toplam |
|---|---|---|---|---|
| Ozon | 32 | 135 | -0,012 | 167 |
| NMVOC (metan olmayan uçucu organik bileşikler) | 0,2 | 2,5 | -0,00024 | 2,7 |
| Manganez | 3 | 4,5 | -0,0015 | 7,5 |
| Magnezyum | 200 | 165 | -0,06 | 364,9 |

Şekil 4.9 Valfin havaya Ozon, NMVOC, Manganez ve Magnezyum Emisyonu

Yukarıdaki şekillerde valf üretiminde havaya olan emisyonlar belirtilmiştir. Geri dönüştürme işlemi yapılarak tekrar valf üretimi yapıldığında eksi olarak verilen değerler kadar emisyon salınımı bir önceki salınıma göre azalmaktadır. Ayrıca bu üretim esnasında 13.5 mg'lık Metan gazı emisyonu açığa çıkmaktadır.

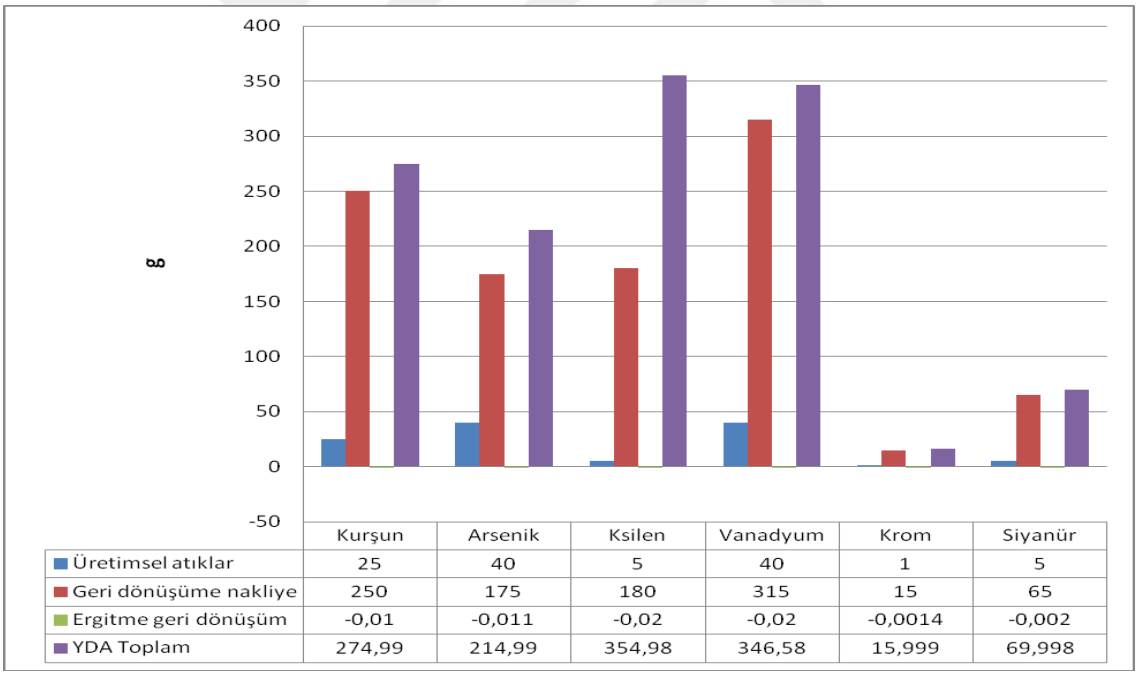
#### 4.4.1.3 Valfin YDA'sı Süresince Suya Olan Emisyonu

Valf üretimi ve geri dönüşümü yapıldığında havaya olan emisyon durumu ile ilgili hususlar grafiklerde belirtilmiştir.




| | Askıda katı madde | Silisyum | Sodyum | Magnezyum | Demir | Bor |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Üretimsel atıklar | 40 | 8 | 8,5 | 50 | 55 | 1 |
| Geri dönüşüme nakliye | 85 | 0,50 | 18 | 180 | 120 | 4 |
| Ergitme geri dönüşüm | -0,006 | -0,09966 | -0,00117 | -0,0145 | -3,11154 | -0,00017 |
| YDA Toplam | 118,09 | 7,36 | 24,99 | 227,9 | 165,64 | 3,98 |

Şekil 4.10 Valfin suya Askıda katı madde, Silisyum, Sodyum, Magnezyum, Demir ve Bor emisyonu




| | Kurşun | Arsenik | Ksilen | Vanadyum | Krom | Siyanür |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Üretimsel atıklar | 25 | 40 | 5 | 40 | 1 | 5 |
| Geri dönüşüme nakliye | 250 | 175 | 180 | 315 | 15 | 65 |
| Ergitme geri dönüşüm | -0,01 | -0,011 | -0,02 | -0,02 | -0,0014 | -0,002 |
| YDA Toplam | 274,99 | 214,99 | 354,98 | 346,58 | 15,999 | 69,998 |

Şekil 4.11 Valfin suya Kurşun, Arsenik, Ksilen, Vanadyum, Krom ve Siyanür emisyonu

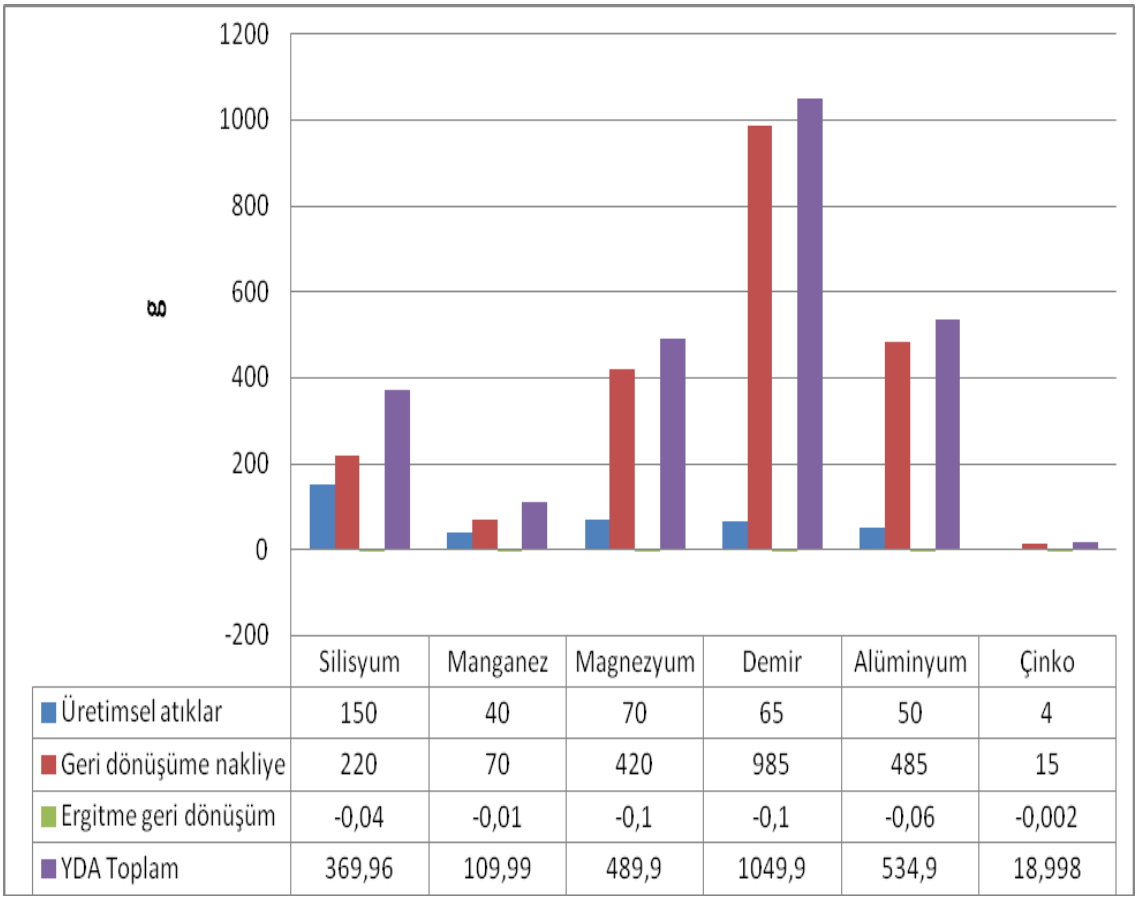
Yukarıdaki şekillerde valf üretiminde suya olan emisyonlar belirtilmiştir. Geri dönüştürme işlemi yapılarak tekrar valf üretimi yapıldığında eksi olarak verilen değerler kadar emisyon salınımı bir önceki salınıma göre azalmaktadır. Ayrıca bu üretim esnasında ısı yayılımı ile kirlenen su miktarı aşağıdaki tabloda belirtilmiştir.

Çizelge 4.14 Valf parçasının üretim ve yaşam döngüsü boyunca suya olan emisyonu

| Madde | Birim | Üretimsel atıklar | Geri dönüşüme nakliye | Ergitme geri dönüşüm | Bertaraf toplam |
|---|---|---|---|---|---|
| Su | $m^3$ | 18 | 180 | -0,01 | 197,99 |
| Isı yayılımı | MJ | 1 | 15 | -0,004 | 15,996 |

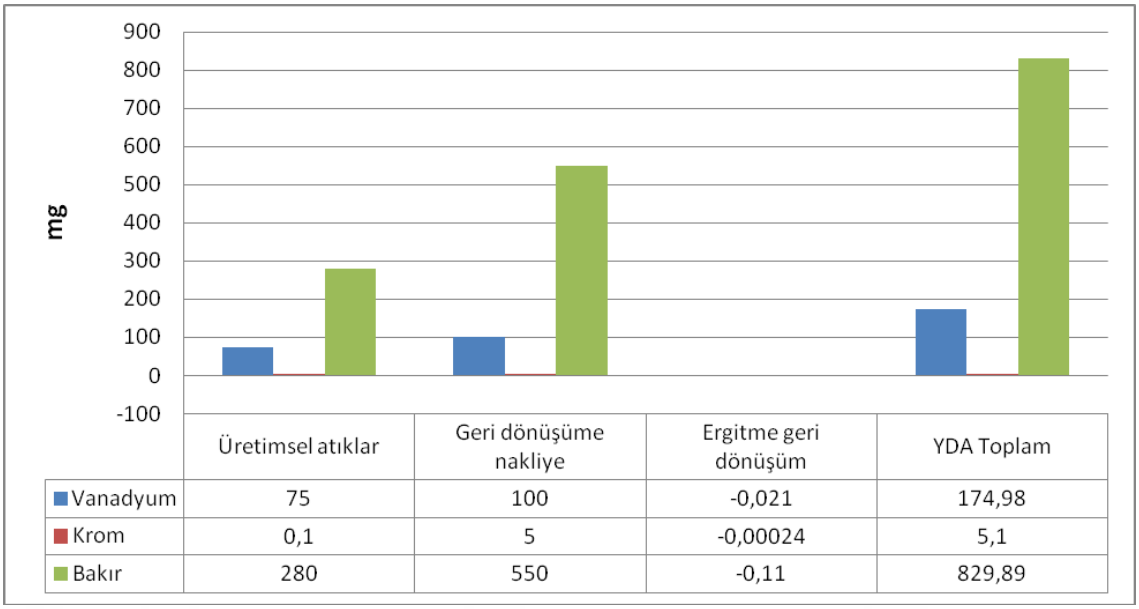
#### 4.4.1.4 Valfin YDA'sı Süresince Toprağa Olan Emisyon

Valf üretimi ve geri dönüşümü yapıldığında havaya olan emisyon durumu ile ilgili hususlar grafiklerde belirtilmiştir.




| | Silisyum | Manganez | Magnezyum | Demir | Alüminyum | Çinko |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Üretimsel atıklar | 150 | 40 | 70 | 65 | 50 | 4 |
| Geri dönüşüme nakliye | 220 | 70 | 420 | 985 | 485 | 15 |
| Ergitme geri dönüşüm | -0,04 | -0,01 | -0,1 | -0,1 | -0,06 | -0,002 |
| YDA Toplam | 369,96 | 109,99 | 489,9 | 1049,9 | 534,9 | 18,998 |

Şekil 4.12 Valfin toprağa Silisyum, Manganez, Demir, Alüminyum ve Çinko emisyonu



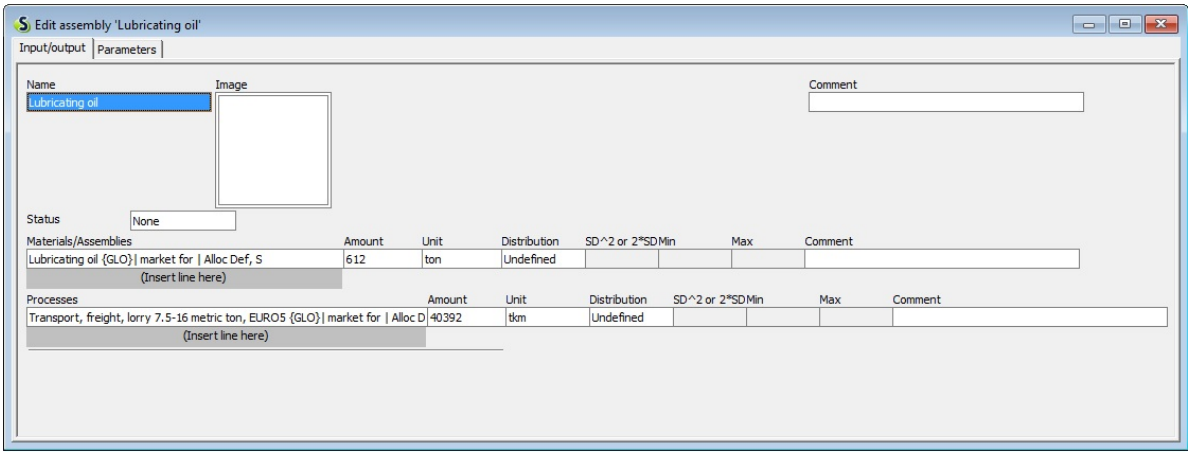

| | Üretimsel atıklar | Geri dönüşüme nakliye | Ergitme geri dönüşüm | YDA Toplam |
|---|---|---|---|---|
| Vanadyum | 75 | 100 | -0,021 | 174,98 |
| Krom | 0,1 | 5 | -0,00024 | 5,1 |
| Bakır | 280 | 550 | -0,11 | 829,89 |

Şekil 4.13 Valfin toprağa Vanadyum, Krom ve Bakır emisyonu

Yukarıdaki şekillerde valf üretiminde toprağa olan emisyonlar belirtilmiştir. Geri dönüştürme işlemi yapılarak tekrar valf üretimi yapıldığında eksi olarak verilen değerler kadar emisyon salınımı bir önceki salınıma göre azalmaktadır.

### 4.4.2 Yağlama Yağının Yaşam Döngüsü Analizi

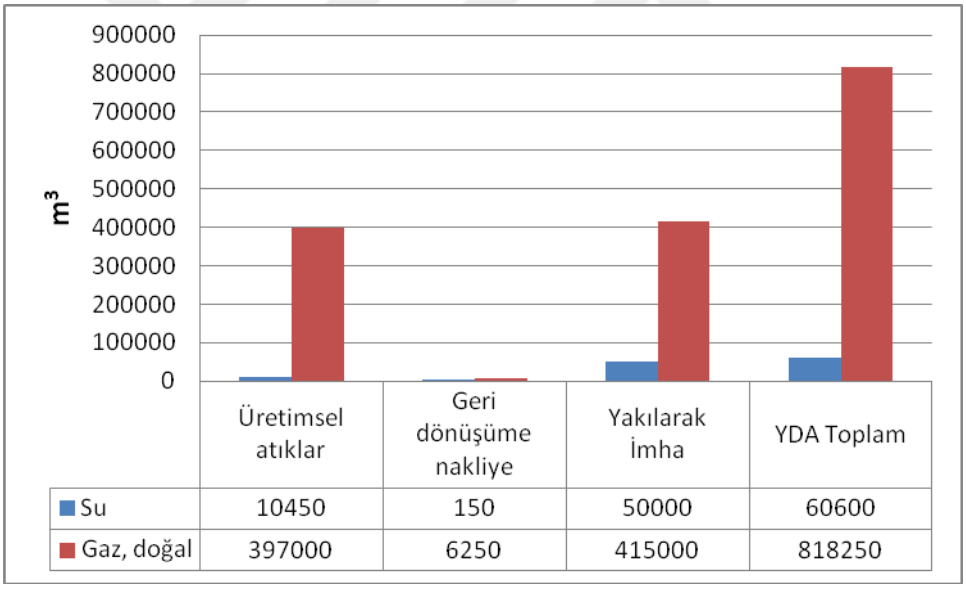
Ana makine ve yardımcı makinede kullanılan yağlama yağı MTU firmasının teknik dökümanlarında belirtilen özelliklere uygun olarak iç piyasadan temin edilmektedir. Yağlama yağı üretiminin Türkiye'de yapıldığı ve atık olarak çıkarıldıktan sonra Afyon'da bulunan Temel Çevre firmasına kategorisine göre gönderilmektedir. Gönderilme işlemi esnasında yağ tankerlerinin 358 km yol gittiği göz önünde bulundurulmuştur. Kategori belirleme işlemi Atık Yağ yönetmeliğinde belirtilen kriterlere göre belirlenmektedir. Atık yağların analizi Milli Savunma Bakanlığı Ankara yağ akredite Laboratuarında yapılmaktadır. Aşağıdaki resim valf parçasının paket programında işlem süreçlerine ait ekran çıktısıdır.




Şekil 4.14 Yağlama yağı için paket programa ait ekran çıktısı

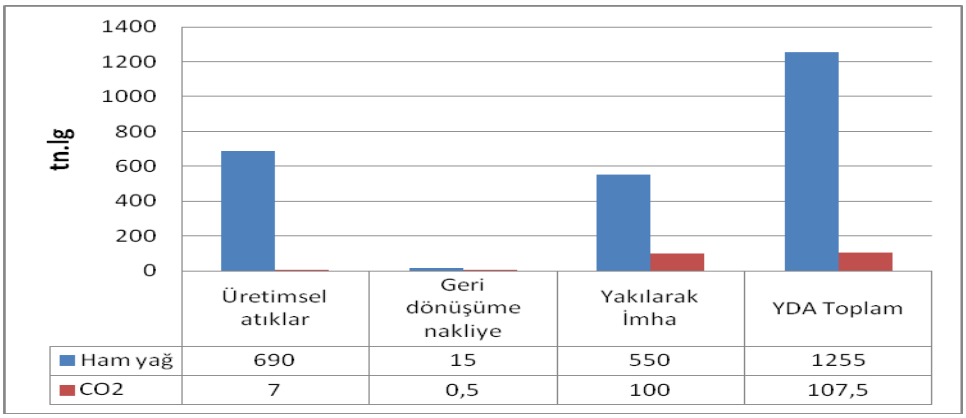
### 4.4.2.1 Yağlama Yağının YDA'sı Süresince Hammadde Kullanımı ve Emisyonu

Yağlama yağı üretimi ve kullanım sonrası bertarafı yapıldığında hammadde kullanımı ve emisyon durumu ile ilgili hususlar grafiklerde belirtilmiştir.




| | Üretimsel atıklar | Geri dönüşüme nakliye | Yakılarak İmha | YDA Toplam |
|---|---|---|---|---|
| Su | 10450 | 150 | 50000 | 60600 |
| Gaz, doğal | 397000 | 6250 | 415000 | 818250 |

Şekil 4.15 Yağlama yağının üretimi ve bertarafı esnasında kullanılan su ve gaz miktarı

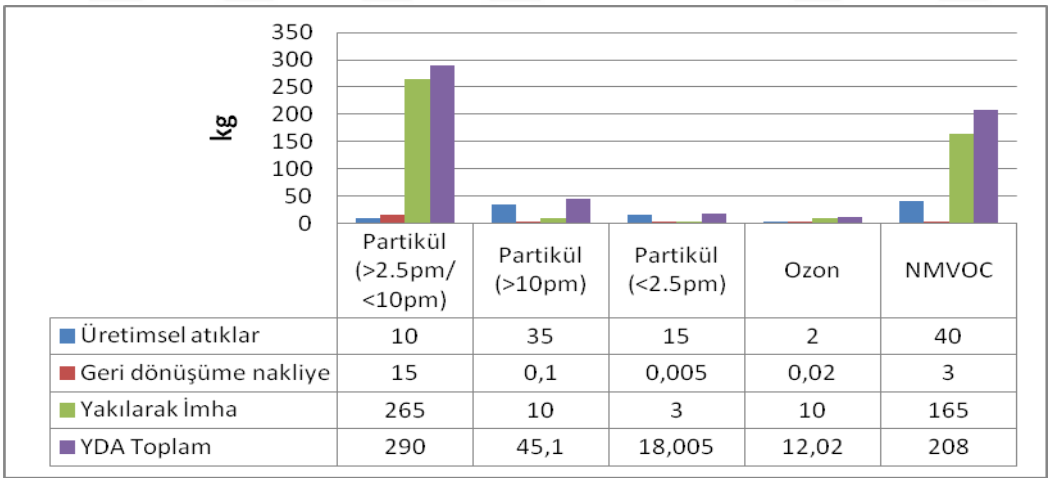



Şekil 4.16 Yağlama yağının üretimi ve bertarafı esnasında oluşan yağ ve $CO_2$ emisyonu

Yukarıdaki şekillerde yağlama yağı üretiminde hammadde kullanım miktarı ve salınım yapana emisyonlar belirtilmiştir. Bertaraf ve nakliye işlemleri ile de ciddi oranda emisyon salınımı olduğu gözlenmiştir. Ayrıca yağlama yağı üretimi esnasında ise 10 $m^{2'}$lik toprak alanı kirlenmiştir.

### 4.4.2.2 Yağlama Yağının YDA'sı Süresince Havaya Olan Emisyonu

Yağlama yağı üretimi ve kullanım sonrası bertarafı yapıldığında hammadde kullanımı ve emisyon durumu ile ilgili hususlar grafik ve çizelgede belirtilmiştir.




Şekil 4.17 Yağlama yağının havaya olan Partikül, Ozon ve NMVOC emisyonu

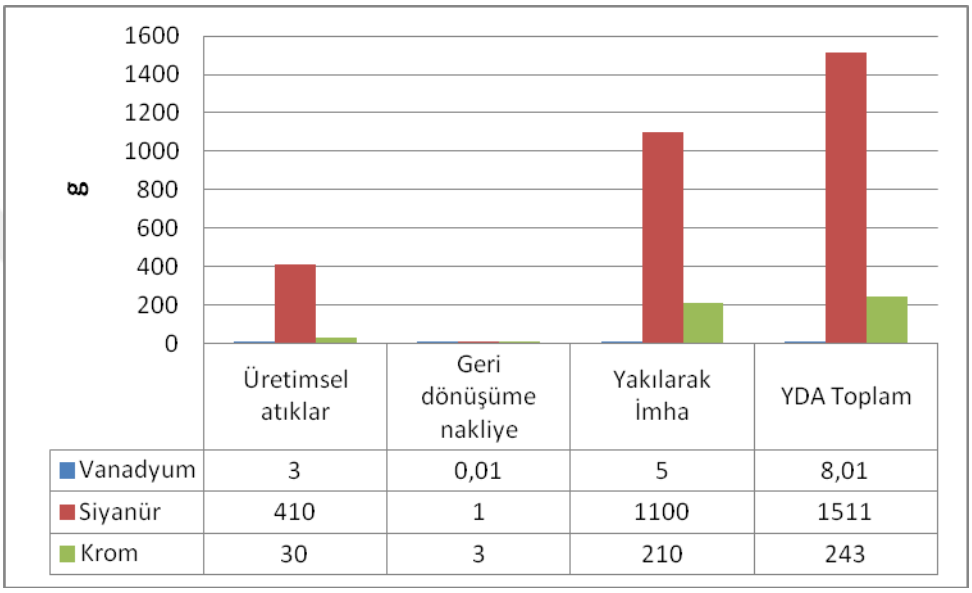
Çizelge 4.15 Yağlama yağının üretim ve yaşam döngüsü boyunca havaya olan emisyonu

| Madde | Birim | Üretimsel atıklar | Geri dönüşüme nakliye | Yakılarak İmha | Bertaraf toplam |
|---|---|---|---|---|---|
| $CO_2$ | tn.lg | 310 | 0,01 | 2 | 312,01 |
| Manganez | g | 125 | 600 | 3 | 728 |
| Magnezyum | g | 300 | 0,5 | 30 | 330,5 |

Yukarıdaki şekillerde yağlama yağı üretiminde ve bertaraf işlemleri esnasında havaya olan emisyonlar belirtilmiştir. Bertaraf ve nakliye işlemleri ile de ciddi oranda emisyon salınımı olduğu gözlenmiştir.

#### 4.4.2.3 Yağlama Yağının YDA'sı Süresince Suya Olan Emisyonu

Yağlama yağı üretimi ve kullanım sonrası bertarafı yapıldığında hammadde kullanımı ve emisyon durumu ile ilgili hususlar grafik ve çizelgede belirtilmiştir.




Şekil 4.18 Yağlama yağının suya Vanadyum, Siyanür ve Krom emisyonu

Çizelge 4.16 Yağlama yağının üretim ve yaşam döngüsü boyunca suya olan emisyonu

| Madde | Birim | Üretimsel atıklar | Geri dönüşüme nakliye | Yakılarak İmha | Bertaraf toplam |
|---|---|---|---|---|---|
| Su | $m^3$ | 710 | 150 | 48500 | 49360 |
| Askıda katı madde | kg | 70 | 0,5 | 125 | 195,5 |
| Silisyum | kg | 2 | 0,05 | 20 | 22,05 |
| Sodyum | kg | 300 | 0,5 | 75 | 375,5 |
| Yağlar | kg | 2 | 0,1 | 20 | 22,1 |
| Magnezyum | kg | 120 | 0,5 | 75 | 195,5 |
| Kurşun | kg | 1,5 | 0,1 | 90 | 91,6 |
| Demir | kg | 700 | 0,5 | 25 | 725,5 |
| Bor | kg | 5 | 0,1 | 5 | 10,1 |
| Alüminyum | kg | 1 | 0,01 | 3 | 4,1 |
| Çinko | kg | 120 | 0,2 | 5 | 125,2 |
| Ksilen | kg | 3 | 0,1 | 2 | 5,1 |
| Voc-uçucu organik bileşikler | kg | 6 | 0,1 | 4 | 10,1 |
| Krom vı | kg | 2 | 0,5 | 2 | 4,5 |
| Isı yayılımı | MJ | 125 | 5 | 500 | 630 |

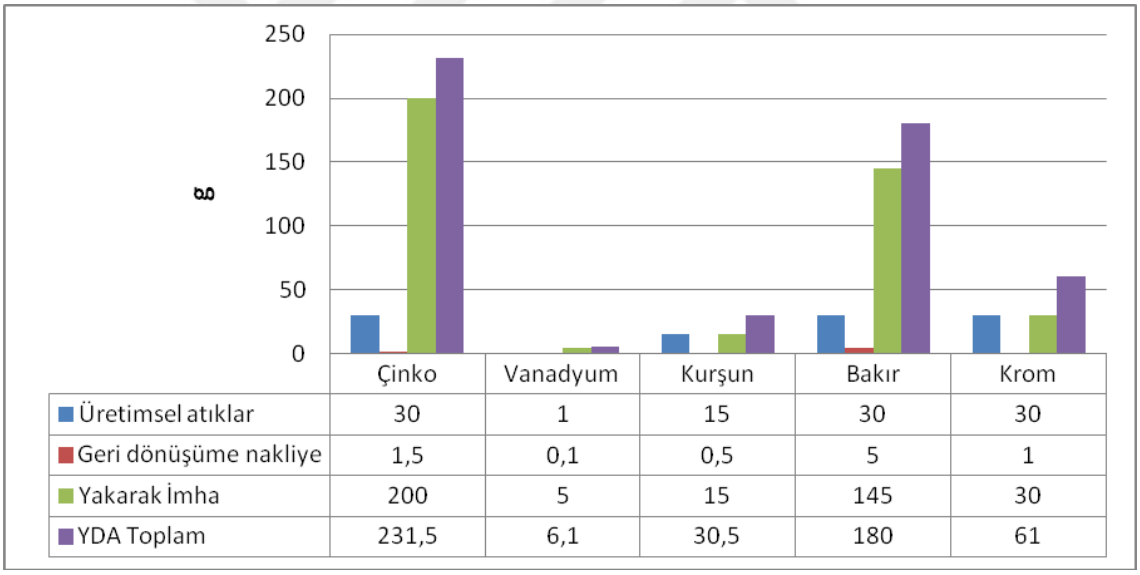
Yukarıdaki şekillerde yağlama yağı üretiminde ve bertaraf işlemleri esnasında suya olan emisyonlar belirtilmiştir. Bertaraf ve nakliye işlemleri ile de ciddi oranda emisyon salınımı olduğu gözlenmiştir.

#### 4.4.2.4 Yağlama Yağının YDA'sı Süresince Toprağa Olan Emisyonu

Yağlama yağı üretimi ve kullanım sonrası bertarafı yapıldığında hammadde kullanımı ve emisyon durumu ile ilgili hususlar grafik ve çizelgede belirtilmiştir

Çizelge 4.17 Yağlama yağının üretim ve yaşam döngüsü boyunca toprağa olan emisyonu

| Madde | Birim | Üretimsel atıklar | Geri dönüşüme nakliye | Yakarak İmha | Bertaraf toplam |
|---|---|---|---|---|---|
| Silisyum | kg | 2 | 0,1 | 10 | 12,1 |
| Yağ | kg | 1 | 0,01 | 2 | 3,01 |
| Manganez | kg | 0,5 | 0,1 | 3 | 3,51 |
| Magnezyum | kg | 0,5 | 0,1 | 5 | 5,6 |
| Demir | kg | 0,5 | 0,1 | 4 | 9,1 |
| Alüminyum | kg | 0,5 | 0,01 | 3 | 3,51 |




| | Çinko | Vanadyum | Kurşun | Bakır | Krom |
|---|---|---|---|---|---|
| Üretimsel atıklar | 30 | 1 | 15 | 30 | 30 |
| Geri dönüşüme nakliye | 1,5 | 0,1 | 0,5 | 5 | 1 |
| Yakarak İmha | 200 | 5 | 15 | 145 | 30 |
| YDA Toplam | 231,5 | 6,1 | 30,5 | 180 | 61 |

Şekil 4.19 Yağlama yağının suya Çinko, Vanadyum, Kurşun, Bakır ve Krom emisyonu

Yukarıdaki şekillerde yağlama yağı üretiminde ve bertaraf işlemleri esnasında suya olan emisyonlar belirtilmiştir. Bertaraf ve nakliye işlemleri ile de ciddi oranda emisyon salınımı olduğu gözlenmiştir.

### 4.4.3 YDA'nın Çevresel Etkisinin Yorumlanması

Ana ve yardımcı makinenin YDA kapsamında oluşan atıklardan yağlama yağı ve valf malzemeleri paket program ile çevresel etkileri incelenmiştir. İnceleme neticesinde valf parçasının YDA perspektifi ile modellenerek geri dönüştürme/yeniden kullanma işlemi yapılmıştır. Tekrar kullanım için ergitme işlemi yapılan valf ile yeniden üretim esnasında yukarıdaki grafik ve çizelgede gösterilmiş olan ilk emisyonlara oranla salınımı azaltıcı yönde etki sağladığı gözlenmiştir.

Paket program yardımıyla çevresel etkisinin incelendiği diğer atık olan yağlama yağının bertarafı yakılarak yapılmıştır. Bu durumun yağın toprağa yada denize atılmasından daha iyi bir çevresel etki yaratmış olmasına rağmen, yakma işleminin çevreye olan emisyonları yukarıdaki grafik ve çizelgelerde gösterilmiştir. Bu kapsamda yağlama yağının inşaat sektörü gibi diğer sektörlerde kullanılabilecek duruma getirmenin yakarak bertarafından daha iyi bir seçenek olacağı değerlendirilmektedir.

## 4.5 Yaşam Döngüsü Maliyet Analizinde Kullanılacak Model ve Maliyet Formülleri

Genel olarak sistem/cihazlara ait maliyet hesabı aşağıda belirtilen maliyet analiz formülleri ile hesaplanmaktadır[35].

Çizelge 2.18 Maliyet Analizi Formülleri

| Sıra No | Maliyet Kategorileri | Karar Verme Metodları (Nicel İfadeler) |
|---|---|---|
| **1** | Toplam Sistem Maliyeti (C) | $C = [ (C_R) + (C_I) + (C_O) ]$ |
| | | $(C_R)$ = Araştırma ve Geliştirme Maliyeti |
| | | $(C_I)$ = Yatırım Maliyeti |
| | | $(C_O)$ = Kullanım ve İdame Maliyeti |
| **2** | Araştırma ve Geliştirme $(C_R)$ | $C_R = [ (C_{RM}) + (C_{RR}) + (C_{RE}) + (C_{RT}) ]$ |
| | | $(C_{RM})$ = Program Yönetimi Maliyeti |
| | | $(C_{RR})$ = İleri Düzeyde Araştırma ve Geliştirme Maliyeti |
| | | $(C_{RE})$ = Mühendislik Bilgileri ve Dizayn Maliyeti |
| | | $(C_{RT})$ = Donanım Geliştirme ve Test Maliyeti |
| **3** | Yatırım $(C_I)$ | $C_I = [ (C_{IM}) + (C_{IC}) + (C_{IL}) ]$ |

Çizelge 3.18 Maliyet Analizi Formülleri(devamı)

| | | |
|---|---|---|
| | | ($C_{IM}$) = Üretim (Sistem/Donanım)<br>($C_{IC}$) = Yapım (İnşaat) Maliyeti (Üretim, test, idame/bakım tesisleri ve hizmetlerle ilgili tüm başlangıç tedarik masraflarını kapsar.)<br>($C_{IL}$) = Başlangıç Lojistik Destek Maliyeti |
| **7** | DKÖT Maliyeti ($C_{OOE}$) | $C_{OOE} = [ (C_{SOE}) + (C_{SIE}) + (C_{SDE}) + (C_{SCE}) ]$ |
| | | ($C_{SOE}$) = Gemi Seviyesi (SEVİYE-1) DKÖT Maliyeti<br>($C_{SIE}$) = Orta Seviyedeki (SEVİYE-2) DKÖT Maliyeti<br>($C_{SDE}$) = Tersane Seviyesindeki (SEVİYE-3) DKÖT Maliyeti<br>($C_{SCE}$) = Sarfedilebilir Malzeme Maliyeti |
| | | $C_{OOE}=[ (C_{AE})*(Q_{AE})+ \Sigma_{I=1}(C_{ME})*(Q_{ME})+ \Sigma_{I=1}(C_{HE})*(Q_{HE})]$ |
| | | ($C_{AE}$) = Malzeme Alım Emrinin Ortalama Maliyeti (Para/Alım emri)<br>($Q_{AE}$) = Malzeme Alım Emrinin Sayısı<br>($C_{ME}$) = DKÖT Maliyeti<br>($Q_{ME}$) = İstenen Parça Miktarı<br>($C_{HE}$) = Malzemenin envanterdeki Bakım Maliyeti (Para/Envanterin Para Değeri)<br>($Q_{HE}$) = Malzemenin Envanterdeki Miktarı |
| **8** | İdame (Bakım) Maliyeti ($C_{OM}$) | $C_{OM} = [(C_{OMM}) + (C_{OMX}) + (C_{OMS}) + (C_{OMT}) + (C_{OMP}) + (C_{OMF}) + (C_{OMD})]$ |
| | | ($C_{OMM}$) = Bakım Personeli ve Destek Maliyeti<br>($C_{OMX}$) = Yedek ve Tamir Parçaları Maliyeti<br>($C_{OMS}$) = DKÖT Bakım Maliyeti<br>($C_{OMT}$) = Ulaştırma ve Taşıma Maliyeti<br>($C_{OMP}$) = Bakım Emniyeti Maliyeti<br>($C_{OMF}$) = Bakım Tesisleri Maliyeti<br>($C_{OMD}$) = Teknik Doküman Maliyeti |
| **9** | Koruyucu/Düzeltici Bakım Maliyeti ($C_{OOS}$) | $C_{OOS} = [(Q_{PA})*(M_{MHP})*(C_{OPP}) + (Q_{PA})*(C_{MHP})]$ |

Çizelge 4.18 Maliyet Analizi Formülleri(devamı)

| | | |
|---|---|---|
| | | ($Q_{PA}$) = Koruyucu/Düzeltici Bakım (MA) Maliyeti<br>($M_{MHP}$) = Koruyucu/Düzeltici Bakım İş Saati / MA<br>($C_{OPP}$) = Koruyucu Bakım İşçilik Maliyeti<br>($C_{MHP}$) = Taşıma/Koruyucu/Düzeltici (MA) Başına Malzeme Maliyeti<br>(Bu hesaplar SEVİYE 1-2-3 seviyeleri için yapılacaktır) |
| **10** | Yedek ve Tamir Parçaları Maliyeti ($C_{OMX}$) | $C_{OMX} = [(C_{SO}) + (C_{SI}) + (C_{SD}) + (C_{SC})]$<br>$C_{SO}$ = Gemi Seviyesi (SEVİYE-1)Yedek ve Tamir Parçaları Maliyeti<br>$C_{SI}$ = Orta Seviyedeki (SEVİYE-2)Yedek ve Tamir Parçaları Maliyeti<br>$C_{SD}$ = Tersane (SEVİYE-3) Seviyesindeki Yedek ve Tamir Parçaları Maliyeti<br>$C_{SC}$ = Sarfedilebilir Malzeme Maliyeti<br>$C_{SO} = [(C_A)*(Q_A)+ \Sigma_{I=1}(C_M)(Q_M)+ \Sigma_{I=1}(C_H)*(Q_H)]$<br>$C_A$ = Malzeme Alım Emrinin Ortalama Maliyeti (Para/Alım emri)<br>$Q_A$ = Malzeme Alım Emrinin Sayısı<br>$C_M$ = Yedek Parça Maliyeti<br>$Q_M$ = İstenen Yedek Parça Miktarı<br>$Q_H$ = Malzemenin Envanterdeki Miktarı<br>$C_H$ = Malzemenin Envanterde Bakım Maliyeti (Para/Envanterin Para Değeri) |
| **11** | DKÖT Donanımı Bakım Maliyeti ($C_{OMS}$) | $C_{OMS} = [(Q_{PAE})*(M_{MHE})*(C_{OPE})+ (Q_{PAE})*(C_{MHE})]$<br>QPAE = DKÖT'ün Koruyucu/Düzeltici Bakım (MA) Miktarı<br>MMHE = DKÖT'ün Koruyucu/Düzeltici Bakım İş saati/MA<br>COPE = DKÖT'ün Koruyucu/Düzeltici Bakım İşçilik Maliyeti (Para/$M_{MHE}$)<br>CMHE = Taşıma/Koruyucu/Düzeltici (MA) Başına Malzeme Maliyeti<br>(Bu hesaplar SEVİYE 1-2-3 seviyeleri için yapılacaktır) |

### 4.5.1 Atık Yağlama Yağı Pürifayeri Sistemi İçin Maliyet Analizi

Çalışmada incelenen ana ve yardımcı makinelerden çıkan atıklardan en önemli ve fazla olanın yağlama yağı olduğu görülmüştür. Simapro ile de çevresel etkileri hesaplanmıştır. Çıkan yağ atıkların yağlama yağı prufayerinden geçirilerek geri dönüştürme işleminin yapılmasının maliyet açısından daha faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

### 4.5.2 Yatırım Maliyeti

Çizelge 4.19 Yatırım Maliyeti

| **Yatırım Maliyeti** | **=** | **Üretim (Sistem/Donanım) Maliyeti** | **Yapım (İnşaat) Maliyeti** | **Başlangıç Lojistik Destek Maliyeti** |
|---|---|---|---|---|
| **$C_I$** | **=** | $C_{IM}$ | $C_{IC}$ | $C_{IL}$ |
| 97.614,32 | = | 97.614,32 | - | - |

Çizelge 4.20 Üretim Maliyeti

| **Üretim Maliyeti** | **=** | **Geri Döndürülemeyen Maliyet** | **Geri Döndürülebilir Maliyet** |
|---|---|---|---|
| **$C_{IM}$** | **=** | $C_{IM}$ | $C_{IC}$ |
| **15.000** | = | 15.000 | - |

Çizelge 4.21 Başlangıç Lojistik Destek Maliyeti

| **Başlangıç Lojistik Destek Maliyeti** | **=** | **Lojistik Program Yönetimi Maliyeti** | **Yedek Parça ve DKÖT Tedariki Bilgi Hazırlama Maliyeti** | **Başlangıç Yedek Parça Tedarik Maliyeti** | **Başlangıç Envanter Yönetimi Maliyeti** | **Teknik Doküman Hazırlama Maliyeti** | **Başlangıç Eğitim ve Eğitim Yrd. Maliyeti** | **DKÖT Tedarik Maliyeti** | **Başlangıç Ulaştırma ve Taşıma Maliyeti** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **$C_{IL}$** | **=** | $C_{ILM}$ | $C_{ILP}$ | $C_{ILS}$ | $C_{ILI}$ | $C_{ILD}$ | $C_{ILT}$ | $C_{ILX}$ | $C_{IC}$ |
| **26800** | = | - | - | 13.800 | - | - | 13000 | - | - |

### 4.5.3 Kullanım ve İdame Maliyeti

Çizelge 4.22 Kullanım ve İdame Maliyeti

| Koruyucu Bakım Maliyeti | = | | Gemi Seviyesi Koruyucu Bakım Maliyeti | Tersane SeviyesiKoruyucu Bakım Maliyeti |
|---|---|---|---|---|
| $C_{oos}$ | = | | $C_{OSO}$ | $C_{OSD}$ |
| 6960 | = | $M_{MHP}$ = Koruyucu Bakım Adam x Saat | 5760 | 1200 |
| | | Koruyucu Bakım Maliyeti | 5760 | 1200 |

### 4.5.4 Toplam Sistem Maliyeti

Çizelge 4.23 Toplam Sistem Maliyeti

| Toplam Sistem Maliyeti | = | Araştırma ve Geliştirme Maliyeti | Yatırım Maliyeti | Kullanım ve İdame Maliyeti |
|---|---|---|---|---|
| C | = | $C_R$ | $C_I$ | $C_O$ |
| 146.374,32 | = | - | 139.414,32 | 6960 |

## 4.6 Geri Dönüşüm Senaryosu Uygulanan Ana ve Yardımcı Makineye İlişkin Geri Dönüşüm Sayesinde Elde Edilen Kazanç

Yağlama yağının geminin üzerinde bulunan atık yağ seperatörü vasıtasıyla ayrıştırma işlemi yapılması durumunda kategorisinin yükseltilebileceği öngörülmektedir. Diğer sektörlerde para karşılığı değeri olan atık yağın mali geri dönüşümü hem çevresel performans açısından hem de mali kazancının olacağı görülmektedir. Aşağıdaki çizelgede hem yağlama yağından hemde hurda atıklardan YDA boyunca elde edilecek kazanç belirtilmiştir.

Çizelge 4.24 Ana ve Yardımcı Makine İçin Geri Dönüşüm Sayesinde Elde Edilen Kazanç

| Sarf Malzeme / Parça Adı | Birim Değişim Miktarı | Birim Fiyatı | Değişim Periyodu | Toplam Değişen Miktar | Elde Edilecek Kazanç [€] |
|---|---|---|---|---|---|
| **Yağ** | ~900 Litre | 0,35 € / l | Her 500 çalışma saatinde | 520000 Litre | 182000 |
| **Hurda Demir** | ~3,2 Ton | 178 € / Ton | 5 yıllık tersane sürecinde | ~72 Ton | 12816 |
| **TOPLAM** | | | | | **194816** |

# BÖLÜM 5

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Gemiler insanoğlu için ticaret, ulaşım ve ülkelerin savunmasını sağlayan en önemli araçlardan biridir. Gemilerin kullanımının başlamasıyla denizcilik sektörü de günden güne gelişim göstererek birçok insana iş imkanı sağlayan büyük bir sektör olmuştur. Çalışmada bir askeri gemiye ait ana ve yardımcı makinenin yaşam döngüsü boyunca atık yönetimi modellenmiştir. Bu modellemede YDA düşünce yaklaşımı kullanılmış ve ana/yardımcı makinenin hem çevresel etkileri bir YDA paket programı ile hesaplanmış hem de maliyet hesabı yapılmıştır.

Askeri gemilerin MARPOL gibi uluslararası sözleşmelerden muaf olmasına rağmen, çevresel endişerin kamuoyunda fazlaca gündeme gelmesi dünya üzerindeki tüm deniz gücüne sahip ülkelerin bu konuda önlemler almasına sebep olmaktadır. Alınan tedbirler ve önlemler hem ulusal hem de uluslararası kanun, yönetmelik ve sözleşmeler paralelinde olmaktadır. YDA perspektifinin, çevresel performansa fayda sağladığı yapılan çalışma ile de gözlenmiş, bunun yanı sıra maliyet analizi ile de ekonomik bir araç olduğu tespit edilmiştir.

MİLGEM projeleri ile askeri gemi inşa sürecinin üstlenildiği göz önünde bulundurulduğunda, YDA düşüncesinin, inşa edilen ve edilmekte olan gemilere uygulanması durumunda hem çevresel hemde ekonomik fayda sağlayacağı değerlendirilmektedir.

“Simapro” isimli paket programı ile ana ve yardımcı makineden çıkan valf parçasının ve atık yağın çevresel etkileri hesaplanmıştır. Valfin ilk üretiminden ve geri dönüştürme ile

nakliyeden kaynaklı çevreye olan emisyonları Bölüm 4'te çizelgeler ve grafikler halinde belirtilmiştir. YDA yaklaşımı kullanılması ile valfin ergitme işlemi yapılmış ve hurda valfin tekrar kullanıma kazandırılması ile de, ilk üretim esnasında çevreye olan emisyonlara olan azaltıcı etkisi olduğu görülmüştür.

Ana ve yardımcı makinelerden çıkan atık yağın ilk üretiminden ve bertaraf işlemi ile nakliyeden kaynaklı çevreye olan emisyonları Bölüm 4'te çizelgeler ve grafikler halinde belirtilmiştir. Yağlama yağının kullanım sonrasında tekrar yağlama yağına dönüştürülme işlemi yapılamamaktadır. Atık yağ analizi yapıldıktan sonra belirlenen kategoriye göre bertarafı veya inşaat sektörü gibi sektörlerde kullanılmak üzere işlem görmektedir. Ana ve yardımcı makineden çıkan yağlama yağı birçok sebepten ötürü genel itibariyle analiz neticesinde KATEGORİ 3 olarak değerlendirilmekte ve yakılarak yada toprağa/denize atılmak suretiyle bertaraf işlemi yapılmaktadır. Atık yağın toprağa yada denize dökülmesi çevreye ciddi zararlar vermektedir. Atık yağın yakılması durumunda nispeten daha iyi çevresel etki almamıza rağmen, yakma işleminden kaynaklı çok fazla emisyon salınımı olmaktadır. Çalışma kapsamında yağlama yağı ile ilgili diğer modelleme işlemi olarak atık yağ seperatöründen yağlama yağının ayrıştırma işleminin yapılması ve kategorilerinin 1 veya 2 seviyelerine getirilmesidir. Bu kapsamda gemide bulunan atık yağ seperatörünün maliyet analizi hesaplanmıştır. Atık yağ seperatörüne ait toplam sistem maliyetinin 146.374,32 Euro ve YDA yaklaşımı çıkan atık yağın geri dönüşümü yapılması durumunda kazanılacak miktarın ise 194,816 Euro olduğu hesaplanmıştır. YDA yaklaşımı ile geri dönüştürülen yağ ile gemide bulunan atık yağ seperatörünün maliyetinin karşılanabildiği görülmüş ve YDA'nın çok karlı bir araç olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Yapılan analizlerde nakliye işleminden kaynaklı emisyonların göz ardı edilemeyecek kadar fazla olduğu gözlemlenmiştir. Gemi inşa sektörünün, geri dönüşüm/yeniden kullanım/bertaraf tesislerine yakınlığının hem çevresel performansa hemde ekonomik duruma olumlu katkı sağlayacağı tespit edilmiştir.

Çalışmada incelenen askeri geminin ana ve yardımcı makinelerinden çıkan atıklardan yağlama yağı ve valfin YDA perspektifi ile modellenmesi neticesinde hem çevryüesel performans hem de ekonomik fayda elde edilmiştir. Askeri gemi üzerinde yüzlerce

sistem/cihaz olduğu düşünüldüğünde askeri geminin tamamına YDA perspektifi uygulanması durumunda daha fazla çevresel performans ve ekonomik fayda elde edileceği değerlendirilmektedir.

## KAYNAKLAR


[1] Fet, A.M.,(2002).”Environmental reporting in marine transport based on LCA”,J. Mar. Des. Oper. BB1:1476–1556.

[2] Finnveden,G., Hauschild,M. , Ekvall,T., Guine´e,J., Heijungs,.R, Hellweg,S., Koehler,A., Pennington,D. ve Suh,S.,(2009) “Recent developments in Life Cycle Assessment”, Journal of Environmental Management, 91: 1–21.

[3] Chatzinikolaou, S.,Ventikos,N., Bilgili,L. ve Celebi,U.B.,(2014) “Ship Life Cycle Green House Gas Emissions”, Journal of Environmental Management, 105: 1–12.

[4] Chatzinikolaou, ve S.,Ventikos,N.,(2015) “Critical analysis of air emissions from ships: life cycle thinking and results” In: Psaraftis,H.N.(Ed.),Green transport logistics: the quest for win-win solutions (Series:International Series in Operations Research&Management Science).Springer,in press.

[5] Bilgili,L., ve Celebi,U.B.,(2015) “Life Cycle Assessment Approach of Waste Management for Ship Operation”, Energy Policy 35:1–12.

[6] Chatzinikolaou, S. ve Ventikos,N.,(2015), ”Holistic framework for studying ship air emissions in a life cycle perspective”, Ocean Engineering 110:113–122.

[7] Bijwaard,G., ve Knapp,S.,(2008), “Analysis of ship life cycles-The impact of economic cycles and ship inspections”, Marine Policy 33: 350-369.

[8] I. S. Carvalho , P. Antão ve C. Guedes Soares, (2011), “Modelling of environmental impacts of ship dismantling”, Ships and Offshore Structures Vol. 6, Nos. 1–2, 161–173.

[9] Chiffi, Cosimo, Fiorello ve Davide, (2009), “Energy intensity of maritime trades: evidences from the EX-TREMIS database”, Energy Policy 37(10): 3752–3757.

[10] Alkaner, S. ve Zhou,P.,(2006), “A comparative study on life cycle analysis of molten carbon fuel cells and diesel engines for marine application”, J.Power Sources 158:188–199.

[11] Bengtsson, S., Andersson, K. ve Fridell,E., (2011), "Life Cycle Assessment of Marine fuels: A Comparative Study of Four Fossil Fuels for Marine Propulsion", Chalmers University of Technology,Gothenburg 10: 82–91.

[12] KAMEYAMA,M., HIRAOKA,K. ve TAUCHI,H., (2001), "Study on Life Cycle Impact Assessment for Ships. Environment and Energy Department", J.Power Sources 15:18–19.

[13] Choia,J., Kelleya,D., Murphyc,S. ve Thangamanib,D., (2015). "Economic and environmental perspectives of end-of-life ship management", Resources, Conservation and Recycling 107, 82–91.

[14] Seoa,Y., Youa,H., Leea,S., Huhb,C. ve Changa,D.,(2015), "Evaluation of CO2 liquefaction processes for ship-based carbon capture and storage (CCS) in terms of life cycle cost (LCC) considering availability" International Journal of Greenhouse Gas Control 35: 1–12.

[15] Vlad,M., (2009) "Development and Aplication of Mathematical Programs for Contribution Analysis in Life Cycle Assessment" Master of Science in Energy and Environment 25: 3–17..

[16] Okasha,N., Frangopol,D. ve Decò,A., (2010) "Integration of structural health monitoring in life-cycle performance assessment of ship structures under uncertainty", Marine Structures 23: 303–321.

[17] NATO, Research and Technology Organisation, Cost Structure and Life Cycle Costs for Military Systems, TR-SAS-058.

[18] Curran, M., (2001), Life Cycle Assessment: Prıncıples And Practıce, Ciccinnati, Ohio.

[19] Brujin, H., Duin, R. ve Lindeijer, E., (2004), Handbook on Life Cycle Assessment, New York..

[20] Göksel,G.N., (2011)" Pratik Yaşam Döngüsü Analizi Klavuzu AB Sürecinde İşletmeler ve Kamu için Yaşam Döngüsü Analizi Yöntem ve Örnekleri", ISBN: 978-975-6180-42-6.

[21] Scrivener, M. ve Carmical, P. (2012), Life Cycle Assessment Handbook, Cincinnati,OH,USA.

[22] BUTEKOM,Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD), www.butekom.org, 25 Mayıs 2016.

[23] Vigon, B., (1994), Life Cycle Assessment Inventory Guidelines and Principles, USA.

[24] MTU, Description And Operation Manual, Diesel Engine 20 V 1193 TB 93, www.mtu-online.com, 12 Mart 2016.

[25] MTU,Description And Operation Manual, Diesel Engine 8 V 396 TB 53, www.mtu-online.com, 15 Mart 2016

[26] MTU, Fluid And Lubricants Specification, All Mtu Series And Common Engines, 15 Mart 2016

[27] T.C. Resmi Gazete, Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesine ait kanun. (4177), 29.08.1996, 3-5

[28] Official Journal of the European Union, Directıve Of The European Parliament And Of The Council, (2008/56), 17.06.2008, 20-24.

[29] T.C. Resmi Gazete, Mücavir Atlantik Deniz Bölgesi, Akdeniz ve Karadeniz'deki Deniz Memelilerinin Korunmasına Dair Anlaşma, (31853594-101-30-3870), 2.12.2015, 1-2

[30] T.C. Resmi Gazete, Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik, (27533), 26.03.2010, 1-11.

[31] T.C. Resmi Gazete, Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, (25777), 05.04.2005, 3-15

[32] T.C. Resmi Gazete, Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği, (25353), 21.01.2004, 12-17.

[33] T.C. Resmi Gazete, Türk Silahlı Kuvvetleri Çevre Denetimi Yönetmeliği, (3212), 7.6.1985, 3-7.

[34] Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik

[35] Yılmaz,B.,"Askeri Gemilerde Yaşam Döngüsünün Operasyonel ve Maliyet Analizi" konulu Yükseklisans Tezi.

# ÖZGEÇMİŞ

**KİŞİSEL BİLGİLER**

**Adı Soyadı** : Ekrem TAMER

**Doğum Tarihi ve Yeri** : 09.11.1985/Gaziantep

**Yabancı Dili** : İngilizce

**E-posta** : ekrem_tamer27@hotmail.com

**ÖĞRENİM DURUMU**

| Derece | Alan | Okul/Üniversite | Mezuniyet Yılı |
|---|---|---|---|
| Lisans | İşletme | Deniz Harp Okulu K.lığı | 2008 |
| Lise | Sayısal | Deniz Lisasi K.lığı | 2004 |

**İŞ TECRÜBESİ**

| Yıl | Firma/Kurum | Görevi |
|---|---|---|
| 2014-2016 | Deniz Harp Okulu Komutanlığı | Enstitü Emrinde Görevlii |
| 2012-2014 | TCG TURGUTREİS Komutanlığı | Yarasavunma Subayı |
| 2010-2012 | TCG TURGUTREİS Komutanlığı | Elektrik Subayı |
| 2009-2010 | TCG ERTUĞRUL Komutanlığı | Yarasavunma Yardımcı Subayı |
| 2008-2009 | Karamürselbey Eğitim Merkezi Komutanlığı | Subay Temel Kursunda Kursiyer |

**YAYINLARI**

**Bildiri**

1. Ekrem Tamer,Levent Bilgili, Uğur Buğra Çelebi, 2016. Waste Management with Life Cycle Analysis Method for Military Ship Machine Systems, Eurasia Waste Management Symposium,2-4 Mayıs 2016, İstanbul-Türkiye.