

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**KİMYASAL TANKER TAHLİYE OPERASYONLARINDA KULLANILAN
KARGO EKİPMANLARININ KRİTİKLİK SEVİYESİNİN ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kenan EVREN

Deniz Ulaştırma Mühendisliği Anabilim Dalı

Deniz Ulaştırma Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2025

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**KİMYASAL TANKER TAHLİYE OPERASYONLARINDA KULLANILAN
KARGO EKİPMANLARININ KRİTİKLİK SEVİYESİNİN ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Kenan EVREN
(512221035)**

Deniz Ulaştırma Mühendisliği Anabilim Dalı

Deniz Ulaştırma Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Tuba KEÇECİ

HAZİRAN 2025

ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY ★ GRADUATE SCHOOL

**CRITICALITY ANALYSIS OF CARGO EQUIPMENT USED IN
CHEMICAL TANKER DISCHARGE OPERATIONS**



M.Sc. THESIS

**Kenan EVREN
(512221035)**

Department of Maritime Transportation Engineering

Maritime Transportation Engineering Programme

Thesis Advisor: Asst. Prof. Tuba KEÇECİ

JUNE 2025

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 512221035 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Kenan EVREN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “KİMYASAL TANKER TAHLİYE OPERASYONLARINDA KULLANILAN KARGO EKİPMANLARININ KRİTİKLİK SEVİYESİNİN ANALİZİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Tuba KEÇECİ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Dr. Öğr. Üyesi Selim AKSOY**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Umut TAÇ
Piri Reis Üniversitesi

Teslim Tarihi : 30 Mayıs 2025
Savunma Tarihi : 20 Haziran 2025





Aileme,



ÖNSÖZ

Çalışmanın yürütülmesi esnasında ilgi ve desteğini üzerimden hiç eksik etmeyen çok değerli tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Tuba Keçeci'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Kimyasal tahliye operasyonlarında kullanılan ekipmanların kritiklik analizi için yapılan anket çalışmasına gösterdikleri destek için ankete katılan tüm Uzakyol Kaptanlara ve Uzakyol 1.Zabıtlara teşekkürü bir borç bilirim.

Mayıs 2025

Kenan Evren
(Uzakyol 1.Zabit)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xvii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xix
ÖZET.....	xxi
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Hedefi	2
1.2 Tezin Sınırları.....	2
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
2.1 Sektörlere Göre Kritiklik Analizinin Yapıldığı Çalışmalar	8
2.1.1 Ulaştırma sektöründe kritik ekipman analizleri	11
2.1.1.1 Denizcilik sektöründe kritik ekipman analizleri	12
3. TANKERLERİN SINIFLANDIRILMASI.....	13
3.1 Tankerlerin Tiplerine Göre Sınıflandırılması.....	14
3.1.1 Gemi tipi 1	14
3.1.2 Gemi tipi 2	14
3.1.3 Gemi tipi 3	15
3.2 Tankerlerin Gövde İnşasına Göre Sınıflandırılması.....	15
3.2.1 Tek cidar	16
3.2.2 Çift cidar	16
3.3 Tankerlerin Boyut ve Tonaj Bazında Sınıflandırılması	16
3.3.1 Tankerlerin tonaj bazında sınıflandırılması	16
3.3.1.1 General purpose (GP) tankerler	16
3.3.1.2 Medium range (MR) tankerler	16
3.3.1.3 Long range (LR) tankerler	17
3.3.1.4 Very large crude carrier (VLCC) tankerler.....	17
3.3.1.5 Ultra large crude carrier (ULCC) tankerler.....	17
3.3.2 Tankerlerin ebat bazında sınıflandırılması.....	17
3.3.2.1 Seawaymax tankerler	17
3.3.2.2 Panamax tankerler.....	17
3.3.2.3 Aframax tankerler	17
3.3.2.4 Suezmax tankerler.....	18
3.4 Tankerlerin Kullanım Alanlarına Göre Sınıflandırılması	18
3.4.1 Petrol tankerleri.....	18
3.4.1.1 Ürün tankerleri	18
3.4.1.2 Ham petrol tankerleri	19
3.4.2 Sıvılaştırılmış gaz tankerleri	19
3.4.2.1 Tam basınçlı gaz tankerleri	19

3.4.2.2 Yarı basınçlı gaz tankerleri	19
3.4.2.3 Etilen gaz tankerleri	20
3.4.2.4 LPG gaz tankerleri	20
3.4.2.5 LNG gaz tankerleri	20
3.4.3 Hidrojen tankerleri	20
3.4.4 Meyve suyu tankerleri	20
3.4.5 Şarap tankerleri	21
3.4.6 Mekik servis tankerleri	21
3.4.7 Kimyasal tankerler	22
4. KİMYASAL TANKER İŞLETMECİLİĞİ	25
4.1 Dünyadaki Kimyasal Tanker Filosu	25
4.2 Operasyon Çeşitleri	27
4.2.1 Tank temizliği	27
4.2.2 Balast operasyonu	28
4.2.3 Yükleme	29
4.2.4 Tahliye	30
4.2.4.1 Kimyasal Reaksiyon ve Termal Tehlikeler	31
5. KİMYASAL TANKER TAHLİYE OPERASYONLARI	33
5.1 Kimyasal Tanker Tahliye Operasyonlarında Kullanılan Ekipmanlar	33
5.1.1 Yük tahliye ve yükleme valfleri	33
5.1.2 Yük sahil bağlama hortumları veya kolları	34
5.1.3 Yük devreleri	34
5.1.4 Yük pompaları	34
5.1.5 Yük tank kapağı salmastrası	35
5.1.6 Yük tankı basınç ve vakum valfleri	36
5.1.7 Yük tankı havalandırma valfleri	36
5.1.8 İnert gaz jeneratörü	38
5.1.9 Yük seviye, sıcaklık ve yağ ölçme ekipmanı	38
5.1.10 Yük ısıtma sirkülasyon pompası	38
5.1.11 Yük ısıtma serpantinleri	39
5.1.12 Çoklu-gaz ölçme ekipmanı	39
5.1.13 %95 Seviye alarm ekipmanı	40
5.1.14 %98 Seviye alarm ekipmanı	40
5.1.15 Elektronik yük izleme ekipmanları	41
5.1.16 Yük hesap bilgisayarı	41
5.1.17 Elektronik balast izleme ekipmanları	42
5.1.18 Balast arıtma ekipmanları	43
5.1.19 Balast valfleri	43
5.1.20 Balast devreleri	43
5.2 Kritiklik Analizi	44
5.2.1 Kritik ekipman tanımı	44
5.2.2 Kritikliğe etki eden faktörler	44
5.2.3 Kritiklik analizinde kullanılan metodolojiler	45
6. YÖNTEM	49
6.1 Kritiklik Analizi	52
7. ANALİZ	55
7.1 Kriter Ağırlık Ölçekleri	55
7.2 Uzman Seçimi ve Anket Çalışması	56
7.3 Uzman Görüşü Ağırlıklandırma	57
7.4 Kimyasal Tanker Tahliyesinde Kullanılan Ekipmanlar	58

8. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	59
8.1 Kargo Ekipmanlarındaki Bir Arızanın Operasyon Sürecine Etkisi Konusunda Yapılan Uzman Değerlendirmeleri	60
8.2 Kargo Ekipmanlarındaki Bir Arızanın Emniyet Üzerindeki Etkisi Konusunda Yapılan Uzman Değerlendirmeleri	61
8.3 Kargo Ekipmanlarındaki Bir Arızanın Yedek Parça/Alternatifinin Gemide Bulunma Durumu Konusunda Uzmanların Değerlendirmeleri.....	61
8.4 Kargo Ekipmanlarındaki Bir Arızanın Mali Değer/Arıza Durumunda Ortaya Çıkacak Tamir Masrafı Düzeyi Konusunda Yapılan Uzman Değerlendirmeleri ..	62
8.5 Ekipman Kritiklik Sınıflandırması	63
9. SONUÇ.....	69
KAYNAKLAR	71
EKLER.....	77
ÖZGEÇMİŞ.....	87





KISALTMALAR

AFRA	: Average Freight Rate Assessment (Ortalama Navlun Oranı Değerlendirmesi)
AHP	: Analytic Hierarchy Process (Analitik Hiyerarşi Süreci)
AIS	: Automatic Identification System (Otomatik Tanımlama Sistemi)
B	: Breadth (Maksimum Genişlik)
BP	: Back-Propagation (Geri Yayılım)
BWM	: Ballast Water Management (Gemi Balast Suyu ve Sedimanlarının Kontrolü ve Yönetimi Hakkında Uluslararası Sözleşme)
BWTS	: Balast Water Treatment System (Balast Suyu Arıtma Sistemi)
CI	: Customer Inconvience (Müşteri Memnuniyetsizliği)
DP	: Dynamic Positioning (Dinamik Konumlandırma)
DT	: Down Time (Arıza Süresi)
DWT	: Deadweight (Ölü Ağırlık)
EC	: Equipment Criticality (Ekipman Kritikliği)
ECI	: Equipment Criticality Index (Ekipman Kritiklik Endeksi)
EI	: Environmental Impact (Çevresel Etki)
FMAGDM	: Fuzzy Multi-Attribute Group Decision Making (Bulanık Çok Kriterli Grup Karar Verme)
FMEA	: Failure Mode and Effect Analysis (Hata Türleri ve Etkileri Analizi)
FMECA	: Failure Mode Effect and Criticality Analysis (Hata Türleri Etkileri ve Kritiklik Analizi)
FPSO	: Floating Production Storage and Offloading (Yüzer Üretim Depolama ve Açık Deniz Gemileri)
FTA	: Failure Tree Analysis (Hata Ağacı Analizi)
GP	: General Purpose (Genel Amaçlı)
GRT	: Gross tonaj
IBC	: International Bulk Chemical (Uluslararası Dökme Kimyasallar)
IG	: Inert Gas (Inert Gaz)
IMO	: International Maritime Organization (Uluslararası Denizcilik Örgütü)
ISM Code	: International Safety Management Code (Uluslararası Emniyetli Yönetim Kodu)

LNG	: Liquid Natural Gas (Sıvılaştırılmış Doğal Gaz)
LPG	: Liquid Petroleum Gas (Sıvılaştırılmış Petrolyum Gaz)
LR	: Long Range (Uzun Menzil)
LTA	: Logic Tree Analysis (Mantık Ağacı Analizi)
MARPOL	: International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (Denizde Kirliliği Önleme Tüzüğü)
MC	: Maintenance Cost (Bakım Maliyeti)
MR	: Medium Range (Orta Menzil)
MTBF	: Mean Time Between Failure (Arızalar Arası Ortalama Süre)
MTS	: Mahalanobis – Taguchi Sistemi
MTTR	: Mean Time To Repair (Onarım İçin Geçen Ortalama Süre)
NOR	: Notice of Readiness (Hazırlık Mektubu)
OCIMF	: Oil Companies International Marine Forum (Petrol Şirketleri Uluslararası Denizcilik Forumu)
P&A	: Procedures and Arrangements (Prosedür ve Düzenlemeler)
P/V	: Pressure/Vacuum (Basınç/Vakum)
PdM	: Predictive Maintenance (Kestirimci Bakım)
PM	: Protective Maintenance (Koruyucu Bakım)
PRISMA	: Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Metanalysis (Sistematik İncelemeler ve Meta Analiz için Tercih Edilen Raporlama Öğeleri)
PROMETHEE	: Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations (Zenginleşen Değerlendirmeler için Tercih Sıralaması)
PSV	: Platform Supply Vessel (Platform İkmal Gemisi)
RPN	: Risk Priority Number (Risk Öncelik Numarası)
RCM	: Reliable Centered Maintenance (Güvenilir Merkezli Bakım)
RTF	: Run To Failure (Arıza Gerçekleşene Kadar Çalıştırma)
RTM	: Real Time Monitoring (Gerçek Zamanlı İzleme)
SOLAS	: Safety of Life at Sea (Denizde Can Güvenliği)
SPM	: Single Point Mooring (Tek Noktalı Bağlama)
TLS	: Tandem Loading System (Tandem Yükleme Sistemi)
TOPSIS	: Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution (İdeal Çözüme Benzerliğe Dayalı Sıralama Tekniği)
ULCC	: Ultra Large Crude Carrier
UNCTAD	: UN Trade and Development (Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı)
VLCC	: Very Large Crude Carrier

VRL : Vapour Return Line (Buhar Dönüş Hattı)





ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Gemi türlerine göre dünya filosu, 2022–2023 (URL-2).....	13
Çizelge 4.1 : Uluslararası Sefer Yapan 3000DWT- 45000 DWT Aralığındaki İşletmeci Şirketler Adına Kayıtlı Kimyasal Tankerlerin Ülkelere Göre Dağılımı	26
Çizelge 5.1 : Kritiklik analizi üzerine yapılan çalışmalar.....	46
Çizelge 7.1 : Ekipman arızasının operasyon sürecine etkisinin değerlendirme ölçeği.....	56
Çizelge 7.2 : Ekipman arızasının emniyet üzerindeki etkisinin değerlendirme ölçeği.....	56
Çizelge 7.3 : Ekipmanın yedek parça/alternatifine erişim ölçeği	56
Çizelge 7.4 : Ekipmanın mali değer/tamir masrafı düzeyi ölçeği	56
Çizelge 7.5 : Uzman Listesi.....	57
Çizelge 7.6 : Ağırlıklandırma	57
Çizelge 7.7 : Kimyasal Tanker Tahliye Ekipmanları Listesi.....	58
Çizelge 8.1 : Arızalanan ekipmanların operasyon sürecine etkisi bakımından uzmanların değerlendirmesi	59
Çizelge 8.2 : Kargo ekipmanlarındaki bir arızanın operasyon sürecine etkisi açısından elde edilen ortalama puanlar	60
Çizelge 8.3 : Kargo ekipmanlarındaki bir arızanın emniyet üzerindeki etkisi açısından elde edilen ortalama puanlar	61
Çizelge 8.4 : Kargo ekipmanlarındaki bir arızanın yedek parça/alternatifinin gemide bulunma durumu açısından elde edilen ortalama puanlar	62
Çizelge 8.5 : Kargo ekipmanlarındaki bir arıza durumunda ortaya çıkacak tamir masrafı düzeyi açısından elde edilen ortalama puanlar	63
Çizelge 8.6 : Kimyasal Tanker Tahliye Ekipmanları Kritiklik Sıralaması.....	64
Çizelge B.1 : Kargo ekipmanlarındaki bir arızanın emniyet üzerindeki etkisi (S) konusunda yapılan uzman değerlendirmeleri.....	84
Çizelge B.2 : Kargo ekipmanlarındaki bir arızanın yedek parça/alternatiflerinin gemide bulunması durumu (A) konusunda yapılan uzman değerlendirmeleri	85
Çizelge B.3 : Kargo ekipmanlarındaki arızanın mali değer/arıza durumunda ortaya çıkacak tamir masrafı düzeyi (V) konusunda yapılan uzman değerlendirmeleri	86



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Literatür araştırması süreci.....	5
Şekil 2.2: VOSviewer kelime öbeği ağ haritası (URL-1).....	7
Şekil 3.1 : Tanker tiplerine göre yük tanklarının görünüşleri (URL-3).....	15
Şekil 4.1 : Uluslararası sefer yapan 3000 DWT- 45000 DWT aralığındaki, işletmeci şirketler adına kayıtlı kimyasal tankerlerin tonajlarına göre dağılımı (URL-7)	25
Şekil 4.2 : Kimyasal Tanker Sayısının İnşa Yıllarına Göre Dağılımı	27
Şekil 5.1 : Yük tahliye valfi (International Chamber of Shipping, 2021)	33
Şekil 5.2 : Yük sahil bağlama kolu (URL-8).....	34
Şekil 5.3 : Tanker yük devresi (URL-9)	34
Şekil 5.4 : Yük pompası (URL-10)	35
Şekil 5.5 : Yük tank kapağı salmastrası (URL-11).....	35
Şekil 5.6 : Yük tankı basınç ve vakum valfleri (International Chamber of Shipping, 2021)	36
Şekil 5.7 : Yük tankı havalandırma valfleri (International Chamber of Shipping, 2021)	37
Şekil 5.8 : İnert gaz jeneratörü (URL-13).....	38
Şekil 5.9 : Yük seviye sıcaklık ve yağ ölçme ekipmanı (URL-15)	38
Şekil 5.10 : Yük ısıtma sirkülasyon pompası (URL-16)	39
Şekil 5.11 : Yük ısıtma serpantinleri (URL-17)	39
Şekil 5.12 : Çoklu-gaz ölçme ekipmanı (URL-18).....	40
Şekil 5.13 : %95- %98 Seviye alarm ekipmanı (URL-19)	40
Şekil 5.14 : Elektronik Yük İzleme Ekipmanları (URL-20).....	41
Şekil 5.15 : Yük hesap bilgisayarı ekran görüntüsü (URL-21)	42
Şekil 5.16 : Elektronik balast izleme ekipmanları (URL-22)	42
Şekil 5.17 : Balast arıtma ekipmanları (URL-23).....	43
Şekil 5.18 : Balast valfi (URL-24).....	43
Şekil 5.19 : Balast devreleri (URL-25).....	44
Şekil 6.1 : RCM Bileşenleri (Afefy, 2010).....	49
Şekil 6.2 : RCM'in Başlıca Adımları (Afefy, 2010)	51
Şekil 6.3 : Ekipman kritiklik seviyesini hesaplamak için belirlenen sınırlar (Afefy, 2010).....	54



KİMYASAL TANKER TAHLİYE OPERASYONLARINDA KULLANILAN KARGO EKİPMANLARININ KRİTİKLİK SEVİYESİNİN ANALİZİ

ÖZET

Uluslararası ticarete önemli bir yere sahip olan denizcilik sektöründe gemi sayısı günden güne artmaktadır. Dünya filo tonajının %34,9'unu oluşturan tanker gemileri, küresel deniz kargo operasyonları içerisinde hayati bir dişli olarak görülebilir. İşlevlerine göre birçok tanker tipi bulunmaktadır. Bunlar arasında en tehlikeli yükleri taşıyan gemi tipi kimyasal tankerlerdir. Kimyasal tankerlerde oluşacak herhangi bir ekipman arızası ciddi sonuçlara yol açabilir.

Kimyasal tanker yük operasyonu sürecini genel olarak “yükleme”, “tahliye” ve “tank temizliği” olarak detaylandırabiliriz. Kimyasal Tanker gemilerinde bir kimyasal yükü tahliye etmek için yük pompaları, yük valfleri ve inert gaz jeneratörü gibi bir çok ekipman kullanılmaktadır. Tüm gemi tiplerinde ekipman bakım tutumu konusu emniyet açısından büyük önem arz etmektedir. Kritik ekipmanların belirlenerek bakım tutumunun sürekli kontrol altında tutulması kimyasal tanker gemileri için de son derece önemli bir husustur.

Kritik ekipmanlar tesis veya operasyon süreci için hayati önem taşıyan ve bir üretim sürecinin temel parçası olan ekipmanlardır. Kritik ekipmanın bozulması veya işlevsiz kalması durumu, büyük bir kaza oluşmasına sebebiyet verebilir. Denizcilik endüstrisinde şirketlerin ekipman kritiklik analizi için kullandıkları standart bir analiz tekniği yoktur. Yapılan literatür araştırmasında, kimyasal tanker yük tahliye operasyonlarında kullanılan ekipmanların kritiklik analizi konusunun işlendiği herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada, denizcilik sektöründe uygulanabilecek, gemi ekipmanlarının kritiklik sınıflandırmasının yapılmasında kullanılabilecek bir tekniğin hangisi olabileceği konusunda araştırma yapılmıştır. Birçok endüstride, operasyon sürecine etki, maliyet değeri, alternatif ekipmana erişim ve emniyete etki olmak üzere dört ana faktörün kritiklik analizlerinde değerlendirme kriteri olarak kullanıldığı gözlemlenmiştir. Afefy Ekipman Kritiklik Sınıflandırması yaklaşımı kullanılarak, kimyasal tanker tahliye operasyonunda kullanılan ekipmanlar için kritiklik analizi yapılmıştır.

Çalışmanın veri toplama aşamasında, kimyasal tanker gemilerinde çalışma tecrübesi olan 1. Zabit ve Kaptanlar ile bir ankete çalışması gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarında, böylesine tehlikeli bir operasyon sürecinde kullanılan ekipmanlar arasında dahi farklı düzeyde kritiklik sınıflandırması tespit edilebildiği görülmüştür.



ANALYSIS OF THE CRITICALITY LEVEL OF CARGO EQUIPMENTS USED IN CHEMICAL TANKER DISCHARGE OPERATIONS

SUMMARY

The number of ships in the maritime sector, which has an important place in international trade, is increasing day by day. Tanker ships, which constitute 34.9% of the world fleet tonnage, can be seen as a vital gear in global maritime cargo operations. There are many types of tankers according to their functions. Among these, chemical tankers carry the most dangerous cargoes. Any equipment failure on chemical tankers can lead to serious consequences.

The process of chemical tanker cargo operation can be generally detailed as “loading”, “discharging” and “tank cleaning”. Many equipment such as cargo pumps, cargo valves and inert gas generators are used to discharge a chemical cargo on chemical tankers. In all types of vessels, equipment maintenance is of great importance in terms of safety. Identifying critical equipment and continuously monitoring maintenance is also an extremely important aspect for chemical tanker vessels.

Critical equipment is equipment that is vital to the plant or operational process and is an essential part of a production process. The failure or malfunction of critical equipment can lead to a major accident. In the maritime industry, there is no standard analysis technique that companies use for equipment criticality analysis. During the literature review, no studies were found that addressed the criticality analysis of equipment used in chemical tanker cargo discharge operations. In this study, research was conducted to determine which technique could be used for classifying the criticality of ship equipment applicable in the maritime industry. It has been observed that in many industries, four main factors, namely impact on the operation process, cost value, access to alternative equipment and impact on safety, are used as evaluation criteria in criticality analysis. Using the Afefy Equipment Criticality Classification approach, a criticality analysis was conducted for the equipment used in chemical tanker discharge operation.

In the data collection phase of the study, a survey was conducted with Chief Officers and Captains who have work experience on chemical tanker ships. The analysis results revealed that even among the equipment used in such a hazardous operational process, different levels of criticality classification could be identified.



1. GİRİŞ

Serbest piyasa ekonomisinde, şirketlerin sürekliliği için temel zorunluluklardan biri minimum maliyet politikasıdır. Bunun yanı sıra, piyasada bulunan şirket sayısının her geçen gün artması, şirketler üzerindeki minimum maliyet baskısının ve kendi aralarındaki rekabetin her geçen gün artmasına neden olmaktadır. Gemilerde operasyon sürecinde kullanılan ekipmanların bakım-tutum planlamasının doğru yapılması hem maliyet etkinliği hem de emniyet ve operasyonel süreklilik açısından son derece etkili bir konudur.

Denizcilik sektöründe, doğru bir bakım-tutum stratejisi belirlenmesi sayesinde personelin, çevrenin, taşınan ürünün ve geminin kendisinin emniyeti sağlanmaya çalışılmaktadır. Tüm bunlar operasyon sürecinde kullanılan donanımın düzgün çalışmasına bağlıdır. Kritik sistem ve ekipmanlarda bakım-tutum yapılmaması ciddi kazalara neden olabileceği gibi seferin aksamasına veya tamamen iptal edilmesine sebep olabilir. SOLAS (Safety of Life at Sea), MARPOL (Marine Pollution), ISM Code (International Safety Management Code) gibi uluslararası düzenlemelerde, bakım tutumun düzenli olarak yapılması ve kayıt altına alınması konusunda yasal gereklilikler sunulmaktadır. Bu konuyla ilgili karşılaşılabilecek uygunsuzluk durumlarında liman devleti kontrollerinde gemiye bazı yaptırımlar getirilebilecek olması da konunun ciddiyetini gözler önüne sermektedir. Bakım tutumun zamanında yapılması, ekipmanın ömrünü uzattığı gibi, oluşabilecek arızaların da önüne geçebilir ve şirketi beklenmeyen onarımların getireceği yüksek maliyetten, personele ve çevreye gelebilecek zarardan da kurtarabilir.

Yukarıda sayılan sebeplerden dolayı, gemi operasyonlarında kullanılan kritik ekipmanların tanımlanması ve bu ekipmanlar için optimum bakımı-tutum stratejisinin belirlenmesi önemlidir. Farklı sektörlerde, operasyon sürecinde kullanılan ekipmanlar için kritiklik analizi yapılmasına rağmen denizcilik sektöründe bu konuda bir eksiklik olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada, kimyasal tanker tahliye operasyonlarında kullanılan ekipmanların kritiklik analizinin yürütülmesinde uygulanabilecek bir yöntemin belirlenmesi ve bu süreçte kullanılan ekipmanların sınıflandırılması

hedeflenmiştir. Uygulama alanı olarak kimyasal tanker gemisinin seçilme nedeni, barındırdığı riskler bakımından diğer gemi tiplerine göre daha riskli olduğunun düşünülmesidir. Yükleme, tahliye ve yıkama gibi birçok riskli operasyon sürecinin yürütüldüğü bu gemi tipinde, özellikle tahliye operasyonları daha fazla risk barındırmaktadır. Ayrıca, kimyasal tanker gemi tiplerinde çok fazla denetleme olmakta ve bu denetlemeler için özellikle daha çok ekipmanın kullanıldığı kritik operasyon olması nedeniyle tahliye operasyonları tercih edilmektedir. Bu nedenlerden uygulama için tahliye operasyon süreci seçilmiştir. Afefy Kritiklik Sınıflandırması yönteminin kullanıldığı bu çalışmada, analiz süreci için veri toplanması aşamasında 1. Zabit ve Kaptanların görüşlerine başvurulmuştur. Kimyasal tankerlerin yük tahliye operasyonlarında kullanılan kritik ekipmanların tanımlanması ve sınıflandırılması sayesinde, optimum bakım-tutum stratejileri belirlemesi konusunda denizcilik şirketlerine yardımcı olacak, çevreye ve insana gelebilecek olası zararları engellemeye yarayacak sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır.

1.1 Tezin Hedefi

Tezin hedefleri aşağıda sunulmaktadır.

- Gemi operasyonlarında kullanılan ekipmanların kritiklik analizinde kullanılacak bir yöntemin belirlenmesi.
- Kimyasal tanker tahliye operasyonlarında kullanılan ekipmanların kritiklik sınıflandırmasının yapılması.

1.2 Tezin Sınırları

Bu tezde yalnızca kimyasal tanker tipi gemilerin tahliye operasyonlarında kullanılan ekipmanların kritiklik analizi yapılmıştır. Analiz süreci için veri toplama işlemi Türk uzmanlar ile gerçekleştirilmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

PRISMA yöntemi, literatür araştırmasının planlanması için uygulanmasının kolaylığından dolayı en yaygın kullanılan literatür araştırma yöntemlerinden biridir (Moher ve diğ, 2009). 1985-1986 yılları arasında önde gelen dört tıp dergisinde yayımlanan 50 derleme makalesi 1987 yılında Cynthia Mulrow tarafından incelenmiştir, sistematik incelemelerin metodolojik kalitesine dair ilk değerlendirme yapılmıştır (Mulrow, 1987). 1996 yılında, klinik çalışmaların meta-analizlerinin raporlanma kalitesini artırmak amacıyla, uluslararası bir grup uzman tarafından QUOROM konferansı düzenlenmiştir. Bu konferans sonucunda, sistematik incelemeler ve meta-analizlerin daha şeffaf ve standart bir şekilde raporlanmasını sağlamak üzere QUOROM kontrol listesi ile birlikte bir akış diyagramı geliştirilmiştir. Diyagramın amacı araştırmacıların hangi çalışmaları neden dahil ettiğini veya dışladığını açıkça göstermektir. QUOROM zamanla birçok tıp ve yaşam bilimleri dergisi için zorunlu hale gelmiştir (Moher ve diğ, 1999). 2009 yılında, sistematik inceleme metodolojisindeki gelişmeleri yansıtmak üzere QUOROM, PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) adıyla güncellenmiştir (Liberati ve diğ, 2009). Bu tezde, literatür araştırması için, sistematik bir yaklaşıma sahip olması nedeniyle PRISMA tekniği kullanılmıştır.

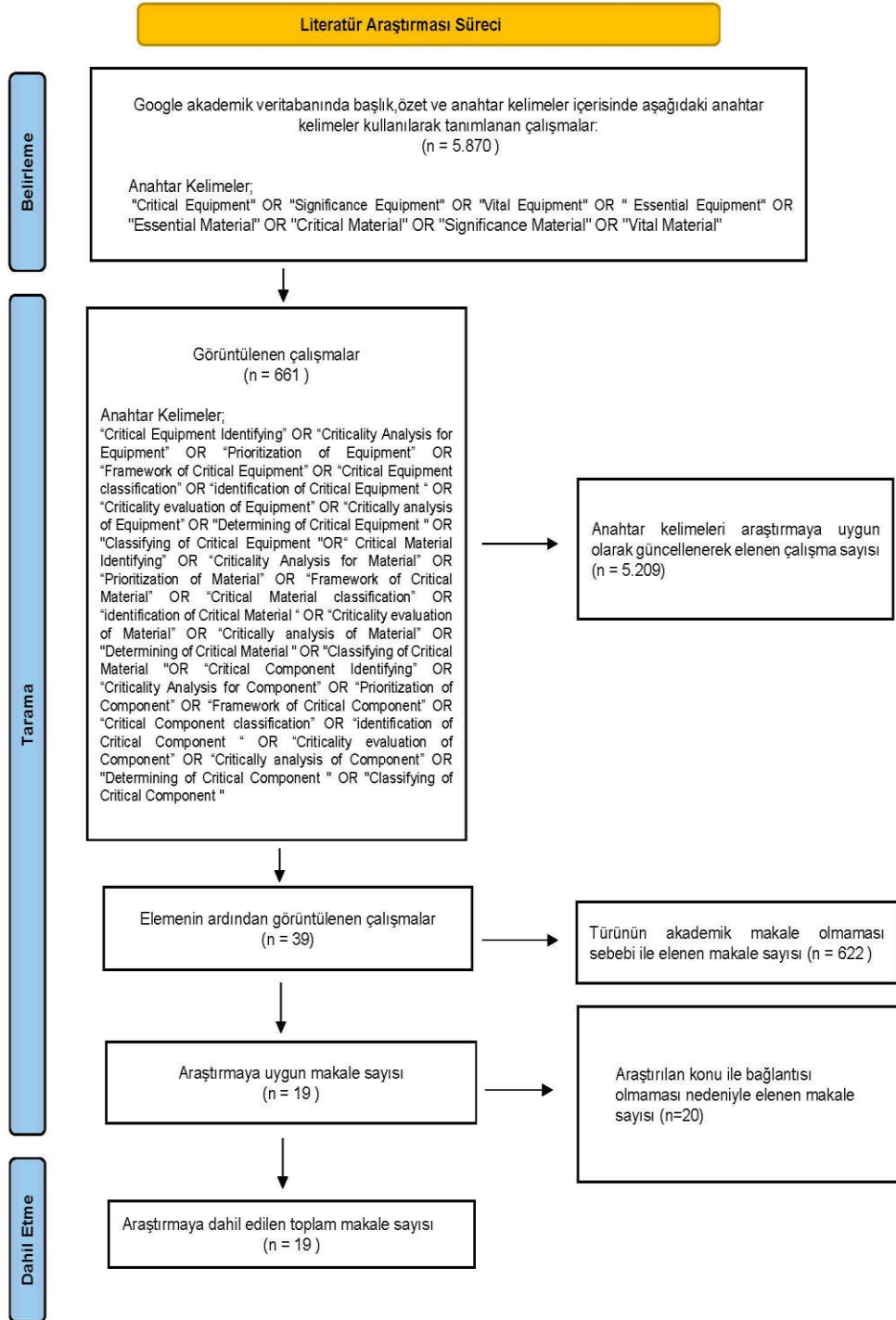
Arama terimi ilk olarak aşağıdaki kelime öbekleri seçilerek bir tarama gerçekleştirilmiştir.

- "Critical Equipment" OR "Significance Equipment" OR "Vital Equipment"
OR " Essential Equipment" OR "Essential Material" OR "Critical Material"
OR "Significance Material" OR "Vital Material"

Google Scholar veri tabanı üzerinden yapılan ön taramada 5870 çalışma olduğu görülmüştür. Ön tarama sonuçlarına göre çalışma sayısının oldukça fazla ve çalışma alanlarının farklı olduğu görülmüştür. Bunun üzerine yeni anahtar kelimeler aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur.

- “Critical Equipment Identifying” OR “Criticality Analysis for Equipment” OR “Prioritization of Equipment” OR “Framework of Critical Equipment” OR “Critical Equipment classification” OR “identification of Critical Equipment “ OR “Criticality evaluation of Equipment” OR “Critically analysis of Equipment” OR "Determining of Critical Equipment " OR "Classifying of Critical Equipment "OR“ Critical Material Identifying” OR “Criticality Analysis for Material” OR “Prioritization of Material” OR “Framework of Critical Material” OR “Critical Material classification” OR “identification of Critical Material “ OR “Criticality evaluation of Material” OR “Critically analysis of Material” OR "Determining of Critical Material " OR "Classifying of Critical Material "OR “Critical Component Identifying” OR “Criticality Analysis for Component” OR “Prioritization of Component” OR “Framework of Critical Component” OR “Critical Component classification” OR “identification of Critical Component “ OR “Criticality evaluation of Component” OR “Critically analysis of Component” OR "Determining of Critical Component " OR "Classifying of Critical Component "

Yapılan bu aramanın sonucunda 661 çalışma elde edilmiştir. Bu 661 çalışmanın türü makale olarak sınırlandırıldığında elde edilen akademik makale sayısının 39 olduğu tespit edilmiştir. 39 makale tek tek incelenerek, bu tezde ele alınan araştırma konusu ile alakalı 19 makale olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 2.1’ de Literatür araştırması sürecine ait akış diyagramı sunulmuştur.

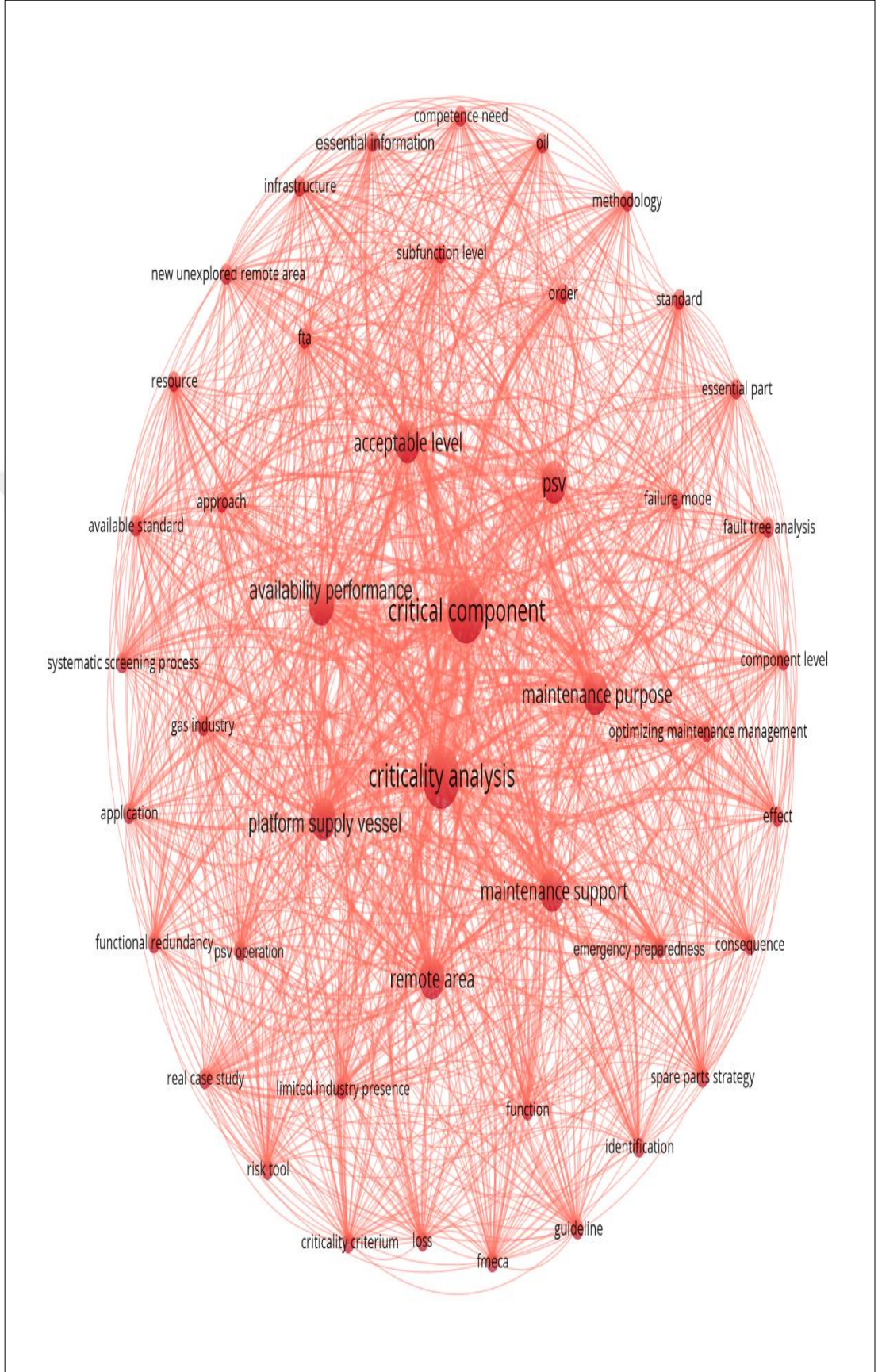


Şekil 2.1: Literatür araştırması süreci.

VOSviewer'ın sosyal medyadaki transkriptler de dahil olmak üzere her türlü ağ verisi için veri görselleştirme ve ağ haritalama konusunda güçlü bir araç olduğu kanıtlanmıştır (Bukar ve diğ., 2023). Elde edilen 19 adet çalışma VOSviewer ile

incelenerek ağ haritası oluşturulmuştur. Şekil 2.2’de VOSviewer kelime öbeği ağ haritası sunulmaktadır. Çalışma özetlerinin ve anahtar kelimelerinin içerisinde en çok kullanılan kelime öbekleri VOSviewer ile incelendiğinde bunların “critical component” ve “criticality analysis” olduğu tespit edilmiştir.





Şekil 2.2: VOSviewer kelime öbeği ağ haritası (URL-1).

Literatür araştırmasının sonucunda birçok endüstriye ait ekipman için kritiklik analizlerinin yapıldığı tespit edilmiştir. Literatür araştırması sonucunda ulaşılan çalışmalar Bölüm 2.'de ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

2.1 Sektörlere Göre Kritiklik Analizinin Yapıldığı Çalışmalar

Llanes ve diğ. (2022) tarımsal endüstrideki bir şeker fabrikasındaki ekipmanlar için en etkili bakım tutum stratejisini belirlemek amacıyla kritiklik analizi gerçekleştirmiştir. Bu süreçte Hata Türleri ve Etkileri Analizi (Failure Mode and Effect Analysis) (FMEA) yöntemini kullanarak belirlenen hata modlarına yönelik risk öncelik sayısının düşürülebileceğini öngörmüştür.

Ağır sanayi endüstrisinde, Khaira ve Dwivedi (2019)'ye göre çok sayıda tesis bulunmaktadır. Bu nedenle, arıza oranlarını azaltmak için kritik ekipmanların belirlenmesinin gerektiğini belirtmişlerdir. Çalışmalarında, birçok araştırmacının, endüstri personeli geri bildirimlerine veya hata olasılıkları gözlemlerine dayanarak bir tesisin belirli bir departmanından kritik ekipmanı seçmek için riske dayalı analiz uyguladığını belirtmiştir. Bunun dışında bir analize ihtiyaç olduğuna değinerek, karar verme (Decision Making) (DM) tekniklerinin genellikle en iyi alternatifleri sağladığını ve etkili bakım tutum stratejilerinin uygulanabilmesi için ilk olarak kritik ekipmanların belirlenmesine ihtiyaç olduğunu vurgulamıştır. Çalışmalarında bir elektrot grafit üretim tesisinde kritik departmanın ve bu departmandaki kritik ekipmanların belirlenmesi için Analitik Hiyerarşi Sürecinden (Analytic Hierarchy Process) (AHP) türetilmiş olan iki aşamalı yeni bir karar verme yaklaşımı belirlemişlerdir. Metodolojiyi doğrulamak için, Zenginleşen Değerlendirmeler için Tercih Sıralaması (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations- PROMETHEE) yöntemi uygulanmıştır. Bu yaklaşımın, elektrot grafit üretim tesisindeki kritik departman ve kritik ekipmanları belirlemeye yardımcı olduğu sonucuna varılmıştır.

Guo ve diğ. (2009) çalışmasında, petrokimya ekipmanlarının kritiklik değerlendirmesi üzerine bir uygulama yapmıştır. Bulanık mantık kullanan yeni bir model geliştirilen çalışma, değerlendirmede etkili faktörler olarak üretim kaybı, güvenlik etkisi, çevre etkisi ve bakım maliyetlerini dikkate almıştır. Çalışmada Hata Türleri ve Etkileri Analizine (FMEA) de değinilmiştir. Ayrıca, değerlendirme kriterleri ve etki faktörü fonksiyonu oluşturulmuştur. Benzer şekilde, bulanık kapsamlı değerlendirmeyi üç

katmanlı geri yayılım (BP) sinir ağı ile birleştiren algoritma incelenmiş olup bu modelin uygulanabilirliği araştırılmıştır.

Hosseini ve diğ. (2021) şirketlerin temel sorunları arasında ekipman bakımının yer aldığına işaret ederek, iş ortamındaki rekabet ve kaynak kısıtlamalarının kontrol edilmesi için kritik ve önemli ekipmanların tanımlanmasının gerekliliğine vurgu yapmıştır. 75 petrokimya endüstri uzmanı ve yöneticisinin saha tecrübeleri ile AHP tabanlı Ekipman Kritiklik Endeksi (ECI) oluşturulmuştur. Ekipman kritikliğini belirlemede zorlayıcı özellikleri ortaya çıkarmış ve bunları AHP ile ağırlıklandırarak endekste kullanmıştır.

Petrokimya sektörüne ait bir başka çalışmada Jaderi ve diğ. (2014) risk değerlendirmesine dayalı bakım-tutum yöntemi kullanarak yedi uzman görüşüyle “operasyonel etki”, “operasyonel esneklik”, “onarım maliyeti” ve “çevre ve insana etki” faktörlerini baz alarak bir formül oluşturmuştur. Bu formül ile İran’daki bir petrokimya şirketinde kritiklik analizi yapılmış, sonuç olarak 22 ekipman arızasından 11 tanesi yarı kritik bulunmuş diğerlerinin kritik olmadığı saptanmıştır.

Afey (2010) sodyum sülfat ve sodyum klorür üreten buhar tesisi bileşenleri için Güvenilirliğe Dayalı Bakıma (Reliability-Centered Maintenance) (RCM) dayalı bir bakım programı oluşturmayı amaçlamıştır. Bu programı oluştururken, sistem seçimi, veri toplama, sistem sınırlarının tanımlanması, kritiklik analizi, fonksiyonel hatalar, arıza modları ve etkileri analizi gibi adımlar takip edilmiştir. Arıza süresini (Down Time) (DT) en aza indirmeyi ve tesis bileşenlerinin kullanılabilirliğini artırmayı hedeflemiştir. Ayrıca, sistem bileşenlerinin yedek parça tüketimini azaltma açısından da fayda sağlanması amaçlanmıştır. Çalışmada Ekipman Kritiklik (equipment criticality) (EC) formülü geliştirilmiştir.

Maphosa ve diğ. (2024) Petrokimya endüstrisinde, uzun süren ekipman arızalarının sektördeki en ciddi zorluk olduğuna değinerek, Sasol Synfuel Katalizör Hazırlama ünitesinde 13 ekipman tanımlamıştır. Jaderi ve diğ. (2014) ve Afey (2010) kritik sınıflandırması olmak üzere iki farklı yaklaşımla analiz gerçekleştirmiştir. Jaderi ve diğ. (2014) kritiklik sınıflandırmasına göre tüm ekipmanlar kritik olmayan ekipman olarak sınıflandırılırken, Afey (2010) yaklaşımında “Arc Fume” ve “Ball Mill” ekipmanlarını en kritik ekipman olarak sınıflandırmıştır. Sonuç olarak , Afey (2010) kritiklik sınıflandırması daha tutarlı bulunmuştur.

Shahri ve diğ. (2021)'nin gaz rafinerisinde etkili bakım tutum stratejisi belirlemek amaçlı yaptığı çalışmada, daha verimli bir bakım yönetimi belirlemek için kritik ekipmanların belirlenmesine yönelik bir çözüm önerisi sunmayı amaçlamıştır. Bu bağlamda, risk matrisi kavramına dayalı olarak analitik hiyerarşi süreci ve bulanık mantık ile entegre bir yaklaşım önerilmiştir. Risk matrisi kavramına göre, ekipmanların kritikliğini belirlemek için arıza sonuçları ve olasılığı olmak üzere iki ana kriter kullanılmış ve bu kriterler girdi olarak kullanılarak, ekipmanların kritikliğini belirlemek için bir bulanık sistem geliştirilmiştir.

Elektrik ve enerji endüstrisinde yapılan literatür araştırmalarına bakıldığında, Jönsson ve diğ. (2008)'nin İsveç'teki bir belediyenin elektrik dağıtım sistemini incelediği görülmektedir. Elektrik gücü dağıtım sistemi üzerine teknik altyapılardaki kritik bileşenlerin ve bileşen kümelerinin belirlenmesi ve sıralanması için yeni bir metot sunmuşlardır. Bir bileşenin ya da bileşen kümesinin kritikliğini, sistemin belirli bir bileşen veya bileşen kümesindeki arızaya karşı savunmasızlığı olarak tanımlayan bu çalışmada, birden fazla eşzamanlı arıza göz önünde bulundurulduğunda kritik bileşenlerin belirlenmesinin giderek zorlaştığı belirtilmiştir ve sunduğu yöntem ile bu problemin üstesinden gelmeyi amaçlamıştır.

Singh ve Kulkarni (2013) kömür bazlı bir enerji santralinin kritik ekipmanlarını belirlemeyi ve kendi aralarında sıralamayı amaçladığı bir çalışma yapmıştır. Kritik ekipmanları belirlemek için çevresel etki (Environmental Impact) (EI), müşteri rahatsızlığı (Customer Inconvenience) (CI) ve bakım maliyeti (Maintenance Cost) (MC) gibi çoklu kriterler belirleyen çalışmada uzman görüşleri alınarak AHP metodu kullanılmıştır.

9921 sistemin analiz edildiği 4 yaşındaki bir enerji üretim santralinde Crespo Márquez ve diğ. (2016)'nin yaptığı çalışmada, mevcut bakım programlarını gözden geçirmek için gerekli ilk adım olan kritiklik analizi için bir temel oluşturmak hedeflenmiştir. Bunun için Fuzzy - AHP metotlarından yola çıkarak yeni bir metot geliştirmiştir.

Medikal endüstride, Taghipour ve diğ. (2011) yapmış olduğu araştırmada, tıbbi cihazları kritikliklerine göre önceliklendirmek için çok kriterli bir karar verme modeli sunmuştur. Hastane bakım-tutum yönetim sisteminden 26 farklı tıbbi cihazın bilgileri alınarak uygulanan bu çalışmada, kritiklik puanı düşük olan cihazlara bakım-tutum yönetimi programında daha düşük bir öncelik verilebileceğine vurgu yapılmaktadır.

Bununla birlikte, kritiklik puanı daha yüksek olan cihazların, daha yüksek puan alma nedenlerini bulmak için ayrıntılı olarak araştırılma yapılması gerektiğinden bahsedilmiştir. Önleyici bakım, kullanıcı eğitimi, cihazın yeniden tasarlanması gibi aksiyonlar alınması gerektiğine değinilmiştir.

2.1.1 Ulaştırma sektöründe kritik ekipman analizleri

Otomotiv sektöründe, Börjesson ve Svensson (2011)'nin Volvo Trucks'ta yaptığı çalışmada, bakım departmanının iş emirleri arasında öncelik sıralaması yapmasına yardımcı olmak ve ekipman kullanılabilirliğini artırmak amacıyla ekipman kritikliğini belirlemek hedeflenmiştir. Çalışmada, FMEA, Ishikawa diagramı, 5G - 5W+1H gibi yöntemler kullanılarak uygun bir yaklaşım bulmak amaçlanmıştır. Ayrıca çalışmada, bunların sonucuna göre bakımın nasıl yapılacağına ve yedek parça envanterinin nasıl kontrol edileceğine ilişkin çalışma rutinleri de önerilmektedir.

Otomotiv sektörüne ait diğer bir çalışma ise Mericia ve diğ. (2017) tarafından gerçekleştirilmiş olan, elektronik yakıt püskürtme sistemli aracın bakım stratejisi üzerine yapılan çalışmadır. Bu çalışma, elektronik yakıt enjeksiyon sisteminin kritik bileşenlerinin hata türleri, etkileri ve kritiklik analizi (FMECA) ile tanımlanması için bir yaklaşım önermektedir.

Havacılık sektöründe, Yang ve diğ. (2021) tarafından yapılan çalışmada, Airbus 320'nin sağ iniş takımları üzerindeki kritik bileşenlerin belirlenmesinde, AHP ve MTS (Geliştirilmiş Mahalanobis-Taguchi Sistemi) kombinasyonu kullanılmış ve ardından, TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution) yöntemi ile bileşenlerin yakınlık dereceleri hesaplanarak sıralama düzenleri oluşturulmuştur. Çalışmada, bu yeni yaklaşım ile kompleks ürünlerin sistem güvenilirliği için kritik bileşenlerin belirlenmesi probleminin etkili bir şekilde çözülebileceği ifade edilmiştir.

Bir diğer havacılık sektörüne ait çalışmada Can ve diğ. (2021), uçaklarda iniş takımlarını açmak gibi kritik fonksiyonları yerine getiren Elektro-Mekanik Aktüatör (Electro-Mechanical Actuators) (EMA)'ler üzerinde gerçekleştirmiştir. Güvenirlilik Merkezli Bakım-Tutum (RCM) analiz uygulaması sırasında Afefy (2010)'in kritiklik formülünden faydalanarak yeni bir RCM analiz uygulama modeli geliştirilmiştir.

2.1.1.1 Denizcilik sektöründe kritik ekipman analizleri

Marhaug ve diğ. (2017) tarafından yapılan araştırmada, Platform ikmal gemilerinin (Platform Supply Vessel) (PSV) bakım-tutum amaçlı kritiklik analizi için herhangi bir standart veya kılavuz bulunmadığı vurgulanmıştır. En kritik bileşenleri belirlemek için Hata Türleri, Etkileri ve Kritiklik Analizi (FMECA) ve Hata Ağacı Analizi (Fault Tree Analysis) (FTA) gibi risk araçları PSV gemisi üzerinde uygulanmıştır.

Muryadin ve diğ. (2023) tarafından yapılan araştırmada, geminin artan yaşı ile birlikte makine sisteminin performansında bir düşüş yaşanacağı belirtilmiş ve bu düşüşün önüne geçmek için gemi makine sisteminin performansını bakım tutum yoluyla korumanın önemine vurgu yapılmıştır. Bunun için hangi ekipman veya bileşenlerin düzenli bakım ve izleme faaliyetine ihtiyaç duyduğunu önceliklendirmek için bir analize ihtiyaç olduğundan bahsederek tüm ekipmanları hiyerarşik bir biçimde sınıflandırmışlardır. Risk matrisine dayalı bir kritiklik analizi gerçekleştirerek, ekipman arıza olasılığına ve sonuç düzeyine göre önceliklendirme yapılmıştır. Elde edilen kritiklik düzeylerine göre hangi ekipmanlara planlı bakım, hangi ekipmanlara plansız bakım yapılacağı belirlenmiştir.

Son olarak, Zhou ve Thai (2016) tanker gemilerinde ekipman arıza tahmini üzerine bir çalışma yapmıştır. Tanker gemilerinde bulunan navigasyon, ana makine, yardımcı makine, hidrolik ve elektrik sistemi dahil olmak üzere 17 sistemin kendi aralarında kritikliğinin derecelendirmesi için geleneksel FMEA yönteminden farklı olarak, arızanın oluşma olasılığı (O), şiddet (S) ve tespit (D) risk faktörleri, dilsel terimler ve bulanık derecelendirmelerle değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, bu çalışmada önerilen bulanık ve gri teorilerin pratik uygulamasının, tahminin güvenilirliğini artırmaya yardımcı olduğu ifade edilmiştir.

Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Tez Merkezi dahil olmak üzere yukarıdaki tüm çalışmalar incelendiğinde, denizcilik alanında ekipman kritiklik analizi yapan çalışma sayısının sınırlı olduğu ve gemi operasyonları sürecine odaklanmış çalışma olmadığı görülmektedir. Etkili bakım tutum stratejisi oluşturabilmek için deniz taşımacılığında önemli rolü olan kimyasal tankerlerin tahliye operasyonlarında kullanılan ekipmanların kritiklik analizi ile ilgili bir boşluğun olduğu da dikkat çekmektedir.

3. TANKERLERİN SINIFLANDIRILMASI

Günümüzde denizcilik sektöründe, özellikle sıvı yük taşımacılığında önemli rol oynayan tankerlerin taşıdığı yükler çeşitlilik arz etmektedir. Bunlar; ham petrol, sıvılaştırılmış doğalgaz, kimyasallar, yemeklik yağlar, şaraplar, meyve suları gibi yüklerdir. Bu yükleri taşıyan tankerler dünya filo tonajının %34,9 unu oluşturmaktadır (URL-2). Çizelge 3.1’de gemi türlerine göre dünya filosu, 2022-2023 yıllarına ait dünya filosu bilgisi sunulmaktadır.

Çizelge 3.1 : Gemi türlerine göre dünya filosu, 2022–2023 (URL-2).

Gemi Türleri	Gösterge	2022	2023
Dökme Yük Gemileri	Bin DWT	947 121	973 743
	Yüzdelik Pay	43.0	42.8
Petrol Tankerleri	Bin DWT	629 890	651 348
	Yüzdelik Pay	28.6	28.7
Konteyner Gemileri	Bin DWT	293 790	305 313
	Yüzdelik Pay	13.3	13.4
Diğer Gemi Türleri	Bin DWT	252 489	260 554
	Yüzdelik Pay	11.5	11.5
Açık Deniz Tedarik	Bin DWT	84 541	86 472
	Yüzdelik Pay	3.8	3.8
Sıvılaştırılmış Gaz Tankerleri	Bin DWT	83 841	88 064
	Yüzdelik Pay	3.8	3.9
Kimyasal Tankerler	Bin DWT	49 842	51 411
	Yüzdelik Pay	2.3	2.3
Diğer/Bilinmeyen	Bin DWT	25 964	26 079
	Yüzdelik Pay	1.2	1.1
Feribotlar ve Yolcu Gemileri	Bin DWT	8 300	8 528
	Yüzdelik Pay	0.4	0.4
Genel Yük	Bin DWT	79 670	81 815
	Yüzdelik Pay	3.6	3.6
Dünya Toplamı	Bin DWT	2 202 961	2 272 772

Diğer endüstriyel ve ticari operasyonların sürekliliğini koruyarak, dünya çapında büyük miktarlarda sıvı yükün taşınmasına yardımcı olan tankerler, tüm küresel deniz kargo operasyonlarında hayati bir dişlidir.

Uluslararası yük taşımacılığı sürecinde kullanılan birçok tanker türü vardır. Bunlar Bölüm 3.1 de açıklanmaktadır.

3.1 Tankerlerin Tiplerine Göre Sınıflandırılması

Tehlikeli sıvı kimyasalları dökme şekilde taşıyan tankerlerin tipleri IBC Kod'a göre gemi tipi 1, gemi tipi 2 ve gemi tipi 3 olmak üzere 3 grupta toplanmıştır (IMO, 2020).

3.1.1 Gemi tipi 1

IBC Kod bölüm 17 de belirtilen, çok ciddi çevresel ve emniyet tehlikeleri olan yükleri taşımak üzere tasarlanmış kimyasal tankerlerdir. Bu tipteki tankerlerin kurallar gereği uymak zorunda olduğu bir dizi zorunluluk vardır. Tip 1 tanker gereksinimleri şunlardır;

Tanklarla ilgili olarak,

- Yan koruma mesafesi: Yan gövde kaplamasından enine uzaklık en az B (Maksimum Genişlik)/5 ya da 11,5 m (hangisi daha azsa) kadar olmalı,
- Dikey alt mesafe: Alt gövde kaplamasının merkez hattındaki kalıp hattından, dikey uzaklık en az $B/15$ ya da 6m (hangisi daha azsa) kadar olmalı,
- Minimum kalınlık mesafesi: Hiçbir yerde 760 mm'den az olmamalıdır.

Bu gereklilik, tank yıkamasından kaynaklanan atık maddelere yönelik tanklar yani slop tanklar için geçerli değildir.

Tip 1 tanker için taşınması gereken yük miktarı herhangi bir tank için 1.250 m^3 'ü geçemez.

3.1.2 Gemi tipi 2

IBC Kod bölüm 17 de belirtilen, kayda değer derecede ciddi çevresel ve emniyet tehlikeleri olan yükleri taşımak üzere tasarlanmış kimyasal tankerlerdir. Bu tipteki tankerlerin kurallar gereği uymak zorunda olduğu bir dizi zorunluluk vardır. Tip 2 tanker tank konumlarıyla ilgili gereksinimler şunlardır:

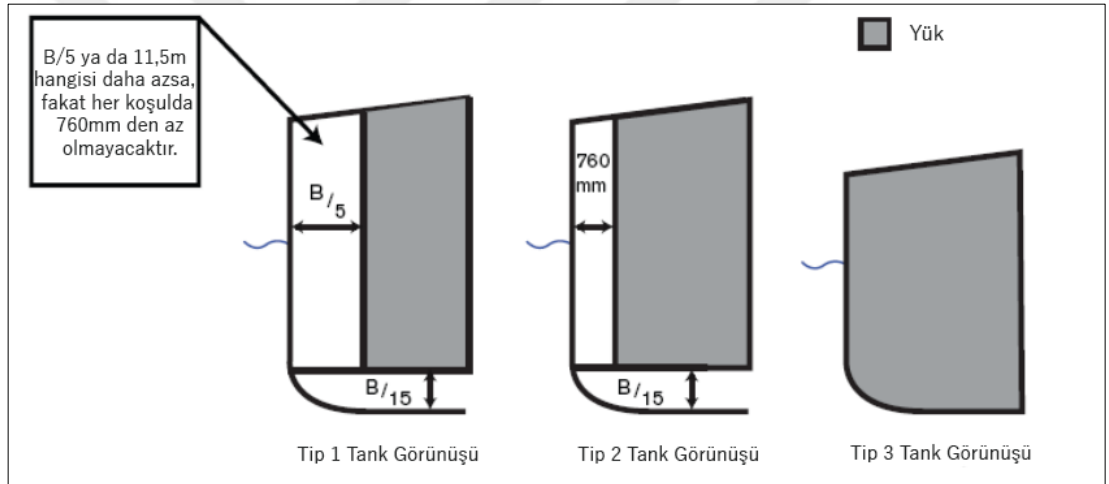
Yan gövde kaplamasından, enine uzaklık en az 760mm, dikey uzaklık en az $B/15$ ya da 6m, (hangisi daha azsa) kadar olmalıdır. Bu gereklilik, tank yıkamasından kaynaklanan atık maddelere yönelik tanklar yani slop tanklar için geçerli değildir.

Tip 2 tanker için taşınması gereken yük miktarı herhangi bir tank için 3.000 m³'ü geçemez.

3.1.3 Gemi tipi 3

IBC Kod bölüm 17 de belirtilen, yeterince ciddi çevresel ve emniyet tehlikeleri olan yükleri taşımak üzere tasarlanmış kimyasal tankerlerdir.

Tip 1 tanker en büyük tehlikeye haiz olduğu kabul edilen yüklerin taşınması için tasarlanmış bir kimyasal tanker olup, tip 2 ve tip 3 görece daha az tehlikeli yükler için sınıflandırılmıştır. Buna göre, tip 1 bir tanker en ağır hasar standardına dayanmalı ve kargo tankları bordada gövde kaplamasından öngörülen en uzak mesafede bulunmalıdır. Şekil 3.2'de Tanker tiplerine göre yük tanklarının görünüşleri sunulmuştur.



Şekil 3.1 : Tanker tiplerine göre yük tanklarının görünüşleri (URL-3).

3.2 Tankerlerin Gövde İnşasına Göre Sınıflandırılması

1992 yılında, Gemilerden Kaynaklanan Kirliliğin Önlenmesine Dair Uluslararası Sözleşme (MARPOL) Ek I'indeki 19. Kurala istinaden, 6 Temmuz 1993'ten sonra sipariş edilen 5.000 DWT (Deadweight) (Ölü Ağırlık) ve üzeri tankerlerin çift gövde veya IMO (Uluslararası denizcilik örgütü) tarafından onaylanmış alternatif bir tasarımla donatılması zorunlu hale getirilmek istenmiştir. Gövde şekline göre tankerler iki kategoriye ayrılmaktadır. IMO almış olduğu kararlarla, yeni inşa edilecek 5000 DWT ya da üzeri tankerlerin çift gövdeye sahip olmasını zorunlu kılmıştır.

3.2.1 Tek cidar

Tek cidarlı bir tankerde deniz ile yükün arasında tankerin yapısı boyunca uzanan sadece bir katman bulunmaktadır ki bu durum deniz ekosistemi ve gemi yapısı için büyük bir tehdide sebebiyet vermektedir. Balast devreleri, yük tanklarının içerisinde geçtiğinden, oluşacak herhangi bir sızıntı bu tip tankerlerde yükün deniz suyu ile karışımı sonucunda yük bozulmalarına kadar varabilecek büyük sorunlara sebebiyet verebilmektedir (URL-4).

3.2.2 Çift cidar

Çift cidarlı tankerler tek cidarlının aksine deniz ile yükün arasında tankerin yapısı boyunca uzanan çift katmana sahiptir. İç ve dış katmanlar tankerin yan kısımlarını ayırdığı gibi taban kısımları boyunca da uzanmaktadır. Bu katmanlardaki boşluk değerlendirilerek geminin dengesi açısından kararlı bir yapıya elverişli olacak şekilde balast tankı olarak kullanılmaktadır. Herhangi bir çatışma ya da kaza durumunda ekosisteme ve yüke daha az hasar verilmesi amacı güdülerek dizayn edilmiş olmalarına rağmen metasantr yüksekliğini azaltması ve ağırlık merkezini yükseltmesi sebebiyle tek cidarlı gemiler kadar stabil değildir (URL-4).

3.3 Tankerlerin Boyut ve Tonaj Bazında Sınıflandırılması

3.3.1 Tankerlerin tonaj bazında sınıflandırılması

Tankerler tonaj bazında ölü ağırlıkları (DWT) baz alınarak sınıflandırılırlar. Bu sınıflandırmaya bağlı olarak aşağıdaki gibi tanımlanırlar (URL-5):

3.3.1.1 General purpose (GP) tankerler

GP Tankerler, 6000 DWT ile 24999 DWT aralığında inşa edilen en küçük tanker sınıfıdır. Rafine edilmiş petrolün yanı sıra birçok sıvı madde taşıyabilirler. Boyutları nedeniyle nehirler ve locklar gibi sığ derinliklerdeki iç su yollarında manevra yapabilirler.

3.3.1.2 Medium range (MR) tankerler

MR Tankerler, 25000 DWT ile 44999 DWT aralığında inşa edilen tanker sınıfıdır. Ancak boyutlarından dolayı dar iç su yollarına girmeleri sınırlı olmaktadır.

3.3.1.3 Long range (LR) tankerler

LR Tankerler, 45000 DWT ile 159999 DWT aralığında inşa edilen tanker sınıfıdır. Ancak boyutlarından dolayı dar iç su yollarına giremezler ve su çekimleri nedeniyle yanaşabileceği limanlar sınırlıdır.

3.3.1.4 Very large crude carrier (VLCC) tankerler

VLCC Tankerler, 160000 DWT ile 319999 DWT aralığında inşa edilen tanker sınıfıdır.

3.3.1.5 Ultra large crude carrier (ULCC) tankerler

ULCC Tankerler, 320000 DWT üzeri inşa edilen tanker sınıfıdır.

3.3.2 Tankerlerin ebat bazında sınıflandırılması

Bu tip tankerlerin, son eklerindeki “-MAX”, belirli kanallarda geçebileceği maksimum boyut sınırıyla ilgilidir.

3.3.2.1 Seawaymax tankerler

Bu tip tankerler, St. Lawrence Denizyolunun dar bir lock sisteminden geçebilecek şekilde dizayn edilmişlerdir. Bu kanaldan geçecek bir geminin maksimum ölü ağırlığı 28.500 tonu, uzunluğu 225,6 m'yi , genişliği 23,8 m'yi, draftı ise 8,1 m'yi aşmamalıdır.

3.3.2.2 Panamax tankerler

Panamax tankerleri, ölçekleri ve özellikleri sayesinde Panama Kanalı'nda yükleme yapabilen ve geçiş yapabilen tankerlerdir. Bu tip tankerler kanalın 320m- 33,5m - 12,5m (Uzunluk - Genişlik - Derinlik) boyutlarına göre dizayn edilmiştir.

3.3.2.3 Aframax tankerler

Bu terim, Shell Oil tarafından 1954 yılında oluşturulan Ortalama Navlun Oranı Değerlendirmesi (Average Freight Rate Assessment) (AFRA) sisteminin adından türemiştir. Aframax tanker boyutları genellikle 120.000 DWT'ye kadardır, maksimum uzunluk 253 m, genişlik 44,2 m ye kadar uzanabilmektedir.

3.3.2.4 Suezmax tankerler

Panamax tankerlerin Panama kanalından geçmek üzere dizayn edilmeleri gibi Suezmax tankerler de Süveyş kanalından geçmek üzere dizayn edilmişlerdir. Ancak Panama kanalının aksine Süveyş kanalında herhangi bir lock sisteminin bulunmaması ölçek olarak daha büyük gemi dizayn edilmesine olanak sağlamaktadır. Maksimum ölçüleri yalnızca 20 metre su çekimi, 68 metre yükseklik ve maksimum 77,5 metre genişlik ile sınırlıdır.

3.4 Tankerlerin Kullanım Alanlarına Göre Sınıflandırılması

Dünya üzerinde birçok farklı sıvı maddenin bulunması, sıvı madde taşımacılığında kullanımlarına göre çeşitli tanker tipleri oluşumuna yol açmıştır. Kullanım alanlarına göre tanker tipleri aşağıdaki gibidir (URL-6):

3.4.1 Petrol tankerleri

Petrol tankerleri isminden de anlaşılacağı üzere petrol ve petrol ürünlerini taşımak üzere dizayn edilmiş tankerlerdir. Petrol tankeri, genel bir terminoloji olup, benzin, kerosen ve parafin gibi birçok petrol türevi ürünleri taşıyabilir.

Petrol Tankerleri, yukarıda bahsedilen petrol bazlı yükleri toplu olarak bir limandan diğerine taşımak için dizayn edilmiştir. Bu tip tankerler ham petrol ürünlerinden rafine edilmiş birçok petrol ürünlerine kadar kapsamlı bir yük çeşidi taşımaktadır. Taşıma kapasiteleri ton ya da DWT cinsinden belirlenir ve 55.000 DWT'den başlayarak 300.000 DWT'nin üzerine kadar çıkabilmektedir.

Günümüzde petrol tankerlerinin devasa taşıma kapasiteleri sayesinde mil başına taşınan DWT artmış ve bu durum sayesinde petrol ürünlerinin taşınması ekonomikleşmiştir.

Petrol taşımacılığı yapan tankerler iki ana türden oluşur. Bunlar ürün tankerleri ve ham petrol tankerleridir.

3.4.1.1 Ürün tankerleri

Ürün tankerleri yukarıda belirtildiği gibi petrol bazlı sıvı yüklerin taşımacılığında kullanılmak üzere dizayn edilmişlerdir.

Ürün Tankerleri, daha çok değişik kalitelerde işlenmiş bir petrolün talep gördüğü yere yakın bir noktaya taşınmasında kullanılır. Boyut olarak kıyaslandığında, işlenmiş petrol yük çeşitleri kapsamlı olduğundan, ham petrol tankerlerine göre ebatları küçüktür.

3.4.1.2 Ham petrol tankerleri

Ham petrol tankerleri genellikle ham petrolün çıkarıldığı alandan işleneceği sanayi tesisi limanına taşınmasında kullanılmaktadır.

Bu tankerler, devasa miktarlarda işlenmemiş ham petrolü, çıkarıldığı alandan petrol işleme rafinerilerine taşımakta olup; burada işlenen petrol ve çeşitli kalitelerdeki yükler daha sonra ürün tankerleri yardımıyla dağıtılmaktadır.

Ham petrol tankerleri diğer petrol tankerleri ile kıyaslandığında boyut olarak çok daha büyüktür.

3.4.2 Sıvılaştırılmış gaz tankerleri

Dökme halde sıvılaştırılmış gaz taşımak için özel olarak dizayn edilmiş tankerlere gaz tankeri denir. Doğada farklı formlarda bulunan birçok gaz çeşidi mevcut olup bu gazları taşımak için özel olarak dizayn edilmişlerdir.

Taşınan sıvılaştırılmış gazın türüne ve taşıma özelliğine göre detaylandırılabilir.

3.4.2.1 Tam basınçlı gaz tankerleri

Bu tip gaz tankerleri, yükü ortam sıcaklığında taşımaktadır. 18 barlık dizayn basıncına sahip, karbon çeliğinden yapılan "C tipi" tankları vardır. Isı yalıtımı gibi bir özelliği bulunmamaktadır. Sıvılaştırılmış gaz, doğrudan geminin pompaları ya da kompresörleri ile taşınabilmektedir. Bu tip gaz tankerlerinin kapasiteleri göreceli olarak daha küçüktür, çünkü dizayn basıncı sebebiyle tanklar son derece ağır olabilmektedir.

3.4.2.2 Yarı basınçlı gaz tankerleri

Yük tankları yapısı itibarıyla tam basınçlı gaz tankerlerine çok benzemekle birlikte 5-7 bar aralığında basınçlandırılarak gaz taşımak üzere tasarlanmışlardır.

3.4.2.3 Etilen gaz tankerleri

Sıvılaştırılmış gaz tankerlerinin bu çeşidi, belirli bir ürün ticareti için üretilmiştir ancak aynı zamanda LPG veya kimyasal gazları taşımak için de gerekli düzenlemeleri mevcuttur. Taşıma kapasiteleri 1000-12000 m³ aralığında olabilmektedir. Diğer gaz tankerleri gibi C Tipi basınç tankları vardır. Ek olarak, ısı yalıtımı ve sıvılaştırma yapabilme imkanları bulunmaktadır.

3.4.2.4 LPG gaz tankerleri

Bu özellikteki sıvılaştırılmış gaz tankerleri düşük sıcaklık ve atmosferik basınçta sıvılaştırılmış gazlar taşımaktadır.

3.4.2.5 LNG gaz tankerleri

LNG Tankerleri, LNG ya da sıvılaştırılmış doğal gaz taşımak için kullanılan tanker gemileridir. LNG tankerleri, taşıdıkları malzemenin kararsızlığı sebebiyle son derece dikkatli ve hassas bir taşıma gerektirmektedir.

LNG (Sıvılaştırılmış Doğal Gaz) tankerleri, LNG taşımacılığı için özel olarak dizayn edilmiştir. Bu gemiler 125.000 m³- 135.000 m³ arasında yük taşıma kapasitesine sahiptir.

LNG yükü -162°C olan kaynama noktasında taşınmaktadır. LNG tankerlerinin bağımsız kargo tankları ya da membran tankları bulunmaktadır.

3.4.3 Hidrojen tankerleri

İsminden de anlaşıldığı üzere, sıvılaştırılmış hidrojen gazlarının taşımacılığında kullanılan özel tankerlerdir. Bu tankerler sıvılaştırılmış hidrojeni taşımak için özel dizayn edilmişlerdir. Başka bir yük taşıyamamaktadırlar.

3.4.4 Meyve suyu tankerleri

Bu tip tankerler sadece meyve sularının taşınması için özel olarak dizayn edilmektedir.

Bu tipteki tankerler, meyve suyunu taze tutmak için soğutma, sıcaklık kontrol cihazı ve depolama altyapılarına sahiptir.

3.4.5 Şarap tankerleri

Bu tip tankerler, sadece özel şarapların taşınması için özel olarak dizayn edilmektedir. Şarap tankerleri, mevcut üretilmiş olan şarapları paketlenmesi amacıyla bir ülkeden başka bir ülkeye taşıyan, sadece şarap taşımacılığında kullanılan tanker türleridir.

3.4.6 Mekik servis tankerleri

Mekik servis tankeri, denizlerdeki petrol arama alanlarına devasa miktarda katkı sağlayan, petrol ve gaz tedarik zincirinde istikrarın korunmasına yardımcı olan bir tanker gemisi türüdür.

Mekik servis tankerleri, ilk kez Kuzey Denizi'nde 1970'lerde okyanus bölgesinde petrol arama çalışmaları başladığında çıkan petrolü kıyılara getirmek amacıyla inşa edilmiştir. Mekik servis tanker gemileri özel ekipmanları sayesinde zorlu okyanus koşullarında kullanılabilir, daha az erişilebilen alanlar için en uygun olan tanker tipidir. Mekik servis tanker gemileri, petrol çıkarma ve aktarma süreçlerinde petrol platformlarına yardımcı olarak, istenmeyen beklemlerin yaşanmasını önlemek üzere özel dinamik konumlandırma sistemleri gibi yardımcı teknik tesislerle donatılmıştır.

Çalışırken stabiliteyi korumak için dinamik konumlandırmanın kullanılması, mekik servis tankerin daha iyi manevra yapmasına olanak sağlamaktadır. Hem kıçta hem de pruvada son teknoloji petrol yükleme-tahliye donanımları ve iticiler ile donatılmıştır. Mekik servis tankerleri yüklerini, yüzer üretim depolama ve açık deniz gemileri (Floating Production Storage and Offloading) (FPSO), Tek Noktalı Bağlama sistemleri (Single Point Mooring) (SPM), Tandem Yükleme Sistemi (Tandem Loading System) (TLS) gibi farklı tesislerden alabilir. Her birinin kendine özgü yapısı ve yöntemi vardır.

Dinamik konumlandırma (Dynamic Position) (DP) aracılığıyla, elektronik olarak tankerin bütün manevralarını kontrol altında tutulabilmektedir. Bilgisayar sistemi aracılığıyla rüzgar tahminleri, gelgit hareketleri ve genel hava koşulları açısından istatistiksel verilere dayalı konumlandırma yapabilmektedir. Böylece geminin daha doğru kontrol edilmesine ve hareket ettirilmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca dinamik konumlandırma sistemleri kendi içerisinde sistemsel güvenilirlik açısından DP-1, DP-2 ve DP-3 olarak 3 gruba ayrılmaktadır.

3.4.7 Kimyasal tankerler

Kimyasal tankerler, dökme haldeki herhangi bir tehlikeli sıvı kimyasalın taşınması için inşa edilmiş ya da uyarlanmış yük gemileridir. Kimyasal tankerlerin, SOLAS Bölüm VIII Kısım B'de ayrıntılı olarak açıklanan çeşitli güvenlik hususlarına uymaları gerekmektedir. Ayrıca, bu bölüme bağlı olarak zorunlu Uluslararası Dökme Kimyasallar Koduna (IBC Kod) da uymaları gerekmektedir.

Birçoğu yanıcı, patlayıcı ve/veya zehirli olan yükler olmasından dolayı kimyasal yükler aşırı tehlikeli olabilmektedir. IBC Kod, bu tür yükler için kimyasal tanker türlerini üç grupta toplamıştır.

Tip 1 kimyasal tankerler, aşırı tehlikeli kimyasal madde yüklerinin herhangi bir kaza veya aksilik durumunda çevreye olabilecek sızıntılarını önlemek maksadıyla maksimum önleyici tedbirler almayı gerektiren, en tehlikeli kimyasal maddeleri taşıyan kimyasal tanker grubudur. Tip 1 kimyasal tankerler, en ağır hasar stabilitesi standardına dayanmalı ve yük tankları dış kaplamadan itibaren maksimum mesafede olacak şekilde yerleştirilmelidir.

Tip 2 kimyasal tankerler, önemli önleyici tedbirler gerektiren ürünleri taşıyan kimyasal tankerlerdir. Kimyasal madde taşıma standartları tip 1'e göre daha hafiftir. Orta derecede çevre ve güvenlik tehlikesi olan kargoları taşımak için tasarlanmıştır. Tanklar, gövdeden itibaren belirtilen minimum mesafenin ötesine yerleştirilmelidir.

Tip 3 kimyasal tankerler, orta derecede muhafaza gerektiren ürünleri taşıyan kimyasal tankerlerdir. Tip 3 tankerlerdeki tankların kargo alanındaki konumları konusunda herhangi bir kısıtlama yoktur ve daha az ciddi çevresel ve güvenlik tehlikesi olan kargoları taşıyabilirler. IBC Kod uyarınca geminin gövdesi, tank yapısının bir kısmını oluşturabilir.

IBC Kod, bir geminin kimyasal tanker olarak sertifikalandırılmadan önce yerine getirmesi gereken gereklilikleri on dört bölümde listelemektedir. Her bölümde, geminin dizayn aşamasında göz önünde bulundurulması gerekli olan seçenekler sunulur. IBC kodun 15. bölümü, yüklere özel olan ve sadece söz konusu yükün taşınması durumunda uyulması gereken özel gereksinimleri içermektedir. Bölüm 16, operatörün sorumluluğunda olan maddeleri ele alırken, Bölüm 17 deniz yoluyla taşınmaya uygun olduğu düşünülen tüm kimyasalları gereksinimlerine göre listelemektedir. Bölüm 17, listelenen her bir kimyasalın taşınması için uyulması

gereken düzenlemeleri ve ekipmanlara ilişkin minimum gereklilikleri de özetlemektedir. Liste, kimyasal tankerler aracılığıyla düzenli olarak taşınan tüm yükleri içerdiğinden emin olmak ve taşıma standartlarının geçerli olduğunu kontrol etmek için IMO tarafından düzenli olarak gözden geçirilmekte ve sürekli olarak güncellenmektedir. Sıvı kimyasal dökme yüklerin güvenli bir şekilde taşınmasıyla ilgili başlıca tehlikeler; yük uyumluluğu, zehirlilik ve yanıcılıkla ilgili olabilmektedir. Her bir yükün, kimyasal tankerin inşasında kullanılan malzemeler ve ekipmanlarla uyumluluk içinde olması önem arz etmektedir. IBC Kod'da, her yüke özel gereksinimler detaylı olarak yer almaktadır. Birbirleriyle tehlikeli şekilde reaksiyona girebilecek yüklerin bitişik yük tanklarında taşınmasına ya da ortak havalandırma, pompalama ve boru sistemleri kullanılmasına izin verilmez. Suyla reaksiyona giren kargoların gemi gövdesine ya da deniz suyu içeren balast tanklarına bitişik olarak istiflenmesine de izin verilmez. Polimerleşebilen, ayrışabilen, kararsız hale gelebilen veya gaz üretebilen ısıya duyarlı yükler, akışkanlığı korumak için ısıtılması gereken yüklerin yanındaki tanklara yüklenmemelidir. Isıya duyarlı kargoların bulunduğu tankların, kargo sıcaklığını sürekli izleyen bir alarm sistemi ile donatılması gerekmektedir. Yüklerin, yükleme ve tahliye işlemleri sırasında çevreye sızma riski oldukça yüksektir. Bundan dolayı mürettebata kimyasal maddelere dayanıklı tulum, çizme ve eldiven sağlanması bir gerekliliktir. Gemi personeline tesir eden bir kaza olması durumunda, suya acil olarak ihtiyaç duyulacağı ön görülmüş ve suyun hemen erişilebilir olması için güvertede duş ve göz yıkayıcıların bulunması kod ile güvence altına alınmıştır.

Taşınan tüm zehirli yükler için panzehirler, IMO tarafından hazırlanan “Tıbbi İlk Yardım Kılavuzuna” uygun olarak kimyasal tankerde mevcut olmalıdır. Yükleme sırasında yük tankından çıkan tüm zehirli buharlar, bir buhar dönüş hattı (Vapour Return Line) (VRL) yoluyla doğrudan kıyıdaki kimyasal madde alım tesislerine doğru havalandırılmalıdır.

Yanıcılık, zehirlilik nedeniyle veya oksijenin yük kalitesini olumsuz yönde etkilemesini önlemek amacıyla, pek çok yükün kontrollü inert bir atmosferde taşınması şart olmaktadır. Bu maksatla genelde tankerlerde kurulu bir nitrojen üretim tesisi bulunur. Yüksek derecede yanıcı gazlar çıkaran yükleri taşırken, kurallar gereği, bu tür yüklerin yanında bulunan tüm elektrikli ekipmanların tehlikeli atmosferlerde kullanılmak üzere özel olarak tasarlanması ve sertifikalandırılması gerekir.

Yük tanklarında oluşan veya yükün çevreye dökülmesi sonucu oluşan yangınlarla mücadele için, yük tankı güvertesi köpük ve yangın ana sistemlerinin bulunması gereklidir. Kullanılan köpük bileşiğı, gemide taşınan yüklerin çoğı ile uyumlu olmalıdır. Yangını söndürmek için köpük ya da suyun uygun olmadığı yükler taşındığında, kuru kimyevi toz gibi alternatif bir yangın söndürme sistemi manifold gibi yangın riskinin yüksek olduğu alanlarda temin edilmelidir.

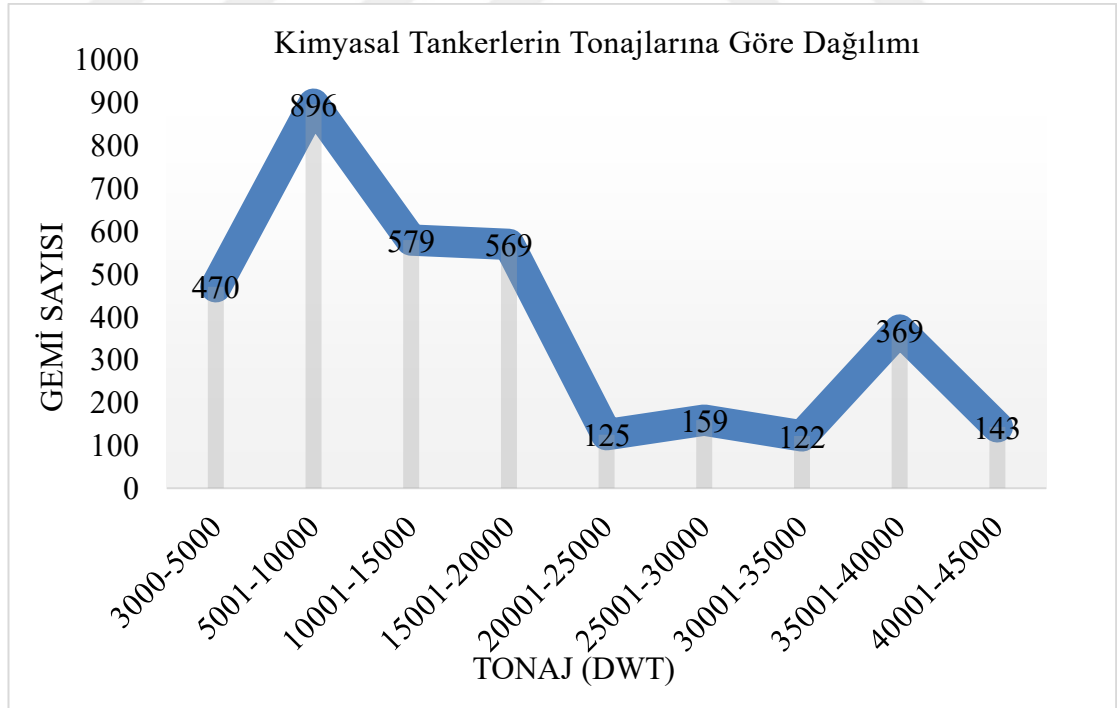
Günümüzde çoğı modern kimyasal tankerlerin özel bir yük pompası odası bulunmamaktadır. Bunun yerine her yük tankına doğrudan uzanan bir derin kuyu yük pompası bulunur. Her pompanın kendine özel boru sistemi ve yük boşaltma manifoldu vardır. Bu düzeneğın en temel avantajı, çok sayıda farklı yükün, eş zamanlı olarak hızlı bir şekilde birbirine karışmadan yükleme ve tahliyesini sağlamasıdır.

Tüm bu bilgilere dayanarak kimyasal tanker operasyonlarının karışık ve detaylı olduğu söylenebilir.

4. KİMYASAL TANKER İŞLETMECİLİĞİ

4.1 Dünyadaki Kimyasal Tanker Filosu

UNCTAD (UN Trade and Development) (Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı) 2023 raporuna göre, tanker piyasası DWT olarak toplam piyasanın yaklaşık %34,9'unu kapsamaktadır. Bu tez çalışması kapsamında, kimyasal tanker filosunu incelemek üzere AIS (Automatic Identification System) (Otomatik Tanımlama Sistemi) bilgilerinden yola çıkılarak inceleme yapılmıştır. 15 Ocak 2024 tarihinde, dünya filusunda tonajı 3000 DWT ile 45000 DWT aralığında olan toplam 3433 adet kimyasal tanker olduğu görülmüştür. Şekil 4.1'de Uluslararası Sefer Yapan 3000 DWT- 45000 DWT aralığındaki, işletmeci şirketler adına kayıtlı kimyasal tankerlerin tonajlarına göre dağılımı gösterilmiştir.



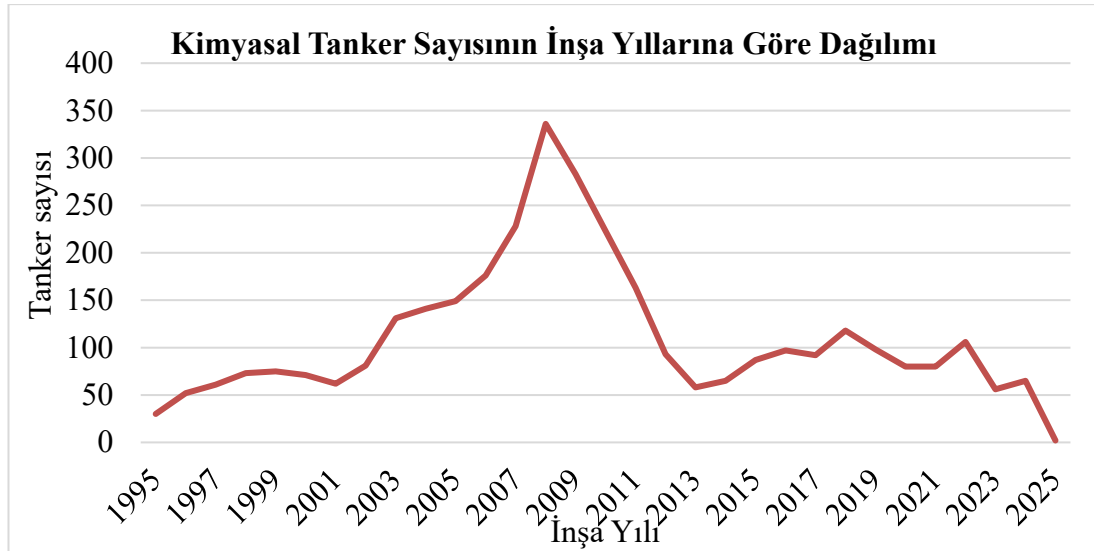
Şekil 4.1 : Uluslararası sefer yapan 3000 DWT- 45000 DWT aralığındaki, işletmeci şirketler adına kayıtlı kimyasal tankerlerin tonajlarına göre dağılımı (URL-7).

Petrol ve kimyasal tankerlerin inşa yılları baz alındığında, 2008-2009 yıllarında inşa edilen kimyasal tanker sayısının diğer yıllara oranla daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Vesselfinder (URL-7) web sitesinden alınan veri kullanılarak oluşturulan Çizelge 4.1’de, uluslararası sefer yapan, tonajları 3000 DWT- 45000 DWT aralığında olan ve işletmeci şirketler adına kayıtlı olan kimyasal tankerlerin ülkelere göre dağılımı gösterilmiştir. Çizelgede yalnızca ilk 10 sırada bulunan ülkelere ait veri sunulmaktadır. Sonuç olarak, Singapur 383 kimyasal tanker ile birinci sırada yer alırken, ülkemizin Çin ve Güney Kore’nin ardından dördüncü sırada yer aldığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.1 : Uluslararası sefer yapan 3000DWT- 45000 DWT aralığındaki işletmeci şirketler adına kayıtlı kimyasal tankerlerin ülkelere göre dağılımı.

Sıra	Ülke	Kimyasal Tanker Sayısı
01	Singapur	383
02	Çin	356
03	G. Kore	220
04	Türkiye	217
05	Yunanistan	206
06	BAE	119
07	Norveç	109
08	Endonezya	105
09	Almanya	97
10	Rusya	86

Şekil 4.2’de, kimyasal tanker sayısının inşa yıllarına göre dağılımı gösterilmektedir. 3000 DWT ile 45000 DWT aralığındaki kimyasal tanker gemilerinin inşa yıllarının 2007, 2008 ve 2009 yıllarında yoğunlaştığı görülmektedir. Bu gemilerin yaşlarının 15-20 yaş aralığında olduğu gözlemlenmiş olup, ayrıca tonajlarının da 5001 DWT ile 10000 DWT aralığında olduğu gözlemlenmiştir. Tüm bu bilgiler ışığında, özellikle dünyadaki kimyasal tanker filosunun yenilenme hızının bu denli düşük olması durumunda, gemilerin yaşlarından dolayı önümüzdeki yıllarda ekipman kaynaklı kazaların artabileceği ön görülebilir.



Şekil 4.2 : Kimyasal tanker sayısının inşa yıllarına göre dağılımı.

4.2 Operasyon Çeşitleri

Kimyasal tankerler, çok sayıda tehlikeli sıvı kargonun tam zamanında taşınmasını gerçekleştirerek, müşteri memnuniyeti konusundaki hedefini yerine getirmektedir. Tankerlerde temel kural, tüm operasyonların yetkin ve profesyonel bir şekilde yürütülmesidir. Kimyasal tankerlerde yükleme, tahliye, tank temizleme, balast alma, balast basma gibi riskli birçok operasyon eş zamanlı olarak gerçekleştirilebilir.

4.2.1 Tank temizliği

Yükleme başlamadan önce yükleme ve kargo devreleri temizlenmeli ve yüklemeye hazır olacak şekilde test edilmelidir. Tank yıkamalarında her gemiye özel Prosedürler ve Düzenlemeler (Procedures & Arrangements) (P&A) Kılavuzu dikkatle incelenmelidir. Bu kılavuzdaki bilgiler doğrultusunda, yıkama operasyonlarının zararlı sıvı maddelerin deniz ortamını tehdit etmeyeceği şekilde gerçekleştirilmesi önemlidir. Kimyasal tankerlerin tank yıkamalarıyla ilgili Birleşmiş Milletler tarafından Türkiye'nin de taraf olduğu MARPOL isminde deniz kirliliğini önlemek amacı ile bir sözleşme imzalanmıştır. Özellikle deniz yoluyla taşınan kimyasal maddelerin yıkanması ile ilgili olarak MARPOL Annex II (Ek-2) de uyulması gereken bazı kuralları vardır. Buna göre bazı özel sahalarda tank yıkama sularının denize basılması yasaktır. MARPOL Annex II' ye göre yükler X, Y, Z ve diğer maddeler olarak sınıflandırılmıştır (IMO, 2022).

Kategori X: Tank temizleme veya balast boşaltma operasyonları sırasında denize boşaltıldığında deniz kaynaklarına ya da insan sağlığına büyük tehlike oluşturduğu kabul edilen ve bu nedenle deniz ortamına boşaltılmasının yasak olduğu zararlı sıvı maddeler gurubudur.

Kategori Y: Tank temizleme veya balast boşaltma operasyonları sırasında denize boşaltıldığında deniz kaynaklarına veya insan sağlığına tehlike oluşturduğu kabul edilen, bu nedenle deniz ortamına boşaltılmasının sınırlandırmalara tabi olduğu zararlı sıvı maddeler gurubudur.

Kategori Z: Tank temizleme veya balast boşaltma operasyonları esnasında denize boşaltıldığında deniz kaynaklarına veya insan sağlığına küçük bir tehlike oluşturduğu kabul edilen ve dolayısıyla deniz ortamına boşaltılmasının kurallar çerçevesinde daha az sıkı olduğu zararlı sıvı maddeler gurubudur.

Diğer Maddeler: X, Y veya Z kategorisinin dışında kaldığı tespit edilen maddeler, tank temizleme veya balast boşaltma operasyonlarında denize boşaltıldığında deniz kaynaklarına, insan sağlığına veya denizin diğer meşru kullanımlarına zarar vermeyeceği kabul edilen maddelerdir.

Kurallar çerçevesinde yapılan tank yıkama operasyonlarında birçok faktör rol oynar. Kimyasal tankerlerde tank yıkama operasyonları en iyi kir çözücü olması ve bol bulunması sebeplerinden dolayı deniz suyu ile gerçekleştirilmektedir. Bazı özel durumlarda IMO tarafından onaylanmış kimyasal deterjanlar da tank yıkama operasyonu işlemi sırasında kullanılabilir. Günümüzde tank yıkama operasyonları tank yıkama ekipmanları sayesinde kolayca yapılabilir.

4.2.2 Balast operasyonu

Balast ya da balast suyu, stabilizeyi sağlamak için bir gemi tarafından balast tanklarında taşınan deniz suyuna verilen isimdir. Balast alma ya da balast basma, gemi limanda ya da denizde iken deniz suyunun gemiye alınması ve gemiden atılması işlemidir.

Panama kanalı ve Süveyş Kanalı gibi herhangi bir kanalı geçmek için, kargo yüklemek veya boşaltmak için, geminin dengesinin ve su çekiminin istenen düzeyde tutulması amacıyla balast alma veya balast boşaltma işlemi yapılmaktadır. Gemide yük taşınmadığı durumlarda geminin ağırlığı hafiflediği için ve bu da geminin stabilitesini

olumsuz etkileyeceği için, balast tanklarına deniz suyu alınarak gemi dengesi stabil hale getirilmektedir. Bu tankların görevi sadece deniz suyu basmak veya boşaltmaktır. Balast tankları, balast pompaları aracılığıyla doldurulur ve bu işleme balast alma operasyonu adı verilir.

Gemiye yük yüklendiğinde ise geminin dengesi yükün kendi ağırlığı ile sağlanır. Bu durumda balast suyuna gerek duyulmaz. Yükleme esnasında balast tanklarındaki deniz suyu boşaltılır. Bu işleme balast basma adı verilmektedir.

Gemiler sürekli olarak balast alıp basmaktadırlar. Bu durum sadece deniz suyunun değil aynı zamanda küçük mikroorganizmaların da bir yerden başka yere taşınması anlamına gelmektedir. Deniz ekosistemi üzerinde zararlı etkiler oluşturabilecek olan bu operasyonla ilgili bir düzenleme yapılması amacıyla, IMO tarafından 2004 yılında Ballast Water Management sözleşmesi (BWM) kabul edilmiştir. 400 GRT (gross ton) ve üzeri her gemi için balast suyu yönetim planı uygulamaya konulmuştur. Balast suyu yönetim planı arıtma metotlarını da kapsamalıdır. Bu yönetmelik kapsamında balast suyunu arıtmak için gemilerde balast suyu arıtma tesisi bulunmaktadır. Balast Suyu Arıtma Sistemi (Ballast Water Treatment System) (BWTS), balast suyundaki zararlı mikroorganizmaları etkisiz hale getirmek için tasarlanmış bir sistemdir.

4.2.3 Yükleme

Kimyasal tankerler, denizcilikte kullanılan diğer gemi tiplerinde olduğu üzere bir limana vardıklarında yükleyeceği yükün ismi, yüklenecek yükün miktarı ve yüklemeye hazır olunan tarih ve zamanın belirtildiği, hazırlık mektubu (Notice of Readiness) (NOR) verirler. Geminin limana yanaşması ile birlikte yüklemenin başlayabilmesi için birtakım kontrollerin yapılması gerekmektedir. Gemi tankları yük sörveyörü tarafından kontrol edilir ve yükleme için herhangi bir sıkıntının olup olmadığı değerlendirildikten sonra tank temizliği sertifikası imzalanır. Sonrasında, emniyetli yük operasyonunun yapılabilmesi için gerekli kurallara uyulacağına ve emniyetli yükleme operasyonu için gerekli bilgi alışverişinin yapıldığına dair, liman ve gemi tarafının karşılıklı olarak imzaladığı gemi-sahil emniyet kontrol listesi üzerinde mutabakat sağlanır. Bu mutabakatın sağlanmasından sonra ise, liman ile gemi arasında yük transferini sağlayan bir kol veya hortum gemi manifolduna bağlanır. İlk ayak (first foot) yüklemeye başlanır. Stabilité açısından problem oluşmaması adına, gemi tarafından hazırlanan yükleme planına uygun olarak bu işlem gerçekleştirilir. Bu

yüklemenin amacı, tankların içerisinde numune almak ve analiz sonucuna göre yüklenen bir miktar sıvının bozulup bozulmadığını tespit etmektir. İlk ayak yükleme numunelerinin analizlerinin tamamlanmasının hemen ardından yüklemeye, ikinci zabıt tarafından hazırlanan yükleme planına uygun olarak devam edilir. Yükleme devam ederken, sıvı yüksekliklerinin takibi çok önemlidir ve sürekli olarak ilgili zabıtlar tarafından yük kontrol odalarında bulunan yük takip ekranı aracılığıyla anlık olarak kontrol edilmelidir. Ayrıca yükleme operasyonu esnasında, her tank üzerinde bulunan %95 ve %98 seviye alarmlarının açık olması büyük önem arz etmektedir. Yükleme operasyonun bitmesinin ardından, devrelerdeki yükün tamamen akması ve manifold sökülürken çevreye ve kişilere zarar verecek yükün akmaması için yük devreleri basınçlı hava ile süpürülür. Yük yanıcı/patlayıcı özellikte ise inert gazı ile süpürme işlemi yapılır. Hortum veya kol söküldükten sonra yük hesaplama işlemlerine geçilir. Yük hesaplanması tamamlandıktan sonra, dolumu tamamlanmış her bir tanktan numuneler alınır ve yük evraklarının imzalanmasının ardından yükleme operasyonu tamamlanmış olur.

4.2.4 Tahliye

Yükleme operasyonunda olduğu gibi tahliye operasyonunda da tahliye limanına varışta geminin tahliye hazır olduğuna dair hazırlık mektubu (NOR) verilerek tahliye işlemleri başlamış olur. Geminin limana yanaşmasının ardından yük sörveyörü her bir tanktan numune alır ve analize gönderir. Analizin olumlu sonuçlanmasının ardından aynı yüklemede olduğu gibi, liman ve gemi tarafının karşılıklı olarak imzaladığı gemi-sahil emniyet kontrol listesi üzerinde mutabakat sağlanır. Yük transferi bir sahil kolu veya hortum aracılığıyla gerçekleştirilir. Yük eğer zehirli gaz salınımına sebebiyet veriyor ise bu durum kontrol edilmeli ve bunun sonucunda liman yetkilisi ile mutabakata varılarak geminin gaz dönüş devresine (VRL) hortum bağlanmalıdır. Bunun amacı çevreye zararlı olabilecek zehirli gaz salınımını engellemektir.

Sahil ve gemi tarafından gerekli kontroller tamamlanıp, mutabakat sağlandıktan sonra gemi yükü, pompalar aracılığıyla sahil tarafına basılır. Tahliye esnasında yük pompalarının sahilin kabul edeceği düzeyde ayarlanması önemlidir. Aksi durumda, sahil tanklarına zararı olabilir veya yük devrelerindeki aşırı basınçlanma sonucu çevreye istenmeyen yük kaçağı oluşabilir. Tahliye esnasında, yük miktarının kontrol

edilmesi çok önemlidir. İlgili zabitler, anlık olarak yük kontrol odalarında bulunan yük takip ekranı aracılığıyla tahliye operasyonunu kontrol ederler. Yükün saatlik tahliye miktarını, pompa kapasitesi, manifold basınç miktarı ve yükün akışkanlık direnci belirlemektedir.

Yüklerin tahliyesi, ikinci zabitin önceden planladığı yük planına uygun şekilde olmalıdır. Yüklerin tahliyesinde, en son tankların dibinde kalan sıvı miktarının etkili süzdürülmesi gerekli olup, yük planının bu çerçevede planlanmasına dikkat edilmelidir. Etkili süzdürme işlemi için gemiyi meyillendirmek gerekiyorsa bu durum balast operasyonları ile yapılabilmektedir. Süzdürme için geminin yük pompalarının bulunduğu tarafa doğru meyillendirilmesi gereklidir. Tankta âtıl kalan yük miktarı ne kadar fazla ise teslim edilemeyen yük miktarı artar. Ayrıca, yıkama esnasında denize zarar verici kimyasal atıkların miktarının fazla olmasına sebebiyet verir. Etkin süzdürme, tank içerisindeki pompa aracılığıyla ince süzdürme devresi aracılığıyla yapılmalıdır. Tahliye süreci, süzdürmenin ardından son bulur. Tahliye edilen her bir tank için sörveyörden boş tank sertifikası isimli belge alınmalıdır.

4.2.4.1 Kimyasal Reaksiyon ve Termal Tehlikeler

Kimyasal reaksiyon ve termal tehlikelere örnek olarak aşağıdaki yaşanmış gerçek bir olayı inceleyebiliriz. 28 Eylül 2019 tarihinde, Güney Kore'nin Ulsan Limanı'na tahliye operasyonu için giden Stolt Groenland adlı kimyasal tankerde, styrene monomer taşınan bir kargo tankı kontrolsüz polimerizasyon nedeniyle patlamıştır ve büyük bir yangın çıkmıştır. Yangının söndürülmesi altı saat sürmüştür. 700'den fazla personel yangına müdahale etmiştir. Kazanın nedeni, styrene monomerin sıcaklığının yeterince izlenmemesinden dolayı sıcaklık artışı ve inhibitörün etkisini kaybederek kimyasal reaksiyona yol açması olarak tanımlanmıştır (URL-28).

Bazı inhibitörlü kimyasallar, ısınma sonucu inhibitör süresini azaltarak kimyasal reaksiyona girebilir. Bunun sonucunda ekzotermik (ısı açığa çıkaran) tepkimeler oluşabilmekte ve böylece basınç artışıyla patlama riski oluşması mümkün olabilmektedir. Bu durum, Stolt Groenland kazasında olduğu gibi ciddi kazalara yol açabilmektedir.

Kimyasal tankerlerde tahliye operasyonları karmaşık süreçlerdir. Bu süreçler toksik gaz salınımı, yangın/patlama riski, kimyasal reaksiyonlar, personel sağlığına yönelik tehditler, ekipman arızaları ve çevresel kirlenmeler gibi ciddi tehlikeler içermektedir.



5. KİMYASAL TANKER TAHLİYE OPERASYONLARI

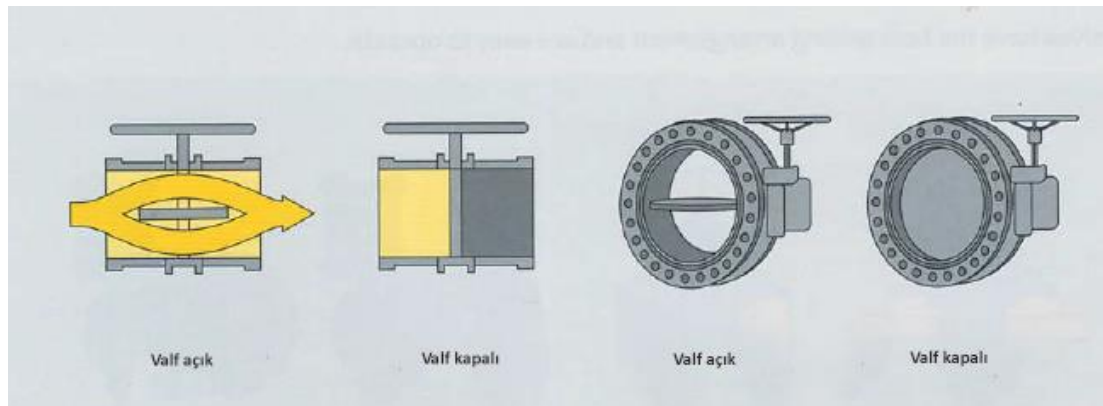
Bu bölümde, önceki bölümlerde bahsedilen kimyasal tanker tahliye operasyon süreci ve tehlikelerine ek olarak, operasyon sürecine dair detay verilmesi amaçlanmıştır. Kimyasal tanker tahliye operasyonlarında aşağıda sunulan ekipmanlar kullanılmaktadır.

5.1 Kimyasal Tanker Tahliye Operasyonlarında Kullanılan Ekipmanlar

Chemical Tanker Safety Guide (International Chamber of Shipping, 2021), IBC Code (IMO, 2020), ISGOTT (ISGOTT, 2020) ve Ballast Water Management Code (IMO, 2018) kitaplarında bahsedilen, kimyasal tanker tahliye operasyonlarında kullanılan ekipmanlar aşağıda sunulmuştur.

5.1.1 Yük tahliye ve yükleme valfleri

Yükün bir valfin dişli kutusuna veya aktüatörüne sızmasını önleyecek şekilde özel tasarlanan yük veya buhar sistemindeki valfler, birbiriyle uyumsuz yüklerin birbirine karışmasını engellemek amacıyla kullanılmaktadır. Şekil 5.1’de yük tahliye valfinin görseli sunulmaktadır.



Şekil 5.1 : Yük tahliye valfi (International Chamber of Shipping, 2021).

5.1.2 Yük sahil baēlama hortumları veya kolları

Yük hortumları veya sahil yk kolları, bir terminalde yükün yüklenmesi ve boşaltılması sırasında yük transferini saēlamak amacıyla kullanılır (International Chamber of Shipping, 2021) . Şekil 5.2’de yk sahil baēlama kolu gösterilmektedir.



Şekil 5.2 : Yük sahil baēlama kolu (URL-8).

5.1.3 Yük devreleri

Bir kimyasal tankerin paslanmaz çelikten yapılan boru devreleri, farklı kargo sınıfları arasında ayrımı saēlamak ve operasyonel esneklik saēlamak için tasarlanmıştır (International Chamber of Shipping, 2021). Şekil 5.3’te tanker yk devresi gösterilmiştir.



Şekil 5.3 : Tanker yk devresi (URL-9).

5.1.4 Yük pompaları

Gemi ile sahil arasındaki yük transferi için gemilerde elektrikli veya hidrolik yük pompaları kullanılır (URL-10). Şekil 5.4’te yk pompası sunulmuştur.



Şekil 5.4 : Yük pompası (URL-10).

5.1.5 Yük tank kapağı salmastrası

Tank kapağı salmastrası gemilerde tank kapaklarının su geçirmez işlevlerini yerine getirmek ve gemideki yüklerin güvenliğini artırmak için kullanılmaktadır (URL-11). Şekil 5.5'te y k tank kapağı salmastrası görseli sunulmaktadır.



Şekil 5.5 : Yük tank kapağı salmastrası (URL-11).

5.1.6 Yük tankı basınç ve vakum valfleri

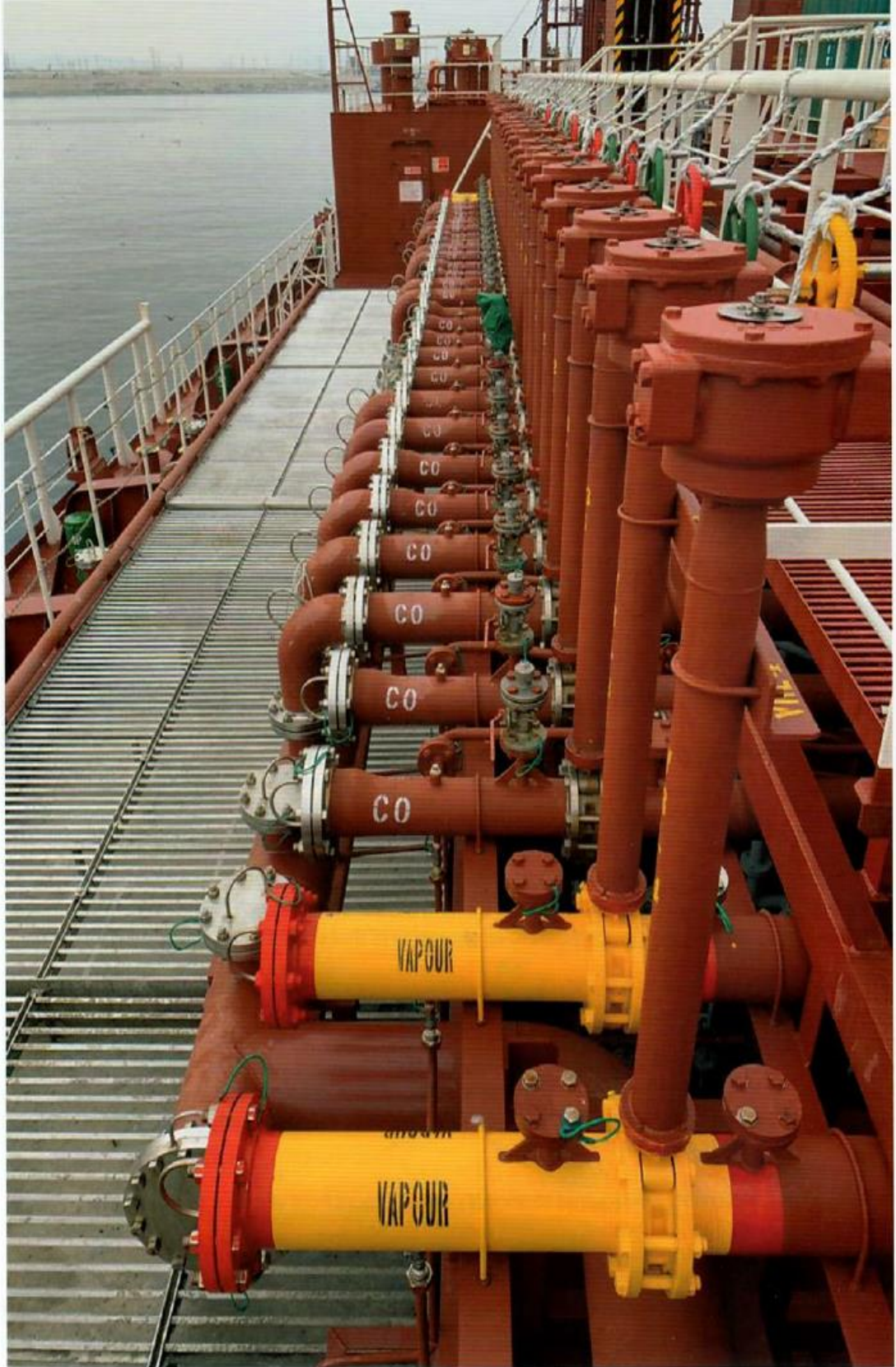
Kargo tanklarındaki sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan tank atmosferinin akışını sağlamak üzere dizayn edilen basınç ve vakum valfleri, tüm kargo tanklarının yüksek ve düşük basına karşı korunmasını sağlamaktadır (URL-12). şekil 5.6’da yk tankı basınç ve vakum valfleri görseli sunulmuştur.



şekil 5.6 : Yük tankı basınç ve vakum valfleri (International Chamber of Shipping, 2021).

5.1.7 Yük tankı havalandırma valfleri

Yük tankı havalandırma sistemlerinin amacı kargo buharlarının atmosfere salınmamasını sağlamaktır. Kimyasal tankerlerdeki havalandırma sistemleri ya geminin P/V hattına ya da bir inert gaz sistemi uzantısına bağlanır. şekil 5.7’de yk tankı havalandırma valfleri gösterilmiştir.



Şekil 5.7 : Yük tankı havalandırma valfleri (International Chamber of Shipping, 2021).

5.1.8 İnert gaz jeneratörü

İnert Gaz Sistemi (IG) , petrol gemilerinin en önemli emniyet ve güvenlik işlevlerinden biridir. Boş kargo konteynerlerini yanıcı gazların yerini alan nitrojenle doldurarak patlamaya karşı korumaya yardımcı olurlar. Bu, tutuşma tehlikesini en aza indirir, kargo kontaminasyonunu en aza indirir ve depolama tankının yapısal bütünlüğünü korur (URL-13).Şekil 5.8’de inert gaz jeneratörü görseli sunulmuştur.



Şekil 5.8 : İnert gaz jeneratörü (URL-13).

5.1.9 Yük seviye, sıcaklık ve yağ ölçme ekipmanı

Tankerlerde seviye, sıcaklık ve yağ arayüzünü ölçmek için kullanılan bir dedektördür (URL-14). Şekil 5.9’da yük seviye sıcaklık ve yağ ölçme ekipmanı sunulmuştur.



Şekil 5.9 : Yük seviye sıcaklık ve yağ ölçme ekipmanı (URL-15).

5.1.10 Yük ısıtma sirkülasyon pompası

Yük ısıtma sirkülasyonu için kullanılır. Şekil 5.10’da yük ısıtma sirkülasyon pompası gösterilmiştir.



Şekil 5.10 : Yük ısıtma sirkülasyon pompası (URL-16).

5.1.11 Yük ısıtma serpantinleri

Yük tanklarının içerisindeki yükü ısıtmak için kullanılır. Şekil 5.11’de yük ısıtma serpantinleri sunulmuştur.



Şekil 5.11 : Yük ısıtma serpantinleri (URL-17).

5.1.12 Çoklu-gaz ölçme ekipmanı

Çoklu-gaz ölçme ekipmanları, atmosferdeki O_2 , parlama alt limiti, CO ve H_2S miktarlarını ölçen ekipman olup alanın gaz açısından güvenli olup olmadığı bilgisini verir. Şekil 5.12’de çoklu-gaz ölçme ekipmanı gösterilmiştir.



Şekil 5.12 : Çoklu-gaz ölçme ekipmanı (URL-18).

5.1.13 %95 Seviye alarm ekipmanı

Yük tankı içerisindeki seviyeyi mekanik olarak ölçmeye yarayan ekipmandır. Tank içerisindeki yük miktarı tankın hacimce %95'ine ulaştığında, kargo kontrol odasında alarm verir. Şekil 5.13'te %95- %98 seviye alarm ekipmanı sunulmuştur.



Şekil 5.13 : %95- %98 Seviye alarm ekipmanı (URL-19).

5.1.14 %98 Seviye alarm ekipmanı

Yük tankı içerisindeki seviyeyi mekanik olarak ölçmeye yarayan ekipmandır. Tank içerisindeki yük miktarı tankın hacimce %98'ine ulaştığında, kargo kontrol odasında alarm verir. Şekil 5.13'te %95- %98 seviye alarm ekipmanı sunulmuştur.

5.1.15 Elektronik yük izleme ekipmanları

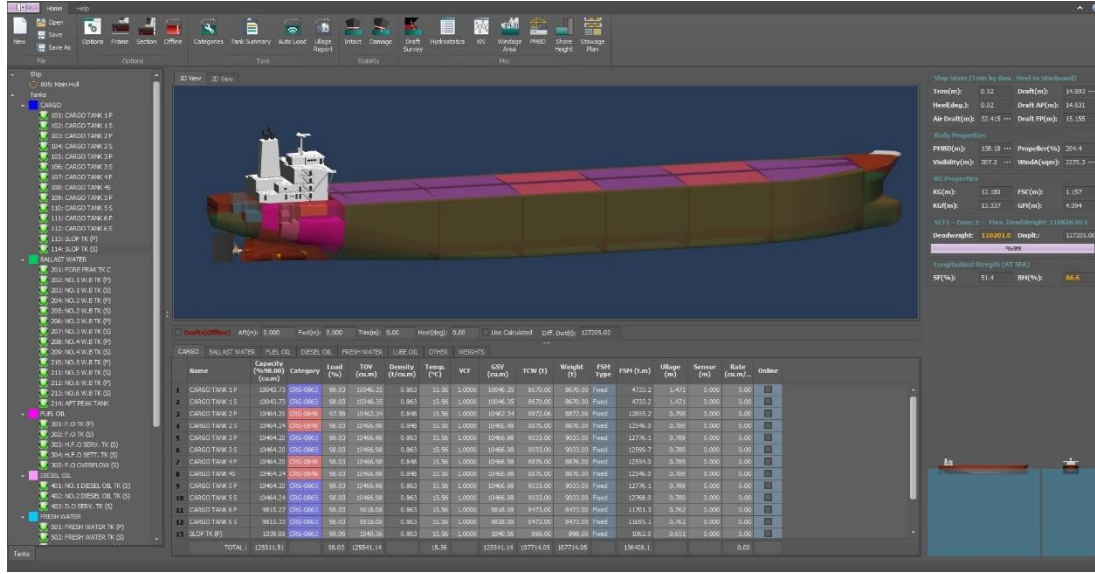
Elektronik yük izleme ekipmanları, gemideki yük tanklarının içerisindeki yükün anlık seviyelerini görmeye yardımcı ekipmanlardır. Şekil 5.15'te elektronik yük izleme ekipmanları gösterilmiştir.



Şekil 5.14 : Elektronik Yük İzleme Ekipmanları (URL-20).

5.1.16 Yük hesap bilgisayarı

Yük hesap bilgisayarı, gemi stabilite hesapları için kullanılmakta olup gemi stabilitesi için gerekli olan GM, GZ, draft gibi bilgileri sağlar. Şekil 5.16'da yük hesap bilgisayarı ekran görüntüsü sunulmuştur.



Şekil 5.15 : Yük hesap bilgisayarı ekran görüntüsü (URL-21).

5.1.17 Elektronik balast izleme ekipmanları

Elektronik balast izleme ekipmanları, gemideki balast tanklarının içerisindeki balastın anlık seviyelerini görmeye yardımcı ekipmanlardır. Şekil 5.17’de elektronik balast izleme ekipmanları sunulmuştur.



Şekil 5.16 : Elektronik balast izleme ekipmanları (URL-22).

5.1.18 Balast arıtma ekipmanları

Balast arıtma ekipmanları, Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) tarafından Balast Suyu Yönetimi sözleşmesine uyumlu olarak dizayn edilmiş, gemilerin balast sularından kaynaklı oluşacak çevre kirliliğini ve ekolojik dengenin bozulmasını önleyici ekipmanlardır. Şekil 5.18’de balast arıtma ekipmanları gösterilmiştir.



Şekil 5.17 : Balast arıtma ekipmanları (URL-23).

5.1.19 Balast valfleri

Balast devrelerinin içerisinde bulunan balast valfleri, geminin stabilitesini sağlamak için deniz suyunun balast tanklarına yönlendirilmesini sağlamaktadır. Şekil 5.19’da balast valfi sunulmuştur.



Şekil 5.18 : Balast valfi (URL-24).

5.1.20 Balast devreleri

Balast devreleri, gemi stabilitesini ayarlamak için balast tanklarına gönderilen deniz suyu transferini sağlayan devrelerdir. Şekil 5.20’de balast devreleri sunulmuştur.



Şekil 5.19 : Balast devreleri (URL-25).

5.2 Kritiklik Analizi

5.2.1 Kritik ekipman tanımı

Kritik ekipmanlar, tesis veya operasyon süreci için hayati önem taşıyan ve bir üretim sürecinin temel parçası olan makinelerdir (Damilare ve Olasunkanmi, 2004). Kritik ekipmanın bozulması veya işlevsiz kalması durumunda büyük bir kazaya yol açması veya kazaya katkıda bulunması gerekmektedir (Broadribb ve Freiburger, 2018).

Petrol Şirketleri Uluslararası Denizcilik Forumu (OCIMF) kritik ekipmanı, herhangi bir parçasının arızalanması durumunda tehlikeli bir duruma sebebiyet verebilecek veya doğrudan insanlara veya çevreye zarar verebilecek bir kazaya neden olabilecek ekipman, kontrol sistemi veya koruma cihazı olarak tanımlamıştır.

Kritik ekipman tanımlamalarından da görüleceği üzere, bir ekipmanın kritik olması işlevsizlik veya arıza durumunda ortaya çıkacak olumsuz etkilerin büyüklüğü ile ilişkilendirilmektedir.

5.2.2 Kritikliğe etki eden faktörler

Khaira ve Dwivedi (2019) kritiklik belirleme faktörü olarak, arızalar arası geçen ortalama zaman, ortalama onarım zamanı, arıza oranı ve toplam arıza sayısına odaklanmıştır. Ayrıca, literatürdeki çalışmaların büyük çoğunluğunun, arızalar arası

ortalama zaman ve ortalama onarım zamanı gibi temel performans göstergelerini dikkate almadığına vurgu yapmıştır.

Guo ve diğ. (2009), petrokimya tesislerinde emniyet ve çevresel etkilerin en önemli faktör olduğunu, bunları sırasıyla üretimin durması veya kaybı ve bakım maliyetlerinin takip ettiğini belirterek kritiklik faktörünü bu çerçevede ele almıştır.

Singh ve Kulkarni (2013), çevresel etki, müşteri memnuniyetsizliği ve bakım-tutum masrafı olmak üzere üç faktörü, gaz rafinerisi ekipmanlarının kritikliğini analiz etmekte kullanmıştır.

Taghipour ve diğ. (2011), tıbbi cihazların kritikliğini belirlemek için ekipmanın arıza durumunda operasyonel olmadığı zamanı yani âtil zamanı, onarım masrafını ve emniyet ve çevre faktörlerini ele almıştır.

Yang ve diğ. (2021) tarafından yapılan çalışmada, Airbus 320'nin sağ iniş takımları üzerindeki kritik bileşenlerin belirlenmesinde kritiklik faktörü olarak bakım-tutum ücreti, bakım-tutum zorluğu ve âtil süre baz alınmıştır.

Marhaug ve diğ. (2017), platform ikmal gemilerinde kritiklik analizi yaparken, emniyet ve sağlık olayları, çevre, âtil zaman ve onarım ücretini ele almışlardır.

Jaderi ve diğ. (2014), operasyonel etki, operasyonel esneklik, onarım maliyeti ve çevre ve insan etki faktörlerini ele alarak, İran'daki bir petrokimya şirketinde kritiklik analizi yapmıştır.

5.2.3 Kritiklik analizinde kullanılan metodolojiler

Çizelge 5.1'de literatürde kritiklik analizi üzerine yapılan çalışmalar, kullandıkları yöntem, uygulanan sektör ve uygulama alanına göre listelenmiştir.

Çizelge 5.1 : Kritiklik analizi üzerine yapılan çalışmalar.

Yazar	Yöntem	Sektör	Uygulama
Llanes ve diğ. (2022)	FMEA	Tarım	Şeker Fabrikası
Khaira ve Dwivedi (2019)	AHP ve PROMETHEE	Ağır Sanayi	Elektro-Grafit Üretim Tesisi
Guo ve diğ. (2009)	FMEA	Petrokimya	Petrokimya ekipmanları
Hosseini ve diğ. (2021)	AHP tabanlı Kritiklik Analizi ECI	Petrokimya	Petrokimya ekipmanları
Jaderi ve diğ. (2014)	Risk Değerlendirmesi Tabanlı Bakım (Risk-Based Maintenance, RBM)	Petrokimya	Petrokimya Tesisi
Maphosa ve diğ. (2024)	Risk Değerlendirmesi Tabanlı Bakım (Risk-Based Maintenance, RBM) ve Afefy Kritiklik Sınıflandırması Yöntemi	Petrokimya	Sasol Synfuel Katalizör
Shahri ve diğ. (2021)	Risk Matriks ve Fuzzy AHP	Enerji- Gaz	Gaz rafineri Tesisi
Afefy (2010)	Afefy Kritiklik Sınıflandırması Yöntemi ve FMEA	Kimya Endüstrisi	Buhar Tesisi
Singh ve Kulkarni (2013)	AHP	Enerji- Kömür	Kömür Bazlı Enerji Santrali
Crespo Márquez ve diğ. (2016)	Fuzzy AHP	Enerji	Enerji Üretim Santrali
Taghipour ve diğ. (2011)	MCDM	Tıp	Tıbbi Cihazlar
Börjesson ve Svensson (2011)	FMEA	Otomotiv	Volvo Trucks
Mericia ve diğ. (2017)	FMECA	Otomotiv	Elektronik Yakıt Püskürtme
Yang ve diğ. (2021)	AHP ve TOPSIS	Havacılık	Airbus 320 Sağ İniş Takımı
Can ve diğ. (2021)	Afefy Kritiklik Sınıflandırması Yöntemi ve AHP	Havacılık	EMA
Marhaug ve diğ. (2017)	FMECA ve FTA	Denizcilik	Platform İkmal Gemileri
Muryadin ve diğ. (2023)	Risk Matrix	Denizcilik	Gemi Makineleri
Zhou ve Thai (2016).	FMEA	Denizcilik	Ham petrol Tankeri

El-Thalji (2025), risk değerlendirmesi tabanlı bakım yaklaşımının, belirsizlikleri ve duyarlılık analizlerini yeterince dikkate almadığından bahsetmiştir. Vatanpour ve diğ. (2015) çalışmasında, risk matrisinin risk değerlendirmesi ve ağırlıklandırma için yaygın olarak kullanılan bir araç olduğunu, ancak literatürde bu yöntemin sınırlılıkları

hakkında eleştiriler olduğunu belirtmiştir. Risk matrisleri karmaşık riskleri basitleştirerek önemli etkileşimleri göz ardı edebilir.

Pan ve diğ. (2022), hata ağacı analizinin dinamik ve karmaşık sistemler için uygun olmayabileceğini ifade etmiştir. Bu yöntem, eksik veri olması durumunda iyi sonuç vermemektedir.

Kunsch (2012), PROMETHEE yöntemi için, ikili karşılaştırma yöntemlerinin bazı durumlarda yanıltıcı sonuçlar verebileceği ve alternatiflerin doğru sıralanmasını engelleyebileceğini belirtilmiştir. Madi ve diğ. (2016) çalışmasında, TOPSIS ve bulanık TOPSIS (FTOPSIS) yöntemlerinin karmaşık matematiksel süreçlere sahip olduğunu, bu durumun karar vericilerin yöntemin iç işleyişini anlamakta zorluk yaşamasına neden olduğunu ifade etmiştir. Bu karmaşıklık, kararların doğruluğunu ve güvenilirliğini olumsuz etkileyebilir. Birçok araştırmacı kritik ekipmanların tanımlanması için AHP ve FMEA tekniğinden yararlanmıştır. AHP karmaşık karar verme problemlerinde yetersiz kalabilir (Romanchak, 2023). Çünkü her ekipman kritik ekipman olmayabilir. Bir ekipmanın kritik olup olmadığı AHP yöntemi kullanılarak ekipmanların birbiriyle kıyaslanmasıyla belirlenemeyebilir. Örneğin; araba cam suyu püskürtme motorunu ve araba motorunu düşünelim. Bu iki ekipman AHP yöntemi ile muhtemelen araba motorunun daha kritik olduğu sonucu çıkacaktır. Ancak araba cam suyu motorunun gerçekten kritik olup olmadığı hakkında bir sonuca varılamayacaktır.

Diğer taraftan bakıldığında FMEA tekniği kullanımı zorlu ve uzun bir süreçtir. Bu zorlu ve uzun sürecin aşılması Afefy (2010) kritiklik sınıflandırması ile mümkün olabilir. Kimyasal tanker gemilerinde kullanılan birçok kompleks sistem ve bunlara ait ekipmanlar olduğu düşünüldüğünde her bir ekipman için FMEA tekniği kullanımı çok büyük zaman ve emek gerektirir (Wang ve Chu, 2007). Bu konuya çözüm üretmek amacıyla Afefy (2010), Equipment Criticality Ranking adını verdiği yaklaşımıyla FMEA tekniği kullanımı öncesi kritik ekipmanları belirleyerek bu ekipmanlar üzerine yoğunlaşmış ve optimum bakım tutum stratejilerini belirlemiştir.

Yukarıda sunulan bilgiler ışığında, kimyasal tanker tahliye operasyonlarında kullanılan kargo ekipmanlarının kritiklik analizinde, Afefy (2010) tarafından sunulan Ekipman Kritiklik Sınıflandırması yaklaşımının kullanılmasının uygun olabileceği düşünülmektedir.



6. YÖNTEM

Afey (2010) çalışmasında, bir buhar tesisinin bileşenleri için RCM tekniğine dayalı bir bakım programı oluşturmayı amaçlamıştır. Bu teknik, arıza süresini (DT) en aza indirmeyi ve tesis bileşenlerinin kullanılabilirliğini artırmayı hedeflemektedir. Ayrıca, sistem bileşenlerinin yedek parça tüketimini azaltma açısından da fayda sağlar.

RCM, bir tesisin ve ekipmanların işletme koşullarında bakım gereksinimlerini belirlemek için kullanılan sistematik bir yaklaşımdır (Dixey, 1993). Bu teknik, önleyici bakım (PM) stratejilerini optimize etmek amacıyla kullanılır. Geliştirilen PM programları, ekipman arızalarını en aza indirerek sanayi tesislerinde ekipmanların etkili kullanımını sağlar (Abdulrohim ve diğ, 2000).

RCM felsefesi; önleyici bakım, kestirimci bakım (PdM), gerçek zamanlı izleme (RTM), arıza gerçekleşene kadar çalıştırma (RTF) ve proaktif bakım tekniklerini entegre bir şekilde kullanarak, bir makine ya da bileşenin tasarım ömrü boyunca minimum bakım ile istenilen şekilde çalışmasını sağlama olasılığını artırmayı hedefler (Smith, 1993).

RCM programının bileşenleri Şekil 6.1’de gösterilmiştir.



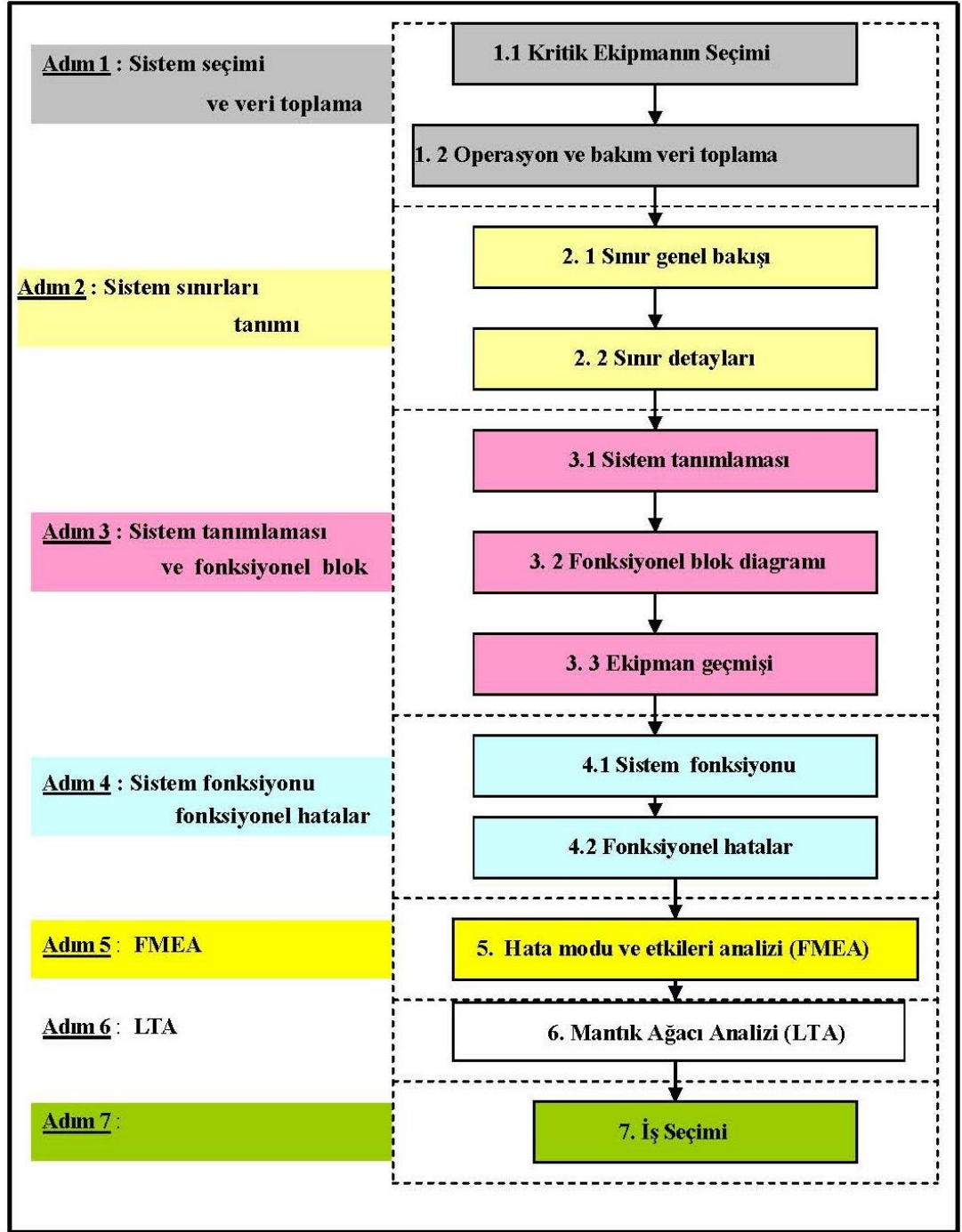
Şekil 6.1 : RCM Bileşenleri (Afey, 2010).

Şekil 6.1, RCM programının şu bileşenlerden oluştuğunu göstermektedir:

- Reaktif bakım
- Koruyucu bakım
- Duruma dayalı bakım
- Proaktif bakım

Şekil 6.2’de RCM adımları sunulmaktadır. Bu adımlar, sistem işlevini korumaya yönelik sistematik yaklaşımı açıklamaktadır. RCM adımları şunlardır (Rausand, 1998):

- Adım 1: Sistem seçimi ve veri toplama
- Adım 2: Sistem sınırlarının tanımlanması
- Adım 3: Sistem açıklaması ve fonksiyonel blok diyagramı
- Adım 4: Sistem fonksiyonları ve fonksiyonel arızalar
- Adım 5: Arıza modu ve etkileri analizi (FMEA)
- Adım 6: Mantık ağacı diyagramı
- Adım 7: Görev seçimi



Şekil 6.2 : RCM'in Başlıca Adımları (Afefy, 2010).

RCM'in ilk adımlarından biri, sistem bileşenlerinin listesinin belirlenmesidir. Kritiklik analizi, sistemi oluşturan her bir bileşene ait çeşitli verilerin toplanmasını gerektirir. Sistemin ana bileşenlerinde oluşacak bir arıza, sistem üretkenliğini ve bakım maliyetlerini etkileyebilir.

6.1 Kritiklik Analizi

Bu çalışmada, Affey (2010)'nin ekipman kritiklik analizi formülü kullanılmıştır. Çalışmada yer alan EC (Ekipman Kritikliği) formülü Formül 6.1 de gösterilmektedir.

$$EC=(30P+30S+25A+15V)/3 \quad (6.1)$$

Formülde yer alan bileşenlerin açıklaması aşağıdaki gibidir.

EC = Ekipman Kritikliği (Equipment Criticality) (%)

P = Ekipmanın operasyon/ürün üzerindeki etkisi

S = Ekipmanın emniyet üzerindeki etkisi

A = Ekipmanın alternatifinin olup olmadığı

V = Ekipmanın tamir maliyeti

Şekil 6.3'te, ekipmanların kritiklik hesaplamasında kullanılacak sınırlar sunulmuştur.

Buna göre:

$EC < 45$ ise Klas D

$45 \leq EC < 60$ ise Klas C

$60 \leq EC < 74$ ise Klas B

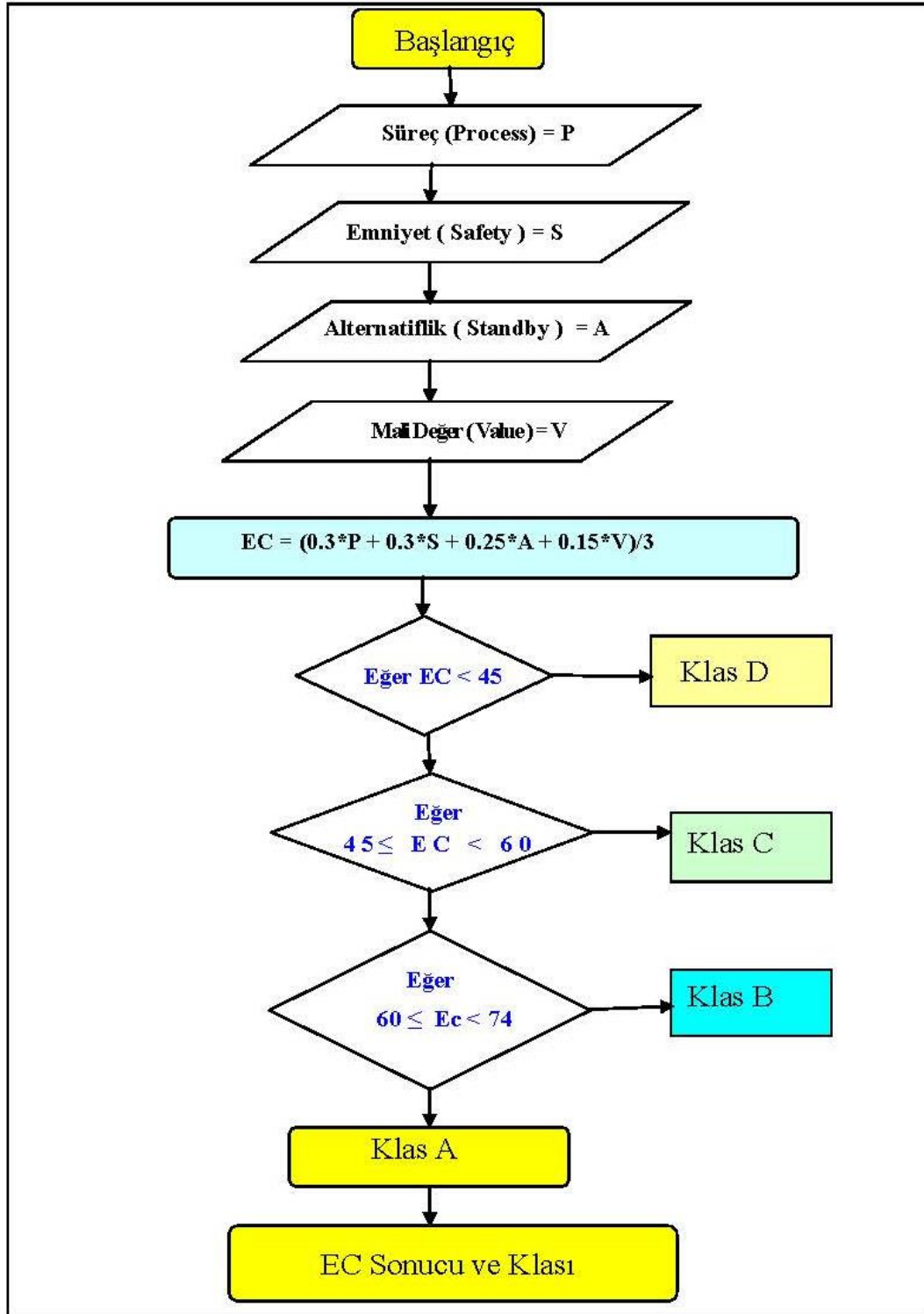
$74 \leq EC$ ise Klas A olarak sınıflandırma yapılmaktadır.

Klas A en kritik sınıftır.

Çizelge 6.1 de, EC formülü kriter ağırlıkları ve puanlama ölçeği verilmektedir. Buna göre ekipmanın arızalanması durumunda, sürece etkisi %30, emniyete etkisi %30, alternatif ekipmana erişim %25 ve son olarak maliyet %15 ağırlıklı olarak uygulanmaktadır. Puanlamada 1-3 arası puanlama yapılacak bir ölçek kullanılmaktadır.

Çizelge 6.1 : EC formülü kriter ağırlıkları ve puanlama ölçeği.

Kriter	Ağırlık	Düzeyler
Sürece Etkisi (P)	%30	(3) Çok Önemli (2) Önemli (1) Normal
Emniyete Etkisi (S)	%30	(3) Çok Önemli (2) Önemli (1) Normal
Alternatif Erişimi (A)	%25	(3) Erişim Yok (2) Erişim var ve orta düzeydedir. (1) Erişim var ve yüksek düzeydedir.
Mali Değeri (V)	%15	(3) Yüksek değer (2) Normal (1) Düşük değer



Şekil 6.3 : Ekipman kritiklik seviyesini hesaplamak için belirlenen sınırlar (Afefy, 2010).

7. ANALİZ

Bu bölümde, kimyasal tanker tahliye operasyonu ekipmanlarının kritiklik analizinde kullanılan kriterlerin, Afefy kritiklik sınıflandırması ile analiz edilmesi süreci detaylı olarak anlatılmaktadır. Kritiklik analizinde kullanılan kriterlere göre verilerin toplanması için anket formu hazırlanmıştır. İTÜ Sosyal ve Beşeri Bilimler İnsan Araştırmaları (SB-INAREK) biriminden 26.04.2025 tarihli Etik kurulu izni alınmıştır. Anket formu Ek-A'da sunulmuştur. Anket formu, arıza durumunda ekipmanın operasyon/ürün üzerindeki etkisi (P), ekipmanın emniyet üzerindeki etkisi (S), ekipmanın alternatifinin olup olmadığı (A), ekipmanın tamir maliyeti (V) kriterleri baz alınarak, 21 kimyasal tanker tahliye operasyonu ekipmanı için oluşturulan toplam 84 soru içermektedir.

Kimyasal Tanker gemilerinde uzun yıllar çalışmış alanında tecrübeli 1.Zabit ve Kaptan uzmanlara danışılarak toplanan veriler Microsoft Excel programı aracılığıyla manuel olarak hesaplanmıştır.

7.1 Kriter Ağırlık Ölçekleri

Çalışmada Süreç (Process) (P), Emniyet (Safety) (S) , Alternatifin bulunması (Stand-by) (A) ve Mali Değer (Value) (V) olmak üzere 4 ana kriter ile değerlendirme yapılmıştır.

Uzmanlardan, her bir ekipman için, Çizelge 7.1 ile Çizelge 7.4 arasındaki sırasıyla, ekipman arızasının operasyon sürecine etkisinin değerlendirme ölçeği, ekipman arızasının emniyet üzerindeki etkisinin değerlendirme ölçeği, ekipmanın yedek parça/alternatifine erişim ölçeği ve ekipmanın mali değer/tamir masrafı düzeyi ölçeğini kullanarak değerlendirme yapmaları istenmiştir.

Çizelge 7.1 : Ekipman arızasının operasyon sürecine etkisinin değerlendirme ölçeği.

Puan	Ağırlık Düzeyi
3	Çok önemli (operasyonu durdurur, çok büyük kayıp yaratır)
2	Önemli
1	Normal (operasyonu etkilemez)

Çizelge 7.2 : Ekipman arızasının emniyet üzerindeki etkisinin değerlendirme ölçeği.

Puan	Ağırlık Düzeyi
3	Çok önemli (İnsana, çevreye ve gemiye olan zarar çok büyüktür, çok büyük kayıp yaratır)
2	Önemli
1	Normal (İnsana, çevreye ve gemiye olan zarar önemsenecek düzeydedir.)

Çizelge 7.3 : Ekipmanın yedek parça/alternatifine erişim ölçeği.

Puan	Ağırlık Düzeyi
3	Yedek parça/alternatifi gemide bulunmaz
2	Yedek parça/alternatifinin gemide bulunma olasılığı orta düzeydedir.
1	Yedek parça/alternatifinin gemide bulunma olasılığı yüksektir.

Çizelge 7.4 : Ekipmanın mali değer/tamir masrafı düzeyi ölçeği.

Puan	Ağırlık Düzeyi
3	Çok yüksek
2	Normal
1	Düşük

7.2 Uzman Seçimi ve Anket Çalışması

Kimyasal tanker tipi gemilerde uzun yıllar çalışmış ve birçok tahliye operasyonunda görev almış, alanında tecrübeli adaylar dikkate alınarak uzmanlar çalışmaya davet edilmiştir. Afefy ekipman kritiklik sınıflandırması yönteminde, başvurulacak uzman sayısı ile ilgili bir kısıtlama açıklamasına rastlanmamıştır. Deniz taşımacılığının doğası gereği ulaşılabilecek uzman sayısı sınırlıdır. Bu çalışmada, örneklem seçimi için Çizelge 4.1’de belirtilen Türkiye’deki 217 adet kimyasal tanker sayısı baz alınarak Raosoft (URL-29) programı ile bir uygulama yapılmıştır. Hata payı %5, güven düzeyi %95 popülasyon büyüklüğü 434, ve yanıt dağılımı %1 girildiğinde hesaplanan örneklem sayısı 15 bulunmuştur. Anketler katılımcılar anonim olacak şekilde

dağıtılmış ve toplamda 16 adet anket geri dönüşü alınmıştır. 1 adet anketteki yanıtlar tutarsız bulunduğu için araştırmaya dahil edilmemiştir. Çizelge 7.5’te katılımcıların görevlerine dair bilgi sunulmuştur. Katılımcılar, kimyasal tanker tecrübesine sahip 1.Zabit ve Kaptanlardan oluşmaktadır.

Çizelge 7.5 : Uzman Listesi.

Uzman Numaraları	Gemideki Görevleri	Hizmet Yılları
Uzman 01	Uzakyol 1.Zabit	0-5 Yıl
Uzman 02	Uzakyol 1.Zabit	0-5 Yıl
Uzman 03	Uzakyol 1.Zabit	0-5 Yıl
Uzman 04	Uzakyol Kaptan	15-20 Yıl
Uzman 05	Uzakyol Kaptan	5-10 Yıl
Uzman 06	Uzakyol 1.Zabit	0-5 Yıl
Uzman 07	Uzakyol Kaptan	5-10 Yıl
Uzman 08	Uzakyol 1.Zabit	0-5 Yıl
Uzman 09	Uzakyol 1.Zabit	5-10 Yıl
Uzman 10	Uzakyol 1.Zabit	0-5 Yıl
Uzman 11	Uzakyol Kaptan	15-20 Yıl
Uzman 12	Uzakyol 1.Zabit	0-5 Yıl
Uzman 13	Uzakyol Kaptan	10-15 Yıl
Uzman 14	Uzakyol Kaptan	5-10 Yıl
Uzman 15	Uzakyol 1.Zabit	0-5 Yıl

7.3 Uzman Görüşü Ağırlıklandırma

Denizcilik sektöründe yapılan çalışmalarda uzmanlara verilen ağırlık puanlarının genel olarak tecrübe ve yeterliliğe göre belirlendiği gözlemlenmiştir. Bu çalışmada da her bir uzman için ağırlık ataması yapılmıştır. Uzman görüşleri Çizelge 7.6’da gösterildiği üzere, Kaptanlar için 2, I. Zabitler için 1 olacak şekilde ağırlıklandırılmıştır.

Çizelge 7.6 : Ağırlıklandırma.

Gemideki Görevi	Ağırlıklandırma Oranı
Kaptan	2
1.Zabit	1

7.4 Kimyasal Tanker Tahliyesinde Kullanılan Ekipmanlar

Kritiklik analizi yapılan kimyasal tanker tahliye ekipmanları Çizelge 7.7 de sunulmuştur.

Çizelge 7.7 : Kimyasal Tanker Tahliye Ekipmanları Listesi.

No	Ekipman
E01	Yük Tahliye ve Yükleme Valfleri
E02	Yük Sahil Bağlama Hortumları veya Kolları
E03	Yük Devreleri
E04	Yük Pompaları
E05	Yük Tank Kapağı Salmastrası
E06	Yük Tankı Basınç ve Vakum Valfleri
E07	Yük Tankı Havalandırma Valfleri
E08	Yük Tankı Havalandırma Hortumları
E09	Inert Gaz Jeneratörü (İnertli Yük Durumunda)
E10	Yük Seviye, Sıcaklık Ve Yağ Ölçme Ekipmanı
E11	Yük Isıtma Sirkülasyon Pompası (Isıtmalı Yük Durumunda)
E12	Yük Isıtma Serpantinleri (Isıtmalı Yük Durumunda)
E13	Çoklu-Gaz Ölçme Ekipmanı
E14	%95 Seviye Alarm Ekipmanı
E15	%98 Seviye Alarm Ekipmanı
E16	Elektronik Yük İzleme Ekipmanları
E17	Yük Hesap Bilgisayarı
E18	Elektronik Balast İzleme Ekipmanları
E19	Balast Arıtma Balast Arıtma
E20	Balast Valfleri
E21	Balast Devreleri

8. BULGULAR ve TARTIŞMA

Uzmanların anket sorularına verdikleri yanıtlar aşağıda sunulmuştur. Verdikleri cevaplar Çizelge 8.1’de, ekipman arızası durumunun operasyon sürecine etkisi bakımından uzman değerlendirmeleri gösterilmektedir.

Çizelge 8.1 : Arızalanan ekipmanların operasyon sürecine etkisi bakımından uzmanların değerlendirmesi.

No	Ekipmanın İsmi	Uzman 1	Uzman 2	Uzman 3	Uzman 4	Uzman 5	Uzman 6	Uzman 7	Uzman 8	Uzman 9	Uzman 10	Uzman 11	Uzman 12	Uzman 13	Uzman 14	Uzman 15
E01	Yük Tahliye ve Yükleme Valfleri	3	2	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E02	Yük Sahil Bağlama Hortumları veya Kolları	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3
E03	Yük Devreleri	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E04	Yük Pompaları	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E05	Yük Tank Kapağı Salmastrası	1	2	2	3	2	1	2	2	2	3	3	3	3	2	1
E06	Yük Tankı Basınç ve Vakum Valfleri	3	2	2	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2
E07	Yük Tankı Havalandırma Valfleri	1	2	2	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2
E08	Yük Tankı Havalandırma Hortumları	1	3	2	3	2	2	2	2	2	3	2	3	3	2	2
E09	Inert Gaz Jeneratörü (İnertli Yük Durumunda)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E10	Yük Seviye ,Sıcaklık ve Yağ Ölçme Ekipmanı	1	2	2	3	2	1	2	2	3	3	3	3	3	2	1
E11	Yük Isıtma Sirkülasyon Pompası (Isıtmalı Yük Durumunda)	2	2	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3
E12	Yük Isıtma Serpantinleri (Isıtmalı Yük Durumunda)	2	3	2	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3
E13	Çoklu-Gaz Ölçme Ekipmanı	1	2	2	3	3	1	3	2	3	3	3	3	2	2	2
E14	%95 Seviye Alarm Ekipmanı	2	2	3	3	3	1	3	2	3	3	3	3	2	2	2
E15	%98 Seviye Alarm Ekipmanı	2	2	3	3	3	1	3	2	3	3	3	3	3	3	3
E16	Elektronik Yük İzleme Ekipmanları	3	2	2	3	2	1	3	2	3	3	3	3	1	2	1
E17	Yük Hesap Bilgisayarı	3	2	2	3	2	1	3	2	3	3	3	3	2	1	1
E18	Elektronik Balast İzleme Ekipmanları	3	2	2	3	2	1	3	2	2	3	3	3	1	1	1
E19	Balast Arıtma Ekipmanları	2	2	2	3	2	3	3	2	3	3	3	3	2	3	2
E20	Balast Valfleri	3	2	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	2	2	3
E21	Balast Devreleri	3	2	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2	2	3

Aynı şekilde ekipman arızasının emniyet üzerindeki etkisi, ekipmanın yedek parça alternatifine erişimi ve ekipmanın mali değer/tamir masrafı düzeyine göre uzmanların

verdiği yanıtlar EK-B’de sırasıyla Çizelge B.1, Çizelge B.2 ve Çizelge B.3’te paylaşılmıştır.

8.1 Kargo Ekipmanlarındaki Bir Arızanın Operasyon Sürecine Etkisi

Konusunda Yapılan Uzman Değerlendirmeleri

İlk olarak, kimyasal tanker tahliye operasyonlarında kullanılan ekipmanların arızalanması durumunun operasyon sürecine etkisi incelenmiştir. Bu bölümde sadece uzman yanıtlarının ağırlıklandırılıp ortalamalarının alınması yoluyla bulunan puanlar incelenmiştir.

Arıza durumunda operasyon sürecine en çok etkisi olacak ekipman 3,00 ortalama puan ile E09 -Inert Gaz Jeneratörü (İnertli Yük Durumunda) olarak belirlenmiştir. Bu sonuç, meydana gelecek herhangi bir arıza durumunda gerçek çalışma ortamına uygunluğu açısından doğru bir sonucu yansıtmaması dolayısıyla dikkat çekici bulunmuştur. Değerlendirme sonuçlarına göre ortalaması yüksek olan ilk 5 ekipman sırasıyla E09>E01=E03>E02=E04 olmuştur. Çizelge 8.2’de kargo ekipmanlarındaki bir arızanın operasyon sürecine etkisi açısından elde edilen ortalama puanlar sunulmuştur.

Çizelge 8.2 : Kargo ekipmanlarındaki bir arızanın operasyon sürecine etkisi açısından elde edilen ortalama puanlar.

No	Ekipman	Ortalama Puan
E09	Inert Gaz Jeneratörü (İnertli Yük Durumunda)	3,00
E01	Yük Tahliye ve Yükleme Valfleri	2,89
E03	Yük Devreleri	2,89
E02	Yük Sahil Bağlama Hortumları veya Kolları	2,83
E04	Yük Pompaları	2,83
E11	Yük Isıtma Sirkülasyon Pompası (Isıtmalı Yük Durumunda)	2,75
E12	Yük Isıtma Serpantinleri (Isıtmalı Yük Durumunda)	2,75
E15	%98 Seviye Alarm Ekipmanı	2,72
E21	Balast Devreleri	2,72
E06	Yük Tankı Basınç ve Vakum Valfleri	2,69
E20	Balast Valfleri	2,67
E07	Yük Tankı Havalandırma Valfleri	2,58
E19	Balast Arıtma Ekipmanları	2,56
E14	%95 Seviye Alarm Ekipmanı	2,50
E13	Çoklu-Gaz Ölçme Ekipmanı	2,39
E08	Yük Tankı Havalandırma Hortumları	2,28
E16	Elektronik Yük İzleme Ekipmanları	2,28
E17	Yük Hesap Bilgisayarı	2,28
E10	Yük Seviye ,Sıcaklık ve Yağ Ölçme Ekipmanı	2,25
E05	Yük Tank Kapağı Salmastrası	2,19
E18	Elektronik Balast İzleme Ekipmanları	2,14

8.2 Kargo Ekipmanlarındaki Bir Arızanın Emniyet Üzerindeki Etkisi

Konusunda Yapılan Uzman Değerlendirmeleri

Kimyasal tanker tahliye operasyonlarında kullanılan ekipmanların arızalanması durumunun emniyet üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu bölümde sadece uzman yanıtlarının ağırlıklandırılıp ortalamalarının alınması yoluyla bulunan puanlar incelenmiştir.

Arıza durumunda emniyet üzerine en çok etkisi olacak ekipman 3,00 ortalama puan ile E02-Yük Sahil Bağlama Hortumları veya Kolları olarak belirlenmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre en yüksek ortalama puana sahip ilk 5 ekipman sırasıyla E02=E09>E01=E15>E03 olmuştur. Çizelge 8.3'te kargo ekipmanlarındaki bir arızanın emniyet üzerindeki etkisi açısından elde edilen ortalama puanlar sunulmuştur.

Çizelge 8.3 : Kargo ekipmanlarındaki bir arızanın emniyet üzerindeki etkisi açısından elde edilen ortalama puanlar.

No	Ekipman	Ortalama Puan
E02	Yük Sahil Bağlama Hortumları veya Kolları	3,00
E09	Inert Gaz Jeneratörü (İnertli Yük Durumunda)	3,00
E01	Yük Tahliye ve Yükleme Valfleri	2,94
E15	%98 Seviye Alarm Ekipmanı	2,94
E03	Yük Devreleri	2,92
E06	Yük Tankı Basınç ve Vakum Valfleri	2,75
E14	%95 Seviye Alarm Ekipmanı	2,75
E04	Yük Pompaları	2,67
E07	Yük Tankı Havalandırma Valfleri	2,61
E13	Çoklu-Gaz Ölçme Ekipmanı	2,56
E11	Yük Isıtma Sirkülasyon pompası (Isıtmalı Yük Durumunda)	2,53
E21	Balast Devreleri	2,53
E08	Yük Tankı Havalandırma Hortumları	2,50
E12	Yük Isıtma Serpantinleri (Isıtmalı Yük Durumunda)	2,47
E20	Balast Valfleri	2,47
E05	Yük Tank Kapağı Salmastrası	2,36
E10	Yük Seviye, Sıcaklık ve Yağ Ölçme Ekipmanı	2,36
E19	Balast Arıtma Ekipmanları	2,33
E16	Elektronik Yük İzleme Ekipmanları	2,22
E17	Yük Hesap Bilgisayarı	2,17
E18	Elektronik Balast İzleme Ekipmanları	2,00

8.3 Kargo Ekipmanlarındaki Bir Arızanın Yedek Parça/Alternatifinin Gemide Bulunma Durumu Konusunda Uzmanların Değerlendirmeleri

Kimyasal tanker tahliye operasyonlarında kullanılan ekipmanların arıza durumunda yedek parça/alternatifinin gemide bulunma durumunu bakımından uzmanların

değerlendirmeleri incelenmiştir. Bu bölümde sadece uzman yanıtlarının ağırlıklandırılıp ortalamalarının alınması yoluyla bulunan puanlar incelenmiştir.

Arıza durumunda yedek parça/alternatifinin gemide bulunma durumuna göre en yüksek puan alan ekipmanın 2,58 puan ile E12-Yük Isıtma Serpantinleri (Isıtmalı Yük Durumunda) olarak belirlendiği gözlemlenmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre en yüksek ortalama puana sahip ilk 5 ekipmanın sırasıyla E12>E09>E03>E02>E16 olduğu görülmüştür.

Çizelge 8.4'te kargo ekipmanlarındaki bir arızanın yedek parça/ alternatifinin gemide bulunma durumu açısından elde edilen ortalama puanlar sunulmuştur.

Çizelge 8.4 : Kargo ekipmanlarındaki bir arızanın yedek parça/alternatifinin gemide bulunma durumu açısından elde edilen ortalama puanlar.

No	Ekipman	Ortalama Puan
E12	Yük Isıtma Serpantinleri (Isıtmalı Yük Durumunda)	2,58
E09	Inert Gaz Jeneratörü (İnertli Yük Durumunda)	2,53
E03	Yük Devreleri	2,50
E02	Yük Sahil Bağlama Hortumları veya Kolları	2,33
E16	Elektronik Yük İzleme Ekipmanları	2,31
E17	Yük Hesap Bilgisayarı	2,31
E10	Yük Seviye, Sıcaklık ve Yağ Ölçme Ekipmanı	2,28
E01	Yük Tahliye ve Yükleme Valfleri	2,25
E04	Yük Pompaları	2,25
E15	%98 Seviye Alarm Ekipmanı	2,22
E19	Balast Arıtma Ekipmanları	2,22
E07	Yük Tankı Havalandırma Valfleri	2,19
E06	Yük Tankı Basınç ve Vakum Valfleri	2,17
E11	Yük Isıtma Sirkülasyon Pompası (Isıtmalı Yük Durumunda)	2,17
E18	Elektronik Balast İzleme Ekipmanları	2,17
E21	Balast Devreleri	2,17
E08	Yük Tankı Havalandırma Hortumları	2,14
E14	%95 Seviye Alarm Ekipmanı	2,14
E13	Çoklu-Gaz Ölçme Ekipmanı	2,03
E05	Yük Tank Kapağı Salmastrası	1,97
E20	Balast Valfleri	1,94

8.4 Kargo Ekipmanlarındaki Bir Arızanın Mali Değer/Arıza Durumunda

Ortaya Çıkacak Tamir Masrafı Düzeyi Konusunda Yapılan Uzman

Değerlendirmeleri

Son kriter olarak, kimyasal tanker tahliye operasyonlarında kullanılan ekipmanların arıza durumunda ortaya çıkacak tamir masrafı düzeyi bakımından uzmanların değerlendirmeleri incelenmiştir. Bu bölümde sadece uzman yanıtlarının ağırlıklandırılıp ortalamalarının alınması yoluyla bulunan puanlar incelenmiştir

Buna göre, arıza durumunda ortaya çıkacak tamir masrafı düzeyi bakımından en yüksek ortalama puana sahip ekipmanın 2,83 puan ile E19-Balast Arıtma Ekipmanları olarak belirlendiği gözlemlenmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre ortalaması en yüksek ilk 5 ekipman sırasıyla E19>E04=E09>E11>E12 olmuştur. Çizelge 8.5'te kargo ekipmanlarındaki bir arıza durumunda ortaya çıkacak tamir masrafı düzeyi açısından elde edilen ortalama puanlar sunulmuştur.

Çizelge 8.5 : Kargo ekipmanlarındaki bir arıza durumunda ortaya çıkacak tamir masrafı düzeyi açısından elde edilen ortalama puanlar.

No	Ekipman	Ortalama Puan
E19	Balast Arıtma Ekipmanları	2,83
E04	Yük Pompaları	2,78
E09	Inert Gaz Jeneratörü (İnertli Yük Durumunda)	2,78
E11	Yük Isıtma Sirkülasyon Pompası (Isıtmalı Yük Durumunda)	2,56
E12	Yük Isıtma Serpantinleri (Isıtmalı Yük Durumunda)	2,42
E16	Elektronik Yük İzleme Ekipmanları	2,33
E18	Elektronik Balast İzleme Ekipmanları	2,22
E02	Yük Sahil Bağlama Hortumları veya Kolları	2,19
E13	Çoklu-Gaz Ölçme Ekipmanı	2,11
E03	Yük Devreleri	2,08
E01	Yük Tahliye ve Yükleme Valfleri	2,06
E10	Yük Seviye, Sıcaklık ve Yağ Ölçme Ekipmanı	2,03
E06	Yük Tankı Basınç ve Vakum Valfleri	2,00
E20	Balast Devreleri	1,92
E17	Yük Hesap Bilgisayarı	1,89
E20	Balast Valfleri	1,86
E07	Yük Tankı Havalandırma Valfleri	1,72
E14	%95 Seviye Alarm Ekipmanı	1,67
E15	%98 Seviye Alarm Ekipmanı	1,67
E08	Yük Tankı Havalandırma Hortumları	1,53
E05	Yük Tank Kapağı Salmastrası	1,50

8.5 Ekipman Kritiklik Sınıflandırması

Formül (6.1) kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda, her bir ekipman için kritiklik puanı elde edilmiştir. Çizelge 8.6'da kimyasal tanker tahliye ekipmanları kritiklik sıralaması detaylı olarak sunulmuştur.

Çizelge 8.6 : Kimyasal Tanker Tahliye Ekipmanları Kritiklik Sıralaması.

No	Ekipman	EC
E09	Inert Gaz Jeneratörü (İnertli Yük Durumunda)	95,0 (Klas A)
E03	Yük Devreleri	89,3 (Klas A)
E02	Yük Sahil Bağlama Hortumları veya Kolları	88,8 (Klas A)
E04	Yük Pompaları	87,6 (Klas A)
E01	Yük Tahliye ve Yükleme Valfleri	87,4 (Klas A)
E12	Yük Isıtma Serpantinleri (Isıtmalı Yük Durumunda)	85,8 (Klas A)
E11	Yük Isıtma Sirkülasyon Pompası (Isıtmalı Yük Durumunda)	83,6 (Klas A)
E15	%98 Seviye Alarm Ekipmanı	83,5 (Klas A)
E06	Yük Tankı Basınç ve Vakum Valfleri	82,5 (Klas A)
E19	Balast Arıtma Ekipmanları	81,6 (Klas A)
E21	Balast Devreleri	80,1 (Klas A)
E07	Yük Tankı Havalandırma Valfleri	78,8 (Klas A)
E14	%95 Seviye Alarm Ekipmanı	78,7 (Klas A)
E20	Balast Valfleri	76,9 (Klas A)
E13	Çoklu-Gaz Ölçme Ekipmanı	76,9 (Klas A)
E16	Elektronik Yük İzleme Ekipmanları	75,9 (Klas A)
E10	Yük Seviye, Sıcaklık ve Yağ Ölçme Ekipmanı	75,2 (Klas A)
E08	Yük Tankı Havalandırma Hortumları	73,2 (Klas B)
E17	Yük Hesap Bilgisayarı	73,1 (Klas B)
E18	Elektronik Balast İzleme Ekipmanları	70,6 (Klas B)
E05	Yük Tank Kapağı Salmastrası	69,5 (Klas B)

Elde edilen sonuçlara göre 21 ekipmandan 17 tanesinin A kategorisinde ve 4 tanesinin B kategorisinde sınıflandığı görülmektedir. Kimyasal tanker ekipmanlarının kritiklik seviyesinin, işlevleri gereği A kategorisinde yoğunlaştığı görülmüştür. Bu denli kritik bir operasyonda kullanılan ekipmanlar için dahi 4 adet ekipmanın B kategorisinde sınıflandırılması, yöntemin ayırt ediciliğini göstermektedir.

A kategorisinde yer alan ekipmanlar aşağıda detaylı olarak ele alınmaktadır.

Kritiklik puanı sıralamasına göre ilk sırada inert gaz jeneratörünün (E09) olması, patlama riskini azaltmak için tank atmosferini inert hale getirerek tahliye operasyonu boyunca emniyeti sağlaması nedeniyle gerçek koşullara uygun bir sonuç elde edildiğini göstermektedir. Tahliye operasyonu sürecinde inert ortam sağlanmazsa hem gemi personeli hem de geminin kendisi için büyük risk oluşabilir. Bu ekipmanın arızalanması sonucunda tahliye durabilir veya tehlikeli bir ortamda devam edilmesine neden olabilir.

İkinci sırada yer alan yük devreleri (E03), tahliye hattı boyunca kontrollü ve sızdırmaz bir transfer yapılmasını sağlar. Burada oluşabilecek bir kaçak veya arıza, operasyonun kesintiye uğramasına ve çevresel kirliliğe neden olabilir. Operasyonun sürekliliği ve emniyet açısından kritik öneme sahip olması dolayısıyla analiz sonuçlarında ilk sıralarda yer almasının tutarlı bir sonuç olduğu düşünülmektedir.

Üçüncü sırada yer alan yük sahil bağlama hortumları veya kolları (E02), tahliyenin sürekliliğini sağlamak üzere gemi ve kıyı tesisi arasında sızdırmaz emniyetli bir bağlantı sağlamaktadır. Burada meydana gelebilecek bir arıza, çevresel bir felakete yol açabilir. Bu bağlantı elemanlarının düzgün çalışıyor olması hem yasal uyumluluk açısından hem de operasyonel verimlilik açısından hayati öneme sahiptir. Dolayısıyla bu bağlantı elemanlarının sıralamanın üst kısmında yer alması anlaşılır bir sonuçtur.

Dördüncü sırada yer alan yük pompaları (E04), operasyonun hızını ve verimliliğini belirleyen ekipmanlardır. Bu ekipmanda oluşabilecek bir arıza, operasyonun tamamen durmasına veya yetersiz tahliye sonucu ciddi zaman kaybı nedeniyle operasyonun aksamasına neden olabilir. Operasyonun başarısı ve zamanlama, kimyasal tanker gemilerinde temel gerekliliklerden biri olduğu için bu ekipmanın da üst sıralarda yer alması gerçeğe uygun bir sonuçtur.

Yük tahliye ve yükleme valfleri (E01) listenin beşinci sırasında bulunmaktadır. Bu valfler, kontrollü bir yönlendirme işleminin yapılmasını ve işlemlerin emniyetini doğrudan etkilemektedir. Bu ekipmanda oluşabilecek bir arıza, kimyasalın akmasına neden olup hem çevresel hem de operasyonel tehlikelere sebep olabilir. Acil durumların önlenmesi, operasyonun kontrol altında tutulabilmesi için kritik öneme sahip olan bu ekipman da listenin üst sıralarında yer almaktadır.

Yük Isıtma Serpantinleri (E12), listenin altıncı sırasında bulunmaktadır. Kimyasal tankerlerde taşınan bazı yüklerin viskozitesini düşürmek için ve kristalleşmeyi önlemek için ısıtma işlemi yapılmaktadır. Isıtmalı yük taşınması durumunda, serpantinlerde oluşacak olası bir kaçak veya hasar tankta belirli bir bölgenin ısıtmasının körlenmesine neden olurken, bu durum yetersiz veya düzensiz ısıtmaya, yükün homojen olmayan bir şekilde tank dibinde sediment bırakarak tahliyesine veya yük kaybına yol açabilir. Yükün katılaşmasından dolayı geminin tersaneye girmesine sebep olacak kadar büyük sonuçlara ve maddi zarara neden olabilir.

Listenin yedinci sırasında yük ısıtma sirkülasyon pompası (E11) yer almaktadır. Özellikle yüksek erime noktası olan kimyasalların taşınmasında önemli olan bu pompalar ısıtma sistemine entegre olarak çalışır. Yükün serpantinler arasında dolaşmasını ve ısının homojen dağıtılmasını sağlar. Arızalanması hâlinde, yükün soğuması sonucu tank diplerinde sediment kalabilir veya ısı kaybı sebebiyle yük

katılarak tamamen veya kısmen boşaltılamayabilir. Gemiye operasyondan düşürecek sonuçlara neden olabilir.

%98 Seviye Alarm Ekipmanı (E15) listenin sekizinci sırasında yer almaktadır. Tank doluluğu %98'e ulaştığında uyarı vererek taşma riskini önleyen bu alarm, hem gemi personeli hem de kıyı tesisini uyararak acil duruma müdahale süresini kısaltır. Tank taşması, özellikle toksik veya çevreye zararlı kimyasallar söz konusu olduğunda büyük bir çevresel felakete neden olabilir.

Listenin dokuzuncu sırasında yük tankı basınç ve vakum valfleri (E06) bulunmaktadır. Bu valfler tank içi basıncın emniyetli sınırlar içinde kalmasını sağlar ancak uzun süre bakım tutumu yapılmadığı takdirde mekanik olduğu için, bu valfler tahliye esnasında istenilen vakum veya basınç değerlerinde açılmayabilir ve bu durum tahliye esnasında tank içi basıncı aniden düşürebilir. Saatlik yük basma oranı yüksek olan tahliyelerde özellikle sıkı şekilde takibi yapılmalıdır. Aksi takdirde tank deformasyonu, yapısal hasar veya gaz sızıntısı oluşabilir.

Balast arıtma ekipmanları (E19) listenin onuncu sırasında yer almıştır. Balast arıtma ekipmanlarında oluşacak herhangi bir arıza, balast pompaları dahil tüm ekipmanların anında durmasına sebep olarak arıza giderilene kadar balast operasyonu yapılamamasına sebep olabilir. Deniz suyunun balast tanklarına alınmasının önünde bir engel olması durumunda, saatlik tahliye hızı yüksek olan operasyon esnasında geminin dengesinin korunamaması önemli bir sorun teşkil edeceği için bu ekipman kritik öneme sahiptir.

Listenin on birinci sırasında balast devreleri (E21) yer almaktadır. Yük tahliye operasyonları sırasında geminin dengesinin korunmasında balast devrelerinin işlevi kritik öneme sahiptir. Balast devrelerinin (E21) ve balast arıtma ekipmanlarının (E19) sıralamada peş peşe yer alması, tutarlı sonuçlar alındığına dair bir işarettir.

Yük tankı havalandırma valfleri (E07) listenin on ikinci sırasında yer almaktadır. Bu valfler, tahliye operasyonunda tanktaki zehirli gazın ekosisteme salınmasını engellemek amacıyla terminal tanklarıyla entegreli olarak tank atmosferinin transferini sağlamaktadır. Yük atmosferinin kontrollü şekilde terminale transferini sağlayan bu valflerin tıkanması zehirli gazların çevreye yayılmasına sebep olabilir.

Listenin on üçüncü sırasında %95 Seviye Alarm Ekipmanı (E14) bulunmaktadır. Bu ekipman %98 seviye alarmından önce devreye girerek daha erken bir uyarı sağlar.

Yükleme sırasında fazla dolumu önleyerek hem operasyonel hem çevresel riskleri azaltır. Çalışmaması durumunda, olası bir acil durumda hızlı müdahaleyi engelleyeceği için kritik öneme sahiptir. %98 Seviye Alarm Ekipmanından (E15) daha alt sıralarda olması sonuçların doğruluğu açısından bir gösterge olarak düşünülebilir.

Listenin on dördüncü sırasında Balast Valfleri (E20) yer almaktadır. Bu ekipman balast sisteminin manuel veya otomatik kontrolünü sağlar. Yük tahliye edilirken geminin stabilitesinin gerçek zamanlı korunması açısından önemlidir. Balast valfleri gemilerde yedeği bulunan malzemelerdir. Bu nedenle, yedek parça/ alternatifinin gemide bulunması durumu için verilen puanlar sebebiyle, balast arıtma ekipmanları (E19) ve balast devrelerine (E21) göre daha alt sıralarda yer almıştır.

Çoklu-Gaz Ölçme Ekipmanı (E13) listenin on beşinci sırasında yer almaktadır. Tahliye sırasında ortaya çıkabilecek yanıcı, zehirli veya inert gazların seviyesini ölçen bu ekipman, özellikle kapalı tanklar ve sınırlı alanlarda personel güvenliği için önemlidir. H₂S, VOC, CO gibi tehlikeli gazların varlığı anlık olarak izlenmelidir. Bu ekipmanın arızalanması sonucu anlık ölçüm yapılamaması ciddi zarara sebebiyet verebilir. Can güvenliği açısından kritik bir ekipmandır.

Listenin on altıncı sırasında elektronik yük izleme ekipmanları (E16) bulunmaktadır. Bu ekipman, yük miktarı, yükün sıcaklığı, tank seviyesi ve tank basıncı gibi parametreleri izler. Operasyonel kararların alınmasında ve sistemin otomatik çalışmasında etkilidir. Sensör arızaları ciddi yanlış kararlara neden olabilir. Operasyon sürecinde 1.Zabit ve Vardiya Zabitine operasyon süreci hakkında önemli bilgi sağlayan bir kaynaktır. Arızalanması durumunda operasyonun durması, çevre kirliliği, gemi dengesi ile ilgili problemler gibi ciddi sonuçlar oluşabilir.

Listenin on yedinci sırasında yük seviye, sıcaklık ve yağ ölçme ekipmanı (E10) bulunmaktadır. Bu ekipmandan alınan değerler, tahliye limanında geminin üzerindeki yük miktarını belirlemek için yük hesaplamalarında kullanılır. Arızalanması durumunda ciddi maddi kayıplara yol açabilir.

B kategorisinde yer alan ekipmanlar incelendiğinde aşağıdaki değerlendirmeler yapılmıştır.

Listenin on sekizinci sırasında yük tankı havalandırma hortumları (E08) yer almaktadır. Bu hortumlar, havalandırma sisteminin bir uzantısı olarak görev yapar. Tank içindeki buharın kontrollü bir şekilde terminale transfer edilmesine olanak tanır.

Hasar veya kopma hâlinde zehirli gaz sızıntısı riski oluşur. Arıza durumunda terminalde yedekleri bulunmasından dolayı operasyonda kısa süreli duraklama yaşatacağı düşünülmektedir. Yedek parça alternatifinin kolay bulunması ve tamir masrafının da düşük olması göz önünde bulundurulduğu için B kategorisinde yer aldığı değerlendirilmiştir.

Yük hesap bilgisayarı (E17) listenin on dokuzuncu sırasındadır. Yük miktarını, ağırlık merkezini, taşıma verimliliğini hesaplar. Tahliye sonrası yükleme planlarının yapılmasında önemli rol oynamaktadır. Alternatif olarak 1.Zabit'in yük hesap bilgisayarı olmadan da yükleme ve tahliye yapabilecek bilgisi olması göz önünde bulundurulduğunda, bu ekipmanın B kategorisinde yer alması anlaşılır bir sonuçtur.

Elektronik balast izleme ekipmanları (E18) listenin yirminci sırasındadır. Balast hareketlerinin takibini sağlayan bu ekipman, stabilite ve draft hesaplarında yardımcı olur. Kimyasal tanker operasyonları sadece sensörlere güvenilerek yapılacak operasyonlar olmayıp her zaman çift kontrolün yapıldığı operasyonlardır. Tahliye operasyonlarında sürekli olarak çift kontroller yapıldığı göz önünde bulundurulduğunda ve iskandil alınarak manuel olarak da balast seviyesi ölçülebilir olduğundan, bu ekipmanın B kategorisinde sınıflandırıldığı düşünülmektedir.

Listenin son sırasında yük tank kapağı salmastrası (E05) bulunmaktadır. Bu ekipman yük tank kapaklarının sızdırmazlığını sağlar. Kimyasal yüklerin buharının dışarı sızmasını önleyerek hem çevre güvenliğini hem de personel sağlığını korur. Uzman görüşlerine göre emniyet açısından ve operasyon sürecine etkisi bakımından orta sıralarda olmasına rağmen, yedek parça alternatifi ve tamir masrafı düzeyi için yapılan puanlama nedeniyle B kategorisinde yer aldığı düşünülmektedir.

Son olarak, kritiklik derecesine bakıldığında B kategorisinde son sırada yer alan ekipmanın dahi ciddi bir kritiklik seviyesinde olduğu görülmektedir. Sonuçlara göre ekipmanlar arasında C ve D kategorisinde sınıflandırılan ekipman olmamıştır.

9. SONUÇ

UNCTAD 2023 raporuna göre, tanker piyasası ölü ağırlıkları bakımından toplam deniz taşımacılığı kapasitesinin %34,9'unu kapsamaktadır. Tanker tipi gemiler arasında en tehlikeli maddeleri kimyasal tanker tipi gemiler taşımaktadır. Vesselfinder (URL-7) web sitesi aracılığı ile elde edilen bilgilere göre, Dünyada 3000 DWT ile 45000 DWT aralığındaki aktif olarak taşımacılık yapan 3433 kimyasal tanker gemisinin olduğu ve gemi inşa yıllarının 2007, 2008 ve 2009 yılları arasında yoğunlaştığı görülmüştür.

Dünya taşımacılığının büyük bir bölümünü oluşturması sebebiyle deniz taşımacılığı hem gemilerin hem de gemilerle taşınan yüklerin maddi değerini yükseltmektedir. Yükselen maddi değer, yükselen bakım-tutum maliyetlerini de beraberinde getirmektedir. Şirketlerin minimum maliyet, maksimum kar stratejileri düşünüldüğünde, gemi inşa yıllarının bu denli geride kaldığı bir ortamda, yanlış yönetilen bakım-tutum politikalarının çevreye ve insana, operasyona ve şirkete ciddi zararlar vermesi olasıdır.

Kimyasal tanker tipi gemilerde tahliye operasyonlarında gerçekleşen ekipman kaynaklı gemi kazalarının ciddi sonuçları olmaktadır. Özellikle yük hortumu patlaması, yetersiz inert gaz kullanımı ve kimyasal reaksiyonlar ile ilgili maddi ve can kayıplarıyla sonuçlanan gemi kazaları olduğu bilinmektedir. Etkili bir bakım-tutum planlaması yapılarak kazaların önüne geçilebilmesi için ekipmanların doğru şekilde incelenmesi gereklidir. Diğer sektörlerde olduğu gibi denizcilik alanında da ekipman kritiklik analizinin yapılması, deniz taşımacılığında emniyetin artırılmasına ciddi katkıda bulunabilir. Bu amaçla bu çalışmada, Afefy Kritiklik Sınıflandırması yöntemi kullanılarak kimyasal tanker tahliye operasyonlarında kullanılan ekipmanların kritiklik analizi yapılmıştır. Kimyasal tanker gemi tecrübesine sahip I. Zabit ve Kaptanlardan oluşan uzman grubunun görüşlerine dayanarak yapılan analizin sonucunda, ekipmanların Klas A ve Klas B kategorilerinde toplandığı görülmüştür. Bu denli tehlikeli olan bir operasyonda kullanılan ekipmanlar arasında dahi bir ayırım

yapabilmesi dolayısıyla, Afefy kritiklik sınıflandırması yönteminin deniz taşımacılığında kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Analiz sonuçlarına göre, en kritik ekipmanın 95 kritiklik puanı ile “Inert Gaz Jeneratörü (E09)” olduğu belirlenmiştir. Bu ekipmanı sırasıyla “Yük Devreleri”, “Yük Sahil Bağlama Hortumları veya Kolları”, “Yük Pompaları” ve “Yük Tahliye ve Yükleme Valfleri” ekipmanları takip etmektedir. Uzmanların yapmış olduğu değerlendirmeler geçmiş kimyasal tanker kazalarıyla örtüşen sonuçlar vermiştir. Kritiklik derecesine bakıldığında B kategorisinde son sırada yer alan ekipmanın dahi ciddi bir kritiklik seviyesinde olduğu görülmektedir. Sonuçlara göre ekipmanlar arasında C ve D kategorisinde sınıflandırılan ekipman olmamıştır.

Kimyasal tankerlerin inşa yıllarının dağılımı göz önünde bulundurulduğunda, şirketler tarafından yanlış bakım-tutum stratejileri izlenmesi sonucu gelecekte kritik ekipman arızaları nedeniyle kaza riskinin artabileceği düşünülmektedir. Gelecekte yaşanabilecek olası kritik ekipman arızası kaynaklı kazaların önüne geçmek ve oluşabilecek zararları engellemek için, bu çalışmada uygulanan kritiklik analizi ile kimyasal tanker tahliyesinde kullanılan kritik ekipmanları üzerinde planlanacak etkili bakım-tutum stratejilerinin belirlenmesi denizcilik sektöründe emniyetin artırılması açısından faydalı olacaktır.

Çalışmaya katılan uzmanlar yalnızca Türk gemi insanlarından oluşmaktadır. Bu çalışmanın sonuçları, uluslararası ölçekte uzman sayısının artırılması ve farklı operasyon türlerine uygulanması ile genişletilebilir.

KAYNAKLAR

- Abdulrohim, S. A., Salih, O. D., & Raouf, A.** (2000). RCM Concepts and Application: A Case Study. *International Journal of Industrial Engineering*, 7(2), 123–132.
- Afey, I. H.** (2010). *Reliability-Centered Maintenance Methodology and Application : A Case Study*. 2010(November), 863–873. <https://doi.org/10.4236/eng.2010.211109>
- Broadribb, M. P., & Freiburger, E.** (2018). Do you feel lucky? or do you want to identify and manage safety critical equipment? *Process Safety Progress*, 37(3), 340–346. <https://doi.org/10.1002/prs.11963>
- Bukar, U. A., Sayeed, M. S., Razak, S. F. A., Yogarayan, S., Amodu, O. A., & Mahmood, R. A. R.** (2023). A method for analyzing text using VOSviewer. *MethodsX*, 11, 102339. <https://doi.org/10.1016/J.MEX.2023.102339>
- Can, D., Yusuf, D., & İç, T.** (2021). Reliability Centered Maintenance Analysis Using Analytic Hierarchy Process for Electro - mechanical Actuators. *Aerotecnica Missili & Spazio*, 100(4), 321–335. <https://doi.org/10.1007/s42496-021-00089-z>
- Crespo Márquez, A., Moreu De León, P., Sola Rosique, A., & Gómez Fernández, J. F.** (2016). Criticality Analysis for Maintenance Purposes: A Study for Complex In-service Engineering Assets. *Quality and Reliability Engineering International*, 32(2), 519–533. <https://doi.org/10.1002/qre.1769>
- Damilare, T. O., & Olasunkanmi, O. A.** (2010). Development of Equipment Maintenance Strategy for Critical Equipment. *The Pacific Journal of Science and Technology*, 11(1), 328–342. https://www.researchgate.net/profile/Olasunkanmi_Akinyemi/publication/280804155_Development_of_Equipment_Maintenance_Strategy_for_Critical_Equipment/links/572342c008ae586b21d87fb8/Development-of-Equipment-Maintenance-Strategy-for-Critical-Equipment.pdf
- Dixey, M.** (1993). Putting Reliability at the Center of Maintenance,. *Professional Engineering*, 6(6), 23–25.
- El-Thalji, I.** (2025). Emerging Practices in Risk-Based Maintenance Management Driven by Industrial Transitions: Multi-Case Studies and Reflections. *Applied Sciences* 2025, Vol. 15, Page 1159, 15(3), 1159. <https://doi.org/10.3390/APP15031159>
- Guo, L., Gao, J., Yang, J., & Kang, J.** (2009). Criticality evaluation of petrochemical equipment based on fuzzy comprehensive evaluation and a BP neural network. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 22(4), 469–476. <https://doi.org/10.1016/J.JLP.2009.03.003>
- ISGOTT.** (2020). *International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals* (6th ed.). OCIMF. <https://www.ocimf.org/>

- IMO.** (2018). *Ballast Water Management Convention and BWMS Code with Guidelines for Implementation* (2018 Edition). IMO. <https://imo-epublications.org/>
- IMO.** (2020). *International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Dangerous Chemicals in Bulk* (2020th ed.). International Maritime Organization. <https://www.imo.org/>
- IMO (Ed.).** (2022). *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships /MARPOL Consolidated Edition 2022* (Consolidat). IMO.
- International Chamber of Shipping.** (2021). *Chemical Tanker Safety Guide* (Fifth). Marisec Publications. <https://www.ics-shipping.org/publications/tanker-safety-guide-chemicals-fifth-edition>
- Jaderi, F., Ibrahim, Z. Z., Jaafarzadeh, N., Abdullah, R., Yavari, A. R., Shamsudin, M. N., & Nabavi, S. M. B.** (2014). Criticality analysis using risk assessment-based maintenance of a petrochemical company. *Polish Journal of Environmental Studies*, 23(6), 2033–2037.
- Jönsson, H., Johansson, H., & Johansson, J.** (2008). Identifying critical components in technical infrastructure networks. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability*, 222(2), 235–243. <https://doi.org/10.1243/1748006XJRR138>
- Khaira, A., & Dwivedi, R.** (2019). A two-step decision making approach for identification of critical equipment using analytical hierarchy process and preference ranking organization method for enrichment evaluations with improved normalization. *Engineering Review*, 39(2), 174–185. <https://doi.org/10.30765/ER.39.2.7>
- Kunsch, P. L.** (2012). *Why pairwise comparison methods may fail in MCDM rankings*. 97–102. https://doi.org/10.1007/978-3-642-29210-1_16
- Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J., & Moher, D.** (2009). The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Health Care Interventions: Explanation and Elaboration. *PLOS Medicine*, 6(7), e1000100. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PMED.1000100>
- Llanes, A., Magán, D., & Pentón, Y.** (2022). *Application of risk-based maintenance to equipment of the " José María Pérez Capote" agroindustrial sugar company*. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20220331365>
- Madi, E. N., Garibaldi, J. M., & Wagner, C.** (2016). An exploration of issues and limitations in current methods of topsis and fuzzy TOPSIS. *2016 IEEE International Conference on Fuzzy Systems, FUZZ-IEEE 2016*, 2098–2105. <https://doi.org/10.1109/FUZZ-IEEE.2016.7737950>
- Maphosa, P., Nziu, P., & Masu, L.** (2024). *Criticality Analysis of Electromechanical Equipment Maintenance . A Case Study in Sasol Synfuels Catalyst Preparation Unit. January*. <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V72I1P110>
- Marhaug, A., Barabadi, A., Stagrum, E., Karlsen, K., Olsen, A., & Ayele, Y. Z.** (2017). Criticality analysis for maintenance purposes of platform supply vessels in remote areas. *Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering*, 139(3).

<https://doi.org/10.1115/1.4035304/377093>

- Mericia, C., Tavares, M., & Szpytko, J. (2017).** MAINTENANCE STRATEGY FOR VEHICLE WITH ELECTRONIC FUEL INJECTION SYSTEM STRATEGIA OBSŁUGIWANIA POJAZDU Z ELEKTRONICZNYM SYSTEMEM WTRYSKU PALIWA. *Journal of KONBiN*, 42. <https://doi.org/10.1515/jok-2017-0034>
- Moher, D., Cook, D. J., Eastwood, S., Olkin, I., Rennie, D., & Stroup, D. F. (1999).** Improving the quality of reports of meta-analyses of randomised controlled trials: The QUOROM statement. *Lancet*, 354(9193), 1896–1900. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(99\)04149-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(99)04149-5)
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., Antes, G., Atkins, D., Barbour, V., Barrowman, N., Berlin, J. A., Clark, J., Clarke, M., Cook, D., D'Amico, R., Deeks, J. J., Devereaux, P. J., Dickersin, K., Egger, M., Ernst, E., Gøtzsche, P. C., ... Tugwell, P. (2009).** Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Medicine*, 6(7). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PMED.1000097>
- Mulrow, C. D. (1987).** The Medical Review Article: State of the Science. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-106-3-485>, 106(3), 485–488. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-106-3-485>
- Muryadin, M., Noor, F. M., Prasetyo, D. F., & Wijaya, R. D. S. (2023).** Criticality Analysis for Research Vessel Machinery System Maintenance Strategy. Study Case: RV. Baruna Jaya. *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Kelautan*, 20(1), 44–59. <https://doi.org/10.14710/kapal.v20i1.49351>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021).** The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372. <https://doi.org/10.1136/BMJ.N71>
- Pan, K., Liu, H., Gou, X., Huang, R., Ye, D., Wang, H., Glowacz, A., & Kong, J. (2022).** Towards a Systematic Description of Fault Tree Analysis Studies Using Informetric Mapping. *Sustainability* 2022, Vol. 14, Page 11430, 14(18), 11430. <https://doi.org/10.3390/SU141811430>
- Rausand, M. (1998).** Reliability-Centered Maintenance. *Reliability Engineering and System Safety*, 60(2), 121–132.
- Romanchak, V., & Romanchak, V. (2023).** The Problem of the Adequacy of the Analytic Hierarchy Process and Its Solution. 250. <https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.1001308>
- Seyed Hosseini, S. M., Shahanaghi, K., & Shasfand, S. (2021).** Resistive maintenance and equipment criticality indexes. *Nexo Revista Científica*, 34(02), 744–758. <https://doi.org/10.5377/nexo.v34i02.11559>
- Shahri, M. M., Jahromi, A. E., & Houshmand, M. (2021).** An integrated fuzzy inference system and AHP approach for criticality analysis of assets: A case study of a gas refinery. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 41(1), 199–217. <https://doi.org/10.3233/JIFS-201407>

Singh, R., & Kulkarni, M. (2013). *CRITICALITY ANALYSIS OF POWER-PLANT EQUIPMENTS USING THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS.*

Smith, A. M. (1993). *Reliability-Centered Maintenance.*

Taghipour, S., Banjevic, D., & Jardine, A. K. S. (2011). Prioritization of medical equipment for maintenance decisions. *Journal of the Operational Research Society*, 62(9), 1666–1687. <https://doi.org/10.1057/JORS.2010.106>

Vatanpour, S., Hrudehy, S. E., & Dinu, I. (2015). Can Public Health Risk Assessment Using Risk Matrices Be Misleading? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(8), 9575. <https://doi.org/10.3390/IJERPH120809575>

Wang, J., & Chu, J. (2007). Selection of Optimum Maintenance Strategies Based on a Fuzzy Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Production Economics*, 107(1), 151–163.

Yang, N., Zhang, M., Wangdu, F., & Li, R. (2021). Identification of Critical Components of Complex Product Based on Hybrid Intuitionistic Fuzzy Set and Improved Mahalanobis-Taguchi System. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 30(5), 533–551. <https://doi.org/10.1007/S11518-021-5503-7>

Url-1 < <https://www.vosviewer.com>>, erişim tarihi 15.03.2024.

Url-2 < <https://www.unctad.org>>, erişim tarihi 21.03.2024.

Url-3 < <https://www.amarineblog.com>>, erişim tarihi 27.03.2024.

Url-4 < <https://www.clearseas.org>>, erişim tarihi 11.04.2024

Url-5 < <https://porteconomicsmanagement.org>>, erişim tarihi 29.04.2024

Url-6 < <https://www.marineinsight.com>>, erişim tarihi 17.05.2024

Url-7 < <https://www.vesselfinder.com>>, erişim tarihi 20.05.2024

Url-8 < <https://kanon.nl>>, erişim tarihi 09.06.2024

Url-9 < <https://shipsbusiness.com>>, erişim tarihi 09.06.2024

Url-10 < <https://www.environmental-expert.com/>>, erişim tarihi 20.04.2025

Url-11 <<https://seashorerubber.com/>>, erişim tarihi 09.06.2024

Url-12 <<http://www.chemicaltankerguide.com/>>, erişim tarihi 09.06.2024

Url-13 < <https://www.merchantnavydecoded.com/>>, erişim tarihi 09.06.2024

Url-14 < <https://mr-marinegroup.com/>> , erişim tarihi 09.06.2024

Url-15 <<http://www.chinahisea.com/>> erişim tarihi 09.06.2024

Url-16 < <https://www.tanks-direct.co.uk/>> erişim tarihi 09.06.2024

Url-17 < <https://www.coatingsworld.com/>> erişim tarihi 09.03.2025

Url-18 < <https://www.globaltestsupply.com/>> erişim tarihi 09.03.2025

Url-19 < <http://www.suniltech.co.kr/>> erişim tarihi 09.03.2025

Url-20 < <http://kodomaritime.com/>> erişim tarihi 20.04.2025

Url-21 < <https://www.aydenmarine.com/>> erişim tarihi 09.03.2025

Url-22 < <http://www.efcgroup.net/>> erişim tarihi 09.03.2025

Url-23 < <https://ciss-group.com/>> erişim tarihi 09.03.2025

Url-24 < <https://britanniapandi.com/>> erişim tarihi 09.03.2025

Url-25 < <http://www.generalshipping.gr/>> erişim tarihi 09.03.2025

Url-26 < <https://www.gov.uk/>> erişim tarihi 08.05.2025

Url-27 < <https://maritimecyprus.com/>> erişim tarihi 08.05.2025

Url-28 < <https://www.gov.uk/>> erişim tarihi 08.05.2025

Url-29 < <https://www.raosoft.com/>> erişim tarihi 08.05.2025





EKLER

EK A: Anket Örneği

EK B: Kriterlere Göre Uzman Değerlendirmeleri



**KİMYASAL TANKER TAHLİYE OPERASYONLARINDA KULLANILAN
KARGO EKİPMANLARININ KRİTİKLİK SEVİYESİNİN ANALİZİ**

Saygıdeğer Katılımcı;

Bu anket formu İstanbul Teknik Üniversitesi, Deniz Ulaştırma Mühendisliği Anabilim Dalı Hocalarından Dr. Öğr. Üyesi Tuba KEÇECİ danışmanlığında, Yüksek Lisans Öğrencisi Kenan EVREN tarafından yürütülen tez çalışması kapsamında uygulanmaktadır.

Bu anketin amacı, kimyasal tanker tahliye operasyonlarında kullanılan kargo ekipmanlarının kritiklik seviyesini belirlemektir. Ankete vereceğiniz cevaplar bilimsel amaçlar doğrultusunda incelenip yalnızca bu amaç için kullanılacaktır. Gizlilik, anketlerin veri giriş tablosuna girilmesi, şifreli klasörde depolanmasıyla sağlanacak, kilitli dosya dolabındaki bilgiye erişim yalnızca çalışmanın sorumlusu araştırmacılarla sınırlı kalacaktır. Araştırma sonuçları tüm gizlilik ilkelerine uyularak sadece bilimsel çalışmalarda kullanılacaktır.

Sizden isim ve kimliğinizle ilgili bilgiler istenmeyecektir. Yanıtlarınızda adınızı, soyadınızı veya kimliğinizi belirtecek hiçbir ifade kullanmayınız. Çalışmanın içinde olmak isteyip istemediğinize tamamen bağımsız ve etki altında kalmadan karar veriniz. Bu çalışmaya gönüllü olarak katılmaya karar vermeniz halinde dahi, sahip olduğunuz herhangi bir hakkı kaybetmeden veya herhangi bir cezaya maruz kalmadan istediğiniz zaman çekilebilirsiniz. Bu durumda, çalışmanın içeriği ve size sunulan ankette yer alan bilgilerin üçüncü taraflarla paylaşılmaması gerekmektedir.

Araştırmanın sağlıklı bulgulara ulaşması, anketteki ifadelere vereceğiniz cevaplara bağlı olacağından, cevaplarınızın gerçek anlamda tutum ve görüşlerinizi yansıtması çok önemlidir.

Ankette yer alan soruların tümünü içtenlikle yanıtlamanızı ve gereken özeni göstermenizi diler, saygılarımı sunarım.

Anket yaklaşık 15 dakika sürmektedir.

Yukarıdaki bilgileri okudum. Çalışmaya gönüllü olarak katılmayı kabul ediyorum.

() Evet

() Hayır

SORULAR

- 1) Lütfen aşağıdaki soruları cevaplayınız.

Gemideki göreviniz nedir?

Hangi tip gemilerde çalıştınız?

Toplam Hizmet süreniz nedir?.....

- 2) Tablo 1’de gösterilen puanlama ölçeğini kullanarak, Tablo 2’deki listede bulunan ekipmanların ağırlık değerini aşağıdaki soruya göre puanlayınız.

Aşağıdaki kargo ekipmanlarındaki bir arızanın ‘operasyon sürecine etkisini’ 1’den 3’e kadar bir ölçek üzerinden nasıl ağırlıklandırırsınız?

Tablo 1: Ekipman arızasının operasyon sürecine etkisinin ağırlık ölçeği

Puan	Ağırlık düzeyi
3	Çok önemli (operasyonu durdurur, çok büyük kayıp yaratır)
2	Önemli
1	Normal (operasyonu etkilemez)

Tablo 2: Kimyasal tanker tahliye operasyonlarında kullanılan kargo ekipmanları ve puanları

NO	EKİPMANIN İSMİ	Puanı
1	YÜK TAHLİYE VE YÜKLEME VALFLERİ	
2	YÜK SAHİL BAĞLAMA HORTUMLARI VEYA KOLLARI	
3	YÜK DEVRELERİ	
4	YÜK POMPALARI	
5	YÜK TANK KAPAĞI SALMASTRASI	
6	YÜK TANKI BASINÇ VE VAKUM VALFLERİ	
7	YÜK TANKI HAVALANDIRMA VALFLERİ	
8	YÜK TANKI HAVALANDIRMA HORTUMLARI	
9	İNERT GAZ JENERATÖRÜ (İNERTLİ YÜK DURUMUNDA)	
10	YÜK SEVİYE ,SICAKLIK VE YAĞ ÖLÇME EKİPMANI	
11	YÜK ISITMA SİRKÜLASYON POMPASI (ISITMALI YÜK DURUMUNDA)	
12	YÜK ISITMA SERPANTİNLERİ (ISITMALI YÜK DURUMUNDA)	
13	ÇOKLU-GAZ ÖLÇME EKİPMANI	
14	%95 SEVİYE ALARM EKİPMANI	
15	%98 SEVİYE ALARM EKİPMANI	
16	ELEKTRONİK YÜK İZLEME EKİPMANLARI	
17	YÜK HESAP BİLGİSAYARI	
18	ELEKTRONİK BALAST İZLEME EKİPMANLARI	
19	BALAST ARITMA EKİPMANLARI	
20	BALAST VALFLERİ	

21	BALAST DEVRELERİ	
----	------------------	--

- 3) Tablo 3'te gösterilen puanlama ölçeğini kullanarak, Tablo 4'teki listede bulunan ekipmanların ağırlık değerini aşağıdaki soruya göre puanlayınız.

Aşağıdaki kargo ekipmanlarındaki bir arızanın 'emniyet üzerindeki etkisini' 1'den 3'e kadar bir ölçek üzerinden nasıl ağırlıklandırırız?

Tablo 3: Ekipman arızasının emniyet üzerindeki etkisinin ağırlık ölçeği

Puan	Ağırlık düzeyi
3	Çok önemli (İnsana, çevreye ve gemiye olan zarar çok büyüktür, çok büyük kayıp yaratır)
2	Önemli
1	Normal (İnsana, çevreye ve gemiye olan zarar önemsenmeyecek düzeydedir.)

Tablo 4: Kimyasal tanker tahliye operasyonlarında kullanılan kargo ekipmanları ve puanları

NO	EKİPMANIN İSMİ	Puanı
1	YÜK TAHLİYE VE YÜKLEME VALFLERİ	
2	YÜK SAHİL BAĞLAMA HORTUMLARI VEYA KOLLARI	
3	YÜK DEVRELERİ	
4	YÜK POMPALARI	
5	YÜK TANK KAPAĞI SALMASTRASI	
6	YÜK TANKI BASINÇ VE VAKUM VALFLERİ	
7	YÜK TANKI HAVALANDIRMA VALFLERİ	
8	YÜK TANKI HAVALANDIRMA HORTUMLARI	
9	İNERT GAZ JENERATÖRÜ (İNERTLİ YÜK DURUMUNDA)	
10	YÜK SEVİYE , SICAKLIK VE YAĞ ÖLÇME EKİPMANI	
11	YÜK ISITMA SİRKÜLASYON POMPASI (ISITMALI YÜK DURUMUNDA)	
12	YÜK ISITMA SERPANTİNLERİ (ISITMALI YÜK DURUMUNDA)	
13	ÇOKLU-GAZ ÖLÇME EKİPMANI	
14	%95 SEVİYE ALARM EKİPMANI	
15	%98 SEVİYE ALARM EKİPMANI	

16	ELEKTRONİK YÜK İZLEME EKİPMANLARI	
17	YÜK HESAP BİLGİSAYARI	
18	ELEKTRONİK BALAST İZLEME EKİPMANLARI	
19	BALAST ARITMA EKİPMANLARI	
20	BALAST VALFLERİ	
21	BALAST DEVRELERİ	

- 4) Tablo 5'te gösterilen puanlama ölçeğini kullanarak, Tablo 6'daki listede bulunan ekipmanları aşağıdaki soruya göre puanlayınız.

Aşağıdaki kargo ekipmanlarının 'yedek parça/alternatifinin gemide bulunması durumu' nasıl değerlendirirsiniz?

Tablo 5: Ekipmanın yedek parça/alternatifine erişim ölçeği

Puan	Erişim durumu
3	Yedek parça/alternatifi gemide bulunmaz
2	Yedek parça/alternatifinin gemide bulunma olasılığı orta düzeydedir.
1	Yedek parça/alternatifinin gemide bulunma olasılığı yüksektir.

Tablo 6: Kimyasal tanker tahliye operasyonlarında kullanılan kargo ekipmanları ve puanları

NO	EKİPMANIN İSMİ	Puanı
1	YÜK TAHLİYE VE YÜKLEME VALFLERİ	
2	YÜK SAHİL BAĞLAMA HORTUMLARI VEYA KOLLARI	
3	YÜK DEVRELERİ	
4	YÜK POMPALARI	
5	YÜK TANK KAPAĞI SALMASTRASI	
6	YÜK TANKI BASINÇ VE VAKUM VALFLERİ	
7	YÜK TANKI HAVALANDIRMA VALFLERİ	
8	YÜK TANKI HAVALANDIRMA HORTUMLARI	
9	İNERT GAZ JENERATÖRÜ (İNERTLİ YÜK DURUMUNDA)	

10	YÜK SEVİYE ,SICAKLIK VE YAĞ ÖLÇME EKİPMANI	
11	YÜK ISITMA SİRKÜLASYON POMPASI (ISITMALI YÜK DURUMUNDA)	
12	YÜK ISITMA SERPANTİNLERİ (ISITMALI YÜK DURUMUNDA)	
13	ÇOKLU-GAZ ÖLÇME EKİPMANI	
14	%95 SEVİYE ALARM EKİPMANI	
15	%98 SEVİYE ALARM EKİPMANI	
16	ELEKTRONİK YÜK İZLEME EKİPMANLARI	
17	YÜK HESAP BİLGİSAYARI	
18	ELEKTRONİK BALAST İZLEME EKİPMANLARI	
19	BALAST ARITMA EKİPMANLARI	
20	BALAST VALFLERİ	
21	BALAST DEVRELERİ	

- 5) **Tablo 7** de gösterilen puanlama ölçeğini kullanarak, **Tablo 8**'deki listede bulunan ekipmanları aşağıdaki soruya göre puanlayınız.

Aşağıdaki kargo ekipmanlarının 'mali değer/arıza durumunda ortaya çıkacak tamir masrafı düzeyini' nasıl değerlendirirsiniz?

Tablo 7: Ekipmanın mali değer/tamir masrafı düzeyi ölçeği

Puan	Maliyet düzeyi
3	Çok yüksek
2	Normal
1	Düşük

Tablo 8: Kimyasal tanker tahliye operasyonlarında kullanılan kargo ekipmanları ve puanları

NO	EKİPMANIN İSMİ	Puanı
1	YÜK TAHLİYE VE YÜKLEME VALFLERİ	
2	YÜK SAHİL BAĞLAMA HORTUMLARI VEYA KOLLARI	
3	YÜK DEVRELERİ	
4	YÜK POMPALARI	

5	YÜK TANK KAPAĞI SALMASTRASI	
6	YÜK TANKI BASINÇ VE VAKUM VALFLERİ	
7	YÜK TANKI HAV ALANDIRMA VALFLERİ	
8	YÜK TANKI HAV ALANDIRMA HORTUMLARI	
9	İNERT GAZ JENERATÖRÜ (İNERTLİ YÜK DURUMUNDA)	
10	YÜK SEVİYE ,SICAKLIK VE YAĞ ÖLÇME EKİPMANI	
11	YÜK ISITMA SİRKÜLASYON POMPASI (ISITMALI YÜK DURUMUNDA)	
12	YÜK ISITMA SERPANTİNLERİ (ISITMALI YÜK DURUMUNDA)	
13	ÇOKLU-GAZ ÖLÇME EKİPMANI	
14	%95 SEVİYE ALARM EKİPMANI	
15	%98 SEVİYE ALARM EKİPMANI	
16	ELEKTRONİK YÜK İZLEME EKİPMANLARI	
17	YÜK HESAP BİLGİSAYARI	
18	ELEKTRONİK BALAST İZLEME EKİPMANLARI	
19	BALAST ARITMA EKİPMANLARI	
20	BALAST VALFLERİ	
21	BALAST DEVRELERİ	

6) Belirtmek istediğiniz fikir ve önerileriniz varsa lütfen yazınız.

.....
.....
.....

KATILIMINIZ İÇİN TEŞEKKÜR EDERİZ

Sorumlu Araştırmacı-Öğretim Üyesi
Dr. Öğr. Üyesi Tuba KEÇECİ

Yardımcı Araştırmacı
Kenan EVREN

EK-B:**Çizelge B.1 : Kargo ekipmanlarındaki bir arızanın emniyet üzerindeki etkisi (S) konusunda yapılan uzman değerlendirmeleri.**

No	Ekipmanın İsmi	Uzman 1	Uzman 2	Uzman 3	Uzman 4	Uzman 5	Uzman 6	Uzman 7	Uzman 8	Uzman 9	Uzman 10	Uzman 11	Uzman 12	Uzman 13	Uzman 14	Uzman 15
E01	Yük Tahliye ve Yükleme Valfleri	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E02	Yük Sahil Bağlama Hortumları veya Kolları	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E03	Yük Devreleri	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3
E04	Yük Pompaları	1	3	2	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3	3	2
E05	Yük Tank Kapağı Salmastrası	1	2	3	3	2	1	2	2	2	3	3	3	3	2	3
E06	Yük Tankı Basınç ve Vakum Valfleri	3	2	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2
E07	Yük Tankı Havalandırma Valfleri	1	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2
E08	Yük Tankı Havalandırma Hortumları	1	3	2	3	2	2	3	3	2	3	3	3	3	2	2
E09	Inert Gaz Jeneratörü (İnertli Yük Durumunda)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E10	Yük Seviye ,Sıcaklık ve Yağ Ölçme Ekipmanı	1	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	3	2	2	2
E11	Yük Isıtma Sirkülasyon Pompası (Isıtmalı Yük Durumunda)	2	2	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	2	2
E12	Yük Isıtma Serpantinleri (Isıtmalı Yük Durumunda)	2	2	3	3	2	2	3	3	2	3	3	3	2	2	2
E13	Çoklu-Gaz Ölçme Ekipmanı	2	2	2	3	2	3	3	2	3	3	3	3	3	2	2
E14	%95 Seviye Alarm Ekipmanı	2	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	2	3
E15	%98 Seviye Alarm Ekipmanı	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3
E16	Elektronik Yük İzleme Ekipmanları	3	2	3	3	2	2	2	2	3	3	3	3	1	1	1
E17	Yük Hesap Bilgisayarı	3	2	2	3	1	2	3	2	3	3	3	3	1	1	1
E18	Elektronik Balast İzleme Ekipmanları	2	2	2	3	2	1	2	2	2	3	3	3	1	1	1
E19	Balast Arıtma Ekipmanları	2	2	3	3	2	2	3	2	2	3	3	3	1	2	2
E20	Balast Valfleri	2	2	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	1	2	2
E21	Balast Devreleri	2	2	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	1	2	2

Çizelge B.2 : Kargo ekipmanlarındaki bir arızanın yedek parça/alternatiflerinin gemide bulunması durumu (A) konusunda yapılan uzman değerlendirmeleri.

No	Ekipmanın İsmi	Uzman 1	Uzman 2	Uzman 3	Uzman 4	Uzman 5	Uzman 6	Uzman 7	Uzman 8	Uzman 9	Uzman 10	Uzman 11	Uzman 12	Uzman 13	Uzman 14	Uzman 15
E01	Yük Tahliye ve Yükleme Valfleri	1	1	3	3	2	3	3	1	3	2	1	1	3	3	3
E02	Yük Sahil Bağlama Hortumları veya Kolları	2	1	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	3	2	1
E03	Yük Devreleri	3	1	3	3	3	3	3	2	2	2	3	1	3	3	1
E04	Yük Pompaları	3	1	3	3	2	2	3	2	2	2	1	1	3	3	2
E05	Yük Tank Kapağı Salmastrası	1	1	3	2	1	1	3	1	3	2	1	1	3	3	3
E06	Yük Tankı Basınç ve Vakum Valfleri	2	1	3	3	2	1	3	1	3	2	1	3	3	2	2
E07	Yük Tankı Havalandırma Valfleri	1	1	3	3	2	3	3	1	3	2	2	1	3	2	2
E08	Yük Tankı Havalandırma Hortumları	1	2	3	3	2	2	3	1	2	2	2	1	3	2	2
E09	Inert Gaz Jeneratörü (İnertli Yük Durumunda)	3	1	3	3	2	3	3	3	2	2	1	3	3	3	3
E10	Yük Seviye ,Sıcaklık ve Yağ Ölçme Ekipmanı	1	2	3	3	3	2	3	1	3	2	1	1	3	3	2
E11	Yük Isıtma Sirkülasyon Pompası (Isıtmalı Yük Durumunda)	2	1	3	3	2	3	3	2	3	2	1	1	3	2	1
E12	Yük Isıtma Serpantinleri (Isıtmalı Yük Durumunda)	3	1	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	1
E13	Çoklu-Gaz Ölçme Ekipmanı	1	2	3	3	2	1	3	2	3	2	1	1	2	2	2
E14	%95 Seviye Alarm Ekipmanı	2	1	3	3	1	3	3	2	3	2	1	1	3	2	2
E15	%98 Seviye Alarm Ekipmanı	2	1	3	3	1	3	3	2	3	2	1	1	3	3	2
E16	Elektronik Yük İzleme Ekipmanları	3	2	3	3	3	2	3	2	3	2	2	1	2	2	1
E17	Yük Hesap Bilgisayarı	3	2	3	3	3	2	3	2	3	2	3	1	2	1	1
E18	Elektronik Balast İzleme Ekipmanları	3	2	3	3	3	2	3	2	2	2	3	1	1	1	1
E19	Balast Arıtma Ekipmanları	3	1	3	3	2	3	3	2	3	2	1	1	2	3	1
E20	Balast Valfleri	1	1	3	3	1	3	3	2	3	2	1	1	2	2	1
E21	Balast Devreleri	3	1	3	3	3	3	3	2	2	2	2	1	1	2	1

Çizelge B.3 : Kargo ekipmanlarındaki arızanın mali değer/arıza durumunda ortaya çıkacak tamir masrafı düzeyi (V) konusunda yapılan uzman değerlendirmeleri.

No	Ekipmanın İsmi	Uzman 1	Uzman 2	Uzman 3	Uzman 4	Uzman 5	Uzman 6	Uzman 7	Uzman 8	Uzman 9	Uzman 10	Uzman 11	Uzman 12	Uzman 13	Uzman 14	Uzman 15
E01	Yük Tahliye ve Yükleme Valfleri	2	2	3	2	3	2	3	1	2	2	2	2	1	1	3
E02	Yük Sahil Bağlama Hortumları veya Kolları	2	2	3	3	1	2	2	2	2	2	3	2	2	2	3
E03	Yük Devreleri	3	2	3	2	2	2	2	1	3	2	2	2	2	1	3
E04	Yük Pompaları	3	3	3	2	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3
E05	Yük Tank Kapağı Salmastrası	1	1	2	2	1	1	2	1	1	2	3	2	1	1	1
E06	Yük Tankı Basınç ve Vakum Valfleri	2	1	3	2	2	2	3	2	2	2	3	2	1	1	2
E07	Yük Tankı Havalandırma Valfleri	1	1	3	2	1	2	3	1	2	2	2	2	1	1	2
E08	Yük Tankı Havalandırma Hortumları	1	1	2	2	1	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2
E09	Inert Gaz Jeneratörü (İnertli Yük Durumunda)	3	3	3	2	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3
E10	Yük Seviye ,Sıcaklık ve Yağ Ölçme Ekipmanı	2	1	2	3	1	2	3	2	2	2	3	2	1	2	2
E11	Yük Isıtma Sirkülasyon Pompası (Isıtmalı Yük Durumunda)	2	3	3	3	2	3	3	3	2	2	3	2	3	2	2
E12	Yük Isıtma Serpantinleri (Isıtmalı Yük Durumunda)	3	2	3	2	3	2	3	3	2	2	3	2	3	1	2
E13	Çoklu-Gaz Ölçme Ekipmanı	2	2	2	3	2	2	3	2	1	2	2	2	2	2	2
E14	%95 Seviye Alarm Ekipmanı	2	1	2	2	1	2	3	1	1	2	1	2	2	1	2
E15	%98 Seviye Alarm Ekipmanı	2	1	2	2	1	2	3	1	1	2	1	2	2	1	2
E16	Elektronik Yük İzleme Ekipmanları	3	2	2	3	2	2	3	2	1	2	2	2	3	3	2
E17	Yük Hesap Bilgisayarı	3	2	3	2	1	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2
E18	Elektronik Balast İzleme Ekipmanları	3	2	3	3	2	2	2	2	1	2	2	2	2	3	2
E19	Balast Arıtma Ekipmanları	3	3	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	3	2
E20	Balast Valfleri	2	2	3	2	2	2	3	1	1	2	2	2	1	1	2
E21	Balast Devreleri	2	2	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Kenan EVREN

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2015, İ.T.Ü. Denizcilik Fakültesi, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2015-2018 Uzakyol III.Zabit
- 2018-2019 Uzakyol II.Zabit
- 2020-2022 Uzakyol II.Zabit
- 2022 – Uzakyol I.Zabit

YÜKSEK LİSANS TEZİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Evren, K., & Keçeci, T.** (2024). Analysis of Chemical Tanker Fleet Profile on International Voyage Based on Automatic Identification System (AIS) Data. *International Summit Scientific Research Congress, XII*(May), 825–833.