

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

**DENİZ TAŞIMACILIĞINDA KURU YÜK GEMİLERİNİN YANGIN
RİSKLERİNİN ARAŞTIRILMASI VE YANGIN GÜVENLİĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cem ÖZKAN

Yangın ve Yangın Güvenliği Anabilim Dalı

HAZİRAN 2025

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

**DENİZ TAŞIMACILIĞINDA KURU YÜK GEMİLERİNİN YANGIN
RİSKLERİNİN ARAŞTIRILMASI VE YANGIN GÜVENLİĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cem ÖZKAN

Yangın ve Yangın Güvenliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Murat TUNA

HAZİRAN 2025

Cem ÖZKAN tarafından hazırlanan “Deniz Taşımacılığında Kuru Yük Gemilerinin Yangın Risklerinin Araştırılması ve Yangın Güvenliği” adlı tez çalışması 30.06.2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yangın ve Yangın Güvenliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Jüri Başkanı :	Prof.Dr. Cenk ÇELİK Kocaeli Üniversitesi	
Jüri Üyesi :	Prof.Dr. Hüseyin ALTINDAĞ Sakarya Üniversitesi	
Jüri Üyesi :	Doç. Dr. Murat TUNA (Danışman) Sakarya Üniversitesi	



ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğine ve Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesine uygun olarak hazırlamış olduğum “DENİZ TAŞIMACILIĞINDA KURU YÜK GEMİLERİNİN YANGIN RİSKLERİNİN ARAŞTIRILMASI VE YANGIN GÜVENLİĞİ” başlıklı tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın tüm aşamalarında yukarıda belirtilen yönetmelik ve yönergeye uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, bu tezi başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve 20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince Sakarya Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Enstitü tarafından belirlenmiş ölçütlere uygun rapor alındığını, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun ortaya çıkması halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi beyan ederim.

(30/06/2025)

Cem ÖZKAN





Eşime, Anneme ve Babama...



TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın hazırlanma sürecinde bana yol gösterici olan, desteğini 7/24 hissettiğim sayın danışman hocam Doç. Dr. Murat TUNA'ya teşekkürlerimi sunarım.

Bugüne kadar benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen babam Yücel ÖZKAN'a, annem Nurgül ÖZKAN'a ve eşim Buse ÖZKAN'a çalışmam sürecinde yanımda oldukları için çok teşekkür ederim.



Cem ÖZKAN



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	v
TEŞEKKÜR	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xiii
SİMGELER	xv
TABLO LİSTESİ	xvii
ŞEKİL LİSTESİ	xix
ÖZET	xxi
SUMMARY	xxv
1. GİRİŞ	1
1.1. Araştırmanın Önemi	5
1.2. Amaç ve Hedefler	6
1.3. Literatür Taraması	6
2. RİSK	9
2.1. Teknik Risk Tanımlama	9
2.2. Risk Tahminleme	10
2.3. Risk Seviyesi	11
2.4. Riskten Kaçınma	12
2.5. Risk İletişimi	12
2.6. Risk Perspektifi	13
2.7. Risk Kabulü	13
2.8. Risk Değerlendirmesi	14
2.9. Risk Faktörü	15
2.10. Risk Çerçevesi	15
2.11. Risk Yönetimi	16
2.12. Deniz Taşımacılığı ve Risk	17
3. KURU YÜK GEMİLERİNDE MEYDANA GELEN TOZ PATLAMALARININ İNCELENMESİ	33
3.1. Toz Patlaması Nedir?	33
3.2. Toz Patlamasına Dair İstatistikler	36
3.3. Patlama Karakteristikleri	40
3.4. Patlama Etkilerinin Azaltılması	40
3.5. Patlama Basıncına Dayanıklı Tasarım	41
3.6. Alev ve Patlamanın Yayılmasının Engellenmesi	41
3.7. Patlamanın Bastırılması	42
3.8. Patlama Tahliye Sistemleri	43
4. DENİZ TAŞIMACILIĞINDA YANGIN GÜVENLİĞİ YÖNETMELİKLERİ VE STANDARTLARI	45
4.1. Uluslararası Yönetmelikler ve Standartlar	45
5. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ	47
5.1. Fine Kinney Metodu	47

6. KURU YÜK GEMİLERİNDE YANGIN GÜVENLİĞİ	
UYGULAMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	53
6.1. Yangın Riski Taşıyan Yükler	53
6.2. Yangınla Mücadele Ekipmanları	53
6.2.1. Algılama ve ihbar sistemleri	53
6.2.1.1. Duman dedektörleri.....	54
6.2.1.2. Isı dedektörleri.....	54
6.2.1.3. Alev dedektörleri.....	55
6.2.1.4. Gaz dedektörleri	55
6.2.1.5. Manuel yangın ihbar butonları	55
6.2.1.6. Otomatik yangın alarm sistemleri	55
6.2.1.7. Aspirasyon sistemleri	55
6.2.1.8. Görüntü işleme sistemleri.....	55
6.2.2. Yangın söndürme sistemleri.....	56
6.2.2.1. Sprinkler sistemleri	56
6.2.2.2. CO2 sistemleri.....	56
6.2.2.3. Köpük sistemleri	56
6.2.2.4. Su sisi sistemleri.....	56
6.2.3. Kişisel koruyucu ekipmanlar.....	57
6.2.3.1. Yangına dayanıklı giysiler	57
6.2.3.2. Solunum cihazları.....	57
6.2.3.3. Kasklar ve eldivenler.....	58
6.2.4. Yangın kapıları ve bölmeler	58
6.2.4.1. Yangın kapıları.....	58
6.2.4.2. Yangın bölmeleri.....	58
6.2.5. Acil çıkış yolları ve işaretleri	59
6.2.5.1. Acil çıkış yolları	59
6.2.5.2. Acil durum aydınlatması	59
6.2.5.3. Fosforlu işaretler	59
6.3. Yangın Kontrol Planları	60
6.3.1. Yangınla mücadele ekipmanı ve sistemleri.....	60
6.3.2. Mürettebat sorumlulukları ve toplanma istasyonları.....	60
6.3.3. Yangın bölgeleri ve bölümlere ayırma.....	60
6.3.4. Kargoya özel yangın önleme tedbirleri	60
6.3.5. Tahliye prosedürleri ve kaçış yolları.....	61
6.3.6. Dokümantasyon ve IMO gerekliliklerine uygunluk	61
6.4. Düzenli Yangın Tatbikatları ve Eğitimler	61
6.4.1. Yangın tatbikatları.....	61
6.4.2. Yangın eğitimleri.....	62
6.5. Yangın İzleme ve Kontrol Merkezi.....	62
6.6. Diğer Acil Durum ve İlk Yardım Ekipmanları.....	63
6.6.1. İlk yardım ekipmanları	63
6.6.2. Acil durum ekipmanları	64
7. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	65
7.1. Bulguların Değerlendirilmesi	65
7.2. Gelecek Araştırmalar için Öneriler	71
KAYNAKLAR.....	73
ÖZGEÇMİŞ.....	77

KISALTMALAR

ALARP	: As Low As Reasonably Practicable
BN	: Bayesian Network
BM	: Birleşmiş Milletler
CREAM	: Cognitive Reliability and Error Analysis Method
CS-I	: Cut Set Importance Measure
EEBD	: Emergency Escape Breathing Device
EMSA	: European Maritime Safety Agency
F&E	: Fire and Explosion
FFTA	: Fuzzy Fault Tree Analysis
FMEA	: Failure Mode and Effects Analysis
FSA	: Formal Safety Assessment
FSS	: Fire Security System
HAZID	: Hazard Identification
HAZOP	: Hazard and Operability Analysis
HEART	: Human Error Assessment and Reduction Technique
HFACS	: Human Factors Analysis and Classification System
IMO	: International Maritime Organization
MaRisk	: Maritime Risk
MSC	: Maritime Safety Committee
OSHA	: Occupational Safety and Health Administration
PHA	: Preliminary Hazard Analysis
RPN	: Risk Priority Number
SCBA	: Self-Contained Breathing Apparatus
SGK	: Sosyal Güvenlik Kurumu
SLIM	: Success Likelihood Index Method
SOS	: International distress signal (Save Our Souls)
SOLAS	: International Convention for the Safety of Life at Sea
SS	: Steam Ship (a prefix used for ship names)
STCW	: International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers

STS	: Ship-to-Ship
TMO	: Toprak Mahsulleri Ofisi
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
TSMS	: Twin Screw Motor Ship
UK	: United Kingdom
UN	: United Nations
UNCTAD	: United Nations Conference on Trade and Development



SİMGELER

D	: Etki/Zarar Sonuç
F	: Frekans
İ	: İhtimal
KSt	: Tozun patlama şiddet indeksi
P	: Olasılık
R	: Risk
S	: Şiddet
St	: Toz patlama sınıfı
%	: Yüzde



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1. 2014-2020 yılları arasında kargo gemisi tipine göre kaza olaylarının dağılımı (EMSA, 2021).....	18
Tablo 2.2. 2014'ten 2020'ye kadar deniz kazaları istatistikleri (EMSA, 2021).....	19
Tablo 2.3. Sefer segmentine göre kazaların kategorileri (2014-2020) (EMSA, 2021).	22
Tablo 2.4. Deniz kazalarının türlerine göre dağılımları (2014-2020) (EMSA, 2021).	26
Tablo 2.5. Ölümlü kazaların sebeplerine göre dağılımları (2014-2020)(EMSA, 2021)	27
Tablo 2.6. Yıllara göre yaralanma sayısının değişimi (2014-2020) (EMSA, 2021).	28
Tablo 3.1. Patlama parametreleri ile ilgili standartlar (Nifuku M., 2001).....	40
Tablo 3.2. Patlama yayılmasının önlenme yöntemleri.	42
Tablo 5.1. Olasılık skoru derecendirilmesi.....	47
Tablo 5.2. Frekans skoru derecelendirmesi.	48
Tablo 5.3. Şiddet skoru derecelendirmesi.	48
Tablo 5.4. Tehlike risk seviyesi tespit tablosu.	50



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1. Texas city felaketi, Galveston Körfezi (1947).....	3
Şekil 1.2. TSMS Lakonia (1929).	4
Şekil 2.1. Risk dağılım ağacı (Dasgupta, 2003).	15
Şekil 2.2. IMO Risk çerçevesi (Sulaiman et al, 2011).....	16
Şekil 2.3. Kazaların yolculuk segmentine göre dağılımı (2014-2020)(EMSA, 2021).	21
Şekil 2.4. Gemi türlerinin deniz kazalarının meydana geldiği lokasyona göre dağılımı (2014-2020) (EMSA, 2021).....	23
Şekil 2.5. Deniz kazalarına neden olan birincil faktörlerin dağılımları (2014-2020) (EMSA, 2021).....	25
Şekil 3.1. Yangın üçgeni.	34
Şekil 3.2. Toz patlaması beşgeni.....	34
Şekil 3.3. ABD ve Almanya'da meydana gelen toz patlamalarının dağılımı (Tasneem,2006).....	36
Şekil 3.4. ABD’de meydana gelen toz patlamalarının materyallere göre dağılımı (U.S Chemical Safety Board, 2006).....	38
Şekil 6.1. İyonizasyon tipi duman dedektörü.	54
Şekil 6.2. Fotoelektrik tipi duman dedektörü.	55
Şekil 6.3. Yangın tulumları.	57



DENİZ TAŞIMACILIĞINDA KURU YÜK GEMİLERİNİN YANGIN RİSKLERİNİN ARAŞTIRILMASI VE YANGIN GÜVENLİĞİ

ÖZET

Deniz taşımacılığı, tarih boyunca dünya ticaretinin şekillenmesinde merkezi bir rol oynamış, medeniyetlerin gelişimini ve ekonomik ilişkilerin kurulmasını mümkün kılmıştır. Özellikle sanayi devriminden bu yana, deniz taşımacılığının hacmi ve önemi giderek artmış; günümüzde dünya ticaret hacminin yaklaşık %90'ı denizyolu ile gerçekleştirilmektedir. Bu büyük hacmin taşınmasında farklı tipte gemiler görev alsa da, kuru yük gemileri küresel lojistik zincirinin vazgeçilmez unsurlarından biridir. Söz konusu gemiler, çok çeşitli yük türlerini büyük miktarlarda taşıyabilme yetenekleri, limanlar arası verimli operasyonları ve görece düşük maliyetli yapıları ile özellikle dökme yüklerin sevkiyatında kritik bir işlev görmektedir. Tahıl, kömür, demir cevheri, gübre, boksit ve fosfat gibi emtiaların dünya genelinde taşınması, büyük ölçüde bu gemiler aracılığıyla sağlanmaktadır. Konteyner taşımacılığına kıyasla daha az elleçleme ekipmanına ve enerjiye ihtiyaç duymaları, kuru yük gemilerini çevresel ve ekonomik açıdan da sürdürülebilir bir alternatif haline getirmektedir.

Ancak bu avantajlarının yanında, kuru yük gemileri önemli güvenlik zafiyetleri de taşımaktadır. Bu gemilerde yüklerin özelliklerine, operasyonel uygulamalara ve sistemlerin durumuna bağlı olarak ciddi güvenlik tehditleri ortaya çıkmakta; bu tehditlerin başında ise yangın riski gelmektedir. Denizde çıkan yangınlar, karadakilerden çok daha karmaşık ve tehlikeli olabilmekte; hızlı şekilde kontrol altına alınmadığında geri dönüşü olmayan sonuçlara yol açabilmektedir. Can kayıplarının yanı sıra çevresel felaketler, yükün tamamen yanması, geminin yapısal zarar görmesi ve hatta batması gibi sonuçlar yangınların yol açabileceği zararlardan yalnızca birkaçıdır. Dolayısıyla kuru yük taşımacılığı özelinde yangın güvenliği, yalnızca teknik bir konu değil; insan hayatını, çevreyi, ticari güvenliği ve uluslararası mevzuatı ilgilendiren çok boyutlu bir meseledir.

Kuru yük gemilerinde yangına sebep olabilecek çok sayıda risk faktörü bulunmaktadır. Öncelikle taşınan yüklerin fiziksel ve kimyasal yapısı bu riski doğrudan etkilemektedir. Özellikle kömür, bazı tür gübreler, kükürt ve alüminyum tozu gibi maddeler belirli koşullarda kendiliğinden ısınma eğilimi göstermekte; oksijenle temas, nem veya sürtünme gibi etkenlerle yanmaya neden olabilmektedir. Bu tip yükler, istifleme sırasında yeterli havalandırma sağlanmadığında veya sıcaklık kontrolü yapılmadığında tehlike yaratmaktadır. Bununla birlikte, kargo elleçleme süreçlerindeki hatalar, yükleme esnasında gemi stabilitesine dikkat edilmemesi, ambarların sızdırmazlık yetersizlikleri veya yükleme prosedürlerindeki eksiklikler yangın riskini artırmaktadır. Özellikle eski gemilerde yangın algılama ve söndürme sistemlerinin ya hiç olmaması ya da teknolojik olarak yetersiz olması, yangının erken evrede fark edilmesini ve hızlı müdahaleyi zorlaştırmaktadır.

Yangınların bir diğer önemli kaynağı ise insan faktörüdür. Gemi personelinin yangın güvenliği konusunda yeterince eğitilmiş olmaması, tatbikatların düzenli yapılmaması,

yangın söndürme sistemlerinin yanlış kullanımı, panik davranışları ve kriz yönetimi eksiklikleri yangının seyrini olumsuz etkilemektedir. Ayrıca bakım ve onarım süreçlerinde yapılan ihmaller, elektrik sistemlerinin denetlenmemesi ve tehlikeli yüklerle ilgili bilgilendirmelerin yetersiz oluşu da bu riskleri pekiştirmektedir. Yangınların genellikle geminin makine dairesinde, elektrik panolarında, mutfak bölgesinde veya kargo ambarlarında meydana geldiği; bu alanlarda ısı, elektrik ve yanıcı madde etkileşimlerinin yoğun olduğu bilinmektedir. Bu nedenle risk yönetimi yapılırken teknik ekipman kadar insan davranışları da dikkate alınmalıdır.

Gemi ortamı kapalı ve erişim açısından sınırlı olduğundan, yangınla mücadele karada olduğu gibi organize şekilde yürütülememektedir. Yangının tespiti ve tahliyesi geciktiğinde toksik gazların yayılması, elektrik kesintileri, kontrol kaybı, patlamalar ve gemi stabilitesinin bozulması gibi ikincil tehlikeler devreye girmekte; bu durum olayın kapsamını daha da büyütülmektedir. Sert deniz koşullarında yangına müdahale ekiplerinin hareket kabiliyetinin kısıtlı olması, acil tahliye imkanlarının sınırlı oluşu ve yangın söndürme sistemlerinin fiziksel kapasitesinin dar olması, deniz üzerindeki yangınları daha da karmaşık hale getirmektedir. Bu sebeple yangın güvenliği yalnızca bir müdahale süreci olarak değil; yangın öncesi hazırlık, yangın anı yönetimi ve yangın sonrası iyileştirme süreçlerini kapsayan bütünsel bir sistem yaklaşımıyla ele alınmalıdır.

Uluslararası denizcilik otoriteleri bu konuda çeşitli düzenlemeler ortaya koymuştur. Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO), SOLAS (Safety of Life at Sea), ISM Code (International Safety Management Code) ve FSS Code (Fire Safety Systems Code) gibi sözleşmeler aracılığıyla gemi yangın güvenliği standartlarını belirlemekte ve denetlemektedir. Ancak pratikte, birçok geminin yalnızca bu düzenlemelere kâğıt üzerinde uyum sağladığı; fiili denetim ve uygulamalarda ciddi eksikliklerin bulunduğu tespit edilmiştir. Bu durum, gemi işletmelerinde gerçek anlamda bir güvenlik kültürü oluşturulmasının ne kadar elzem olduğunu göstermektedir. Teknik sistemlerin yeterliliği kadar; mürettebat eğitimi, prosedürlere bağlılık, bakım-onarım disiplini ve güvenlik yönetimi kültürü de sistemin başarısı açısından belirleyici rol oynamaktadır. Bu bağlamda, yangın güvenliği konusu reaktif değil; proaktif risk değerlendirmeleri, performans dayalı analizler ve veri destekli karar mekanizmalarıyla ele alınmalıdır.

Bu çalışmada yangın risklerinin sistematik biçimde analiz edilmesi amacıyla Fine-Kinney risk değerlendirme yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, üç temel parametreye dayanarak riskin derecesini belirlemektedir: olayın meydana gelme olasılığı, maruziyet sıklığı ve etkilerin ciddiyeti. Bu değerlerin çarpımı sonucu ortaya çıkan toplam risk puanı, söz konusu olayın ne ölçüde tehlikeli olduğunu ve öncelikli olarak müdahale edilip edilmeyeceğini belirlemeye yardımcı olmaktadır. Nicel değerlendirme imkânı sunan bu yöntem, birçok sektörde yaygın olarak kullanılmakta olup, gemilerdeki yangın risklerini teknik düzlemde nesnel biçimde değerlendirmeye olanak tanımaktadır. Araştırma kapsamında yapılan uygulamalı analizler, kuru yük gemilerinde yangın açısından en riskli alanların başta kargo ambarları olmak üzere, elektrik sistemleri ve havalandırma kanalları olduğunu ortaya koymuştur. Bu alanlardaki risklerin hem olasılık hem de etkisel şiddet açısından kritik seviyede olduğu belirlenmiştir. Ayrıca mürettebat kaynaklı risklerin (eğitimsizlik, prosedür eksikliği, yanlış müdahale, tatbikatsızlık) teknik sistem eksiklikleri kadar ciddi tehditler oluşturduğu gözlemlenmiştir.

Literatür taramaları bu alanda yapılan akademik çalışmaların büyük kısmının tanker gemileri ve yolcu gemilerine odaklandığını, buna karşın kuru yük gemilerinde yangın

güvenliği konusunun görece daha az ele alındığını göstermektedir. Oysa taşınan yüklerin yanıcı, toz oluşturan ya da kendiliğinden yanmaya yatkın özellikleri nedeniyle, kuru yük gemileri de ciddi yangın riski taşımaktadır. Bu nedenle çalışmada, yalnızca akademik yayınlar değil; uluslararası deniz kaza veri tabanları, bayrak devletlerinin güvenlik raporları, sınıflandırma kuruluşlarının prosedürleri ve gemi işletmecilerinin operasyonel dökümanları detaylı biçimde incelenmiştir. Elde edilen veriler ışığında, yangınların büyük oranda bakım yetersizliği, eğitimsiz personel, eski ve işlevsiz sistemler ile yanlış müdahale nedeniyle büyüdüğü ve yaygınlaştığı tespit edilmiştir.

Bu doğrultuda, çalışmanın ortaya koyduğu öneriler şunlardır: öncelikle, gemilerdeki yangın algılama ve söndürme sistemlerinin teknolojik olarak modernize edilmesi gerekmektedir. Isıya duyarlı sensörler, erken uyarı sistemleri, otomatik gazlı söndürme sistemleri ve duman detektörleriyle donatılmış entegre yapılar kurulmalıdır. İkinci olarak, mürettebatın yangın eğitimleri yenilenmeli; senaryo bazlı tatbikatlar düzenli hale getirilmelidir. Üçüncü olarak, kendiliğinden tutuşma riski taşıyan yüklerin taşınmasında uluslararası standartlara uygun ön analizler, nem ve sıcaklık ölçümleri zorunlu hale getirilmelidir. Dördüncü olarak, işletmelerde kurumsal bir güvenlik kültürü inşa edilmeli, yangın güvenliği yalnızca teknik personelin değil tüm gemi personelinin ortak sorumluluğu olarak örgütlenmelidir. Bu noktada, risklerin yalnızca “önlenmesi” değil, aynı zamanda “öngörülmesi” esas alınmalı; karar alma süreçleri veri temelli yürütülmelidir.

Sonuç olarak, bu çalışma kuru yük taşımacılığı özelinde yangın risklerinin bütünsel bir yaklaşımla değerlendirilmesini ve bu kapsamda geliştirilecek çözümlerin teknik, insani ve yönetsel boyutları içerecek şekilde tasarlanmasını önermektedir. Fine-Kinney yöntemiyle yapılan risk analizleri, yalnızca mevcut durumun fotoğrafını çekmekle kalmamış, aynı zamanda gemi işletmecileri, mühendisler, politika yapıcılar ve eğitimciler için ileriye dönük stratejik adımların planlanmasına zemin hazırlamıştır. Yangın güvenliği konusu, denizcilik endüstrisinin sürdürülebilirliği, çevreye duyarlılığı ve insan hayatına verdiği değer açısından vazgeçilmez bir öneme sahiptir. Bu bağlamda sunulan bu araştırma, daha güvenli bir denizcilik geleceği inşa edilmesi yolunda bilimsel bir katkı sunmayı amaçlamakta; sektörel farkındalığın artırılması, karar vericilerin bilgiyle donatılması ve operasyonel uygulamaların iyileştirilmesi için bir temel teşkil etmektedir.



INVESTIGATION OF FIRE RISKS OF DRY CARGO SHIPS IN MARITIME TRANSPORTATION AND FIRE SAFETY

SUMMARY

Maritime transportation has historically been a cornerstone of global trade, playing a central role in shaping civilizations and enabling economic connections. Since the Industrial Revolution, the volume and significance of maritime transportation have steadily increased, and today approximately 90% of global trade volume is carried by sea. Among the various types of vessels serving this sector, bulk carriers occupy a critical position within the international logistics chain. These vessels are capable of transporting large quantities of diverse cargo types, offering efficient inter-port operations and relatively low operational costs. Bulk carriers primarily handle dry bulk commodities such as grain, coal, iron ore, fertilizers, bauxite, and phosphate. Compared to container shipping, bulk carriers require less handling equipment and energy, making them a more environmentally and economically sustainable alternative.

Despite these advantages, bulk carriers face significant safety vulnerabilities. These vessels are exposed to considerable security threats, primarily the risk of fire. Fires on board ships are far more complex and hazardous than on land; if not controlled rapidly, they can lead to irreversible consequences. Beyond the loss of human life, fires can cause environmental disasters, total cargo loss, structural damage to the ship, and even sinking. Therefore, fire safety in bulk carrier shipping is a multifaceted issue that extends beyond technical concerns to encompass human safety, environmental protection, commercial security, and international regulatory compliance.

Numerous risk factors contribute to the likelihood of fire on bulk carriers. The physical and chemical properties of the cargo play a direct role in determining this risk. For instance, coal, certain types of fertilizers, sulfur, and aluminum powder can spontaneously heat up under specific conditions, igniting upon exposure to oxygen, moisture, or friction. These cargoes become particularly dangerous when insufficient ventilation is provided during stowage or when temperature control is lacking. Moreover, improper cargo handling procedures, neglect of ship stability during loading, insufficient sealing of cargo holds, and deficiencies in loading protocols increase fire risk. Many older bulk carriers lack effective fire detection and suppression systems or rely on outdated technologies, making early fire detection and rapid response challenging.

Human factors constitute another critical source of fire risk. Insufficient crew training in fire safety, infrequent drills, improper use of firefighting equipment, panic responses, and poor crisis management exacerbate fire incidents. Maintenance lapses, unchecked electrical systems, and inadequate hazardous cargo information further compound these risks. Fires predominantly originate in the engine room, electrical panels, galley, or cargo holds—areas where heat generation, flammable materials, and electrical equipment interact closely. Thus, fire risk management must integrate both technical and human dimensions.

The enclosed and limited-access environment of a ship complicates firefighting efforts. Delays in fire detection and evacuation can lead to the release of toxic gases, electrical failures, loss of control, explosions, and instability of the vessel, amplifying the severity of the incident. Harsh sea conditions restrict firefighter mobility and limit emergency evacuation options, while the physical capacity of firefighting systems on board is constrained. Consequently, fire safety should not be considered merely an emergency response activity but as a comprehensive system encompassing fire prevention, real-time management, and post-incident recovery.

International maritime authorities have established regulations to mitigate fire risks. The International Maritime Organization (IMO) sets fire safety standards through conventions such as SOLAS (Safety of Life at Sea), the ISM Code (International Safety Management Code), and the FSS Code (Fire Safety Systems Code), which ships must comply with and are periodically inspected against. However, many vessels meet these regulations only on paper, with significant implementation gaps observed during inspections and operations. This underscores the importance of fostering a genuine safety culture within shipping companies. The adequacy of technical systems must be complemented by crew competence, procedural adherence, disciplined maintenance, and an overarching organizational safety mindset. Accordingly, fire safety requires proactive risk assessments, performance-driven analysis, and data-supported decision-making rather than mere reactive responses based on past accidents.

In this study, the Fine-Kinney risk assessment method was employed to systematically analyze fire hazards. This method evaluates risk magnitude by considering three key parameters: probability of occurrence (P), frequency of exposure (F), and severity of consequences (S). By calculating the product of these parameters, a quantitative risk score is generated for each hazard, facilitating prioritization and targeted mitigation. The Fine-Kinney method, widely applied across industries, enables objective evaluation of fire risks on vessels based on quantifiable data. Analyses conducted within this study identified cargo holds, electrical systems, and ventilation ducts as the highest-risk areas for fire on bulk carriers, with critical levels of both likelihood and severity. Moreover, human factor-related risks—such as insufficient training, procedural lapses, and incorrect firefighting—were found to be as perilous as technical deficiencies.

A literature review revealed that most maritime fire safety research concentrates on tankers and passenger ships, with comparatively little attention paid to the unique fire safety challenges of bulk carriers. However, due to the inherently combustible, dust-forming, or self-heating characteristics of many dry bulk cargoes, bulk carriers are equally vulnerable to fire incidents. Therefore, this study examined not only academic publications but also international marine casualty databases, flag state safety reports, classification society guidelines, and operational procedures from shipping companies. The collected data indicated that fires commonly escalated due to maintenance deficiencies, untrained personnel, outdated and nonfunctional equipment, and improper emergency response.

Accordingly, the study proposes several key recommendations for improving fire safety on bulk carriers. Primarily, existing fire detection and suppression systems must be technologically upgraded. Ships should be equipped with heat-sensitive sensors, early warning systems, automated gas-based extinguishing, and integrated smoke detectors. Secondly, crew training programs require modernization to include scenario-based, practical drills that strengthen emergency response skills. Thirdly,

transport of self-heating cargoes should be subject to standardized pre-shipment analyses and strict monitoring of humidity and temperature conditions. Finally, fire safety must be institutionalized as a shared responsibility among all crew members rather than being limited to captains or officers. Emphasizing “anticipation” alongside “prevention,” decision-making must be data-driven and integrated into operational routines.

In conclusion, this study advocates for a holistic approach to evaluating fire risks specific to bulk carrier shipping, encompassing technical, human, and managerial dimensions. Risk analyses based on the Fine-Kinney method not only provide a snapshot of current vulnerabilities but also guide strategic planning for ship operators, engineers, policymakers, and trainers. Fire safety is an indispensable element of maritime industry sustainability, environmental stewardship, and human life protection. This research aims to contribute scientifically to building a safer maritime future by raising awareness, equipping stakeholders with knowledge, and enhancing operational practices.





1. GİRİŞ

İçinde bulunduğumuz yüzyılda dünyanın toplam ticaret hacmi daha önce hiç olmadığı kadar büyük bir seviyeye ulaşmıştır. Finansal olarak buna küreselleşme denmektedir. Doğal olarak, bu olgu dünyanın birçok yönünü ve insanların iş yapma biçimlerini bir bütün olarak etkilemektedir (Kumar ve Hoffmann, 2002). Buna ek olarak, artan ekonomik, finansal ve sosyal teknolojik gelişmelere paralel beklentiler, uluslararası kuruluşları, hükümetleri ve yerel yönetimleri daha iyi bir yaşam standardına ulaşmak için eğitim ve sağlık sistemlerini ve ulaşım hizmetlerini geliştirmeye itmektedir.

Bu temel sistem ve hizmetler arasında ulaştırma, modern insan yaşamının güvenli, emniyetli, çevresel ve sürdürülebilir ulaştırma sistemlerine şiddetle ihtiyaç duyması nedeniyle önem arz etmektedir (Corbett ve Winebrake, 2008).

Deniz taşımacılığı, sahip olduğu yüksek taşıma kapasitesi, maliyet etkinliği ve küresel ölçekteki erişilebilirliği sayesinde, uluslararası ticaretin temel dinamiklerinden biri olarak diğer ulaşım yolları arasında ayrıcalıklı bir konumda yer almaktadır. UNCTAD'ın deniz taşımacılığı raporuna göre, deniz taşımacılığının %80'inden fazlası denizcilik sektörü tarafından taşınan dünya yükleridir (UNCTAD, 2013). Buna paralel olarak, deniz taşımacılığı, gemi sahiplerinin toplu taşımacılık yapmasını sağlar ve bu şekilde; birim maliyet başına navlun muazzam ölçüde azalır. Deniz taşımacılığı, en uygun maliyetli yöntemlerden biridir, özellikle de uzun mesafeli taşımacılığın vazgeçilmez bir bileşenidir (Hu ve Zhu, 2009). (Christiansen vd. 2006).

Doğası gereği deniz taşımacılığı küresel bir sektördür, bu nedenle diğer birçok endüstri ile uluslararası ilişkileri bulunmaktadır (Guerrero ve Rodrigue, 2014). Deniz taşımacılığı üretim mallarının taşınmasında büyük bir öneme sahiptir. (Petrol ve doğal gaz gibi enerji taşımacılığı vb.) Dünya gıda güvenliği de aynı zamanda kaçınılmaz olarak deniz taşımacılığına bağlıdır. Büyük şehirler taleplerini karşılamak için ithal gıda ürünlerine şiddetle ihtiyaç duymaktadır. Böylece, deniz taşımacılığı, ister denize kıyısı olsun ister olmasın, dünyadaki tüm ülkeleri etkilemektedir. (IMO, 2013).

Deniz taşımacılığına başka bir perspektiften baktığımızda 1972 yılında Stockholm'de gerçekleşen Birleşmiş Milletler (BM) İnsan Çevresi Konferansında ekonomik

kalkınma paradigması kapsamında deniz taşımacılığının dramatik bir değişime yol açtığı belirtilmiştir. Ekonomik büyümenin olumsuz etkileri ilk kez küresel bir sorun olarak görülmüştür. Sonuç olarak, uluslararası kuruluşlar, hükümetler ve yerel yönetimler çevre kirliliğini mümkün olduğunca azaltmak veya ortadan kaldırmak için yasama yetkilerini kullanmışlardır. Aşırı kirliliğe tepki olarak dünyanın doğal kaynaklarının korunması için kamu bilinci ve beklentiler de artmaktadır. Bu noktada deniz taşımacılığı, mevcut taşımacılık sistemlerinin veya modlarının çevre üzerindeki zararlı etkilerini azaltmak için büyük bir fırsat sunmuştur. Uluslararası Denizcilik Örgütü'nün (IMO) konvansiyonları, kodları ve değişiklikleri sayesinde, Deniz taşımacılığı, dünyanın en temiz taşımacılık hizmetlerinden birini sürdürmek için prosedürlerini sürekli olarak geliştirmektedir (IMO, 2013).

Buna ek olarak, deniz taşımacılığı, özellikle Birleşmiş Milletler 'in yasal ve teknik çerçeveden sorumlu uzmanlaşmış bir kuruluşu olan IMO tarafından düzenlenen bir sektördür. Bu nedenle nispeten güvenli ve tarihi bir geçmişe sahiptir. Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO), deniz taşımacılığının teknik, operasyonel ve yönetsel tüm boyutlarını emniyet ve güvenlik ekseninde düzenlemekte; bu doğrultuda ticari gemilerin operasyonel ömrünü kapsayan yüzlerce kod, standart ve rehber doküman geliştirmiş ve uygulamaya koymuştur. En önemlisi, IMO bu düzenlemeleri denizcilik paydaşlarının ihtiyaçları ve teknolojik gelişmeler doğrultusunda sürekli olarak iyileştirmeye çalışmaktadır (IMO, 2013).

Deniz taşımacılığında kazalar; mürettebata, yolculara, kargoya, gemiye ve deniz çevresine yıkıcı zararlar verebilmektedir (Skjong ve Soares, 2008). Daha da önemlisi, deniz kazaları denizcilik sektörünün etkinliğini etkilemektedir.

Yangın kazaları, en çok karşılaşılan deniz kazalarından biridir. Dünya Denizcilik Örgütü araştırmalarına göre, 25 yıllık bir dönem boyunca ticari gemicilikte meydana gelen tüm kaza türleri arasında yangın temelli kazalar, karaya oturmanın ardından büyük kayıplara neden olmuştur. Yangın sıklıkla gemilerin ve yükünün tamamen kaybına yol açabilmekte ve insan hayatını kaybetmesine neden olabilmektedir.

Deniz taşımacılığının tarihinde, yangın kazalarını incelediğimizde; 1934 yılında lüks bir okyanus gemisi olan SS Morro Castle alev aldı ve yandı. New York ve Havana arasında sefer yaparken 137 kişinin ölümüne neden oldu. Kaza soruşturma raporu şunları göstermektedir; bu kadar yüksek sayıda ölümün birkaç kritik nedeni vardır. İlk

olarak, başlangıç stratejisi SOS iletimini kullanmak yerine gemiyi kıyıya yanaştırmaya çalışmaktı. Yangın geminin ana elektrik kablolarını yakmadan önce, mürettebat tek bir SOS iletimi yapmayı başarabildi. İkinci olarak, gemi yüksek derecede yanıcı madde taşımaktaydı; bu nedenle yangın hızla yayıldı ve kontrol altına alınması zor oldu.(Çevik, 2012)

Texas City felaketi, en ölümcül gemi odaklı endüstriyel kazalardan biriydi, en az 581 kişi öldü ve 3000'den fazla kişi ağır yaralandı. Hızla yayılan yangın ve amonyum nitrat patlamaları iki gemiyi etkiledi Texas City, Texas'ta 16 Nisan 1947'de büyük hasar gördü. Bunun yanı sıra, maddi hasar ve olası masrafların 67.000.000 \$ olduğu tahmin edilmektedir.



Şekil 1.1. Texas city felaketi, Galveston Körfezi (1947).

SS Grandcamp gemisindeki dinlenme molası sırasında bir ya da daha fazla mürettebatın sigara içtiğine inanılmaktadır, limana yanaşmıştı. İlk yangının kaynağı buydu ve yaklaşık 2.300 ton amonyum nitratın toplu patlamasına neden oldu. Kıvılcımlar SS High Flyer'a sıçramıştı. Grandcamp 961 ton amonyum nitrat ve 1,800 ton sülfür yüklüydü. Başlangıçta, ikinci kaptanın emrettiği gibi, mürettebat kargoya zarar vereceği için yangına su kullanmadan müdahale etmişti. 15 dakika içinde, yangını yumuşatma çabalarına rağmen yangın kontrol altına alınamadı. Bu noktadan sonra, Texas City İtfaiyesi acil durum çağrısı aldı. Sonuç olarak, yüksek derecede patlayıcı kimyasal ürünler ve geç müdahale hasarı yoğunlaştırdı ve girişimler etkisiz kaldı. Yaşananlar göz önünde bulundurulduğunda yangını kontrol altına almanın en

etkili anahtarı yangını zamanında tespit etmek ve zamanında bildirmektir. Ayrıca, yangınla ilgili herhangi bir felakete hızlı müdahale edebilmek için, yangın önleme birimlerinin belirli sanayi tesislerinin yakınına yerleşmeleri gerekmektedir.

22 Aralık 1963 tarihinde, bir yolcu gemisi olan TSMS Lakonia, Madeira'nın kuzeyinde battı ve 128 can kaybı oldu. Kayıpların çoğu sadece yangın nedeniyle değil, aynı zamanda dumana maruz kalarak boğulma nedeniyle oldu. Mürettebat güverteden atlayarak yangından kaçmaya çalışıyorlardı. İlk olarak, bir kamarot geminin kuaför salonundan siyah bir duman sızdığını fark etti. Bunun üzerine, görevli ve iş arkadaşı yangını söndürme tüpüyle söndürmeye çalışmış; ancak yangın çabuk yayıldı. Dahası, yolcuların çoğu yangın alarmini duymadı, çünkü ses yeterince yüksek değildi ve bazı yolcular bu sırada uyuyordu. Hatta cankurtaran botu tatbikatı bile bir hafta önce yapılmıştı. Kaza meydana geldiğinde tahliye işlemi sorunsuz bir şekilde yürütülemedi çünkü zincirler metaforalar paslanmıştı, bu nedenle; filikalara geçmek çok zorlaştı ve bazı filikalar indirilemeden yandı. Nihayetinde, yangının sebebi hatalı elektrik tesisatından kaynaklanan bir kısa devre olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 1.2. TSMS Lakonia (1929).

Deniz kazası istatistikleri ve soruşturma raporları, insan unsurunun deniz kazalarına katkıda bulunan başlıca faktör olduğunu belirtmektedir (Darbra ve Casal. 2004; Toffoli vd. 2005). Bu nedenle, deniz güvenliğinin iyileştirilmesine büyük bir potansiyel katkısı vardır. Bu nedenle, denizcilik araştırmacıları bu konuya büyük önem vermektedir.

Sonuç olarak, yukarıda bahsedilen tüm gerçekler, deniz taşımacılığı sistemlerinin emniyetli, güvenli ve etkin bir şekilde sürdürülebilmesi için denizcilik paydaşlarının bilimsel yöntemlerden yararlanmayı göz önünde bulundurmaları gerektiğine işaret etmektedir. Özellikle yangınla ilgili kazalar veya eksiklikler deniz güvenliğini tehlikeye atma konusunda büyük bir potansiyele sahiptir ve yine insan unsuru bu tür deniz kazalarına neden olan baskın bir faktördür. Bu nedenle çalışma, gemilerde yangın güvenliği ile ilgili eksikliklerin önlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

1.1. Araştırmanın Önemi

Kuru yük gemileri, dünya deniz taşımacılığında önemli bir rol oynar; ancak çeşitli yüklerin taşınması nedeniyle yangın risklerine karşı hassastırlar. Bu gemilerde çıkan yangınlar can kaybına, çevresel hasara ve büyük ekonomik kayıplara neden olabilir. Dolayısıyla kuru yük gemilerinde yangın güvenliği risklerinin değerlendirilmesi ve azaltılması denizcilik endüstrisinde kritik bir öneme sahiptir.

Yangın güvenliği, kuru yük gemilerinin tasarımında, yapımında ve işletilmesinde önemli bir husustur. Kuru yük gemilerinde yangın güvenliği risklerinin değerlendirilmesi, bu gemilerde yangınların önlenmesi ve söndürülmesi için gereklidir. Bu değerlendirme, yangın risklerini belirlemek, analiz etmek ve değerlendirmek için çeşitli yöntemler kullanır. Bu yöntemler arasında risk değerlendirmesi, tehlike analizi ve güvenlik denetimleri yer alabilir.

Yangın risk analizi, gemi ortamında yangın çıkma olasılığını, yangının yayılma hızını, muhtemel hasarın kapsamını ve gerekli önleyici tedbirleri belirlemek amacıyla yürütülen sistematik bir değerlendirme sürecidir. Bu analiz, mevcut koşulları göz önünde bulundurarak potansiyel tehlikeleri tanımlar ve bu tehlikelere karşı geliştirilecek müdahale ve korunma stratejilerini ortaya koyar. Böylece, yangın riskinin en aza indirilmesi hedeflenerek hem can güvenliğinin hem de mal varlığının korunması sağlanır.

Risk değerlendirmesi, yangın risklerini belirlemek ve değerlendirmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu değerlendirme, yangın risklerini belirlemek ve bu risklerin olasılığını ve etkisini değerlendirmek için çeşitli faktörleri dikkate alır. Bu faktörler arasında geminin tasarımı, yapısı ve işletimi ile yükün türü ve miktarı yer alabilir.

Güvenlik denetimleri, yangın güvenliği risklerini değerlendirmek için kullanılan bir diğer yöntemdir. Bu denetimler, geminin yangın güvenliği sistemlerini ve prosedürlerini değerlendirir. Bu denetimler, yangın güvenliği sistemlerinin ve prosedürlerinin yeterliliğini ve etkinliğini değerlendirir.

1.2. Amaç ve Hedefler

Kuru yük gemilerinde yangın risklerinin değerlendirilmesi ve yangın güvenliği araştırmasının temel amacı, bu gemilerde meydana gelebilecek yangınların sebep olabileceği can kayıplarını, çevresel zararları ve maddi hasarları en aza indirmektir. Bu genel amacı gerçekleştirmek için belirlenen hedefler şunlardır:

Yangın risklerini tanımlamak ve analiz etmek: Gemilerde yangına sebep olabilecek potansiyel tehlikeleri (yanıcı yükler, elektrik sistemleri, makine dairesi vb.) belirlemek ve bunların yangın çıkarma olasılığını ve olası sonuçlarını analiz etmek.

Mevcut güvenlik önlemlerini değerlendirmek: Gemilerde halihazırda bulunan yangın güvenliği sistemlerinin (yangın algılama ve söndürme sistemleri, kaçış yolları, yangın eğitimleri vb.) etkinliğini ve yeterliliğini değerlendirmek.

İyileştirme alanlarını belirlemek: Yangın risklerini azaltmak ve yangın güvenliğini artırmak için mevcut önlemlerde yapılabilecek iyileştirmeleri ve alınması gereken ek önlemleri belirlemek.

Yeni teknolojileri ve yaklaşımları değerlendirmek: Yangın güvenliği alanındaki yeni teknolojileri (örneğin, gelişmiş yangın algılama sistemleri, otonom yangın söndürme sistemleri) ve yaklaşımları (örneğin, risk temelli yangın güvenliği yönetimi) değerlendirmek ve gemilerde uygulanabilirliğini araştırmak.

Farkındalığı artırmak: Gemi mürettebatının yangın güvenliği konusunda farkındalığını artırmak ve yangın önleme ve müdahale konularında eğitimlerini geliştirmek.

Uluslararası standartlara uyumu sağlamak: Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) tarafından belirlenen yangın güvenliği standartlarına ve yönetmeliklerine uyumu sağlamak ve gemilerin bu standartları karşılamasını sağlamak.

1.3. Literatür Taraması

Son yıllarda, risk ve emniyet analizleri denizcilik ve okyanus endüstrisinde yaygın olarak uygulanmaktadır. Çoğu çalışma, mürettebatın gemideki yaşamı, deniz ortamı

ve emtia üzerindeki potansiyel etkileri nedeniyle önemli ölçüde kritik olduğundan kimyasal/tanker gemi içi operasyonel risklerine odaklanmıştır (Aydın vd., 2024; Li vd., 2020, Hsu vd., 2017). Bu makalelerde, yazarlar bulguların doğruluğunu artırmak için karar verme teorilerini entegre ederek sağlam risk modellemesinden yararlanmıştır. Makalelerde, İnsan hatası değerlendirme ve azaltma tekniği (HEART), Bilişsel güvenilirlik ve hata analizi yöntemi (CREAM), papyon (hata ağacı ve olay ağacının birleşimi) ve Bayes Ağı (BN), risk düzeyini ölçmek için yaygın olarak kullanılmıştır. Yöntemler, tank temizliği, ham petrol kargo operasyonu, balast suyu arıtımı vb. gibi kritik gemi operasyonlarına başarıyla uygulanmıştır. Güvenlik araştırmacıları tarafından incelenen diğer çokça alıntılanan risk analizi konuları gemi çarpışması ve karaya oturma riskidir (Uflaz vd., 2023a, Uflaz vd., 2023b, Zhang vd., 2020, Ung, 2019). Bu makalelerde yazarlar, uzman yargısının belirsizliğini ve muğlaklığını ele almak için kural tabanlı BN yaklaşımının yanı sıra bulanık kümeler teorisi altında hata ağacı analizini (FTA) benimsemiştir. Çarpışma ve karaya oturma, denizde meydana gelen yaygın gemi kazalarıdır. Bu nedenle, kazanın olası temel nedenlerini anlamak ve kontrol eylemleri önermek için ayrıntılı bir risk analizi yapılmıştır.

Siber güvenlik riski bir diğer önemli konudur ve son on yılda siber güvenlik riski hakkında çeşitli araştırmalar yürütülmüştür (Uflaz vd., 2024; Tusher vd., 2022, Güneş vd., 2021, Ganin vd., 2020, Bolbot vd., 2020). Yazarlar siber saldırı risklerini ve bunların deniz taşımacılığı ve deniz ekonomisi üzerindeki potansiyel sonuçlarını tartışmışlardır. Makalelerde, siber saldırı risk düzeyini tanıtmak için Ön Tehlike Analizi (PHA) ve karar alma yöntemleri kullanılmıştır. Güvenlik araştırmacıları ayrıca petrol sızıntıları ve çevre kirliliği riski konusu üzerinde çok çeşitli çalışma gerçekleştirmişlerdir (Aydın vd., 2024; Goerlandt ve Montewka, 2015). Çünkü bu, deniz ve kıyı ekosistemini ciddi şekilde kirleterek doğal çevreye ve ekonomiye zarar verebilir. Makalelerde, arıza modu ve etki analizi (FMEA) ve başarı olasılığı endeksi yöntemi (SLIM) gibi hibrit risk yöntemleri ve bulanık küme teorisi kullanılarak kapsamlı çevresel risk analizi yürütülmüştür. Makaleler çevresel riskleri ayrıntılı olarak ele almış olsa da, yöntemler riskin nicelleştirilmesi sırasında koşullu olasılığı dikkate almamaktadır.

Her ne kadar Avrupa Deniz Emniyeti Ajansı'nın (EMSA) deniz kazaları ve olayları raporuna (EMSA, 2022) göre yangın ve patlama kazaları 4. sırada yer alsada, dökme

yük gemilerindeki kargo ambarları ve güverte yangınları ve patlamaları (F&E) ile doğrudan ilgilenen kapsamlı bir güvenlik ve risk analizi vaka çalışması bulunmamaktadır. Literatürdeki az sayıda çalışmanın amacı, can kaybını ve çevre kirliliğini azaltma hedefi ile deniz taşımacılığındaki yangın ve patlamalar için risk analizi yapmaktır. Önceki çalışmalar tanker kargo operasyonlarıyla ilgili yangın ve patlama olaylarına odaklanmıştır (Uğurlu, 2016). Yakın zamanda operasyonel güvenliği artırmak için dökme yük gemilerinde yangın ve patlama kaza riskinin bir güvenlik analizini gerçekleştirmiştir. Yazarlar, risk analizi için bulanık hata ağacı analizi (FFTA) ve Kesik Küme Önem Ölçümü (CS-I) tekniklerini benimsemiştir. Benzer şekilde, makine dairesi yangınları ve patlamalarında organizasyonel faktörlerle ilgili kaza soruşturma raporlama eksiklikleri, gemilerin makine dairesi yangınları ve patlamalarını araştırmak için İnsan Faktörleri Analizi ve Sınıflandırma Sistemi (HFACS) metodolojisi kullanılarak incelenmiştir (Sarıalioğlu vd., 2020; Schröder-Hinrichs vd., 2011). Bu bağlamda, son on yılda yangın ve patlama kaza riskleri konusunda bazı önemli araştırmalar yapılmış olsa da, kuru yük gemilerine yönelik olanlar şu ana kadar sınırlı kalmıştır. Bu boşluğu gidermek için çalışma, kuru yük taşımacılığında operasyonel düzeyde yüksek bir güvenlik seviyesine ulaşmanın son derece önemli olduğu kabul edildiğinden, kuru yük gemilerinin kargo ambarlarında ve güverte alanlarında yangın ve patlama kazaları için ayrıntılı bir çalışma gerçekleştirmektedir.

2. RISK

Risk, farklı perspektiflerden değeriendirilebilen bir kavramdır ve genellikle bir felaketin olasılığı, ölümcüllük düzeyi, çevresel tehditler veya varlık kaybı gibi unsurlarla ilişkilendirilir. Risk, basitçe bir olayın olasılığı ve bu olayın sonuçlarının bir birleşimi olarak tanımlanabilir. Bu anlamda, riskin hesaplanması, felaket olaylarının olasılığına karşı bu olayların yaratacağı sonuçları anlamaya yönelik bir süreçtir (Engineers, 2020). Bazen risk, belirli bir hedefe ulaşma sürecindeki belirsizliği de ifade edebilir. Yani, bir eylemi gerçekleştirme sırasında yaşanabilecek kayıp potansiyeli veya belirsizlik anlamına gelir (Stramler, 1993). Bu bakış açısına göre, risk, istenmeyen bir sonucun, örneğin bir yaralanma ya da mal kaybının meydana gelme olasılığına odaklanır.

Bir diğer tanım ise riskin, bir şeyin kaybolma ya da hasar görme olasılığı olarak ele alınmasıdır. Bu, genel anlamıyla riskin, olumsuz bir durumun meydana gelme ihtimali olarak görülmesidir. Bu bakış açısına göre, riskin temel özelliği, hoş olmayan bir durumun olma olasılığı ve bunun doğuracağı sonuçlar üzerine odaklanmaktır. Son olarak, riskin sigorta ile ilişkili anlamı da vardır. Sigorta bağlamında, risk, belirli bir varlığın veya bireyin karşı karşıya olduğu potansiyel kayıp olasılığını ifade eder. Sigorta şirketleri, bir poliçe kapsamında, bireylerin veya varlıkların karşılaşılabileceği riskleri değerlendirir ve bu riskin karşılanabilir kayıp miktarını belirler.

Sonuç olarak, riskin farklı anlamları vardır, ancak genel olarak risk, bir olayın olma olasılığı ve bu olayın yaratacağı sonuçların birleşimi olarak tanımlanabilir. Bu, hem teknik hem de sigorta bağlamlarında önemli bir kavramdır.

2.1. Teknik Risk Tanımlama

Risk tanımlaması, genellikle kaynaklar, olaylar, nedensellik ve potansiyel etkilerle ilişkilidir. (Aven, 2011) Bu süreç; arama, tespit etme, algılama ve açıklama aşamalarını içeren bir sıralama olarak tanımlanır. Yani risk, sadece bir olayı belirlemekle kalmaz, aynı zamanda bu olayın kaynağını, nedensel ilişkilerini ve sonuçlarını anlamaya yönelik bir süreci de kapsar.

Tehlikeler ve tehditler, riskin kaynağını oluşturur ve bu kaynakların nedensel ilişkileri ile sonuçlarını içerir. Bu, daha detaylı bir analiz yapılmasını gerektirir. Ancak risk tanımlamasının neyi kapsadığı her zaman açık olmayabilir. Bazen, olaylar ve risk kaynakları, tehlikeler ve tehditler bağlamında ele alınmadığında, risk doğru bir şekilde tanımlanamayabilir.

Risk tanımlamasının belirsizlik boyutuna dayalı olması da önemlidir. Riskin tanımında belirsizlik, potansiyel sonuçların kesinliğindeki eksiklikler ve bu belirsizliklerin risk üzerinde nasıl bir etki yarattığına dair bir kavram olarak öne çıkar. Bu, sadece tek bir tanımla riskin doğru bir şekilde ifade edilemeyeceği anlamına gelir; olayları ve risk kaynaklarını tehlikeler ve tehditler bağlamında ele almak gerekir (Aven, 2011).

Sonuç olarak, riskin doğru bir şekilde tanımlanması, sadece olayları belirlemekle değil, aynı zamanda bu olayların kaynakları, nedensel ilişkileri ve belirsizlikleriyle birlikte ele alınması gereken kapsamlı bir süreçtir. Bu süreç, riskin her boyutunu anlamamıza ve etkili bir şekilde yönetmemize olanak sağlar.

2.2. Risk Tahminleme

Risk analizi, bir olayın olasılığı ve bu olayın yaratacağı sonuçları anlamak için kullanılan bir süreçtir ve doğal olarak risk tahminini içerir. Risk analizi, risk seviyesini belirleme süreci olarak tanımlanabilir. Risk seviyesi, genellikle bir olayın olasılığı ile bu olayın potansiyel sonuçlarının kombinasyonu ile ifade edilir. Bu, riskin niceliksel bir ölçümüdür ve olayın gerçekleşme olasılığı ile birlikte ne kadar ciddi sonuçlar doğurabileceğini belirler. Risk tahmini, olası tehlikelerin ve tehditlerin, riskin niceliksel bir biçimde ifade edilmesiyle bir araya geldiği koşulları ifade eder. Yani, risk tahmini, gelecekteki tehlikelerin veya tehditlerin, geçmiş verilere dayalı olarak ne kadar olası olduğu ve bu olayların ne kadar ciddi sonuçlar yaratacağı hakkında bilgi verir (Aven, 2011).

Deniz taşımacılığı gibi özel alanlarda ise risk tahminleri, potansiyel olaylar hakkında yapılan tahminlerdir. Bu tahminler, genellikle tarihsel verilere dayanır. Yani, geçmişteki olaylar ve bunların sonuçları, gelecekteki olası felaketleri anlamada bir referans noktası oluşturur. Örneğin, gemi kazaları, yangınlar veya diğer deniz kazaları, geçmişteki benzer olaylardan elde edilen verilerle karşılaştırılarak risk tahminleri yapılır. Bu tür tahminler, riskin potansiyel sonuçları hakkında bilgi sağlar ve hangi önlemlerin alınması gerektiğine karar verilmesine yardımcı olur (Aven, 2011).

2.3. Risk Seviyesi

Risk seviyesi, bir olayın olasılığı ve sonuçlarının bir birleşimi olarak, riskin sıklığını veya bileşenlerini gösteren bir terimdir. Bu kavram, genellikle olasılık ile sonuçlar dikkate alınarak değerlendirilir. Risk seviyesi, finans, sağlık, güvenlik, çevre, ekoloji ve iş dünyası gibi çeşitli alanlardaki riskleri kapsayabilir (Aven, 2011; Mousavi vd., 2016). Örneğin, bir iş yerindeki güvenlik riskleri, sağlıkla ilgili riskler veya çevresel riskler farklı risk seviyelerine sahip olabilir.

Risk değerlendirme yaklaşımları, giderek daha yaygın bir şekilde önemli tehlikeleri değerlendirmek için kullanılmaktadır ve bu değerlendirmeler genellikle ALARP (As Low As Reasonably Practicable) prensibine göre test edilebilir. ALARP, bir sistemde risklerin kontrol edilmesi için kullanılan bir kavramdır ve bu kavram, riskleri minimize etmek için gerekli önlemlerin maliyetlerinin, elde edilecek faydalarla dengelenmesi gerektiğini ifade eder. Yani, risk seviyesini düşük tutmak için yapılacak harcamaların, süreç için ekonomik olarak anlamlı ve karlı olması beklenir. Eğer maliyetler çok yüksekse, bu risk kontrol önlemleri ekonomik olarak kârsız olabilir (Mousavi vd., 2016).

Risk envanteri ise, Resmi Güvenlik Analizi (FSA) kullanılarak listelemeye ve sınıflandırılmaya uygun hale getirilebilir. FSA, risklerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi için etkili bir araçtır. Riskleri azaltmak veya ortadan kaldırmak için yapılan maliyet-fayda değerlendirmeleri, alınacak önlemlerin etkili olup olmadığını anlamada yardımcı olur (Kishore, 2013).

Riskler, genellikle insanların günlük yaşamlarında kabul ettiği türde tek kullanımlık riskler olarak kategorize edilebilir. Örneğin, bir meteor çarpması gibi çok düşük olasılıklı bir durum, çoğu insan tarafından düşük risk olarak kabul edilir. Bu tür risklerde, tolere edilebilir risk kavramı devreye girer. Bir işin yapılmaması durumunda oluşacak olumsuz etki veya kayıplar, risk kontrol önlemlerinin gerekliliğini ortaya koyar ve işin yapılması gerektiği bir karar süreci başlatır. Bu, örneğin gemilerde veya açık deniz yapılarında yapılan bakım işleri için geçerlidir. Bakım işlemlerinin zamanında yapılmaması durumunda oluşacak parasal kayıplar, o işe yönelik riskin tolere edilmesini gerektirebilir.

Bunun zıddı olarak, kabul edilemez risk, kontrol edilemeyen veya kanıtlanamayan risk seviyelerini ifade eder. Bu tür durumlarda, bir faaliyete devam etmenin elde edilecek

kazançlarla karşılaştırıldığında, fayda sağlama potansiyeli çok azdır. Denizcilik sektöründe örneğin sıcak çalışma gibi tehlikeli bir işlemde, ortamın güvenli hale getirilmesi için özel önlemler alınarak bu risk kontrol altına alınabilir. Bu süreçte, bakım ekibi kabul edilemez riskleri azaltarak, tolere edilebilir veya tek kullanımlık risk seviyelerine inebilir (Kishore, 2013).

Sonuç olarak, risk seviyesi, riskin olasılığı ve sonuçlarının kombinasyonunu yansıtarak, alınacak önlemlerin maliyet ve faydalarla dengelenmesini gerektirir. Bu tür bir değerlendirme, denizcilik gibi yüksek riskli sektörlerde güvenli operasyonların sağlanmasında kritik bir rol oynar.

2.4. Riskten Kaçınma

Riskten uzaklaşma, yeterince açık bir şekilde tanımlanmasa da, riskle ilgili yapılan çalışmaların ana konusudur (Aven, 2011). Ancak bu terimlerin ne anlama geldiği, başarı hikâyelerinden yeterli veri toplanmadığı sürece bilinemezdi. Özellikle deniz taşımacılığında, birçok başarılı operasyon hiçbir zaman kaydedilmemiştir. Bu perspektifi anlamak için en iyi araçlar, neredeyse meydana gelmiş olan kazalardır. Çoğu kaza, kayıplarla sonuçlanmaz. Kaptanların ve mürettebatın doğru ve cesur girişimleri sayesinde, birçok kaza başlamadan sona erer.

Bu çalışmada, başarı hikâyelerinden elde edilen verileri toplamak, deniz kazaları çalışmalarına yeni bir perspektif kazandırmaktadır. Riskten kaçınma, doğru adımların zamanında atılması ve felaket olaylarının ve sonuçlarının azaltılması anlamına gelir. Ancak, riskten kaçınma her zaman denizcilik risk analizi ve finansal uygulamalarının tanımlarıyla uyumlu olmayabilir (Aven, 2011). Riskten kaçınma, belirsizlik düzeyinin, beklentiler ve getiri değerlerinden fazla olduğu durumları ifade eder (Aven, 2011).

2.5. Risk İletişimi

Her düzeyde risk iletişimi kullanılarak tehlikeli sonuçları önlemek için karar seviyelerinin belirlenmesi gerekir (Hebbar, 2006). Risk iletişimi, bilimsel verilere dayanarak istatistik ve olasılık gibi yöntemlerle bilgi edinmeyi içerir. Risk analizi ve risk algısı, risk iletişimiyle yakından ilişkilidir. Ancak, risk algısı ile risk iletişimi arasında her zaman bir uyum olmayabilir.

Risk algısı, IMO (Uluslararası Denizcilik Örgütü) sözleşmelerinin başarısı için kritik bir faktördür. Bu sözleşmelerin başarılı olabilmesi, üye devletler arasındaki etkili risk

iletişimine bağlıdır. Risk algıları, bu sürecin en büyük engellerinden biridir ve risk iletişimiyle birlikte dikkate alınarak doğru bir şekilde belirlenmelidir (Hebbar, 2006).

2.6. Risk Perspektifi

Risk perspektifi, genellikle iki ana boyutta ele alınır: birincisi, riskin sonucu, yani riskin gerçekleşmesi durumunda ortaya çıkacak olumsuz sonuçlar; ikincisi ise, süreçteki belirsizlikler ve bu belirsizliklerin meydana gelme olasılığıdır (Aven, 2009b). Bu iki boyut, riskin yönetilmesi ve anlaşılmasında önemli bir rol oynar. Risk yönetimi için farklı risk perspektifleri dikkate alınabilir, çünkü her bir perspektif, farklı bir yaklaşım ve strateji gerektirir (Aven, 2009b, 2010).

Risk odaklı karar alma süreçlerinde, hangi bireysel faktörlerin risk algısını ve alınan kararları etkilediği de kritik bir konudur. Bu faktörler, kişisel normlar, deneyimler ve değerler gibi değişkenlere dayanabilir. Araştırmalar, risk algısının bireysel farklılıklar ve kişisel normlarla nasıl şekillendiğini incelemektedir. Örneğin, bir kişinin risk algısı, daha önceki deneyimlerine veya kültürel değerlerine göre değişebilir. Bu da, riskin değerlendirilmesi ve karar alma süreçlerini etkileyebilir (Raue & Lerner, 2018).

Bu tür bireysel faktörler, deniz taşımacılığı gibi sektörlerde önemli bir rol oynar. Deniz taşımacılığı ve diğer sektörlerde yapılan risk analizi çalışmaları, genellikle bu bireysel faktörleri dikkate alır. Bu faktörler, karar alıcıların nasıl riskleri algıladığını ve bu algıya göre nasıl seçimler yaptıklarını anlamak için önemlidir. Bu araştırmalar, risk analizi süreçlerinin daha etkili ve doğru bir şekilde gerçekleştirilmesine yardımcı olabilir.

2.7. Risk Kabulü

Teknoloji sürekli olarak gelişmektedir ve bu gelişmeler, mevcut teknolojiye dayalı olarak risk seviyelerinin kabul edilmesi anlamına gelir. Risk kabul seviyesi, ülkeler bazında ve zaman içinde değişebilir. Ülkeler arasındaki tolerans farklılıkları, yeni gelişmelerin kabulünün analiz edilmesini ve buna bağlı risklerin değerlendirilmesini gerektirebilir. Özellikle deniz taşımacılığı gibi alanlarda, alternatif yakıtlar veya kükürt sınırları gibi yenilikçi gelişmelerin kabulü, kritik bir öneme sahip olabilir.

Yeni teknoloji, mevcut teknolojiye dayalı olarak ve önceki tolerans seviyelerine benzer risk analiz yöntemleri kullanılarak uygulanabilir (Melchers, 2001). Risk yönetimi, doğası gereği çoğulcu bir süreçtir. Karar alma süreçlerinde tüm riskleri

tamamen ortadan kaldırmak mümkün olamayabilir, bu nedenle ALARP (As Low As Reasonably Practicable - Mantıklı Olarak Kabul Edilebilir En Düşük Seviye) gibi yöntemler dikkate alınır. Bu tür yöntemler, uzman görüşlerini kullanarak teknolojik riskleri en aza indirmeyi amaçlar (Melchers, 2001).

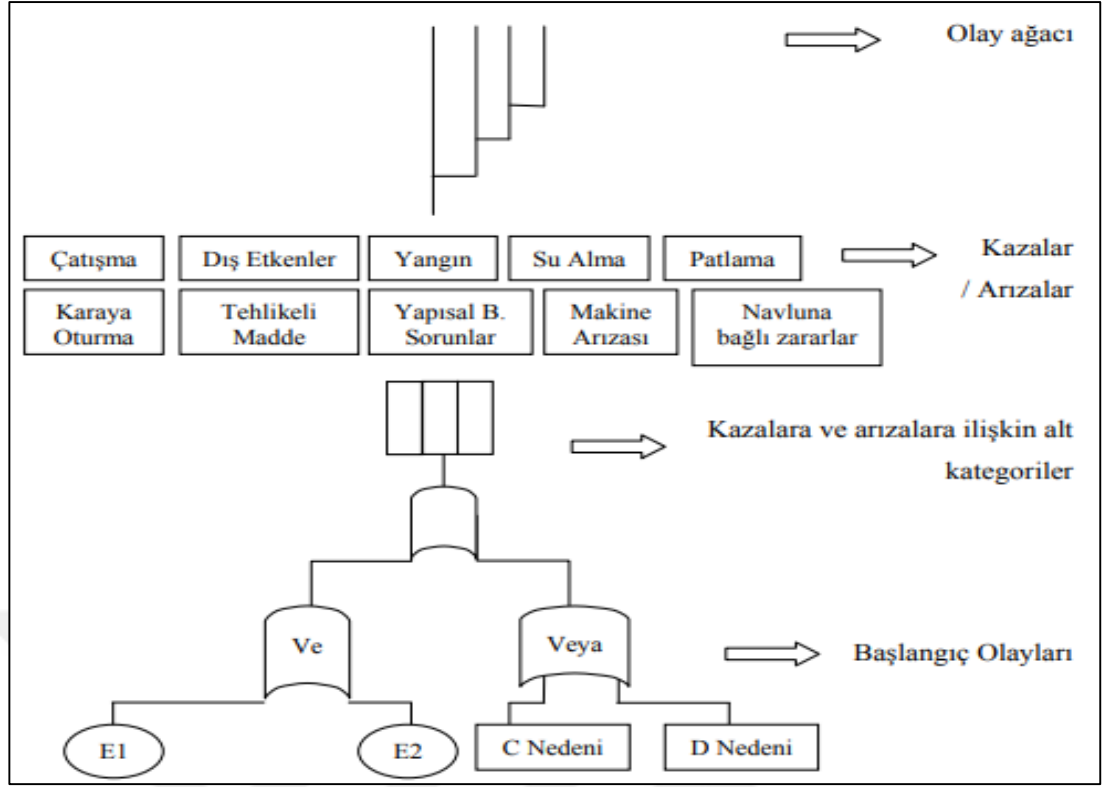
Risk çalışmaları, genellikle risk tabanlı kararların performansı ile ilgilenir. Bu çalışmalar, yıllardır risk değerlendirme ve yönetimi alanında önemli referanslar sağlamıştır. Çalışmaların büyük bir kısmı, bireylerin risk alma eğilimleri üzerine odaklanmıştır ve risk alma mekanizmasına duyulan yatkınlık bu gelişmelerin temelini oluşturur (Raue & Lermer, 2018). Ancak, deniz taşımacılığı gibi spesifik alanlarda yapılan risk çalışmalarının sayısı oldukça sınırlıdır.

2.8. Risk Değerlendirmesi

Erken dönem risk değerlendirme metodolojileri, özellikle nükleer ve açık deniz endüstrilerinde uzun yıllardır uygulanmaktadır. Ancak bu birincil teknikler, on yıllar sonra 1993 yılında Birleşik Krallık (BK) Deniz Güvenliği Komitesi (MSC) tarafından Deniz Taşımacılığına uygulanmıştır. Uluslararası Denizcilik Örgütü'nün (IMO) en büyük başarısı, felaketler gerçekleşmeden önce potansiyel tehditleri belirlemeyi amaçlayan FSA (Felaket ve Güvenlik Analizi) metodolojisinin proaktif yaklaşımını benimsemesidir.

Deniz taşımacılığı için FSA, geleneksel reaktif güvenlik yaklaşımından, risk değerlendirmesinde proaktif bir güvenlik felsefesine geçişi sağlar. Bu sayede, potansiyel kazalar veya arızalar hakkında daha önce uyarılar yapılarak önleyici tedbirler alınabilir. Bu nedenle, FSA metodolojisi, IMO'nun kural koyma süreçlerinde önemli bir araç olmuştur (Mennis ve diğerleri, 2005).

Kazalar ya da arızalarla ilgili risk oluşturabilecek veriler, risk dağılım ağacı (fault tree analysis) kullanılarak değerlendirilir ve bu şekilde olası tehlikeler daha sistematik bir biçimde analiz edilir.



Şekil 2.1. Risk dağılım ağacı (Dasgupta, 2003).

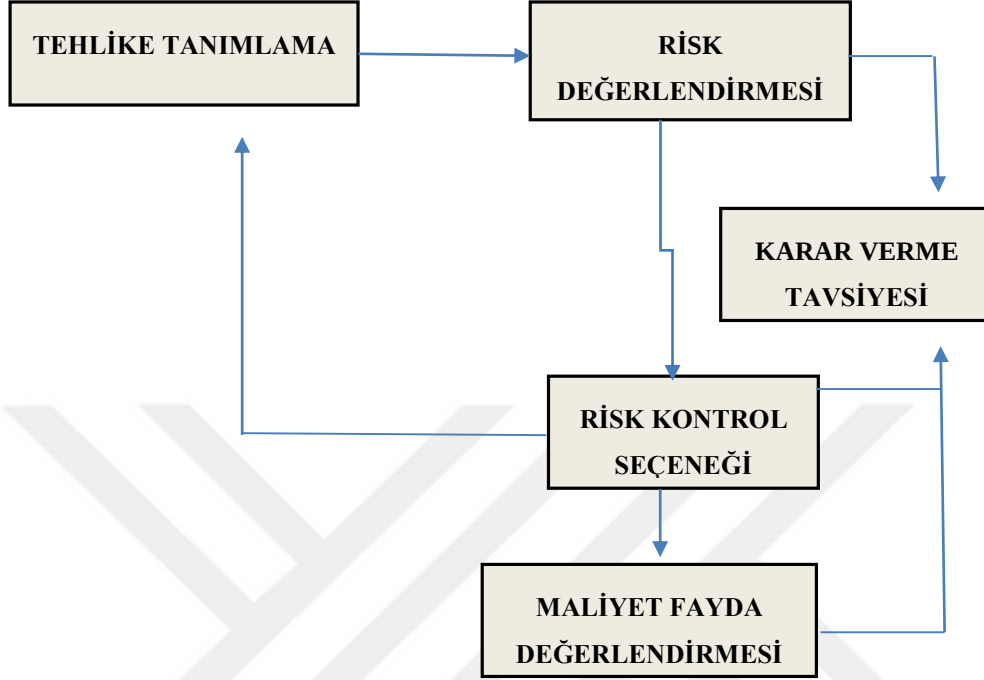
2.9. Risk Faktörü

Risk faktörleri tehlike seviyesini, statik veya dinamik olabilen birçok risk değişkeni veya faktörü ile belirlenir. Dinamik değişkenler, belirli bir zaman diliminde önemli ölçüde değişebilen hayati faktörlerdir. Statik faktörler, belirli bir süre boyunca nispeten değişmeden kalır. Yolculuk risk faktörü, tarihi risk faktörüne sahip tüm ulaşım modları için hayati öneme sahiptir. Tarihi risk faktörü, ulaşım kazalarına odaklanabilir ve önemli arızalar böyle bir etkiye sahip olmuştur. Risk faktörleri, risk metriklerini belirlerken dikkate alınması gereken en hayati konudur ve hiçbir boşluk kabul edilemez olmalıdır (Abramowicz, 2015).

2.10. Risk Çerçevesi

Risk çerçevesi sistem güvenilirliğini sağlar. Sistemi tanımlar, kritik noktaları belirler, etkileri sıralar ve tahmin eder ve bunları azaltır. Risk çerçevesi, kazaların nasıl meydana geldiğini anlamak için riski belirler. Bu konuda risk değerlendirmesine yardımcı olur (Sulaiman ve ark., 2011).

Risk çerçevesi, risk değerlendirmesini ve risk analizi performansını belirler. Risk çerçevesi ne kadar bilimsel olursa, risk analizi o kadar başarılı olur (Sulaiman ve ark., 2011). Başarılı bir örnek olarak IMO'nun çerçevesi Şekil 2.2'de görülebilir.



Şekil 2.2. IMO Risk çerçevesi (Sulaiman et al, 2011).

2.11. Risk Yönetimi

Risk yönetiminin tüm bileşenleri, risk analizi dâhil olmak üzere, bir kararı desteklemek ve doğrulamak için kullanılır. Özellikle deniz taşımacılığı gibi sektörlerde, kayıplar, halk sağlığı ve çevre üzerindeki potansiyel etkiler nedeniyle risk yönetimi büyük bir baskı altındadır. Herhangi bir risk alanında alınacak kararları desteklemek için doğrulama testleri gereklidir. Bu testler, kararların doğruluğunu onaylamak, nesnel kanıt sağlamak ve belirli kullanım gereksinimlerinin yerine getirilip getirilmediğini tespit etmek için önemlidir. Bu doğrulama süreci, genellikle onay, nesnel kanıt ve ISO belgeleri gibi unsurları içerir (Lathrop & Ezell, 2017).

Risk yönetimi, bir organizasyonun stratejik hedeflerine ulaşma yetkinliğini etkileyebilecek çeşitli belirsizlikleri tanımlamak, değerlendirmek ve kontrol altına almak amacıyla yürütülen, sistemli ve koordineli bir faaliyetler bütünüdür.

2.12. Deniz Taşımacılığı ve Risk

Deniz taşımacılığında risk kavramı, literatürde en çok tartışılan konulardan biridir. Uzun yıllardır çeşitli üniversitelerle işbirliği içinde çalışan sınıflandırma toplulukları, bu alandaki bilimsel çalışmalara önemli katkılarda bulunmuşlardır. Bu topluluklar tarafından benimsenen klasik yöntemler, tehditlerin belirlenmesi, olasılıkların hesaplanması, etkilerin ölçülmesi ve değerlendirilmesi gibi adımları içermektedir.

Deniz taşımacılığındaki risk çalışmalarının birincil kaynağı genellikle gemi ve mürettebattır (Abramowicz, 2015). Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO), FSA (Felaket ve Güvenlik Analizi) metodolojisini, deniz taşımacılığında risk değerlendirmesi için temel bir yöntem olarak kabul etmiştir. FSA, gemilerle ilgili tüm riskleri belirlemek için kullanılır ve gerekli tüm risk faktörlerini hızlı bir şekilde tespit edebilir.

Risk değerlendirme metodolojileri, Tehlike İşletilebilirlik Analizi (HAZOP), FMEA (Hata Türleri ve Etkileri Analizi) ve Tehlike Tanımlama (HAZID) gibi farklı yöntemleri içerir. Bu yöntemler, riskleri tanımlamak ve analiz etmek için çeşitli bakış açıları sunar. Ayrıca, risk modelleri, nitel, nicel ve hibrit olmak üzere üç farklı kategoriye ayrılır. En popüler ve yaygın kullanılan modeller ise sayısal yöntemlerdir. Deniz taşımacılığında, güvenilir ve doğru verilere ulaşım, pek çok durumda en büyük zorluklardan birini oluşturur. Veri eksiklikleri veya hatalı veriler, risk değerlendirmelerinin doğruluğunu etkileyebilir, bu nedenle doğru veri toplama süreçleri büyük önem taşır.

Risk, sürdürülebilir deniz taşımacılığı için hayati önem taşıyan güvenlik yönetimi ve kaza teorileriyle doğrudan ilişkilidir. İş Güvenliği ve Tehlikeli Madde Yönetimi (OSHA) üzerine yapılan akademik çalışmaların çoğu, 1979 ile 1988 yılları arasında nükleer ve havacılık endüstrileri gibi riskli teknolojilerden kaynaklanan kazaları inceleyen çalışmalardır (Swuste vd., 2018). Bu dönemde güvenlik yönetimi ve kaza teorileri önemli ölçüde gelişmiştir. Bu gelişmelerin temelinde, Three Mile Island ve Çernobil kazaları bulunmaktadır. Her iki kaza da, nükleer endüstrinin yanı sıra madencilik, havacılık ve deniz taşımacılığı gibi diğer riskli teknolojilerdeki risk analizi çalışmalarında standartların belirlenmesine yol açmıştır. Özellikle, havacılık sektöründe, Challenger ve Columbia uzay mekiği kazaları, kamu gündemini derinden etkilemiş ve bu kazalar risk analizine olan ilgiyi arttırmıştır.

Deniz taşımacılığına örnek olarak CS Costa Concordia kazası verilebilir. Bu tür kazalar, risk analizi ve risk yönetiminin önemini sürekli olarak gündeme getirmektedir. Başarısızlık, tüm teknolojik ürün ve sistemlerde kendi kendine öğrenen bir metodoloji olarak kabul edilmiştir, yani kazalar ve hatalar, sistemlerin zamanla daha güvenli hale gelmesini sağlayacak dersler sunar.

Deniz kazaları, sadece teknolojik ilerlemelerde değil, aynı zamanda kurallar ve düzenlemelerin gelişiminde de önemli bir rol oynamaktadır. Bu kazalar, deniz taşımacılığı için kritik düzenlemelerin ortaya çıkmasına katkı sağlar. Ayrıca, gemilerde oluşan can ve mal kayıpları da risk yönetimi için önemli bir çerçeve oluşturmaktadır.

Risk ve güvenilirlik arasındaki ilişkiyi doğru bir şekilde anlamak gerekir. Güvenilirlik, kullanılabilirlik, sürdürülebilirlik, emniyet, risk, kalite kontrolü, arıza tespiti ve güvenlik gibi kavramlarla yakından ilişkilidir. Tasarım süreçlerindeki arızaya dayalı disiplinler, risk açısından büyük bir öneme sahiptir ve bu disiplinler birbirleriyle sıkı bir şekilde bağlantılıdır. Bu da, risk ve güvenilirliği ele alırken bütünsel bir yaklaşımın gerekliliğini ortaya koymaktadır. Risk analizi, mühendislik alanlarındaki uygulamalar için benzersizdir ve bu bağlamda, çeşitli mühendislik disiplinlerinin iş birliği yapması önemlidir (Zio, 2007).

Tablo 2.1. 2014-2020 yılları arasında kargo gemisi tipine göre kaza olaylarının dağılımı (EMSA, 2021).

Kimyasal tanker	155	126	72	18	3	49	69	167	6
Sıvılaştırılmış gaz tankeri	46	36	27	5	2	15	22	27	1
Petrol tankeri	265	72	234	38	6	43	80	101	2
Diğer belirtilmemiş sıvı kargo	44	18	15	4	0	23	6	20	1
Dökme yük gemisi	362	145	276	62	5	155	73	156	6
Konteyner gemisi	294	318	298	90	13	93	127	275	10
Genel kargo	482	623	376	83	21	508	272	650	26
Ro-Ro kargo	114	173	104	35	3	49	66	95	4
Diğer/belirtilmemiş katı yük	104	61	26	16	4	60	32	68	4
Diğer/belirtilmemiş kargo gemisi	12	6	7	2	1	4	1	4	1
Toplam	1878	1578	1435	353	58	999	748	1563	61

Tablo 2.1’de görüldüğü gibi, kuru yük gemilerindeki yangın olayları endişe verici bir eğilim ortaya koymaktadır. Özellikle tahıl, cevher ve kömür gibi ambalajsız dökme yükleri taşımak üzere tasarlanmış dökme yük gemilerinde, yedi yıllık dönemde 62

bildirilen yangın/patlama vakası yaşanmıştır. Bu sayı, özellikle belirli dökme yüklerin yanıcı yapısı ve yangınları ateşleyebilecek kendiliğinden yanma özelliği ile yük kaymasından kaynaklanabilecek olayların potansiyeli göz önünde bulundurulduğunda, önemli yangın riskini vurgulamaktadır.

Ayrıca veriler, potansiyel olarak yanıcı maddeler de dahil olmak üzere çeşitli paketlenmiş malları taşıyan genel kargo gemilerinin, bildirilen 83 vaka ile konteyner gemilerinden sonra en fazla yangın ve patlama olayına sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum, genel kargo gemileri tarafından taşınan yükün çeşitliliğinin, artan yangın riskine katkıda bulunabileceğini ortaya koymaktadır. Uyumsuz kargoların yakın mesafede istiflenmesi, çeşitli kargoların bulunduğu ambarlarda yeterli havalandırmanın olmaması ve kargo elleçlemede artan insan hatası riski, bu gemilerdeki yangın tehlikesini artıran faktörler arasında yer almaktadır. Bu rakamları, dökme yük gemileri ve genel kargo gemileri için diğer kaza türleriyle karşılaştırmak, daha fazla bağlam sağlamaktadır. Çarpışmalar ve temas olayları, en sık karşılaşılan kaza türleri olmaya devam ederken, yangın ve patlama olayları, daha fazla dikkat edilmesi gereken önemli bir risk faktörü olarak ele alınmalıdır. Ayrıca, kuru yük gemilerindeki yangın riski, diğer gemi türleriyle karşılaştırıldığında yüksek bir olasılığa sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum, kuru yük sektöründe sağlam yangın güvenliği önlemleri ve etkili mürettebat eğitimi gerekliliğini vurgulamaktadır.

Tablo 2.2. 2014'ten 2020'ye kadar deniz kazaları istatistikleri (EMSA, 2021).

	Demirli veya yanmış	Varış	Kalkış	Yolda	Bilinmiyor/ Belirtilmemiş	Toplam
Kimyasal tanker	166	141	83	307	125	822
Sıvılaştırılmış gaz tankeri	47	41	19	91	32	230
Petrol tankeri	334	184	9	461	94	1172
Diğer sıvı kargo	47	33	13	70	23	186
Dökme yük gemisi	513	259	144	648	130	1694
Konteyner gemisi	468	354	195	787	171	1975
Genel kargo	632	689	387	1509	344	3561
Ro-Ro kargo	141	198	101	253	95	788
Diğer katı yük	116	77	37	196	69	495
Diğer kargo gemisi	17	9	8	21	3	58
Toplam	2481	1985	1086	4343	1086	10981

Tablo 2.2’de sunulan veriler, farklı gemi kategorileri ve operasyonel bağlamlar içinde meydana gelen çeşitli kaza türlerinin sıklığı hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır.

Bu veriler, deniz kazalarının analizinde değerli bir kaynak sunarak, kaza eğilimlerini ve potansiyel riskleri daha iyi anlamamıza yardımcı olacaktır.

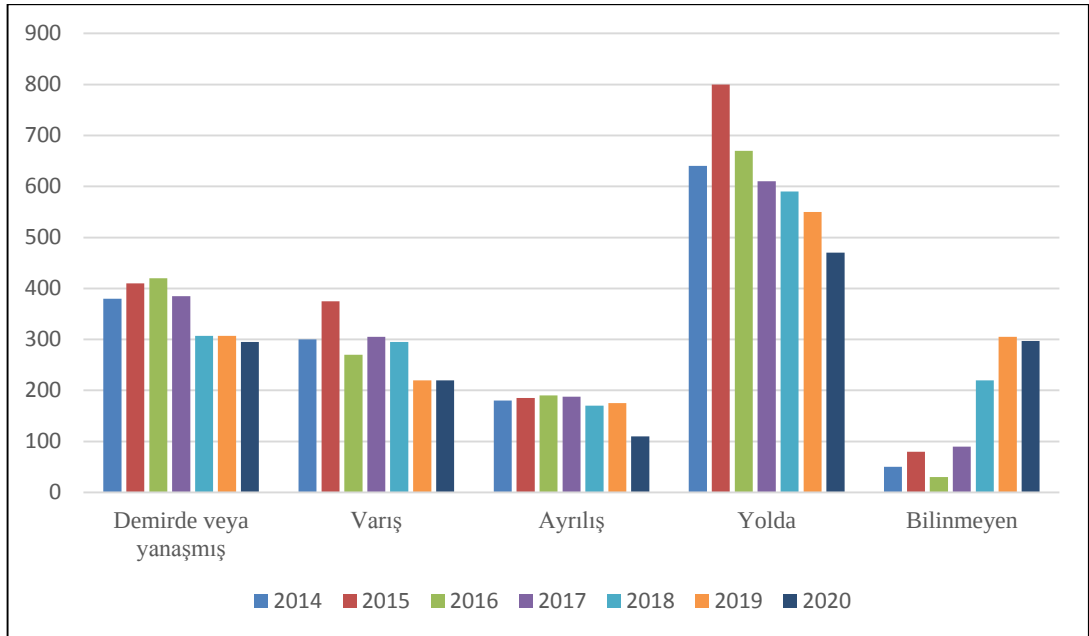
Kuru yük gemilerine bakıldığında; yangın/patlama olaylarının önemli bir kısmının (dökme yük gemileri için 648 vaka ve genel kargo gemileri için 1509 vaka) "Yolda", aynı zamanda gemiler "Demirli veya yanaşmış" durumdayken de (dökme yük gemileri için 513 vaka ve genel yük gemileri için 632 vaka) meydana geldiğini ortaya koymaktadır. Bu gözlem, yangın risklerinin öncelikle seyir ve açık deniz koşullarıyla ilişkili olduğu yönündeki yaygın varsayımı sorgulamaktadır. Gemiler limanlarda hareketsizken veya demirlemişken bile farkındalığı sürdürmenin ve sağlam yangın güvenliği protokollerini uygulamanın önemli olduğu görülmektedir. Gemiler demirli olarak bulunduğu durumda veya yanaşmışken kargo operasyonları, bakım faaliyetleri veya yakıt ikmali yapabilir ve bunların hepsi potansiyel yangın tehlikeleri oluşturabilir. Dahası, limanda uzun süre kalma sırasında mürettebatın farkındalığının azalması, güvenlik rutinlerine karşı olası kayıtsızlık ve harici yangın söndürme yardımına erişimdeki zorluklar bu durumlarda yangın risklerini artırabilir.

Tablo, ayrıca yangın olaylarının varış ve ayrılış aşamalarında nispeten sık olduğunu ortaya koymaktadır (varış sırasında dökme yük gemileri için 259 vaka ve ayrılış sırasında 144 vaka, varış sırasında dökme kargo gemileri için 689 vaka ve ayrılış sırasında 387 vaka). Bu geçiş dönemleri karmaşık manevraları, mürettebat için artan iş yükünü ve yangına yol açabilecek hata ve kaza riskini artırabilecek potansiyel iletişim zorluklarını içerir. Örneğin, bağlama halatlarının uygunsuz kullanımı, makine işletimindeki hatalar veya kargo operasyonları sırasında yetersiz iletişim, varış ve kalkış sırasında yangın olaylarına katkıda bulunabilir.

Verilerdeki nüansları analiz etmek ve anlamlı öngörüler çıkarmak, bu çalışmanın önemli bir parçasıdır. Bu tezin kuru yük gemilerindeki yangın risklerinin incelenmesindeki temel odak noktası, "Diğer/Belirtilmemiş" olarak kategorize edilen yangın/patlama olaylarının yaygınlığı olacaktır. Bu kategorinin önemi, kuru yük gemilerindeki yangın olaylarına katkıda bulunan gizli riskleri veya yeterince bildirilmeyen faktörleri ortaya çıkarma potansiyelinde yatmaktadır. "Diğer/Belirtilmemiş" kategorisine giren olaylar, genellikle kolayca kategorilendirilemeyen ve daha fazla araştırma gerektiren benzersiz senaryoları, ortaya çıkan tehlikeleri veya karmaşık nedensel zincirleri temsil edebilir. Aşağıda

belirtilen bu olaylar, daha derinlemesine bir inceleme ile anlaşılabilir ve yangın risklerini azaltmak için etkili önlemler geliştirilmesine katkı sağlayabilir.

- Ortaya çıkan teknolojiler: Hibrit tahrik veya kargo soğutma üniteleri için pil sistemleri gibi yeni teknolojilerle ilgili yangınlar, mevcut kategorilere tam olarak uymayabilir.
- İnsan hatası: Karmaşık insan hatası, yetersiz eğitim veya yorgunluktan kaynaklanan olaylar, tek bir nedeni belirlemenin zorluğu nedeniyle "Diğer/Belirtilmemiş" olarak sınıflandırılabilir.
- Dış faktörler: Yıldırım düşmesi, yakındaki patlamalar veya sürüklenen molozlar gibi dış olayların neden olduğu yangınlar bu kategoriye girebilir.
- **Siber güvenlik olayları:** Dijital sistemlere olan güvenin artmasıyla, siber saldırılar veya yazılım arızaları tarafından tetiklenen yangınlar burada sınıflandırılabilir.
- Eksik bildirim: Bazı olaylar, eksik bilgi veya belirli ayrıntıları açıklama konusundaki isteksizlik nedeniyle "Diğer/Belirtilmemiş" olarak sınıflandırılabilir. Bu durum, yangın olaylarının tam olarak anlaşılmasını zorlaştırabilir ve potansiyel risklerin doğru bir şekilde belirlenmesini engelleyebilir.



Şekil 2.3. Kazaların yolculuk segmentine göre dağılımı (2014-2020)(EMSA, 2021).

Tablo 2.3 incelendiğinde aşağıda sunulan çıkarımlar elde edilmiştir.

- Kaza/olayların çoğu, yıllar boyunca en yüksek sayıya sürekli olarak "Yolda" kategorisinde ulaşmaktadır. Bu, gemilerin aktif olarak seyir yaparken en fazla olayın meydana geldiğini göstermektedir. Seyir, hava koşulları ve denizdeki potansiyel tehlikelerle ilişkili riskler bu kazaların başlıca nedenlerindendir.
- Gemiler "Demirli veya yanaşmış" durumda hareketsizken de önemli sayıda olay yaşanmaktadır. Bu durum, kargo operasyonları, bakım işlemleri ve insan hatası gibi risklerin devam ettiğini göstermektedir.
- Varış ve ayrılış durumlarında, potansiyel olarak yüksek riskli geçişler sırasında dikkatli manevra yapmanın, iyi iletişim kurmanın ve güvenlik prosedürlerine uymanın önemini vurgulayan orta düzeyde bir olay sayısı gözlemlenmektedir. Bu, gemilerin limana yaklaşırken veya limandan ayrılırken karşılaştığı risklerin arttığını ve bu süreçlerin güvenli bir şekilde yönetilmesinin gerektiğini gösterir.
- Farklı yıllar ve yolculuk segmentleri arasında olay sayısında bazı dalgalanmalar gözlemlenmektedir. Örneğin, "Yolda" olayları 2015'te zirveye ulaşırken, "Demirli veya yanaşmış" olayları 2016'dan itibaren hafif bir düşüş eğilimi göstermektedir. Bu eğilimler, güvenlik önlemlerinin etkinliği ve iyileştirmeye açık alanlar konusunda değerli bilgiler sağlamaktadır.

Tablo 2.3. Sefer segmentine göre kazaların kategorileri (2014-2020) (EMSA, 2021).

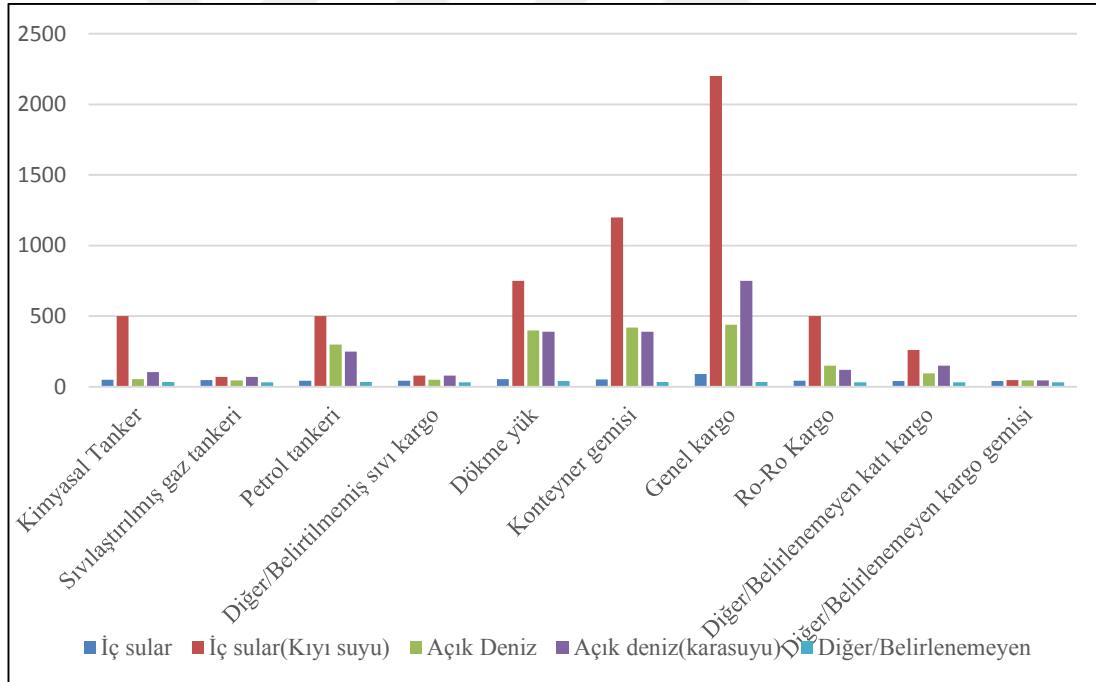
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Toplam
Demirli/yanaşmış	368	413	422	375	310	308	285	2481
Varış	297	350	277	314	290	229	228	1985
Kalkış	159	161	181	171	142	152	120	1086
Yolda	645	802	673	623	591	547	462	4343
Bilinmiyor/ Belirtilmemiş	46	75	28	92	235	319	291	1086
Toplam	1515	1801	1581	1575	1568	1555	1386	10981

Bu tablo, 2014 ile 2020 yılları arasında yaşanan deniz kazası verilerinin sefer segmentine göre kategorize edilmiş özlü bir analizini sunmaktadır. Bu analiz, farklı sefer türlerine bağlı olarak kazaların nasıl dağıldığını ve hangi segmentlerde daha fazla risk bulunduğunu göstermektedir.

Tablo, yedi yıllık süre boyunca her sefer segmenti için olay oluşumlarının ayrıntılı bir dökümünü sağlamaktadır. Bu, zamansal eğilimlerin ve dalgalanmaların daha derinlemesine incelenmesini kolaylaştırır. "Toplam" sütununun eklenmesi, farklı sefer aşamaları boyunca olay sıklıklarının doğrudan karşılaştırılmasını sağlar.

"Kalkış" en güvenli yolculuk segmenti olarak ortaya çıkmakta, "Yolda" olayların en büyük oranını oluşturmaktadır. Kaza ve olaylarda, 2015'ten 2020'ye kadar genel bir düşüş eğilimi gözlemlenmektedir.

Tablo, aktif seyir sırasında değil, tüm yolculuk döngüsü boyunca kapsamlı güvenlik protokollerine olan kritik ihtiyacı vurgulamaktadır. Zamansal veriler, olaylardaki eğilimlerin ve kalıpların belirlenmesini sağlayarak, mevcut güvenlik müdahalelerinin etkinliğini değerlendirmeyi kolaylaştırır. Sonuç olarak, bu verilerden elde edilen bilgiler, yangın önleme ve azaltma stratejilerinin geliştirilmesine katkıda bulunabilir ve nihayetinde kuru yük nakliye sektöründe güvenliği ve dayanıklılığı artırabilir.



Şekil 2.4. Gemi türlerinin deniz kazalarının meydana geldiği lokasyona göre dağılımı (2014-2020) (EMSA, 2021).

Şekil 2.4, hem gemi tipine hem de olayların meydana geldiği lokasyona göre kategorize edilmiş deniz kazası verilerinin görsel analizini sunmaktadır.

- İç sular: Nehirler, göller ve kanallar gibi bir ülkenin sınırları içindeki su kütleleri.

- İç sular (kıyı suyu): Limanlar, iskeleler ve koylar dahil olmak üzere bir ülkenin iç sularını tanımlamak için kullanılan temel çizginin kara tarafındaki sular.
- Açık deniz (karasuyu): Karasuları, bir ülkenin temel çizgisinden 12 deniz miline kadar uzanan, o ülkenin yargı yetkisi altındaki suları ifade etmektedir.
- Diğer/Belirtilmemiş: Yerinin açıkça tanımlanmadığı veya kategorilendirilmediği olaylar.

Grafik, olayların önemli bir kısmının özellikle dökme yük gemileri, konteyner gemileri ve genel kargo gemileri gibi gemi tipleri için iç sularda (kıyı suyu), meydana geldiğini açıkça göstermektedir. Kuru yük gemileri incelendiğinde; deniz kazalarının daha çok karasuları içerisinde kıyı sularında meydana geldiği, risklerin daha çok iç sularda (kıyı suyu) oluştuğu görülmektedir.

Genel bir değerlendirme yaptığımızda olayları bazı başlıklar altında toplayabiliriz;

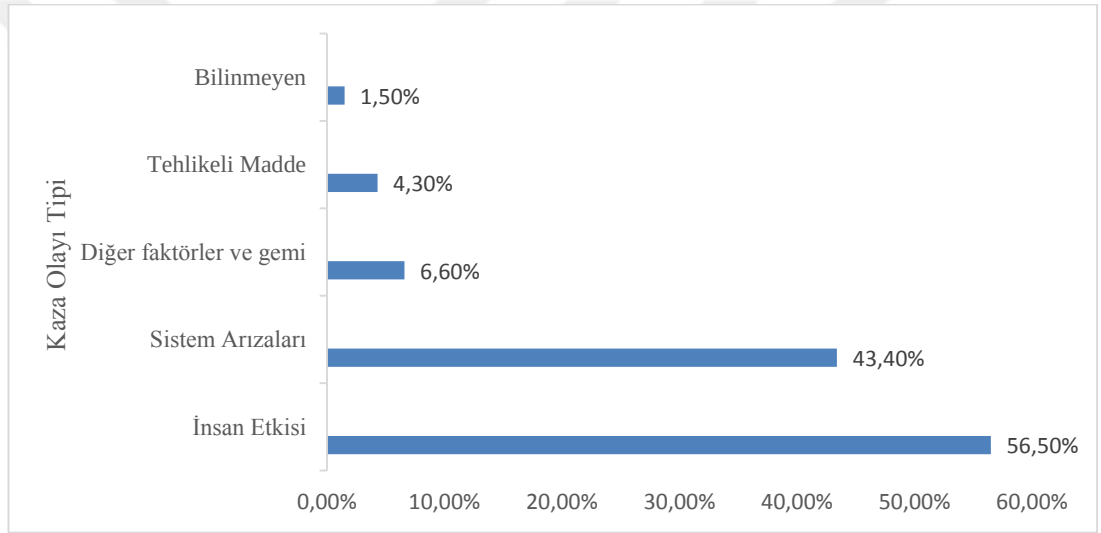
- İç suların hakimiyeti: Olayların önemli bir kısmı, özellikle dökme yük gemileri, konteyner gemileri ve genel kargo gemileri için, iç sularda (kıyı suyu) meydana gelmektedir. Bu durum, sıkışık su yollarında seyir yapma, liman operasyonları ve dar alanlarda manevra yapma ile ilişkili artan riskleri vurgulamaktadır.
- Açık deniz olayları: Uzun yolculuklar, kötü hava koşullarına maruz kalma ve olası seyir zorlukları gibi faktörler, bu tür olayların risklerini vurgulamaktadır. Bu durum, gemilerin açık denizdeki güvenliğini sağlamak için daha fazla dikkat, planlama ve hazırlık gerekliliğini ortaya koymaktadır.
- Gemi türü farklılıkları: Olayların dağılımı, her gemi kategorisinin operasyonel özelliklerini ve risk profillerini yansıtarak farklı gemi türlerine göre değişiklik göstermektedir. Bu dağılım, her gemi tipinin karşılaştığı özgün zorlukları ve risk faktörlerini ortaya koymaktadır.

Bu grafik, kuru yük gemilerindeki yangın riskleri hakkındaki tez için değerli coğrafi bağlam sağlar. Araştırma, yangın olaylarının konum tabanlı dağılımını özel olarak analiz ederek şunları yapabilir:

- Yüksek riskli bölgeleri belirleme: Yangın olaylarının kuru yük gemileri için daha yaygın olduğu belirli coğrafi alanların veya su tiplerinin belirlenmesi.

- Katkıda bulunan faktörleri değerlendirme: Olay yerleri ile trafik yoğunluğu, seyir zorlukları, kargo operasyonları veya çevre koşulları gibi faktörler arasındaki olası korelasyonların araştırması.
- Hedeflenen öneriler geliştirme: Farklı su tipleri ve operasyonel bağlamlarla ilişkili risklere göre uyarlanmış konum tabanlı yangın güvenliği önlemlerinin ve protokollerinin önerilmesi.

Bu konum tabanlı analizi teze dahil etmek, kuru yük gemilerindeki yangın risklerinin daha kapsamlı bir şekilde anlaşılmasına katkıda bulunacak ve denizcilik sektöründe daha etkili ve coğrafi olarak ayrıntılı yangın güvenliği stratejilerinin geliştirilmesini sağlayacaktır.



Şekil 2.5. Deniz kazalarına neden olan birincil faktörlerin dağılımları (2014-2020) (EMSA, 2021).

2014-2020 dönemi için araştırılan deniz kazalarıyla ilgili kaza olayı türlerinin dağılımı" başlıklı bu yatay çubuk grafik, deniz kazalarına katkıda bulunan birincil faktörlerin analizini sunmaktadır. Veriler, her çubuğun uzunluğu her kategorinin araştırılan toplam deniz kazası sayısına göre oransal oranını temsil eden beş ayrı kaza olayı türüne ayrılmıştır.

Deniz kazalarında insan hatası, ihmal veya yetersiz karar alma gibi nedenler araştırılan kazaların en büyük oranını (%56,5) oluşturmaktadır ve bu durum insan faktörünün deniz güvenliğindeki önemli rolünü vurgulamaktadır. Grafik, deniz kazalarından biri olan yangın ve patlama olaylarına katkıda bulunan bir faktör olarak insan hatasının

baskınlığını açıkça göstermektedir. Etkili eğitim, sağlam güvenlik prosedürleri ve insan hatasını azaltmak için önlemlere olan kritik ihtiyacı vurgulamaktadır.

Gemideki sistemlerin veya ekipmanların arızaları, bozulmaları veya hatalarından kaynaklanan kazalar, araştırılan kazaların %43,4'ünü temsil ederek kazaları önlemede uygun bakımın ve güvenilir teknolojinin önemini vurgulamaktadır. Sistem/ekipman arızasına atfedilen kazaların önemli oranı, güvenilir teknolojiye yatırım yapmanın, titiz bakım programlarına uymanın ve kritik arızaları önlemek için yedeklilik önlemlerinin uygulanmasının önemini vurgulamaktadır.

Dış etkenleri veya diğer gemilerle etkileşimleri içeren kazalar, araştırılan kazaların %6,6'sını oluşturmaktadır. Tehlikeli maddelerin elleçlenmesi, depolanması veya taşınmasıyla ilgili kazalar, araştırılan kazaların %4,3'ünü oluşturmaktadır. İnsan hatası veya ekipman arızası kadar sık görülme de dış etkenler ve tehlikeli maddelerle ilgili kazalar hâlâ önemli riskler oluşturmakta ve kapsamlı risk değerlendirmesi ve yönetim stratejilerine olan ihtiyacı vurgulamaktadır.

Tablo 2.4. Deniz kazalarının türlerine göre dağılımları (2014-2020) (EMSA, 2021).

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Toplam
Alabora olma	11	14	7	14	17	19	5	87
Çarpışma	333	297	320	293	282	292	186	2003
Temas etme	391	402	356	421	377	365	364	2676
Ekipman hasarı/kaybı	289	365	358	309	343	315	331	2310
Yangın/patlama	159	170	133	132	136	131	119	980
Su basma/batma	63	60	43	63	35	47	42	353
Karaya oturma	325	328	290	292	302	249	219	2005
Gövde hasarı	6	15	21	5	4	4	3	58
Kontrol kaybı- Diğer	1	1	12	4	5	0	1	24
Kontrol kaybı- çevre kontrol kaybı	76	60	70	67	68	46	62	449
Kontrol kaybı- Yön kontrol kaybı	78	92	83	110	76	87	92	616
Kontrol kaybı- Elektrik güç kaybı	61	49	47	65	59	66	51	398
Kontrol kaybı- İtiş gücü kaybı	372	374	471	506	552	662	579	3516
Bilinmeyen/eksik	0	0	1	1	1	2	1	6
Toplam	2163	2227	2212	2282	2257	2285	2055	15481

Tablo, 2014-2020 yılları arasında her kaza türü için olay sayısının ayrıntılı bir dökümünü sağlamaktadır. Yangın ve patlama kazaları 119 ile 170 kaza/olay arasında yıllara göre inişli çıkışlı bize veri sağlamakla birlikte her yıl birbirine yakın kaza/olay yaşandığı görülmektedir. Bu çerçevede alınan önlemler kazaları azaltmamakta sadece sabit durmasını sağlamaktadır. Bu durum bize ilave emniyet tedbirlerinin alınmasına ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.

Yangın ve patlama tüm kaza/olaylar içerisinde %6 lık kısmı oluşturmaktadır. Gemilerde yaşanan yangın ve patlama kazaları diğer kazalara nispeten oran düşük olsa dahi sonuçları bakımından daha tehlikeli olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Tablo 2.5. Ölümlü kazaların sebeplerine göre dağılımları (2014-2020)(EMSA, 2021)

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Toplam
Alabora olma	9	11	6	5	2	1	0	34
Çarpışma	24	2	37	8	1	8	8	88
Temas etme	0	0	0	0	0	0	0	0
Ekipman hasarı/kayıbı	18	2	1	1	3	2	1	28
Yangın/patlama	2	7	1	2	6	7	4	29
Su basma/batma	10	49	0	1	1	3	0	64
Karaya oturma	8	3	0	0	1	1	0	13
Gövde hasarı	0	0	0	0	0	0	0	0
Kontrol kaybı	0	0	0	2	1	12	0	15
Bilinmeyen/eksik	0	0	0	0	0	3	0	3
Toplam	71	74	45	19	15	37	13	274

Bu tablo, farklı kaza türleri ve 2014-2020 yılları arasında ölümlere ve dağılımlarına odaklanarak deniz kazası verilerinin çok yönlü bir görünümünü sunmaktadır.

Tablo, her kaza türüyle ilişkili ölüm oranını gösterir. "Çarpışma" ölümlerin önde gelen nedeni olarak ortaya çıkmaktadır (%32), ardından "Su Baskını/Çökme" (%23) gelmektedir.

"Yangın/Patlama" kazalarını incelediğimizde; toplam kazalarda meydana gelen ölüm oranına göre %11'lik kısmı oluşturduğu görülmektedir. Tablo 2.5 te belirtilen yangın /patlama kazalarının oransal olarak %6 olmasına rağmen sonuçlara bakıldığında bahse konu kaza olaylarda ölüm oranının yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum da bize yangın/patlama kazalarının ne kadar tehlikeli olduğunu, bunun yanında ciddi maddi hasarlara da sebep olabileceğini göstermektedir.

"Yangın/Patlama" yıllar arasında tutarlı bir dağılım sergilemektedir. Bu da kazaların negatif yönde azalması için bize ilave emniyet tedbirleri ve risk azaltıcı tedbirlerin arttırılması yönünde işaret vermektedir.

Tablo 2.6. Yıllara göre yaralanma sayısının değişimi (2014-2020) (EMSA, 2021).

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Toplam
Mürettebat	244	214	199	214	187	181	116	1355
Yolcu	219	156	128	155	144	155	37	994
Diğer	7	6	16	7	2	11	2	51
Toplam	470	376	343	376	333	347	155	2400

Bu tablo, 2014'ten 2020'ye kadar olan deniz kazalarıyla ilgili yaralanma verilerinin analizini sunmaktadır. Her yıl için mürettebat, yolcu ve diğer kategorilere göre yaralanmaların dağılımı gösterilmektedir. "Mürettebat" kategorisi, en yüksek yaralanma sayısını sergileyerek mürettebatların, yolculara kıyasla karşılaştığı yüksek riskleri vurgulamaktadır.

Yaralı kişilerin yıllık toplamı, 2015'ten bu yana ortalama 350 civarında sabitlenmiş olup, 2020'de önemli bir azalma görülmüştür. Bu azalma, güvenlik önlemlerinin ve müdahalelerin olumlu etkisini göstermektedir. Mürettebat, yolculardan daha fazla yaralanma yaşamıştır, bu da denizcilik mesleğiyle ilişkili tehlikelerin ve risklerin önemini vurgulamaktadır.

Tarih boyunca denizcilik sektörü, toplumsal ilerlemeyi ve teknolojik yenilikleri yansıtan önemli dönüm noktalarına tanıklık etmiş, ancak aynı zamanda felaket niteliğindeki olaylarla da karşı karşıya kalmıştır. Bu olaylar arasında yangınlar, gemi kazaları ve insan kayıplarına yol açan trajediler önemli bir yer tutmaktadır. Yangınlar, denizcilik tarihinde sadece gemilerin yapısal bütünlüğünü değil, aynı zamanda mürettebat ve yolcuların hayatlarını da ciddi şekilde tehdit etmiştir. Özellikle gemilerin dar ve kapalı yapıları, yangının kontrol altına alınmasını zorlaştırmış, bu da felaketlerin büyümesine yol açmıştır.

Denizcilik tarihi boyunca gemilerde meydana gelen yangınlar, deniz taşımacılığının doğasında var olan güvenlik açıklarını gözler önüne sermiştir. 1934 yılında SS Morro Castle gemisinde yaşanan büyük yangın, yangın önleme tedbirlerinin ve acil müdahale protokollerinin eksik olduğunu açıkça göstermiştir. Yangının büyümesine, yetersiz yangın söndürme sistemleri ve mürettebatın eğitimsizliği neden olmuştur. Sonuç

olarak, bu felaket 137 kişinin ölümüne yol açmış ve gemi güvenliği için önemli yasal değişikliklere zemin hazırlamıştır. Bu olaydan sonra, gemilerde yangına karşı alınacak önlemler, güvenlik standartlarının artırılması ve mürettebatın yangın güvenliği eğitiminin zorunlu hale getirilmesi gerektiği anlaşılmıştır.

Benzer şekilde, 1990 yılında meydana gelen Scandinavian Star feribotu yangını da denizcilik güvenliğindeki eksiklikleri gözler önüne sermiştir. Feribotta, tehlikeli maddelerin yanlış depolanması ve yetersiz yangın algılama sistemleri, yangının hızla yayılmasına neden olmuştur. Yangın, 159 kişinin ölümüne yol açmıştır. Bu olay, özellikle feribotlardaki yangın güvenliği protokollerinin yetersiz olduğunu ve tehlikeli maddelerin taşınmasına yönelik daha sıkı kurallar gerektiğini ortaya koymuştur.

Her iki olay da, liman operasyonlarında kapsamlı risk değerlendirmeleri ve yangın güvenliği tatbikatlarının yapılmasının gerekliliğini vurgulamıştır. Yangın güvenliği protokollerinin güçlendirilmesi, gemi tasarımında yangın engelleyici sistemlerin eklenmesi ve mürettebatın eğitilmesi gibi önlemler, denizcilik güvenliği için büyük önem taşımaktadır. (Pinto vd., 2005)

Tarihteki bu felaketler, denizcilik sektöründe yangın tehlikelerinin doğru bir şekilde ele alınmasının, hem insanların hayatlarını korumak hem de deniz ticaretini güvence altına almak için gerekli olduğunu gösteriyor. Bugün, gemilerde yangın söndürme sistemleri, yangın algılama teknolojileri ve mürettebat eğitimi konularında ilerlemeler kaydedilse de, geçmişte yaşanan felaketler bu önlemlerin sürekli olarak gözden geçirilmesi gerektiğini hatırlatmaktadır. Sonuç olarak, denizcilik sektöründe yangınların yol açtığı felaketler, güvenlik standartlarının gelişmesine ve deniz taşımacılığındaki güvenlik kültürünün evrimleşmesine sebep olmuştur. Bu olaylar, gelecekteki denizcilik güvenliği uygulamaları için önemli dersler sunmaktadır.

1934 yılında S.S. Morro Castle gemisinin trajik bir şekilde batması ve 1905 yılında U.S.S. Bennington gemisinde meydana gelen feci yangın gibi önemli deniz yangınları, deniz taşımacılığı ile ilgili kalıcı tehlikelerin altını çizmektedir. Lüks bir yolcu gemisi olan Morro Castle'ın New Jersey açıklarında alev alarak 130'dan fazla kişinin ölümüne yol açması, yangın güvenliği protokolleri ve acil müdahale sistemlerindeki aksaklıkları vurgulamaktadır. Benzer şekilde, bir donanma gemisi olan U.S.S. Bennington, kazan dairesi yangını nedeniyle feci bir patlama yaşamış, 66 kişinin hayatını kaybetmesine yol açmış ve yangın tehlikelerine ilişkin mürettebat

eğitimindeki kritik eksikliklerin altını çizmiştir. Bu vaka çalışmaları tekrar eden bir temayı ortaya koymaktadır: mevcut güvenlik önlemlerinin yetersizliği genellikle bu tür felaketlerin ardından ortaya çıkmış, denizcilik yetkililerini yangın önleme ve müdahale yaklaşımlarını yeniden gözden geçirmeye ve yeniden formüle etmeye zorlamıştır (Berry vd., 2019), (Claesson vd., 2008). Sonuç olarak, bu yangınların tarihsel olarak incelenmesi, deniz güvenliği düzenlemelerinin evrimine önemli ölçüde katkıda bulunmuştur.

Denizcilik tarihi boyunca yangınlar, gemiler için önemli tehditler oluşturmuş ve genellikle insan hatası, ekipman arızası ve gemideki sistemlerin karmaşıklığı gibi faktörlerle ilişkilendirilmiştir. Deniz kazalarına dair yapılan soruşturmalar, yangın olaylarına katkıda bulunan en önemli faktörlerden birinin mürettebat üyeleri arasındaki yetersiz eğitim olduğunu ortaya koymaktadır. Yangınla mücadele eğitimlerinin eksikliği, bu tür acil durumların şiddetini artırarak, can kaybı ve büyük maddi hasara yol açmaktadır (Tiemele vd., 1990).

Günümüzde, denizcilik sektörü otonom gemiler gibi ileri teknolojileri benimsemeye başlamıştır ve bu, yeni riskler ortaya çıkarmaktadır. Otonom gemiler, insan hatalarını azaltmayı amaçlasa da, bu teknolojilerin doğru bir şekilde yönetilmemesi durumunda ciddi sorunlar yaşanabilir. Örneğin, sistem arızaları, siber saldırılar ve insanlı gemilerle etkileşimler, yangınlara müdahale etme yeteneğini zayıflatabilir. Bu da, yangınların kontrol altına alınmasını zorlaştırarak, büyük felaketlere yol açabilecek tehlikeli senaryoları tetikleyebilir (Jancic vd., 2023).

Bu bağlamda, deniz yangınlarının nedenlerini ve sonuçlarını derinlemesine anlamak, sektördeki güvenlik protokollerini geliştirmek için oldukça önemlidir. Yangın güvenliği önlemlerinin güçlendirilmesi, eğitimlerin artırılması ve yeni teknolojilerin getirdiği risklere yönelik uygun stratejiler geliştirilmesi, denizcilik güvenliğini sağlamak adına kritik adımlar olacaktır.

Deniz taşımacılığında yangınların tarihsel görünümünü incelerken, ilgili tehlikelerin çok yönlü doğasını kabul etmek önemlidir. Öncelikle tehlikeli maddeler içeren faaliyetlerden kaynaklanan büyük kazaların kayda değer yaygınlığı, liman alanlarında etkili risk yönetimi stratejilerine duyulan acil ihtiyacın altını çizmektedir (Casal F brega vd., 2017). Bu kazaların denizcilik operasyonları ve kültürel miras üzerindeki hem kümülatif hem de istisnai etkileri, kapsamlı önleyici tedbirler gerektiren rahatsız

edici bir model ortaya koymaktadır. Ayrıca, 1990-2015 yılları arasındaki yangın ve patlama kazalarının analizi, çeşitli faktörler arasındaki karmaşık etkileşimlerin yıkıcı sonuçlara yol açtığı endişe verici bir eğilimi vurgulamaktadır (Abbassi vd., 2018). Nihayetinde, tarihsel olayların anlaşılması daha iyi uygulamalar ve politikalar için bilgi sağlayacak ve daha güvenli bir denizcilik geleceğinin önünü açacaktır.





3. KURU YÜK GEMİLERİNDE MEYDANA GELEN TOZ PATLAMALARININ İNCELENMESİ

Deniz taşımacılığında, gemilerde meydana gelen yangın ve patlamalar insan hatalarından, gelişen teknolojiden, çarpışmadan, malzeme ve sistem kaynaklı arızalar gibi bir çok faktörden kaynaklanabilmektedir. Bunlara ilave olarak kuru yük gemilerinde taşınan yükün cinsine bağlı olmakla birlikte toz patlaması ve bundan kaynaklı yangın riski bu tez çalışmasında öne çıkacak bir çalışma olarak benimsenmiştir.

Endüstriyel süreçlerin büyük bir kısmı, yanıcı özellik taşıyan tozları içermektedir ve bu tür tozların %70'inden fazlası yanıcı niteliktedir. Bu bağlamda, toz içeren işlemleri barındıran kuru yük gemilerinin önemli bir kısmı, toz patlaması riskiyle karşı karşıya kalmaktadır (Tasneem,2006). Toz patlamaları açısından en fazla risk barındıran sektörler arasında gıda, ahşap, kimya ve metal sanayileri öne çıkmaktadır. ABD'de yapılan bir çalışmanın sonuçlarına göre, bu tür patlamaların önemli bir bölümü söz konusu sektörlerde gerçekleşmektedir. Araştırma verileri, patlamaların %24'ünün gıda, %15'inin ahşap, %8'inin kimya ve %8'inin de metal endüstrisinde meydana geldiğini göstermektedir. (U.S Chemical Safety Board, 2006).

3.1. Toz Patlaması Nedir?

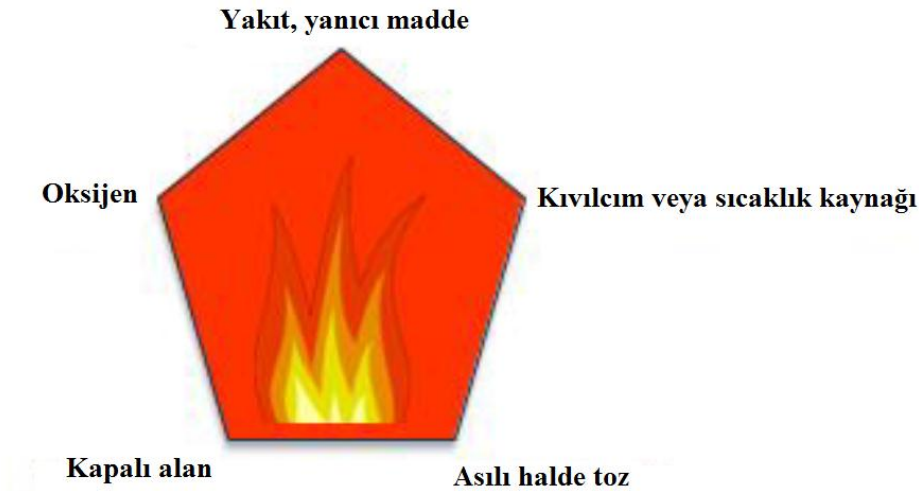
Tüm yangın türlerinde olduğu gibi, toz yangınları da; yanıcı madde niteliğindeki tozun, yeterli miktarda oksijenle ve bir tutuşturucu kaynakla etkileşime girmesi sonucu meydana gelmektedir. Bu bağlamda, Şekil 3.1'de gösterilen yangın üçgeninde yer alan üç temel bileşenden herhangi birinin eksikliği durumunda, yangının oluşması mümkün değildir (Tasneem,2006).



Şekil 3.1. Yangın üçgeni.

Toz patlamalarının meydana gelmesi, yangın üçgeninde yer alan üç temel unsurun (yanıcı madde, oksijen ve tutuşturucu kaynak) yanı sıra iki ek bileşenin daha varlığını gerektirir. Bu ilave bileşenler, yanıcı toz partiküllerinin havada askıda kalması ve bu toz bulutunun belirli bir hacim içerisinde sınırlandırılmasıdır. Söz konusu iki unsurun yangın üçgenine eklenmesiyle, Şekil 3.2’de gösterilen ‘toz patlaması beşgeni’ oluşmaktadır.

Tozun havada askıda kalması, yanma sürecini hızlandırarak tepkimenin şiddetini artırırken; sınırlandırılmış bir ortam, yanma sonucu meydana gelen gazların yüksek basınç oluşturarak patlamaya dönüşmesine zemin hazırlar. Ayrıca, patlamanın gerçekleşebilmesi için havada askıda bulunan toz konsantrasyonunun belirli bir patlama aralığı içerisinde olması gerekmektedir (Tasneem,2006).



Şekil 3.2. Toz patlaması beşgeni.

Tozun havada askıda kalmasının veya belirli bir hacim içinde sınırlandırılmasının engellenmesi durumunda, patlama meydana gelmemekte; ancak yanma süreci devam etmektedir (U.S. Chemical Safety Board, 2006). Özellikle toz bulutunun havada askıda kaldığı ancak sabit bir hacim içerisinde hapsedilmediği durumlarda, yalnızca ani bir parlama gözlenir. Bununla birlikte, kısmen sınırlandırılmış bir hacimde meydana gelen toz bulutunun tutuşması hâlinde dahi, ciddi düzeyde bir patlama riski bulunmaktadır.

Toz bulutu sabit bir hacim içerisinde sınırlandırıldığında, yanma sırasında ortaya çıkan ısı, hızlı bir basınç artışına yol açmakta; alevin toz bulutu içinde ilerlemesiyle bu ısı daha da artarak patlamaya neden olmaktadır. Bu noktada gaz patlamaları ile toz patlamaları arasında önemli bir fark ortaya çıkmaktadır: Gaz patlamaları, genellikle kapalı sistemlerde havanın yeterli olmayışı nedeniyle nadiren meydana gelirken; toz proses ekipmanlarında tozların havada asılı kalabilmesi nedeniyle patlama riski çok daha yüksektir (Tasneem, 2006).

Toz patlamaları, yüksek enerji açığa çıkardığından, yapıların yıkılmasına ve çevredeki insanların ciddi şekilde yaralanmasına veya hayatını kaybetmesine yol açabilecek şiddette basınç dalgaları oluşturabilmektedir. Bu tür patlamalara maruz kalan kişiler genellikle ya yanan toz bulutu nedeniyle yanmakta ya da patlamanın etkisiyle fırlayan ekipman parçaları veya çöken yapılar nedeniyle zarar görmektedirler (U.S. Chemical Safety Board, 2006).

Yanıcı bir katı maddenin küçük parçacıklara bölünmesiyle, madde ile hava arasındaki yüzey alanı artmakta; bu da hem tutuşmayı kolaylaştırmakta hem de yanma hızını önemli ölçüde artırmaktadır. Parçacık boyutunun 0,1 mm'nin altına indirilmesiyle, her bir partikül havada askıda kalabilecek bir konuma ulaşmakta ve bu durum, gerekli tutuşma enerjisini düşürürken, yanma hızını da maksimum seviyelere taşımaktadır (Eckhoff, 2003). Ancak parçacık boyutu, topaklaşma eğiliminin arttığı kritik sınıra kadar küçüldüğünde, toz bulutu içindeki reaksiyon hızı artarak, yangının patlamaya dönüşme olasılığı da yükselmektedir. Öte yandan, bu sınırın altındaki boyutlara inildiğinde, partiküllerin bir araya gelip topaklaşması nedeniyle homojen dağılım bozulmakta ve patlama olasılığı azalmaktadır.

Toz patlamalarının ekipman içinde ya da çalışılan ortamda gerçekleşmesi durumunda, ilgili alandaki basınç kısa sürede yükselmekte; bu da proses ekipmanlarında veya

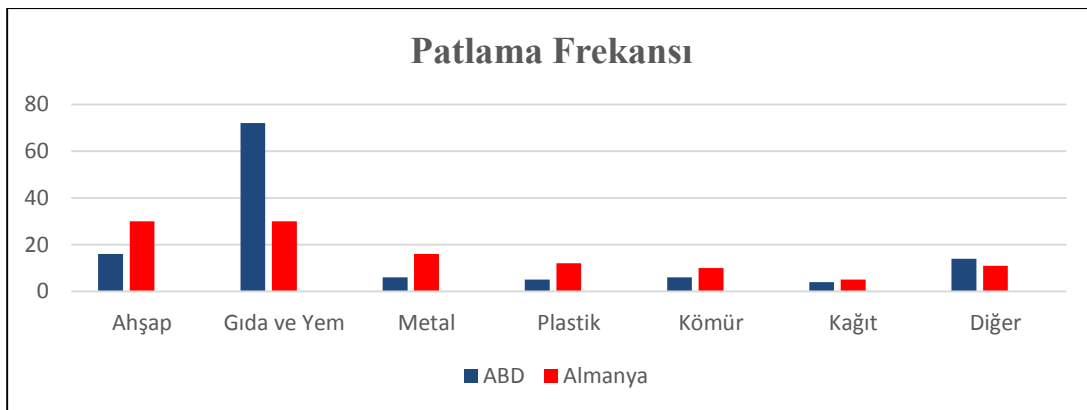
yapılarda hasara neden olmakta, bölgede bulunan personelin yaralanmasına veya yaşamını yitirmesine yol açabilmektedir (Eckhoff, 2003).

3.2. Toz Patlamasına Dair İstatistikler

Toplum genelinde patlama olgusu, çoğunlukla yanıcı gaz ve sıvıların bulunduğu basınçlı kaplarda ya da patlayıcı maddelerin işlendiği ortamlarda gerçekleşen olaylarla özdeşleştirilmekte; yanıcı tozlar ise nadiren potansiyel bir patlama kaynağı olarak algılanmaktadır. Oysa geçmişte yaşanan ciddi endüstriyel kazalar, özellikle gelişmiş ülkelerde toz patlamalarının büyük endüstriyel kazalar sınıfında değerlendirilmesine neden olmuştur.

Günümüzde sanayileşmiş ülkelerde, her gün en az bir toz patlamasının meydana geldiği kabul edilmektedir. Tarihsel veriler incelendiğinde, kayıtlara geçmiş ilk büyük toz patlaması 12 Ocak 1807 tarihinde, 85.000 kg barut taşıyan bir geminin patlaması sonucu Hollanda'da meydana gelmiş; olayda 151 kişi yaşamını yitirmiş, yaklaşık 2.000 kişi ise yaralanmıştır. Toz patlamalarına ilişkin sistematik veri toplama çalışmaları ise büyük ölçüde 20. yüzyıl itibarıyla başlamıştır.

Eckhoff (2003) ile Jesse ve Beck (1989) tarafından gerçekleştirilen araştırmalar, dünya genelinde yaşanan toz patlamalarının yalnızca yaklaşık %15'inin resmi kayıtlara geçtiğini ortaya koymaktadır. Başka bir ifadeyle, kayıt altına alınan olayların çok daha ötesinde bir sıklıkla toz patlamalarının meydana geldiği; dolayısıyla gerçek sayının bildirilenin en az altı katı olabileceği değerlendirilmektedir (Tasneem, 2006)



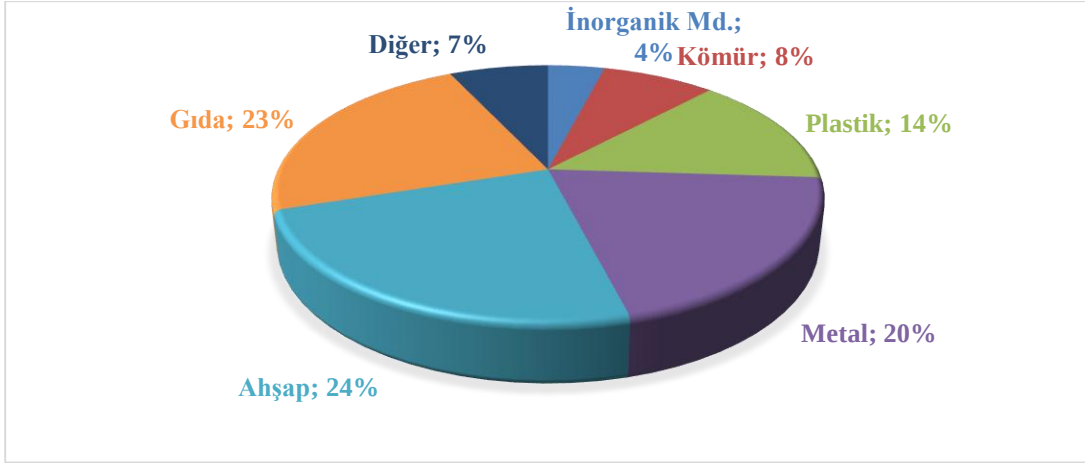
Şekil 3.3. ABD ve Almanya'da meydana gelen toz patlamalarının dağılımı (Tasneem,2006).

BIA tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada, 1900–1956 yılları arasında ABD ve Almanya’da meydana gelen 1.120 patlama vakası incelenmiştir (Şekil 3.3). Analiz sonuçlarına göre, bu patlamaların %48’i (536 vaka), tahıl, yem ve un işleme tesislerinde meydana gelmiştir. Söz konusu 536 olayda toplam 392 kişi yaşamını yitirmiş, 1.015 kişi yaralanmış ve 75 milyon Amerikan dolarını aşan maddi kayıp oluşmuştur (Tasneem, 2006).

Elde edilen veriler, özellikle gıda ve tarımsal ürün işleme endüstrilerinin toz patlamalarına karşı yüksek risk taşıdığını açıkça göstermektedir. Türkiye’de ise Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) tarafından yayımlanan ve 2007 ile 2012 yılları arasında kapsayan iş kazası istatistiklerinde, “yanıcı maddelerin ateş alması ve patlaması” şeklinde tanımlanan bir kategori altında, patlamalar sonucu meydana gelen iş kazalarına maruz kalan çalışan sayıları açık bir biçimde raporlanmıştır. Bu dönemde, patlama türlerinin nedenleri daha net bir şekilde sınıflandırılmış ve istatistiksel olarak izlenebilir hale getirilmiştir.

Ancak, 2013 yılında yürürlüğe giren yeni düzenleme ile birlikte, iş kazalarının sınıflandırılmasında değişikliğe gidilmiş; önceki ayrıntılı başlık yerine, “Elektrik sorunları, patlama, yangın” gibi daha genel bir kategori kullanılmaya başlanmıştır. Bu yeni sınıflandırma kapsamında, patlamalar artık tekil bir başlık altında toplanmakta ve spesifik olarak hangi tür patlamaların – örneğin toz, gaz veya kimyasal kaynaklı – kazalara yol açtığına dair ayrıntılı bilgi sunulmamaktadır.

Bu kapsam değişikliği nedeniyle, 2013 yılı ve sonrasında meydana gelen iş kazaları arasında yer alan toz patlamalarına ilişkin özel verilere ulaşmak mümkün olmamaktadır. Aynı şekilde, bu tür kazalardan doğrudan etkilenen çalışan sayılarının tespit edilmesi de istatistiksel açıdan güçleşmiştir. Dolayısıyla, toz patlamalarına özgü analizlerin yapılabilmesi için ya ek veri kaynaklarına ihtiyaç duyulmakta ya da bu konuda daha ayrıntılı sınıflandırmaların yeniden hayata geçirilmesi gerekmektedir.



Şekil 3.4. ABD’de meydana gelen toz patlamalarının materyallere göre dağılımı (U.S Chemical Safety Board, 2006).

Yapılan bir araştırmada, ABD’de meydana gelen toz patlamalarının yanıcı toz türlerine göre dağılımı incelendiğinde, en fazla patlamaya yol açan tozların sırasıyla ahşap, gıda, metal ve plastik tozları olduğu gözlemlenmiştir.

Deniz taşımacılığı kapsamında kuru yük gemilerinde en çok taşınan yükler arasında bulunan ahşap, gıda, metal, plastik ve kömürün risklerin genelini oluşturduğu gözlemlenmektedir. Bu durum, kuru yük gemilerinde ilave emniyet ve risk azaltıcı tedbirlerinin alınması açısından önem arz etmektedir.

Örnek toz patlamaları incelendiğinde; Türkiye’de Dikili Limanı’nda 28 Mayıs 1978 tarihinde meydana gelen kükürt patlaması, denizcilik tarihindeki önemli yangın kazalarından biridir. Panama bandralı ve Yunanistan menşeli Hector isimli gemi, İspanya’dan aldığı yaklaşık 3000 ton kükürtlü yükü Dikili Limanı’nda kamyonlara yüklerken, öğle saatlerinde geminin ambarından dumanlar yükselmeye başlamıştır. Yangın kısa sürede çuvallara sıçrayarak büyümüş ve gemi personeli ilk müdahaleyi, geminin içinde bulunan hortumlarla su sıkarak yapmayı düşünmüştür. Ancak, açığa çıkan oksijenin etkisiyle kükürt patlaması gerçekleşmiştir. (Layık, 2016)

Patlamanın şiddeti nedeniyle iki kişi denize düşmüş, bir kepçe operatörü yaralanmış ve Hector gemisinin Yunan kaptanı da yaralılar arasındadır. Yaralılar, Bergama Devlet Hastanesi’ne sevk edilmiştir. O sırada limanda bulunan Sovyet yük gemisi, yangının söndürülmesine yardımcı olmuş ve Aliğa’dan gelen Söndürme-1 ve Söndürme-2 adlı gemiler, gün boyunca köpük sıkarak yangını kontrol altına almayı başarmıştır. Bu olay, kükürt gibi tehlikeli maddelerin taşınmasındaki riskleri ve limanlarda yangın güvenliği protokollerinin önemini bir kez daha vurgulamaktadır. Yangın sonrasında,

daha etkili yangın söndürme sistemlerinin ve personel eğitimlerinin gerekliliği bir kez daha ortaya çıkmıştır.

Kocaeli'nin Derince ilçesinde, 7 Ağustos 2023 tarihinde Toprak Mahsulleri Ofisi (TMO) silolarında meydana gelen patlama, ciddi bir felakete yol açmış ve 2 kişinin ölümüne, 10 kişinin ise yaralanmasına sebep olmuştur. Olayda, TMO'nun 60 silosundan 13'ü zarar görmüştür. Bilirkişi raporuna göre, patlama sırasında silonun 6. katında kaynak işlemi yapılmakta olup, kaynak işlemi sırasında çıkan kıvılcımlar 5. kata düşerek yanmaya neden olmuştur. Bu yangının, tozlu ortamda hızla alevlenmesi sonucu primer patlama gerçekleşmiştir.

Patlamanın ardından, alevin elevatörler içindeki yoğun tozu tutuşturduğu ve elevatörlerin baca işlevi görerek alevin tüm bölgelere yayılmasına sebep olduğu belirtilmiştir. Patlama sonrası oluşan titreşimlerin, bölgedeki tozu havalandırarak patlamayı şiddetlendirdiği kaydedilmiştir. Havalanan tozun patlaması, yatay taşıyıcılar (konveyörler) aracılığıyla beton kuleye taşınmış ve burada patlama ile oluşan yanma ve basınç, beton kuleden beton silo (kuyu) altına doğru sirayet etmiştir. Bu aşamada, silo altındaki konveyörler ve beton silo altındaki tozların da patlayarak çok büyük bir basınç oluşturduğu aktarılmaktadır.

Bilirkişi raporunda, patlamanın ardından oluşan büyük basıncın, silo alt duvarlarının yıkılmasına neden olduğu ve bu tahribatın beton kule ara katlarındaki odalar içinde de mevcut olduğunun anlaşıldığı vurgulanmıştır. Bununla birlikte, raporda, hububatın bulunduğu beton silolar içerisinde patlama olduğuna yönelik bir işaret bulunmadığına dikkat çekilmiştir. Bu durum, patlamanın daha çok tozun birikmesi ve doğru önlemlerin alınmaması sonucu meydana geldiğini göstermektedir.

Raporda ayrıca, TMO Derince Liman silosunda bazı kritik güvenlik gerekliliklerinin yerine getirilmediği, eksikliklerin giderilmediği ve 2023 yılına ait yıllık olağan bakımın yapılmadığı belirtilmiştir. Bunun yanında, gerekli güvenlik önlemlerinin alınmadığı, çalışma sırasında ortamda toz oluşumunun engellenmediği ve zeminde toz birikiminin olduğu ifade edilmiştir. Düzenli toz temizliğinin yapılmaması, patlamanın meydana gelmesinde önemli bir faktör olmuştur. Bilirkişi raporuna göre, tüm bu eksikliklerin ve ihmallerin sonucunda, hububat tozlarından kaynaklı bir “toz patlaması” yaşanmıştır.

Bu durum, özellikle tozlu ortamlarda çalışan tesislerde, düzenli bakım ve temizlik ile gerekli güvenlik önlemlerinin alınmasının hayati önem taşıdığını bir kez daha gözler önüne sermektedir. Ayrıca, toz patlamaları gibi tehlikelerin önlenmesi için toz birikiminin engellenmesi ve uygun güvenlik tedbirlerinin uygulanması gerektiği vurgulanmıştır.

3.3. Patlama Karakteristikleri

Patlayıcı ortamların doğru bir şekilde analiz edilebilmesi ve bu ortamlarda alınacak önlemlerin etkili biçimde planlanabilmesi için, özellikle yanıcı tozların patlama karakteristiklerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu karakteristik veriler, patlama riskinin büyüklüğünü ve doğasını anlamada temel rol oynar ve yapılacak risk değerlendirmesinin bilimsel temellere oturtulmasını sağlar. Ayrıca, alınacak teknik ve organizasyonel önlemlerin seçiminde doğrudan belirleyici olur.

Tozun patlama şiddet indeksi K_{St} (bar.m/s): Toz bulutunun patlaması esnasında oluşan basıncın maksimum artış hızı olarak tanımlanır. Patlama parametreleri ile ilgili standartlar, Tablo 3.1’de yer almaktadır (TSE, 2011)

Tablo 3.1. Patlama parametreleri ile ilgili standartlar (Nifuku M., 2001).

Toz patlama sınıfı	K_{St} (bar·m/s)	Karakteristik	Örnek madde
St 0	0	Patlama oluşmaz	Silika
St 1	$0 < K_{St} \leq 200$	Zayıf patlama	Süt tozu, şeker
St 2	$200 < K_{St} \leq 300$	Kuvvetli patlama	Selüloz, odun tozu
St 3	$K_{St} > 300$	Çok kuvvetli patlama	Alüminyum, magnezyum

3.4. Patlama Etkilerinin Azaltılması

Patlayıcı ortamın oluşmasının engellenemediği ve/veya tutuşma kaynaklarının tamamen ortadan kaldırılamadığı durumlar söz konusu olabileceği gibi, patlayıcı ortamın oluşmasını ve tutuşturucu unsurların etkisiz hale getirilmesini amaçlayan önlemlerin yetersiz kaldığı durumlarla da karşılaşılabilir. Bu tür durumlarda, meydana gelebilecek patlamanın etkilerini en aza indirmek ve çalışanların sağlık ve güvenliğini korumak amacıyla ilave tedbirlerin alınması gerekmektedir. Uygulanan

kontrol önlemleri sayesinde, patlama sonucunda ortaya çıkabilecek can ve mal kayıplarında önemli ölçüde azalma sağlanabilmektedir (Tasneem, 2006). Patlama etkilerini azaltmaya yönelik önlemler temel olarak dört ana başlık altında sınıflandırılmaktadır:

- Patlama basıncına dayanıklı tasarım,
- Alev ve patlamanın yayılmasının önlenmesi,
- Patlamanın bastırılması,
- Patlama tahliye sistemleri.

3.5. Patlama Basıncına Dayanıklı Tasarım

Gemide kullanılan ekipmanların içinde meydana gelebilecek patlamaların yol açabileceği zararlar, uygun mühendislik kontrolleri ile sınırlandırılabilir. Patlamaya dayanıklı olarak tasarlanmış ekipmanlar sayesinde, patlama basıncının ekipman bütünlüğünü bozarak çalışma ortamında ciddi hasarlara neden olmasının önüne geçilebilmektedir. Bu doğrultuda, patlamaya dayanıklı ekipman seçimi yapılırken, patlama anında ortaya çıkabilecek maksimum patlama basıncı ile uygulanacak kontrol önlemleri sonucunda düşürülecek olan basınç seviyeleri göz önünde bulundurulmalıdır.

3.6. Alev ve Patlamanın Yayılmasının Engellenmesi

Gemi içerisinde meydana gelen bir patlama, basınç dalgalarının yapısal unsurlar aracılığıyla iletilmesi sonucu, diğer bölümlerde de ikincil patlamaların oluşmasına neden olabilmektedir. Özellikle gemide bulunan bağlantı ve geçiş bölümlerinin patlama basıncına ya da patlama esnasında ortaya çıkan şok dalgalarına dayanıklı olarak tasarlanmamış olması durumunda, bu bölümler aracılığıyla iletilen basınç, başlangıçta öngörülen maksimum patlama basıncının üzerine çıkarak diğer ekipmanların daha yüksek basınçlara maruz kalmasına yol açabilir. Bu nedenle, patlamanın gemi içinde yayılmasının önlenmesi ve oluşan basıncın belirli sınırlar içerisinde tutulması, gemi güvenliği açısından kritik öneme sahiptir.

Patlamanın yayılmasının önlenmesi kapsamında yöntemler Tablo 3.2’de belirtilmiştir.

Tablo 3.2. Patlama yayılmasının önlenme yöntemleri.

Yöntem	Tanım	Kullanım Alanı	Avantajlar	Sınırlılıklar
Mekanik İzolasyon (Hızlı Valf)	İki ekipman arasında yüksek hızlı valf ile fiziksel ayırma sağlar. Patlama anında	Toz/gaz taşıyan boru hatları, silo bağlantıları	Patlama zincirini anında keser, otomatik çalışır	Maliyetlidir, düzenli bakım ve test gerektirir
Alev Sönümü / Kimyasal Bastırma	kimyasal püskürtülerek alev bastırılır.	Kapalı sistemler, filtre sistemleri	Hızlı tepki, geniş etki alanı	Tekrar dolum ve kimyasal temin zorunluluğu
Anafor (Karşı Akış) Yöntemi	Alevin akış yönüne ters türbülansla ilerleyişi engellenir.	Boru hatları, yön değiştirici bölümler	Pasif sistemdir, enerji gerekmez	Uygulama sınırlıdır, tüm sistemlerde uygulanamaz
Patlama Saptırıcı (Deflektör)	Patlama dalgası yönünü değiştirerek zarar azaltılır.	Dışa açık sistem çıkışları, emniyet panelleri	Zarar görecektir alanı yönlendirmeye korur	Sınırlı etki alanı, sistem dışı yönlendirme ihtiyacı
Su Perdesi	Alevi soğutarak durduran yüksek basınçlı su sistemi.	Açık alanlar, proses geçiş noktaları	Enerjiyi emerek yayılımı sınırlar, etkili soğutma sağlar	Donma riski, su temini ve drenaj altyapısı gerekir
Döner Valf / Helezon Konveyör	Malzeme akışını kesen mekanik bariyerler.	Silolar, taşıma sistemleri	Sürekli çalışmaya uygundur, aynı zamanda taşıma işlevi görür	Mekanik arıza riski, uygun hız ve basınca göre seçilmelidir
Alev Tutucu (Flame Arrester)	Alevin geçişini metal yapılarla durduran pasif güvenlik cihazı.	Gaz boruları, tank havalandırmaları	Düşük bakım ihtiyacı, yüksek güvenlik, pasif sistem	Tıkanma riski, yüksek debili sistemlerde basınç düşümü oluşturabilir

Patlama yayılmasının kontrol altına alınmasında kullanılacak sistemlerin seçimi, patlayıcı ortamın fiziksel ve kimyasal özelliklerine, prosesin doğasına ve ekipmanların yerleşimine göre planlanmalıdır. Yalnızca tek bir önleme yöntemi yeterli olmayabilir; bu nedenle çok katmanlı güvenlik yaklaşımı (katmanlı savunma) benimsenerek hem aktif hem de pasif sistemlerin bir arada kullanılması önerilmektedir.

3.7. Patlamanın Bastırılması

Patlamayı bastırmaya yönelik sistemler, patlama meydana gelir gelmez devreye girerek, patlamanın olduğu ortama uygun inert (etkin olmayan) bir madde püskürtürerek patlamanın ilerlemesini durdurmayı amaçlamaktadır. Bu sistemlerin etkili olabilmesi için aşağıda belirtilen dört temel özelliği taşıması gerekmektedir:

- Patlamanın meydana gelmesinin hemen ardından, son derece kısa bir süre içinde hızlı biçimde devreye girmelidir.
- Patlamanın ilk anlarında, ortama yeterli miktarda inert bastırıcı madde püskürtürerek alevin büyümesini ve yayılmasını engellemelidir.
- Gemi içerisindeki ilgili bölgede yer alan tüm sistemleri otomatik olarak devre dışı bırakmalıdır.

- Patlama tamamen yatışana kadar, gemideki bu sistemlerin yeniden çalışmasına izin vermemelidir.

3.8. Patlama Tahliye Sistemleri

Toz patlamalarının önlenmesine yönelik tüm mühendislik ve idari kontrol önlemlerine rağmen, bazı durumlarda bu önlemler yetersiz kalabilir ve patlamanın gerçekleşmesi kaçınılmaz olabilir. Bu gibi durumlarda, patlamanın yıkıcı etkilerini minimum seviyeye indirmek amacıyla patlamanın kontrollü bir şekilde tahliye edilmesi büyük önem taşımaktadır. Özellikle gemi gibi kapalı ve sınırlı hacimli ortamlarda, patlama basıncının sistem dışına yönlendirilmesi, hem ekipmanın yapısal bütünlüğünü korumak hem de mürettebatın güvenliğini sağlamak açısından kritik bir güvenlik tedbiridir.

Patlama tahliyesi olarak adlandırılan bu yöntem, patlama sonucu oluşan ani yüksek basıncın, önceden belirlenen bir zayıf noktadan güvenli bir alana yönlendirilmesi esasına dayanır. Bu sistemin etkinliği için öncelikle, patlama sonucu tahliye edilecek basıncın yönlendirileceği güvenli bir alan belirlenmelidir. Bu alan, personelin bulunmadığı, ikincil hasar oluşturmayacak ve patlama sonucu ortaya çıkacak alev, gaz ve basınç dalgasını absorbe edebilecek şekilde tasarlanmalıdır.

Patlama tahliye sistemlerinde genellikle, ilgili ekipmanın üzerine yerleştirilen ince metal paneller veya menfez plakaları kullanılır. Bu plakalar, sistemin normal çalışma koşullarında dayanıklı olacak şekilde tasarlanırken, patlama anında iç basıncın belirli bir eşiği aşması durumunda kontrollü şekilde yırtılarak açılır. Böylece, oluşan yüksek basınç ve sıcak gazlar, sistemin başka bir yerinde hasar oluşturmadan, doğrudan dışarıya yönlendirilmiş olur.

Bu sistemin işlevselliği, büyük ölçüde menfez plakalarının tasarımı ve yerleşimine bağlıdır. Plakaların yüzey alanı, kullanılan ekipmanın hacmine, içerisindeki tozun patlayıcılık karakteristiklerine ve tahliye edilecek enerji miktarına göre titizlikle hesaplanmalıdır. Yetersiz tahliye yüzeyi, patlamanın sistem içinde bastırılmasına neden olabilirken; aşırı büyük yüzeyler de sistem güvenliğini zayıflatabilir. Bu nedenle standartlara uygun mühendislik hesaplamaları ile belirlenmiş yüzey alanlarına sahip menfezlerin kullanımı zorunludur.

Ayrıca, bazı durumlarda menfez plakaları ile birlikte alev tutucu filterler veya alev kapları kullanılarak, sadece basınç değil, aynı zamanda alevin de dış ortama yayılması engellenir. Bu tür ileri düzey sistemler, patlama tahliyesinin güvenliğini daha da artırır.

Sonuç olarak, toz patlaması meydana geldiğinde tahliye sistemleri, olayın yıkıcı etkilerini sınırlandırmada hayati rol oynar. Bu sistemlerin doğru şekilde tasarlanması, yerleştirilmesi ve düzenli olarak kontrol edilmesi, patlama yönetiminin en önemli bileşenlerinden biri olarak değerlendirilmelidir.



4. DENİZ TAŞIMACILIĞINDA YANGIN GÜVENLİĞİ YÖNETMELİKLERİ VE STANDARTLARI

Deniz taşımacılığında yangın güvenliği, insan hayatını korumak, çevreyi muhafaza etmek ve mal kayıplarını önlemek için kritik öneme sahiptir. Bu nedenle, uluslararası ve ulusal düzeyde çeşitli yönetmelikler ve standartlar geliştirilmiştir.

4.1. Uluslararası Yönetmelikler ve Standartlar

- SOLAS (Denizde Can Güvenliği Uluslararası Sözleşmesi): IMO (Uluslararası Denizcilik Örgütü) tarafından kabul edilen SOLAS, deniz taşımacılığında güvenlikle ilgili en önemli sözleşmedir. Yangın güvenliği, SOLAS'ın Bölüm II-2'sinde detaylı bir şekilde ele alınmaktadır. Bu bölüm, gemilerde yangın algılama ve söndürme sistemleri, yangın önleme yapıları, kaçış yolları ve mürettebat eğitimi gibi konularda zorunlu standartlar belirlemektedir.
- IMDG Kod (Tehlikeli Malların Denizyoluyla Taşınması Uluslararası Kodu): Tehlikeli malların denizyoluyla güvenli bir şekilde taşınmasını sağlamak için IMDG Kod, yangın ve patlama riskleri de dahil olmak üzere çeşitli tehlikelere karşı önlemler içermektedir. Kod, tehlikeli malların sınıflandırılması, ambalajlanması, etiketlenmesi, istiflenmesi ve taşınması için detaylı kurallar ve prosedürler sunmaktadır.
- NFPA Standartları (Ulusal Yangından Korunma Birliği Standartları): ABD merkezli bir kuruluş olan NFPA, yangın güvenliği alanında geniş çapta kabul gören standartlar geliştirmektedir. NFPA standartları, deniz taşımacılığında kullanılan yangın algılama ve söndürme sistemleri, yangın önleme ekipmanları ve yangınla mücadele prosedürleri için teknik özellikler ve performans kriterleri belirlemektedir.
- Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik: Türkiye'de binaların yangın güvenliği ile ilgili temel düzenlemeleri içeren bu yönetmelik, gemilerde de uygulanabilir niteliktedir. Yönetmelik, yangın algılama ve söndürme sistemleri, yangın dayanımı, kaçış yolları ve yangınla mücadele ekipmanları gibi konularda minimum standartlar belirlemektedir.

- Türk Loydu Kuralları: Türk Loydu, gemilerin sınıflandırılması ve belgelendirilmesi konusunda yetkili bir kuruluştur. Türk Loydu Kuralları, gemilerin yangın güvenliği ile ilgili teknik gereklilikleri ve standartları içermektedir. Bu kurallar, SOLAS ve diğer uluslararası standartlarla uyumlu olmakla birlikte, Türk denizcilik sektörünün ihtiyaçlarına göre de uyarlanmıştır.
- Yangın güvenliği önlemleri: Deniz taşımacılığında yangın güvenliğini sağlamak için alınması gereken temel önlemler şunlardır:
- Yangın önleme: Yanıcı maddelerin güvenli bir şekilde depolanması ve taşınması, sıcak çalışma prosedürlerinin kontrol altında tutulması, elektrik tesisatının düzenli olarak kontrol edilmesi ve yangın tehlikesi oluşturabilecek diğer faktörlerin ortadan kaldırılması.
- Yangın algılama ve söndürme: Gemilerde erken uyarı sağlayan yangın algılama sistemlerinin kurulması ve yangınları hızlı ve etkili bir şekilde söndürmek için uygun yangın söndürme sistemlerinin ve ekipmanlarının bulundurulması.
- Yangınla mücadele ve tahliye: Mürettebatın yangınla mücadele ve tahliye prosedürleri konusunda eğitilmesi, yangın tatbikatlarının düzenli olarak yapılması ve acil durum ekipmanlarının kullanıma hazır halde bulundurulması.

5. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Bu çalışmada, kuru yük gemilerinde oluşabilecek yangınlar üzerine bir risk değerlendirmesi ortaya konmuştur. Geçmiş verilerden, güncel mevzuatlardan ve kanunlarından faydalanılmıştır.

5.1. Fine Kinney Metodu

1971 yılında Fine tarafından Kaliforniya Silah Merkezi için geliştirilmiş ve 1976 yılında Kinney ve Wiruth tarafından revize edilen risk değerlendirme yöntemi Fine-Kinney yöntemi adını almıştır (Birgören, 2017). Bu çalışmada, risk analiz yöntemi olarak Fine-Kinney risk analiz metodu kullanılmıştır. Bu yöntemde, risk değeri, tehlikenin ortaya çıkma ihtimali, frekansı ve olası etkilerin veya zararların çarpımı ile hesaplanmaktadır. İhtimal skalası, tehlikenin gerçekleşme olasılığını ifade etmekte olup, pratikte bu olasılık, "imkânsız", "zayıf ihtimal", "oldukça düşük ihtimal", "nadir fakat mümkün", "kuvvetle muhtemel" ve "çok kuvvetli ihtimal" şeklinde sıralanmaktadır. Söz konusu olasılıklar sırasıyla 0.2, 0.5, 1, 3, 6 ve 10 çarpan değerleri ile temsil edilmektedir (Altundağ, H. & Koçak, M., 2021).

Tablo 5.1. Olasılık skoru derecendirilmesi.

İhtimal Skalası	
Değer	Tehlikenin Ortaya Çıkması
0.2	Pratik Olarak İmkansız
0.5	Zayıf İhtimal
1	Oldukça Düşük İhtimal
3	Nadir Fakat Olabilir
6	Kuvvetle Muhtemel
10	Çok Kuvvetli İhtimal

Frekans, bir işin icrası esnasında tehlikeye maruz kalma sıklığını ifade etmektedir. Karşılaşma sıklığı, tehlike ile karşılaşma olasılığını belirler ve bu sıklık şu şekilde kategorize edilmektedir: *çok nadir, oldukça nadir, nadir, ara sıra, sıklıkla ve sürekli olarak*. Karşılaşma zaman aralığı ise, tehlike ile karşılaşma sıklığının zaman

dilimlerine göre düzenlenmiş bir ifadesidir ve şu şekilde sıralanmaktadır: *yılda bir ya da daha az, yılda bir ya da birkaç kez, ayda bir ya da birkaç kez, haftada bir ya da birkaç kez, günde bir ya da birkaç kez, sürekli ya da saatte birden fazla*. Bu sıklıklar sırasıyla 0.5, 1, 2, 3, 6 ve 10 çarpan değeri ile tanımlanmaktadır (Kuş,2019).

Tablo 5.2. Frekans skoru derecelendirmesi.

Frekans (Maruziyet) Skalası	
Değer	Karşılaşma Sıklığı
0.5	Çok Nadir (yılda bir ya da daha az)
1	Oldukça Nadir (yılda bir ya da birkaç kez)
2	Nadir (ayda bir ya da birkaç kez)
3	Ara Sıra (haftada bir ya da birkaç kez)
6	Sıklıkla (günde bir ya da birkaç kez)
10	Sürekli (sürekli ya da saatte birden fazla)

Etki zarar sonuç skalası, bir tehlikenin gerçekleşmesi durumunda, bu tehlikenin insan, işyeri ve çevre üzerinde oluşturacağı zarar veya hasarın şiddetini ifade etmektedir. Etki, tehlikenin olası sonuçları doğrultusunda sırasıyla şu kategorilere ayrılmaktadır: *dikkate alınmalı, önemli, ciddi, çok ciddi, çok kötü ve felaket*. Sonuç veya zarar ise, tehlikenin meydana gelmesi durumunda oluşacak hasarın türüne göre şu şekilde sıralanmaktadır: *hafif zararsız veya önemsiz, minör - düşük iş kaybı, küçük zarar, ilk yardım, majör - önemli zarar, dış tedavi gereksinimi, iş günü kaybı, sakatlık, uzuv kaybı, çevresel etki, ölüm, tam maluliyet, ağır çevre etkisi, birden çok ölüm, önemli çevre etkisi*. Bu kategoriler sırasıyla 1, 3, 7, 15, 40 ve 100 çarpan değeri ile temsil edilmektedir (Erdem, 2021).

Tablo 5.3. Şiddet skoru derecelendirmesi.

Etki/Zarar Sonuç Skalası		
Değer	Etki	Sonuç-Zarar
1	Dikkate Alınmalı	Hafif zararsız veya önemsiz
3	Önemli	Minör-Düşük iş kaybı, küçük zarar, ilk yardım
7	Ciddi	Majör-Önemli zarar, dış tedavi, iş günü kaybı
15	Çok Ciddi	Sakatlık, uzuv kaybı, çevresel etki
40	Çok Kötü	Ölüm, tam maluliyet, ağır çevre etkisi
100	Felaket	Birden çok ölüm, önemli çevre etkisi

Risk Düzeyine göre Karar ve Eylem tablosunda ise; Risk Değeri = İ x F x D çarpımı ile elde edilmektedir.

İ; İhtimal 0,2-10 arası, F; Frekans (Maruziyet) 0,5-10 arası, D; Etki/Zarar Sonuç 1-100 arası.

- Risk değeri 20'den küçükse; *kabul edilebilir risk* olarak değerlendirilir ve eylem sütununda “acil tedbir alınması gerekmez.” ifadesine karşılık gelir.
- Risk değeri 20 ile 70 arasında ise; *dikkate değer risk* olarak sınıflandırılır ve eylem sütununda “eylem planına dahil edilmelidir.” ifadesine karşılık gelir.
- Risk değeri 70 ile 200 arasında ise; *önemli risk* olarak değerlendirilir ve eylem sütununda “dikkatle izlenmeli ve yıllık eylem planına dahil edilerek giderilmelidir.” ifadesine karşılık gelir.
- Risk değeri 200 ile 400 arasında ise; *yüksek risk* olarak kabul edilir ve eylem sütununda “kısa vadeli eylem planına alınarak giderilmelidir.” ifadesine karşılık gelir.
- Risk değeri 400'ün üzerinde ise; *çok yüksek risk* olarak tanımlanır ve eylem sütununda “çalışmaya ara verilerek derhal tedbir alınmalıdır.” ifadesine karşılık gelir. (Demirel, 2016)

Yapılan araştırma, güvenlik önlemlerini ve potansiyel iyileştirmeleri vurgulayarak, kuru yük gemilerinin yanma risklerini ve yaşam döngüsünü değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Tasarım tanımlayıcı ve analitik olup mevcut koşulların ve ilgili potansiyel risklerin kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını sağlamayı amaçlamaktadır.

Bu analiz, risk faktörlerini belirlemek ve her bir faktör için risk öncelik numarasını (RPN) hesaplamak amacıyla uygulanacaktır. Bu yöntem, risklerin önceliklendirilmesine ve yangın güvenliği önlemlerinin belirlenmesine yardımcı olacaktır.(Eskiömeroğlu, 2018)

Tablo 5.4. Tehlike risk seviyesi tespit tablosu.

Tehlike Risk Seviyesi Tespit Tablosu						
Risk	Tehlike	Olasılık	Şiddet	Frekans	Skor	Sonuç
YANGIN	Mahalde uygun yangın söndürücü ekipman bulundurulmaması	6	40	2	480	ÇOK YÜKSEK RİSK
YANGIN	Personelin yangın riskine karşı eğitimsiz olması	6	40	2	480	ÇOK YÜKSEK RİSK
YANGIN	Acil durum ekiplerinin ve senaryosunun oluşturulmaması	6	40	2	480	ÇOK YÜKSEK RİSK
YANGIN	Erken algılama ve uyarı sisteminin olmaması veya çalışmaması	6	40	1	240	YÜKSEK RİSK
YANGIN	Yangın söndürme cihazlarının çalışır durumda olmaması	6	40	1	240	YÜKSEK RİSK
YANGIN	Yangın ekiplerinin görevini bilmemesi	6	40	1	240	YÜKSEK RİSK
YANGIN	Sıcak işlem çalışma izni olmadan Bakım/Onarım faaliyetlerine başlanması	6	40	2	480	ÇOK YÜKSEK RİSK
YANGIN	Elektrik panelleri içerisinde bulunan aşırı akım çeken cihaz elemanlarının tutuşmaya sebebiyet vermesi	6	40	2	480	ÇOK YÜKSEK RİSK
YANGIN	Yangın durumunda görevlilerin panik yapması	6	40	1	240	YÜKSEK RİSK
YANGIN	Jeneratörden kaynaklı tehlikeler	6	40	1	240	YÜKSEK RİSK
YANGIN	Yanıcı malzemelerin bulunmasından kaynaklı	6	40	2	480	ÇOK YÜKSEK RİSK
YANGIN	İzinsiz ateş yakılması	6	40	3	720	ÇOK YÜKSEK RİSK
YANGIN	Gemilere yeteri sayıda yangın söndürücü tüp çıkarılmaması	6	100	2	1200	ÇOK YÜKSEK RİSK
YANGIN	Gemi personeli tarafından izinsiz sıcak çalışma yapılması	6	100	2	1200	ÇOK YÜKSEK RİSK
YANGIN	Yakıt tankı markalama işlerinin doğru yapılmaması veya hiç yapılmaması	6	100	2	1200	ÇOK YÜKSEK RİSK
YANGIN	Sıcak çalışma bölgelerinde yangın gözetmeni bulundurulmaması	6	100	2	1200	ÇOK YÜKSEK RİSK
YANGIN	Gemide acil durum alarm sisteminin olmaması veya sistemin faal olarak idame edilmemesi	6	100	2	1200	ÇOK YÜKSEK RİSK
YANGIN	Sahil ve seyyar yangın tulumlarının faal durumda olmaması	6	100	2	1200	ÇOK YÜKSEK RİSK

Tablo 5.4. (Devamı) Tehlike risk seviyesi tespit tablosu.

Tehlike Risk Seviyesi Tespit Tablosu						
Risk	Tehlike	Olasılık	Şiddet	Frekans	Skor	Sonuç
YANGIN	Sigara içilmesi ve izmaritlerden kaynaklı	3	7	2	42	OLASI RİSK
YANGIN	Sabotaj veya terör kaynaklı	3	40	0.5	60	OLASI RİSK
YANGIN	Kaza sonucu yangın çıkması	3	40	0.5	60	OLASI RİSK
YANGIN	Doğal afetler sonucu yangın çıkması (yıldırım, fırtına vb.)	3	40	0.5	60	OLASI RİSK
YANGIN	Elektrikten kaynaklanan riskler	3	40	2	240	YÜKSEK RİSK
YANGIN	Elektrik kablolarının yalıtımsız durumda olması	3	40	1	120	ÖNEMLİ RİSK
YANGIN	Yangın riskine karşı sağlık ve güvenlik levha ve işaretlerinin bulunmaması	3	40	6	720	ÇOK YÜKSEK RİSK
YANGIN	Gemilerde izin verilen alanlar dışında sigara içilmesi	3	100	2	600	ÇOK YÜKSEK RİSK
YANGIN	Gemi tertip düzen ve temizliğindeki uygunsuzluklar	3	100	2	600	ÇOK YÜKSEK RİSK
YANGIN	Acil durumlarda yangına müdahaleye uygun gemi güvertesi ve çalışma alanlarının düzenlenmemesi	3	100	2	600	ÇOK YÜKSEK RİSK
YANGIN	Elektrikli cihaz ve aletlerin açık unutulması veya fişlerin prizlere uygun takılmaması	1	40	2	80	ÖNEMLİ RİSK
YANGIN	Çalışan sisteme cisim kaçması nedeniyle mekanik kıvılcım oluşumu	10	10	1	100	ÖNEMLİ RİSK
YANGIN	Tozların topraklanmadan çıkışının yapılması	10	10	1	100	ÖNEMLİ RİSK
YANGIN	Diğer deniz araçlarından yangının sirayet etmesi	1	100	1	100	ÖNEMLİ RİSK



6. KURU YÜK GEMİLERİNDE YANGIN GÜVENLİĞİ UYGULAMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Kuru yük gemileri, taşıdıkları yükler nedeniyle çeşitli yangın risklerine maruz kalan deniz araçlarıdır. Bu gemilerde yangın güvenliği, hem mürettebatın güvenliğini sağlamak hem de geminin ve yükün korunması açısından büyük önem taşır. Kuru yük gemilerinde yangın güvenliğini etkileyen bir dizi faktör bulunmaktadır; bunlar arasında geminin tasarımı, yangın algılama ve söndürme sistemleri, mürettebat eğitimi, yükün özellikleri ve yangın yönetim prosedürleri yer alır. Bu yazıda, kuru yük gemilerinde yangın güvenliği uygulamalarının çeşitli yönleri değerlendirilecektir.

6.1. Yangın Riski Taşıyan Yükler

Kuru yük gemileri, çeşitli ürünleri taşıdığı için yangın riski taşıyan yükler ile çalışmaktadır. Bu yükler, özellikle yanıcı özellikteki maddeler (örneğin, kömür, tahıl, şeker, gübre) ve tozlar içerebilir. Yük taşıma sırasında yangın risklerini arttıran faktörler şunlardır:

- Tozlu ortamlar: Özellikle tahıl ve benzeri organik yüklerin taşınması sırasında toz oluşabilir. Bu tozlar, havada birikerek kolayca tutuşabilir ve patlamalara yol açabilir.
- Yanıcı yükler: Kimyasal maddeler veya kömür gibi yanıcı yükler, özellikle geminin sıcaklık ve nem koşullarına bağlı olarak yangına neden olabilir.
- Kötü depolama koşulları: Yüklerin uygun şekilde saklanmaması, yangın riskini artırabilir.

6.2. Yangınla Mücadele Ekipmanları

6.2.1. Algılama ve ihbar sistemleri

Yangın algılama ve ihbar sistemleri, yangını mümkün olan en kısa sürede tespit ederek alarm vermeli ve yangının meydana geldiği bölgeyi açık biçimde belirtmelidir. Bu sistemler, özellikle riskli alanlara yerleştirilmeli, yanlış alarm üretmeyecek özellikte olmalı ve en olumsuz çevresel koşullarda dahi güvenilir şekilde çalışabilir olmalıdır.

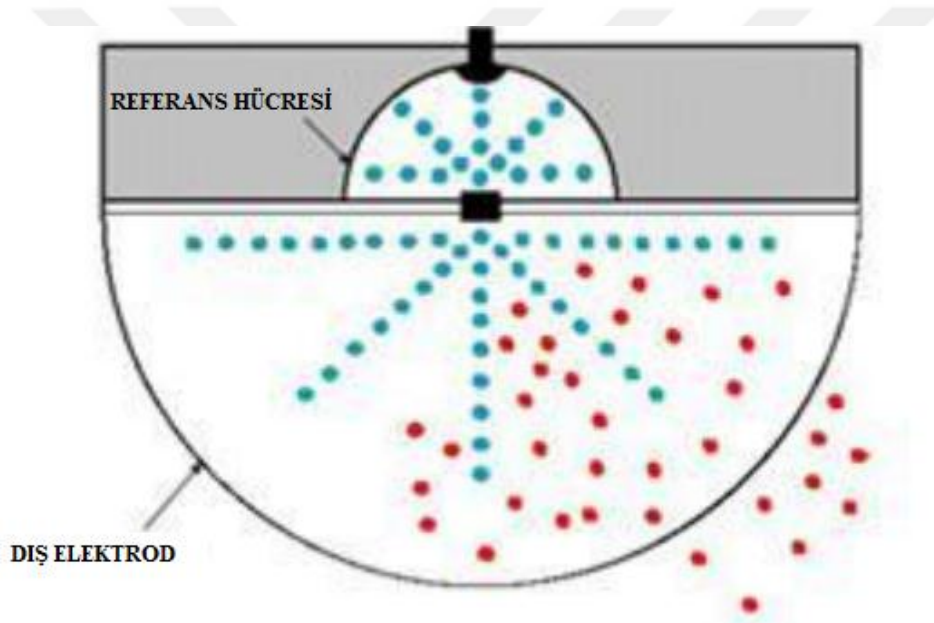
Yangının erken tespit edilmesi, müdahale sürecini kolaylaştırmakta ve olası zararların en aza indirilmesini sağlamaktadır.

Personel tarafından uzun süre boyunca girilmeyen bölümlerde de yangın çıkma riski bulunduğundan, bu tür alanlarda yangını erkenden tespit edebilmek amacıyla otomatik yangın ihbar sistemleri geliştirilmiştir.

6.2.1.1. Duman dedektörleri

Ortamdaki dumanı algılayarak yangını tespit ederler. İyonizasyon tipi ve fotoelektrik tipi olmak üzere iki yaygın türü vardır.

- İyonizasyon tipi: Ortamdaki iyon akımındaki değişiklikleri algılar. Hızlı alevlenen yangınlarda daha etkili olabilir.



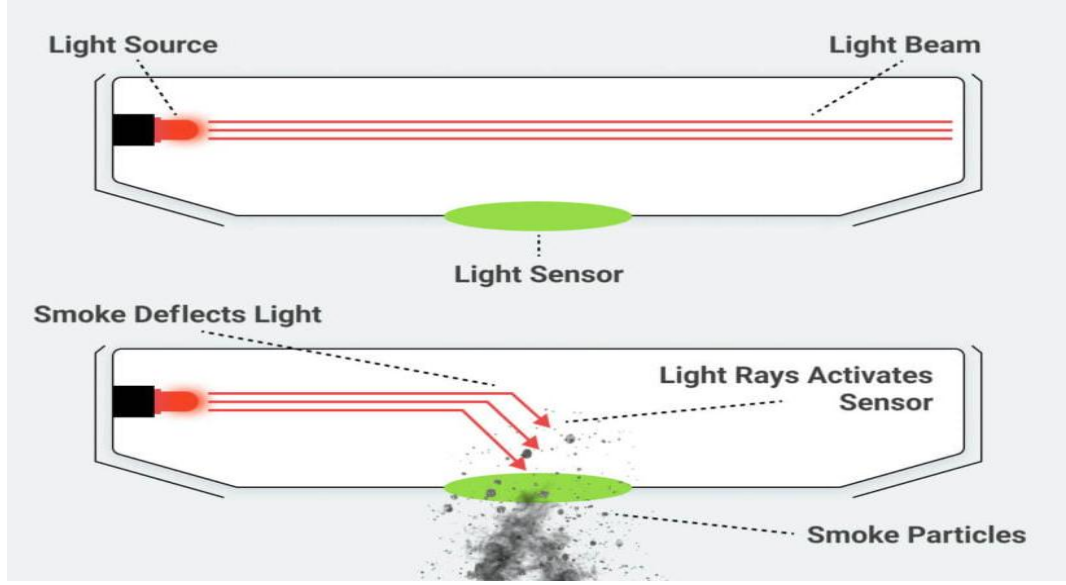
Şekil 6.1. İyonizasyon tipi duman dedektörü.

- Fotoelektrik tipi: Ortamdaki duman parçacıklarının ışığı engellemesini algılar. Yavaş alevlenen, için yanan yangınlarda daha etkili olmaktadır.

6.2.1.2. Isı dedektörleri

Ortamdaki sıcaklık artışını algılayarak yangını tespit ederler. Sabit sıcaklık tipi ve sıcaklık artış hızı tipi olmak üzere iki yaygın türü vardır.

- Sabit sıcaklık tipi: Belirli bir sıcaklığa ulaşıldığında alarm verir.
- Sıcaklık artış hızı tipi: Sıcaklıktaki hızlı artışları algılar.



Şekil 6.2. Fotoelektrik tipi duman dedektörü.

6.2.1.3. Alev dedektörleri

Ortamdaki alevleri algılayarak yangını tespit ederler. Ultraviyole veya kızılötesi ışınları algılayan sensörler kullanır. Yanıcı sıvı yangınlarında etkilidirler.

6.2.1.4. Gaz dedektörleri

Ortamdaki yanıcı veya zehirli gazları algılayarak yangını veya gaz kaçağını tespit ederler. Karbon monoksit, hidrojen sülfür gibi gazları algılayabilirler.

6.2.1.5. Manuel yangın ihbar butonları

Geminin çeşitli noktalarına yerleştirilen bu butonlar, yangın fark edildiğinde manuel olarak alarm vermek için kullanılır.

6.2.1.6. Otomatik yangın alarm sistemleri

Yangın dedektörlerinden gelen sinyalleri değerlendiren ve alarm veren sistemlerdir. Alarm durumunda, sesli ve görsel uyarılarla mürettebatı bilgilendirir ve yangın söndürme sistemlerini otomatik olarak devreye sokabilirler.

6.2.1.7. Aspirasyon sistemleri

Ortamdan hava örnekleri alarak dumanı erken aşamada tespit eden sistemlerdir.

6.2.1.8. Görüntü işleme sistemleri

Kameralar aracılığıyla ortamdaki dumanı veya alevleri algılayan sistemlerdir.

6.2.2. Yangın söndürme sistemleri

Kuru yük gemilerinde yangın güvenliği, geminin, mürettebatın ve yükün korunması için hayati önem taşır. Yangın söndürme sistemleri, yangın güvenliği uygulamalarının kritik bir bileşenidir ve yangınları erken aşamada kontrol altına almak veya söndürmek için tasarlanmıştır. Kuru yük gemilerinde yangın güvenliği için en uygun yangın söndürme sisteminin seçimi, geminin tipi, yükün özellikleri, risk değerlendirmesi ve ilgili yönetmeliklere bağlıdır. Genellikle gemilerde birden fazla yangın söndürme sistemi bulunur ve bunlar entegre bir şekilde çalışır. Yangın söndürme sistemlerinin etkinliği, düzenli bakım, denetim ve mürettebat eğitimi ile sağlanabilir.

6.2.2.1. Sprinkler sistemleri

Belirli bir sıcaklığa ulaştığında otomatik olarak etkinleşen sprinkler başlıklarından su püskürterek yangını kontrol altına alır veya söndürür. Avantajları ise; geniş alanları koruyabilir, yangını erken aşamada tespit edip müdahale edebilir. Nispeten düşük maliyetlidir. Dezavantajları arasında; su, bazı yük türlerine zarar verebilir, geminin stabilitesini etkileyebilir, donma riski olan bölgelerde kullanıma uygun olmayabilir.

6.2.2.2. CO2 sistemleri

Yangın bölgesine CO2 gazı salarak oksijeni azaltır ve yangını söndürür. Avantajları arasında çoğu yangın türünde etkili olması ve yükü ıslatmaması veya zarar vermemesi bulunur. Olumsuz yönleri ise; boğucu bir gaz olduğundan insan hayatı için tehlikelidir, kapalı alanlarda kullanılması tehlikeli olabilir ve küresel ısınmaya olumsuz etkisi olabilir.

6.2.2.3. Köpük sistemleri

Yangın bölgesine köpük püskürterek yangını söndürür ve tekrar alevlenmesini önler. Avantajları; yanıcı sıvı yangınlarında çok etkilidir ve yükü soğutarak tekrar alevlenmeyi önler. Dezavantajları arasında bazı köpük türleri çevreye zararlı olabilir, nispeten pahalıdır.

6.2.2.4. Su sisi sistemleri

Yüksek basınçla ince su damlacıkları püskürterek yangını soğutur ve oksijeni azaltır. Avantajları arasında; su hasarını en aza indirir çoğu yangın türünde etkilidir. Çevre dostudur. Dezavantajları arasında nispeten yeni bir teknolojidir ve daha pahalı olmasıdır.

6.2.3. Kişisel koruyucu ekipmanlar

Kuru yük gemilerinde, özellikle yangın gibi acil durumlarda mürettebatın güvenliğini sağlamak için kişisel koruyucu ekipmanlar büyük önem taşımaktadır. Yangına dayanıklı giysiler, solunum cihazları, kasklar ve eldivenler, yangınla mücadele eden veya yangından etkilenen mürettebatın hayatta kalmasını ve yaralanmaları önlemede kritik rol oynamaktadır.

6.2.3.1. Yangına dayanıklı giysiler

- Yangın tulumları: Yüksek sıcaklıklara ve alevlere dayanıklı malzemelerden yapılmış tulumlar, vücudu ısı ve alevlerden korur.



Şekil 6.3. Yangın tulumları.

- Yangın elbiseleri: Ceket ve pantolon gibi parçalardan oluşan yangın elbiseleri, daha fazla hareket özgürlüğü sağlar.
- Yüz ve boyun koruyucuları: Yüzü ve boynu ısı ve alevlerden koruyan özel başlıklar veya maskeler.

6.2.3.2. Solunum cihazları

- Bağımsız solunum cihazları (SCBA): Sıkıştırılmış hava tüpleri ile çalışan bu cihazlar, temiz hava sağlar ve duman veya zehirli gazlardan korunmayı sağlar.
- Acil durum kaçış solunum cihazları (EEBD): Yangın veya gaz kaçağı durumunda hızlı kaçış için kullanılan, sınırlı süreli hava sağlayan cihazlar.

6.2.3.3. Kasklar ve eldivenler

- Yangın kaskları: Düşen nesnelerden, ısıdan ve alevlerden koruma sağlayan kasklar.
- Yangın eldivenleri: Isıya ve alevlere dayanıklı malzemelerden yapılmış eldivenler, elleri yanıklardan korur.

6.2.4. Yangın kapıları ve bölmeler

Kuru yük gemilerinde yangın kapıları ve bölmeler, yangının yayılmasını önlemede ve kontrol altına almada kritik bir rol oynar. Bu yapısal unsurlar, gemiyi bir dizi yangın bölmesine ayırarak yangının diğer bölümlere sıçramasını engeller ve mürettebata yangınla mücadele etmek ve gemiyi tahliye etmek için zaman kazandırır. Bakım ve onarım çalışmaları için; yangın kapıları ve bölmeleri düzenli olarak kontrol edilmeli ve bakımı yapılmalıdır. kapıların otomatik kapanma mekanizmaları ve contaları düzgün çalışır durumda olmalıdır. Yangın bölmelerinin bütünlüğü korunmalı ve delikler veya çatlaklar onarılmalıdır.

6.2.4.1. Yangın kapıları

- A sınıfı yangın kapıları: En yüksek yangın dayanımına sahip kapılardır. Yüksek sıcaklıklara ve alevlere dayanıklı çelikten imal edilirler. Genellikle makine dairesi, pompa odaları gibi yüksek riskli alanlarda kullanılırlar.
- B sınıfı yangın kapıları: A sınıfı kapılardan daha düşük yangın dayanımına sahiptirler. Çelik veya diğer yanmaz malzemelerden yapılabilirler. Konaklama alanları, koridorlar gibi alanlarda kullanılırlar.
- Otomatik kapanan yangın kapıları: Yangın algılama sistemi tetiklendiğinde otomatik olarak kapanan kapılardır. Yangının yayılmasını önlemede etkilidirler.
- Kendinden kapanan yangın kapıları: Kapı açıldıktan sonra yay mekanizması sayesinde otomatik olarak kapanan kapılardır. Normal şartlarda açık kalabilirler ancak yangın durumunda otomatik olarak kapanarak yangının yayılmasını engellerler.

6.2.4.2. Yangın bölmeleri

Gemi, yangın bölmeleri adı verilen bir dizi bölmeye ayrılmıştır. Bu bölmeler, yangın duvarları ve yangın kapıları ile birbirinden ayrılır. Yangın bölmeleri, yangının

yayılmasını sınırlayarak geminin batmasını veya tamamen yanmasını önlemeye yardımcı olur.

SOLAS (Denizde Can Güvenliği Sözleşmesi) gibi uluslararası standartlar, gemilerde yangın bölmelerinin sayısını ve yerleşimini belirler.

6.2.5. Acil çıkış yolları ve işaretleri

Kuru yük gemilerinde, acil durumlar sırasında mürettebatın gemiyi hızlı ve güvenli bir şekilde tahliye edebilmesi için iyi planlanmış acil çıkış yolları ve işaretleri hayati önem taşır. Acil durum aydınlatması ve fosforlu işaretler, özellikle duman veya elektrik kesintisi gibi görüşün kısıtlı olduğu durumlarda, mürettebatın çıkış yollarını bulmasını ve güvenli bir yere ulaşmasını sağlar.

6.2.5.1. Acil çıkış yolları

- Kaçış rotaları: Geminin her yerinden açık güverteye veya cankurtaran sandallarına ulaşmak için birden fazla kaçış rotası olmalıdır.
- Engeller: Kaçış rotaları, engelsiz ve kolayca erişilebilir olmalıdır. Kapılar kolayca açılabilmesi ve koridorlar herhangi bir eşya ile tıkanmamalıdır.
- Genişlik: Kaçış yolları, mürettebatın hızlı ve güvenli bir şekilde hareket edebilmesi için yeterince geniş olmalıdır.
- Merdivenler ve rampalar: Kaymaz yüzeyler ve korkuluklar ile donatılmış olmalıdır.

6.2.5.2. Acil durum aydınlatması

- Acil durum lambaları: Elektrik kesintisi durumunda otomatik olarak devreye giren, aküyle çalışan lambalar. Kaçış yollarını, merdivenleri ve toplanma alanlarını aydınlatır.
- Fotolüminesan işaretler: Elektrik kesintisi durumunda karanlıkta parlayan işaretler. Kaçış yönlerini ve önemli ekipmanların yerini gösterir.

6.2.5.3. Fosforlu işaretler

- Yönlendirme işaretleri: Kaçış yönlerini gösteren oklar ve semboller.
- Ekipman işaretleri: Yangın söndürücüler, yangın hortumları, acil durum ekipmanları gibi önemli ekipmanların yerini gösteren işaretler.

- Kapı işaretleri: Kaçış kapılarını ve acil durum çıkışlarını belirten işaretler.

6.3. Yangın Kontrol Planları

Yangın kontrol planları, kuru yük gemilerinde yangın olaylarını yönetmek için gerekli stratejileri, ekipmanları ve prosedürleri özetleyen kritik belgelerdir. Potansiyel olarak tehlikeli ve yanıcı maddeler de dahil olmak üzere çeşitli kargo türleri göz önüne alındığında, kuru yük gemileri için yangın kontrol planları, yangın risklerini etkili bir şekilde azaltmak için özel dikkat gerektirir. Bu planlar, gemilerin açık, erişilebilir ve kapsamlı bir yangın güvenliği çerçevesi bulundurmasını zorunlu kılan Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) standartlarına uygun olmalıdır.

6.3.1. Yangınla mücadele ekipmanı ve sistemleri

Kuru yük gemileri, yangın kontrol planı dahilinde dikkatle haritalandırılması gereken çeşitli yangın algılama, alarm ve söndürme sistemleri ile donatılmıştır. Bu sistemler duman dedektörleri, ısı dedektörleri, yangın alarmları, yangın söndürücüler ve sabit su bazlı sistemleri içerir. Her bir ekipmanın yeri planda belirtilerek acil bir durumda hızlı erişim ve konuşlandırma sağlanır.

6.3.2. Mürettebat sorumlulukları ve toplanma istasyonları

Yangın kontrol planı, yangın sırasında her bir mürettebat üyesi için belirli roller belirleyerek organize ve etkili müdahale eylemleri sağlar. Toplanma istasyonları ve kaçış yolları açıkça işaretlenir ve mürettebat üyeleri yangınla mücadele, yolcu tahliyesi (varsa) ve acil durum müdahale ekipleriyle koordinasyon gibi belirli görevlere atanır.

6.3.3. Yangın bölgeleri ve bölümlere ayırma

Yangın kontrolünde kilit bir strateji, gemiyi yangın bölgelerine ve kompartımanlara ayırmaktır; bunlar yangının geminin tamamına yayılmasını önlemek için yangını kontrol altına alır ve izole eder. Yangın kontrol planı, yangına dayanıklı bariyerlerin, su geçirmez kapıların ve havalandırma sistemlerinin yerleri de dahil olmak üzere bu bölgelerin yapısal düzenini detaylandırır. Çeşitli kargo türlerinin benzersiz yangın riskleri oluşturabileceği kuru yük gemilerinde uygun bölümlendirme esastır.

6.3.4. Kargoya özel yangın önleme tedbirleri

Yükün türü ve düzeni kuru yük gemilerindeki yangın güvenliği önlemlerini önemli ölçüde etkiler. Örneğin, kömür, odun ve tahıl gibi bazı yükler kendiliğinden yanma

riski taşırken, kimyasallar gibi diğerleri yangınları şiddetlendirebilir. Yangın kontrol planı, kargoyla ilgili yangın tehlikelerini önlemek için düzenli sıcaklık izleme ve havalandırma gereklilikleri gibi belirli önlemleri ana hatlarıyla belirtir.

6.3.5. Tahliye prosedürleri ve kaçış yolları

Yangının tırmanması durumunda, yangın kontrol planı ayrıntılı tahliye prosedürleri ve işaretli kaçış yolları sağlar. Bu rotalar toplanma istasyonlarına ve cankurtaran botlarına yönlendirerek mürettebatın ve yolcuların (varsa) güvenli bir şekilde tahliye edilmesini sağlar. Mürettebatı bu prosedürlere alıştırmak ve hazırlıklı olmalarını pekiştirmek için düzenli tatbikatlar yapılmaktadır.

6.3.6. Dokümantasyon ve IMO gerekliliklerine uygunluk

Yangın kontrol planları Uluslararası Denizde Can Güvenliği Sözleşmesi (SOLAS) ve IMO Yangın Güvenlik Sistemleri (FSS) Koduna uygun olmalı ve tüm yangın güvenlik önlemlerinin uluslararası standartlara uygun olmasını sağlamalıdır. Bu yönetmelikler yangın kontrol planlarının ekipman, yerleşim düzeni veya yönetmeliklerdeki değişiklikleri yansıtacak şekilde periyodik olarak güncellenmesini ve uyumluluğun devam ettiğini doğrulamak için denetimler yapılmasını zorunlu kılar.

6.4. Düzenli Yangın Tatbikatları ve Eğitimler

Kuru yük gemilerinde düzenli yangın tatbikatları ve eğitimler, yangın güvenliğinin sağlanmasında ve acil durumlara hazırlıklı olunmasında kritik öneme sahiptir. Bu tatbikatlar ve eğitimler, mürettebatın yangınla mücadele becerilerini geliştirmelerini, acil durum prosedürlerini öğrenmelerini ve yangın durumunda sakin ve etkili bir şekilde hareket etmelerini sağlar. STCW (Gemilerde Çalışan Denizcilerin Eğitim, Belgelendirme ve Vardiya Standartları Sözleşmesi) gibi uluslararası standartlar, gemilerde yangın tatbikatları ve eğitimlerinin düzenlenmesini zorunlu kılmaktadır. Kuru yük gemilerinde düzenli yangın tatbikatları ve eğitimler, yangın güvenliğinin sağlanmasında ve can kaybının önlenmesinde kritik bir rol oynar. Bu faaliyetlerin düzenli olarak ve gerçekçi senaryolarla yapılması, mürettebatın acil durumlara etkili bir şekilde müdahale etmesini ve geminin güvenliğini sağlamasını sağlar.

6.4.1. Yangın tatbikatları

- Gerçekçi senaryolar: Yangın tatbikatları, gerçekçi yangın senaryolarını simüle ederek mürettebatın pratik deneyim kazanmasını sağlar.

- Farklı yangın türleri: Gemide çıkabilecek farklı yangın türleri (makine dairesi yangını, kargo yangını, konaklama alanı yangını) için tatbikatlar düzenlenmelidir.
- Ekipman kullanımı: Yangın söndürme ekipmanlarının (yangın söndürücüler, yangın hortumları, solunum cihazları) doğru ve etkili kullanımı tatbikatlarda uygulanmalıdır.
- İletişim ve koordinasyon: Tatbikatlar, yangın ekipleri arasındaki iletişim ve koordinasyonun test edilmesini sağlar.
- Tahliye prosedürleri: Gemi tahliye prosedürleri, toplanma alanları ve cankurtaran sandallarının kullanımı tatbikatlarda uygulanmalıdır.

6.4.2. Yangın eğitimleri

- Teorik eğitim: Yangın teorisi, yangın sınıfları, yangın söndürme yöntemleri, yangın önleme gibi konularda teorik eğitim verilmelidir.
- Pratik eğitim: Yangın söndürme ekipmanlarının kullanımı, yangın hortumlarının bağlanması, solunum cihazlarının takılması gibi konularda pratik eğitim verilmelidir.
- İlk yardım eğitimi: Yangın durumunda yaralananlara ilk yardım müdahalesi eğitimi verilmelidir.
- Acil durum prosedürleri: Yangın alarmı, tahliye planı, iletişim protokolleri gibi acil durum prosedürleri eğitimi verilmelidir.

6.5. Yangın İzleme ve Kontrol Merkezi

Kuru yük gemilerinde yangın izleme ve kontrol merkezi, geminin yangın güvenlik sistemlerinin kalbi konumundadır. Bu merkez, gemi genelindeki yangın algılama ve söndürme sistemlerinden gelen bilgileri toplar, analiz eder ve mürettebatın yangına hızlı ve etkili bir şekilde müdahale etmesini sağlar. SOLAS (Denizde Can Güvenliği Sözleşmesi) gibi uluslararası standartlar, gemilerde yangın izleme ve kontrol merkezi bulundurulmasını ve özelliklerini belirler. Kuru yük gemilerinde yangın izleme ve kontrol merkezi, yangın güvenliğinin etkin bir şekilde yönetilmesini sağlar. Bu merkez, gelişmiş teknolojileri kullanarak yangınları erken aşamada tespit eder, mürettebatın koordinasyonunu sağlar ve yangına hızlı ve etkili müdahale edilmesini mümkün kılar. Yangın izleme ve kontrol merkezinin genel özellikleri:

- Merkezi konum: Geminin güvenli bir bölgesinde, genellikle köprü üstünde veya yakınında bulunur.
- Yangın algılama sistemi entegrasyonu: Tüm yangın dedektörleri (duman, ısı, alev), manuel yangın ihbar butonları ve diğer algılama sistemleri bu merkeze bağlıdır.
- Yangın söndürme sistemi kontrolü: Yangın pompaları, sprinkler sistemleri, gazlı söndürme sistemleri gibi yangın söndürme sistemlerini kontrol etmek ve izlemek için kullanılır.
- Alarm ve uyarılar: Yangın algılandığında sesli ve görsel alarmlar verir, yangının yerini ve türünü gösterir.
- İletişim sistemleri: Gemi içi anons sistemi, telsiz ve telefon gibi iletişim sistemleriyle entegre çalışarak mürettebatın koordinasyonunu sağlar.
- Görüntüleme sistemleri: Yangın bölmelerindeki kameralardan gelen görüntüleri izleyerek yangının durumunu değerlendirmeye yardımcı olur.
- Kayıt ve raporlama: Yangın olaylarını ve müdahaleleri kaydeder, raporlar oluşturur ve analizler yapar.

6.6. Diğer Acil Durum ve İlk Yardım Ekipmanları

Kuru yük gemilerinde yangın söndürme ekipmanlarına ek olarak, çeşitli acil durumlar ve yaralanmalarla başa çıkmak için çeşitli ilk yardım ve acil durum ekipmanları bulundurulması zorunludur. Bu ekipmanlar, mürettebatın güvenliğini sağlama ve acil durumlarda hızlı ve etkili müdahalede bulunabilme kapasitesini artırma amacı taşır.

6.6.1. İlk yardım ekipmanları

- İlk yardım çantası: Her türlü küçük yaralanma ve rahatsızlıkla başa çıkmak için gerekli malzemeleri içerir. Bandajlar, antiseptikler, ağrı kesiciler, yanık kremleri gibi temel tıbbi malzemeler bulunur.
- İlaç dolabı: Reçeteli ve reçetesiz ilaçlar, alerji ilaçları, deniz tutması ilaçları gibi daha kapsamlı tıbbi malzemeler içerir.
- Sedye: Yaralıları taşımak için kullanılır.
- Ateller: Kırık ve çıkıklarda kullanılmak üzere çeşitli boyutlarda ateller.
- Servikal yaka: Boyun yaralanmalarında boynu sabitlemek için kullanılır.

- Göz duşu ve yıkama istasyonu: Kimyasal sıçramaları veya yabancı cisimlerin göze kaçması durumunda kullanılır.

6.6.2. Acil durum ekipmanları

- Cankurtaran sandalları ve can yelekleri: Gemi terk etmek zorunda kalındığında kullanılır.
- Acil durum işaret fişekleri: Yardım çağırmak için kullanılır.
- Telsiz ve uydu telefonu: İletişim kurmak için kullanılır.
- El fenerleri: Elektrik kesintisi durumunda aydınlatma sağlar.
- Kurtarma halatları ve can simitleri: Denize düşen kişileri kurtarmak için kullanılır.
- Termal battaniyeler: Hipotermiyi önlemek için kullanılır.

7. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

7.1. Bulguların Değerlendirilmesi

Bu çalışma, kuru yük gemilerinde hem seyir sırasında hem de hareketsiz haldeyken yaygın olan önemli yangın risklerinin altını çizmektedir. Deniz kazası verilerinin derinlemesine analizi, yangın olaylarının sık sık meydana geldiğini ve mürettebatın, yükün ve geminin kendisinin güvenliği için önemli tehditler oluşturduğunu ortaya koymaktadır.

Kuru yük gemilerindeki potansiyel yangın tehlikelerine ilişkin Fine-Kinney analizi, kapsamlı risk azaltma stratejilerine yönelik kritik bir ihtiyacı ortaya koymaktadır. Çeşitli risk faktörlerinin ciddiyetini, olasılığını ve tespit edilebilirliğini değerlendiren analiz, birkaç temel endişe alanını vurgulamıştır.

Çalışmadaki veriler incelediğinde kuru yük gemilerindeki yangın olayları endişe verici bir eğilim ortaya koymaktadır. 2014-2020 yılları arasındaki özellikle tahıl, cevher ve kömür gibi ambalajsız dökme yükleri taşımak üzere tasarlanmış dökme yük gemilerde, yedi yıllık dönemde 62, potansiyel olarak yanıcı maddeler de dahil olmak üzere çeşitli paketlenmiş mallar taşıyan genel kargo gemilerinde, bildirilen 83 yangın/patlama vakası meydana gelmiştir. Bu da toplam 353 yangın/patlama vakasının 145'inin (%41) dökme yük ve genel kargo gemilerinde yaşandığını göstermektedir. Bunların nedenleri arasında özellikle belirli dökme yüklerin yanıcı yapısı ve yangınları ateşleyebilecek kendiliğinden yanma özelliği ile yük kaymasından kaynaklanabilecek olayların potansiyeli, uyumsuz kargoların yakın mesafede istiflenmesi, çeşitli kargoların bulunduğu kargo ambarlarında uygun havalandırmanın olmaması ve kargo elleçlemede artan insan hatası riskinin başrol oynadığı gözlemlenmektedir.

Kuru yük gemilerinde 2014-2020 verileri incelendiğinde en çok kaza/olayın sefer sırasında olduğu görülmektedir (%40). Yangın/patlama olaylarının önemli bir kısmının seferler sırasında (dökme yük gemileri için 648 vaka ve genel yük gemileri için 1509 vaka) "Yolda" olduğu, aynı zamanda gemiler "Demirli veya yanaşmış" durumdayken de (dökme yük gemileri için 513 vaka ve genel yük gemileri için 632 vaka) ciddi miktarda kaza/olayın meydana geldiğini ortaya koymaktadır. Bu gözlem,

yangın risklerinin sadece seyir ve açık deniz koşullarıyla ilişkili olduğu yönündeki yaygın varsayımı sorgulamaktadır. Kuru yük gemilerinde kazaların sırasıyla yolda, demirli veya yanaşmış durumda, varış ve ayrılış durumlarında olduğu görülmektedir. Gemiler limanlarda hareketsizken veya demirlemişken bile farkındalığı sürdürmenin ve sağlam yangın güvenliği protokollerini uygulamanın önemli olduğu görülmektedir. Bu analiz, bir kuru yük gemisinin operasyonunun her aşamasıyla ilişkili belirli riskleri ele alan yangın önleme ve güvenlik önlemleri için demirleme, yanaşma, kritik varış ve kalkış manevraları sırasındaki dönemler de dahil olmak üzere özel önerilerin geliştirilmesini gözler önüne sermektedir.

Kargo gemisi türüne göre deniz kazaları ve olaylarının lokasyona göre dağılımı" başlıklı grafik, hem gemi tipine hem de olayların meydana geldiği lokasyonu kategorize etmektedir. Kaza olayların daha çok karasuları içerisinde iç sularda (kıyı suyu) meydana geldiği görülmektedir. Bunun başlıca nedenleri sıkışık su yollarında gezinme, liman operasyonları ve dar alanlarda manevra yapma ile ilişkili artan riskler olarak düşünülebilir. Açık denizlerde de önemli, sayıda olay yaşanmıştır. Uzun yolculukların, hava koşullarına maruz kalmanın ve olası seyir zorluklarının içsel riskleri gibi nedenler durumu açıklamaktadır.

Gemilerde meydana gelen deniz kazaları ve olaylarının çoğunluğu insan hatalarından (%56,5) kaynaklanmaktadır. Bu durum personele etkili eğitim, sağlam güvenlik prosedürleri ve insan hatasını azaltmak için önlemlere olan kritik ihtiyacı vurgulamaktadır. Sistem ve ekipman arızalarından kaynaklı kazalarda da %43,4 ile önemli bir yer tutmaktadır. Sistem/ekipman arızasına atfedilen kazaların önemli oranı, güvenilir teknolojiye yatırım yapmanın, titiz bakım programlarına uymanın ve kritik arızaları önlemek için yedeklilik önlemlerinin uygulanmasının önemini vurgulamaktadır.

Yangın ve patlama olayları, tüm kaza/olaylar içerisinde %6 lık kısmı oluşturmaktadır. Gemilerde yaşanan yangın ve patlama kazaları diğer kazalara nispeten oranı düşük olsa dahi sonuçları bakımından tehlikeli olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Buna bağlı olarak gemilerde meydana gelen yangın /patlama kazalarındaki ölüm oranı tüm deniz kazaları ölüm orana göre %11' dir. Yangın/patlama olaylarının meydana gelme olasılığı düşük olmasına rağmen ölüm oranına bakıldığında ölüm oranının çarpışma, su basması ve alaboradan sonra 4. sırada geldiği görülmektedir.

Bunlara ilave olarak gemilerde, mürettebat en yüksek yaralanma sayısını sergileyerek mürettebat üyelerinin yolculara kıyasla karşı karşıya kaldığı yüksek riskler yaşadığı gözlemlenmiştir. Bu durum denizcilik çalışmalarıyla ilişkili mesleki tehlikeleri vurgulamaktadır.

Denizcilik sektörü, tarih boyunca hem toplumsal ilerlemeyi hem de teknolojik yenilikleri yansıtan büyük değişimlere sahne olmuştur. Ancak bu ilerlemeler, aynı zamanda birçok felakete de zemin hazırlamıştır. Özellikle yangınlar, denizcilik sektöründe önemli bir tehdit oluşturmuş ve genellikle gemiler ve insan hayatı üzerinde yıkıcı etkiler yaratmıştır. Tarihsel deniz yangınlarını incelemek, deniz taşımacılığı sistemlerinin doğasında bulunan güvenlik açıklarını ortaya koymakla birlikte, güvenlik düzenlemeleri ve protokollerine olan kritik ihtiyacı da gözler önüne sermektedir.

Yangınların önlenmesi ve güvenli taşımacılığın sağlanabilmesi için, denizcilik sektöründeki güvenlik yönetmelikleri konusunda farkındalık büyük önem taşır. Kargo taşımacılığı sırasında yapılan hatalar ve kasıtlı olarak beyan edilmeyen tehlikeli mallar, deniz taşımacılığı kazalarına yol açabilmektedir. Tehlikeli malzeme taşımacılığında, yangın ya da patlama gibi tehlikelerin önlenmesi için sağlam bir tehlike tanımlama prosedürü gereklidir. Bu prosedür, tüm paydaşların, yani üreticilerden nakliye zincirinde yer alan diğer tüm taraflara kadar, malların güvenli bir şekilde elleçlenmesinden sorumlu olmalarını sağlamalıdır.

Kazaların azaltılmasında yeterli güvenlik analizi yapmak ve etkili eğitim ve öğretim uygulamak son derece önemlidir. Ancak, yapılan kazaların yaklaşık %9'unda müfettişlerin kazaların kesin nedenlerini belirleyemediği tespit edilmiştir. Bu durum, kazaların daha derinlemesine incelenmesi gerektiğini ve bu incelemelerin uzman kişiler tarafından yapılması gerektiğini göstermektedir. Yangınların ve diğer kazaların etkilerini azaltmak için sektördeki inceleme ve araştırma süreçlerinin daha titiz ve kapsamlı olması gerekmektedir. Bu şekilde, deniz taşımacılığında güvenlik daha da artırılabilir ve geçmişte yaşanan trajedilerden dersler çıkarılabilir.

Kuru yük gemilerinde diğer gemi tiplerine ilave olarak taşınan yükün cinsine bağlı olmakla birlikte toz patlaması ve bundan kaynaklı yangın risklerinin olduğu görülmektedir. Bu tez çalışmasında örneklerle de belirtilen toz patlamalarının yıkıcı

sonuçları olduğu görülmektedir. Toz patlamasına karşı risk tedbirlerinin oluşturularak aşağıda sunulan önlemlerin alınması sağlanmalıdır.

- Tozun havadaki yoğunluğu azaltılmalıdır.
- Kapalı sistemler kullanılmalıdır.
- Uygun depolama yöntemleri kullanılmalıdır.
- Ateş kaynaklarına karşı önlemler alınmalıdır.
- Havalandırma ve yeterli hava sirkülasyonu sağlanmalıdır.
- Eğitim ve güvenlik protokolleri oluşturulmalıdır.
- Toz dedektörleri ve alarm sistemleri kullanılmalıdır.
- Uygun yüklerin seçilmesi gerekir.

Kuru yük gemilerinde yangın güvenliği için; bilgisayar tabanlı modellemeler ile yangın ve duman tahliye hareketlerinin analizi yapılarak var olan mevcut tüm koruma, önleme ve yangınla mücadele önlemlerinin analizi ile birleştirilmesi sonucunda daha detaylı bir risk değerlendirilmesi yapılabilir. Kuru yük gemileri özelinde çalışan personelin durumu ve yetenekleri ile geçmişte olan olayların incelemesi yapılarak yangın risk analizi çerçevesinde yangın önleme, yangından korunma, yangınla mücadele ve toz patlama risklerini de içeren bir yönerge hazırlanabilir. Yangın risk analizi ve yangın yönergesi çerçevesinde varsa eksiklerin giderilmesi, personelin eğitilmesi, sistemlerin iyileştirilmesi sağlanarak sürekli ve sürdürülebilir bir şekilde yangın riskinin yönetilmesi ile gemiler, yangın risklerine karşı hazırlıklı duruma getirilebilir.

Bu kapsamda, haberli-habersiz teftişler ve kontroller, tüm sistemlerin sürekli çalışmaya hazır bir halde tutulmasını sağlayacak bakım ve kontroller, dönemsel yapılacak risk analizleri ile yeni ortaya çıkan riskler için önlemler alınması, tüm kayıtların tutulması, personelin dönemsel olarak eğitimi, haberli ve habersiz yangın tatbikatları yapılarak yangın riskleri en aza indirgenebilir. Yangın bir doğal felaket değil, kontrol edilebilir bir risktir ve doğru bilimsel yaklaşımlar ile kontrol edilebilir.

Bu çalışmanın ortaya koyduğu bir diğer önemli bulgu, yangın olaylarının sadece geminin yoğun operasyonel dönemlerinde değil, demirleme veya yanaşma gibi görünüşte daha güvenli dönemlerde de yaygın olabileceğidir. Bu durum, yangın riski

konusunda sürekli bir tetikte olma gerekliliğini ve sağlam yangın güvenliği protokollerinin tüm operasyonel süreçlere entegre edilmesinin önemini vurgulamaktadır. Yani, yangın güvenliği sadece geminin en yoğun anlarında değil, her an, her aşamada dikkate alınmalıdır. Ayrıca, yangın risklerinin teknik arızalar, insan hatası, kargo ile ilgili sorunlar ve harici olaylar gibi çeşitli faktörlerden kaynaklandığı da belirtilmiştir. Bu faktörlerin çeşitliliği, yangın güvenliği konusunda alınacak önlemlerin sadece teknolojik çözümlerle sınırlı kalmaması gerektiğini gösteriyor. Aynı zamanda eğitim, güvenlik prosedürlerine bağlılık ve yorgunluk yönetimi gibi insan faktörleri de büyük önem taşır.

Bu nedenle, yangın güvenliğine yönelik etkili bir yaklaşım, teknolojinin yanı sıra insanların davranışları, eğitim seviyeleri ve iş güvenliği kültürüne de odaklanan çok yönlü bir strateji gerektirir. Eğitim sayesinde mürettebat, yangınla mücadele konusunda daha bilinçli hale gelir; güvenlik prosedürlerine bağlılık, her bir personelin güvenlik önlemlerine sadık kalmasını sağlar; ve yorgunluk yönetimi, mürettebatın dikkatsizlikten kaynaklanabilecek hataları önleyerek yangın risklerini azaltır. Sonuç olarak, yangın güvenliği sadece teknolojiye dayalı değil, aynı zamanda tüm operasyonel süreçlerde dikkatli bir insan yönetimi ve eğitimle desteklenen çok katmanlı bir yaklaşım gerektirir.

Özellikle gemilerde sigara kullanımı da yangın risklerini artıran önemli etkenlerden biridir. Bu durumun engellenmesi maksadıyla yaşam yerleri ve ofislerde günümüz teknolojisine uygun ısı algılayan kameralar hem tespit hem de caydırıcılık açısından etkili olacaktır.

Denizcilik endüstrisi aşağıda belirtilen araştırma boşluklarını ele alarak yangın güvenliği protokollerini daha da geliştirebilir, riskleri azaltabilir ve denizcilerin, yükün ve çevrenin güvenliğini sağlayabilir.

- Kuru yük gemilerindeki yangın olaylarına katkıda bulunan gizli riskleri veya eksik bildirilen faktörleri ortaya çıkarmak için “Diğer/Belirtilmemiş” olaylar kategorisinin daha derinlemesine araştırılması.
- Hibrit tahrik veya kargo soğutma üniteleri için batarya sistemleri gibi yeni teknolojilerin ve bunların potansiyel yangın risklerinin araştırılması.

- Yetersiz eğitim veya yorgunluktan kaynaklanan olaylar da dahil olmak üzere karmaşık insan hatası faktörünün incelenmesi ve bu risklerin etkin bir şekilde anlaşılması ve azaltılması.
- Yüksek riskli alanları belirlemek ve hedefe yönelik güvenlik önlemleri geliştirmek için olay yerleri ile trafik yoğunluğu, seyir zorlukları, kargo operasyonları veya çevresel koşullar gibi faktörler arasındaki korelasyonun analizi.
- Denizcilikte dijital sistemlere artan bağımlılık ve siber saldırıların veya yazılım arızalarının potansiyel riskleri göz önünde bulundurularak siber güvenlik olaylarının yangın güvenliği üzerindeki etkisinin araştırılması.

Taşınan kargonun türü yangın riskinde önemli bir rol oynamaktadır. Yanıcı veya parlayıcı malzemelerin yanı sıra kendiliğinden yanmaya eğilimli olanlar özellikle sıkı elleçleme ve depolama prosedürleri gerektirir. Yangın algılama ve söndürme sistemleri, elektrik tesisatı ve acil kaçış yolları da dahil olmak üzere geminin durumu çok önemlidir. Bu riskleri en aza indirmek için düzenli bakım ve denetim şarttır. Yetersiz eğitim, güvenlik bilinci eksikliği ve ekipmanın yanlış kullanımı gibi insan hataları yangın riskine önemli ölçüde katkıda bulunabilir. Kapsamlı eğitim ve açık güvenlik protokolleri bu faktörleri ele almak için hayati önem taşır. Kargo elleçleme prosedürleri, bakım faaliyetleri ve güvenlik yönetmeliklerine bağlılık dahil olmak üzere geminin günlük faaliyetleri, uygun şekilde yönetilmediği takdirde yangın tehlikesi yaratabilir. Dış Tehlikeler, daha seyrek olmakla birlikte, yıldırım düşmesi, yakındaki yangınlar veya sürüklenen enkaz gibi dış etkenler de yangın riski oluşturabilir.

Fine-Kinney analizi, risk değerlendirmesinde kullanılan sayısal bir yöntemdir ve bu analiz, belirli tehlikelerin önemini ortaya koyan sonuçlar sağlar. Analiz, bazı risk senaryolarının "çok yüksek risk" oluşturduğunu ve bu durumların acil dikkat ve önlemler gerektirdiğini göstermektedir. Bu sonuçlar, özellikle kuru yük gemilerinde yangın güvenliği konusunda çok yönlü bir yaklaşımın gerekliliğini vurgulamaktadır. Yangın gibi yüksek riskli tehlikelerle başa çıkabilmek için teknolojik çözümler, titiz bakım, kapsamlı eğitim ve güçlü bir güvenlik kültürü büyük önem taşır. Teknolojik çözümler, yangın tespiti ve söndürme sistemlerinin etkinliğini artırmak için gereklidir. Titiz bakım, yangın riski taşıyan ekipmanların düzenli olarak kontrol edilmesini ve

bakımını sağlar. Eğitim, mürettebatın yangın anında doğru adımları atabilmesi için kritik rol oynar. Son olarak, güçlü bir güvenlik kültürü, tüm personelin güvenlik önlemlerine ve protokollere bağlı kalmasını sağlar. Bu çok yönlü yaklaşım, yangın riskini en aza indirmek için hayati önem taşır. Aynı zamanda, mürettebatın, yükün ve geminin güvenliğini sağlamak için tüm bu unsurların bir arada uygulanması gerekmektedir. Yangın güvenliği konusunda yapılacak her adım, hem gemi hem de çevre açısından büyük bir fark yaratabilir.

7.2. Gelecek Araştırmalar için Öneriler

Kuru yük gemilerinde yangın güvenliğini artırmak ve potansiyel riskleri en aza indirmek için yapılabilecek ileri araştırmalar, farklı teknik, insan faktörü ve operasyonel alanlara odaklanabilir. Bu çalışma kapsamında elde edilen bulgular doğrultusunda gelecekteki çalışmalar için şu öneriler geliştirilmiştir:

- "Diğer/Belirtilmemiş" kategorisindeki olayların derinlemesine incelenmesi: Kuru yük gemilerinde yangın kazalarına katkıda bulunan ancak tam olarak bildirilmeyen veya tanımlanmayan "diğer/belirtilmemiş" olaylar kategorisi, gizli riskleri ortaya çıkarabilir. Bu olayların nedenleri hakkında daha ayrıntılı bilgi edinmek, yangın güvenliği protokollerinin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.
- Yeni teknolojilerin potansiyel yangın risklerinin araştırılması: Hibrit tahrik sistemleri, kargo soğutma üniteleri için batarya sistemleri ve diğer yeni teknolojiler, gemilerde yangın risklerini artırabilir. Bu teknolojilerin yangın güvenliği üzerindeki etkilerinin araştırılması, gelecekteki yangın güvenliği stratejilerine katkıda bulunacaktır.
- Karmaşık insan hatalarının incelenmesi: Mürettebatın yetersiz eğitim, yorgunluk veya stres gibi nedenlerle gerçekleştirdiği hatalar, yangın riskini artırabilir. Bu insan faktörlerinin incelenmesi, etkin yangın yönetimi ve güvenlik kültürünün oluşturulmasında önemlidir.
- Olay yerleri ile çevresel ve operasyonel faktörler arasındaki ilişkilerin analizi: Yangın olaylarının meydana geldiği yerler ile trafik yoğunluğu, seyir zorlukları ve kargo operasyonları gibi faktörler arasındaki ilişkiyi incelemek, yüksek riskli alanları belirleyerek hedefe yönelik güvenlik önlemleri geliştirmeye yardımcı olabilir.

- Siber güvenlik risklerinin yangın güvenliği üzerindeki etkisi: Deniz taşımacılığında dijital sistemlerin yaygınlaşmasıyla birlikte siber saldırıların veya yazılım arızalarının yangın güvenliği üzerindeki etkisi araştırılmalıdır. Siber güvenlik olaylarının yangın risklerini nasıl etkilediğine dair daha fazla araştırma, dijital güvenlik önlemlerinin geliştirilmesini sağlayacaktır.
- Yanıcı kargolar için güvenli depolama ve taşıma prosedürlerinin geliştirilmesi: Kuru yük gemilerinde taşınan yanıcı veya kendiliğinden yanma eğilimli yüklerin güvenli elleçlenmesi ve depolanması için özel prosedürler gereklidir. Bu kapsamda yapılacak çalışmalar, yangın risklerinin daha etkin bir şekilde yönetilmesine katkıda bulunabilir.
- Yangın algılama ve söndürme sistemlerinin iyileştirilmesi: Gemi içerisindeki elektrik tesisatı, acil kaçış yolları ve yangın algılama sistemlerinin düzenli olarak bakımının yapılması ve bu sistemlerin daha akıllı, otomatik versiyonlarının gemilere entegre edilmesi, yangın güvenliğini artıracaktır. Bu sistemlerin modernizasyonu üzerine yapılacak çalışmalar, gemilerdeki yangın risklerini önemli ölçüde azaltabilir.
- Yapay zeka ve ileri teknolojiler ile yangın risk analizlerinin yapılması: Kızılötesi termografi veya yapay zeka destekli sistemler, gemi içerisindeki potansiyel yangın risklerini önceden tespit etmek için kullanılabilir. Bu teknolojilerle yapılacak araştırmalar, yangın güvenliği yönetimini daha etkin hale getirebilir.

KAYNAKLAR

- Abramowicz, W. (2015). *A Dynamic Risk Assessment for Decision*. 243, s.13.
- Allianz Global Corporate & Specialty (AGCS), (2013). *Safety and Shipping Review 2013*, January 2013
- Altundağ, H. & Koçak, M. (2021). *Tersanelerde yangın güvenliği ve risk analizi, Dirençlilik Dergisi*, 5(2), 245-263.
- Aven, T. (2011). On the new ISO guide on risk management terminology, *Reliability Engineering and System Safety*, 96(7), 719–726.
- Aydın M., Kamal B., Çakır E., (2024). *Evaluation of human error in oil spill risk in tanker cargo handling operations, Environ. Sci. Pollut. Res.*, 31 (3)), pp. 3995-4011
- Birgören, B. (2017). Fine Kinney Risk Analizi Yönteminde Risk Analizi Yönteminde Risk Faktörlerinin Hesaplama Zorlukları ve Çözüm Önerileri. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 20.
- Chen, J., Di, Z., Shi, J., Shu, Y., Wan, Z., Song, L., & Zhang, W. (2020). Marine oil spill pollution causes and governance: A case Study of Sanchi tanker collision and explosion, *Journal of Cleaner Production*. doi:10.1016/j.jclepro.2020.122978
- Christiansen, M., Fagerholt, K., Nygreen, B., & Ronen, D. (2006). *Maritime transportation*, *Transportation*, 14, 189-284
- Corbett, J. J., & Winebrake, J. (2008). The Impacts of Globalisation on International Maritime Transport Activity. *In Global forum on Transport and environment in a globalizing world*, Guadalajara, Mexico.
- Çevik, G., (2012). *"Gemi Emniyet Yönetimi Sisteminde Önleyici Faaliyet Planlama Yaklaşımı Önerisi"*. Yüksek lisans tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi
- Darbra, R.M., Casal, J., (2004). Historical analysis of accidents in seaports. *Safety Science* 42, 85–98
- Demirel, Ş.A. (2019). *Şuhut Göcen Maden Ocağı ve Tesislerinde Makine Kaynaklı Risklerin FMEA ve Fine Kinney Risk Metodolojileri ile İncelenmesi*, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi, İstanbul.
- Eckhoff R., (2003). *Dust Explosion in the Process Industries*, Gulf Professional Publishing, Tokyo,
- EMSA, (2021) *European Maritime Transport Environmental Report 2021*, <https://www.emsa.europa.eu/publications/item/4778-emsa-consolidated-annual-activity-report-2021.html>, erişim: 07 Mayıs 2025.
- EMSA, (2022). *Consolidated Annual Activity Report 2022* <https://www.emsa.europa.eu/publications/item/4980-emsa-consolidated-annual-activity-report-2022.html>, erişim: 10 Mayıs 2025.

- Engineers, A. I. of C. (2025, 11 Mart). *Guide for making acute risk decisions*. American Institute of Chemical Engineers and John Wiley & Sons, Inc. www.wiley.com
- Erdem, M. (2021). *Kontrol Listesi (Check-List) ve Fine-Kinney Risk Değerlendirme Yöntemleri Kullanılarak Bir Eğitim Kurumu Risk Analizi Uygulaması ve Karşılaştırılması*. Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Gaziantep.
- Eskiömeroğlu, B. (2018). *Tam Teşekküllü Spor Komplekslerinin Risk Analizlerinin Fine Kinney ve 5X5 L Matris Yöntemleri ile Yapılarak Karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Gedik Üniversitesi, İstanbul.
- Ganin, A.A., Quach, P., Panwar, M., Collier, Z.A., Keisler, J.M., Marchese, D., Linkov, I., (2020). *Multicriteria decision framework for cybersecurity risk assessment and management*, Risk Anal., 40 (1) pp. 183-199
- Goerlandt, F., & Montewka, J. (2015). *A framework for risk analysis of maritime transportation systems: A case study for oil spill from tankers in a ship-ship collision*. Safety Science(76), 42-66.
- Guerrero, D., & Rodrigue, J.-P. (2014). The waves of containerization: shifts in global maritime transportation. *Journal of Transport Geography*, 34, 151–164
- Güneş B., Kayışoğlu G., Bolat P., *Cyber security risk assessment for seaports: A case study of a container port*, Comput. Secur., 103 (2021), Article 102196
- Hebbar, A. A. (2006). *Risk communication and maritime safety legislation*. 106.
- Hsu, W.K., Lian, S.J., Huang, S.H., (2017). Risk assessment of operational safety for oil tankers-a revised risk matrix, *The Journal of Navigation*, 70 (4) pp. 775-788
- Hu, Y., & Zhu, D. (2009). Empirical analysis of the worldwide maritime transportation network, *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 388(10), 2061–2071
- IMO, (2013). *World Maritime Day. A Concept of a Sustainable Transportation System*, 1–32.
- Jesse A., Beck H., (1989). *Evaluation of dust explosions in the Federal Republic*, EuropEx Newslett.
- Kishore, E. A. (2013). *Formal Safety Assessment in Maritime Industry - Explanation to IMO Guidelines*. Class Notes for MTech NA&OE 1st Year, September 2013
- Kuş, E. 2019. *Elektrik Panolarında Yangınlara Karşı Fine Kinney Yöntemi İle Risk Analizi Yapılması*. Yüksek Lisans Tezi, Üsküdar Üniversitesi, İstanbul.
- Kumar, S., and J. Hoffmann (2002), Chapter 3 *Globalization: the Maritime Nexus*, in *Handbook of Maritime Economics and Business*, edited by C. Grammenos, pp. 35-62, Informa, Lloyds List Press, London.
- Lathrop, J., & Ezell, B. (2017). A systems approach to risk analysis validation for risk management. *Safety Science*, 99, 187–195.
- Layık, E.E. (2016), *Gıda sektöründe toz patlamalarının araştırılması ve patlamadan korunma dokümanının hazırlanması bir uygulama örneği*, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, Ankara.

- Melchers, R. E. (2001). On the ALARP approach to risk management. *Reliability Engineering and System Safety*, 71(2), 201–208.
- Mennis, E., Lagoudis, I. N., Nikitakos, N., & Platis, A. (2005). *Improving formal safety assessment in shipping transportation*. Proceedings of the 12th International Congress of the International Maritime Association of the Mediterranean, IMAM 2005 – Maritime Transportation and Exploitation of Ocean and Coastal Resources, 2(i), 1565–1571.
- MMO, M. (2003). *Yangın söndürme sistemleri. 1-7*. Makine Mühendisleri Odası, Published no:220.
- Mousavi, M., Ghazi, I., & Omarae, B. (2016). *Risk Assessment in the Maritime Industry*. *Engineering Technology and Applied Science Research*, 7(1), 1377–1381.
- MTMAC (Republic of Turkey Ministry of Transport, Maritime Affairs and Communications), (2025, 3 Nisan). *Accident Data of Turkish and Foreign Flagged Ships in Turkish and International Waters*, <http://www.kaik.gov.tr/>
- Nifuku M., Enomoto A. H., (2001). *Evaluation of the explosibility of malt grain dust based on static*, Elsevier,
- Pinto, C. Ariel, Talley, Wayne K. (2005). *Modeling of Commercial Maritime Port Recoverability from Security Disruptions: Work-in-Progress*. <https://core.ac.uk/download/482130224.pdf>
- PMA, (2025, 20 Nisan) Report No, R- 030- 2011/DIAM, Ocean Star Pacific-Marine Casulty. [https:// www. segumar.com/marine-accident-investigation](https://www.segumar.com/marine-accident-investigation).
- Raue, M., & Lermer, E. (2018). *Psychological Perspectives on Risk and Risk Analysis*
- Sarielioğlu, S., Uğurlu, Ö., Aydın, M., Vardar, B., Wang, J., (2020). *A hybrid model for human-factor analysis of engine-room fires on ships: HFACS-PV&FFTA*, *Ocean Eng.*, 217 Article 107992
- Salmon, P. M., Cornelissen, M. ve Trotter, M. J., (2012). *Systems-based Accident Analysis Methods: A Comparison of Accimap, HFACS, and STAMP*, *Safety Science* , 50, 4, 1158-1170.
- Schröder-Hinrichs, J.U., Baldauf, M., Ghirxi, K.T., (2011). *Accident investigation reporting deficiencies related to organizational factors in machinery space fires and explosions*, *Accid. Anal. Prev.*, 43 (3) pp. 1187-1196
- Schinas, O., & Stefanakos, C. N. (2012). *Cost assessment of environmental regulation and options for marine operators*. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 25, 81–99.
- Schröder-Hinrichs, J.U., Baldauf, M., Ghirxi, K.T., (2011). *Accident investigation reporting deficiencies related to organizational factors in machinery space fires and explosions*. *Accid. Anal. Prev.* 43 (3), 1187–1196.
- Skjong, R., & Soares, C. G. (2008). *Safety of maritime transportation*. *Reliability Engineering & System Safety*, 93(9), 1289–1291.
- SOLAS (1974). *Denizde Can Emniyeti Uluslararası Sözleşmesi*, International Maritime Organization (IMO).

- Stramler James H., J. (1993). *The dictionary for human factors, ergonomics* (First Edit). CRC Press, Inc. International.
- Sulaiman, O. O., Saharuddin, A. H., Kader, A. S. A., & Laily, A. R. N. (2011). *Safety and Environmental Risk and Reliability Model for Inland Waterway Collision Accident Frequency*. 5(4), 17
- Swuste, P., Groeneweg, J., van Gulijk, C., Zwaard, W., & Lemkowitz, S. (2018). Safety management systems from Three Mile Island to Piper Alpha, a review in English and Dutch literature for the period 1979 to 1988. *Safety Science*, 107, 224–244.
- Şahin, B. ve Şenol, Y. E., (2015). A Novel Process Model for Marine Accident Analysis by Using Generic Fuzzy-AHP Algorithm, *The Journal of Navigation* , 68, 162-18.
- Şahin, Ö. F. (2017). *Gemilerde yangın riskinin azaltılmasına yönelik yöntem ve uygulamalar*. Master's thesis. İstanbul: Gedik University, Social Science Institute.
- Tasneem A., Abbasi S.A., (2006). *Dust explosions–Cases, causes, consequences, and control*, Elsevier, Sayfa: 7-44,
- Tiemele, Allah (1990). *Proposal for the further improvement of fire fighting training at the Regional Academy of Maritime Science and Technology*, Abijan, Cote d'Ivoire. <https://core.ac.uk/download/323046665.pdf>
- Tusher H.M., Munim Z.H., Notteboom T.E., Kim T.E., Nazir S., (2022). Cyber security risk assessment in autonomous shipping, *Maritime Economics & Logistics* pp.1-20
- Türk Standartları Enstitüsü, (2011). TS EN 14034-2:2006+A1:2011 Toz bulutlarının patlama karakteristiklerinin tayini - Bölüm 2: Azami .
- Uflaz, E., Sezer, S.I., Tunçel, A.L., Aydın, M., Akyüz, E., Arslan, O., (2023) *Quantifying potential cyber-attack risks in maritime transportation under Dempster-Shafer theory FMECA and rule-based Bayesian network modelling*, Reliab. Eng. Syst.109825
- Uğurlu, Ö. (2011). *Petrol tankerlerinde meydana gelen deniz kazalarının risk analizi*, Doctoral dissetation. Karadeniz Teknik University, Institute of Science.
- Uğurlu, Ö., (2016). Analysis of Fire and Explosion Accident Occurring in Tankers Transporting Hazardous Cargoes, *International Journal of Industrial Ergonomics* , 55, 1-11.
- United Nations Conference on Trade and Development 2013 (UNCTAD)
- U.S. Chemical Safety Board (CSB), (2006), Investigation Report Combustible Dust Hazard Study
- Zio, Enrico, (2007). *An Introduction to the Basics of Reliability and Risk Analysis (First Edit)*.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Cem ÖZKAN

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2014, Anadolu Üniveristesi, İşletme Fakültesi, İşletme
- **Yükseklisans** : Devam ediyor, Sakarya Üniveristesi, Yangın ve Yangın Güvenliği Anabilim Dalı, Yangın ve Yangın Güvenliği Programı

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 30 Ağustos 2010 tarihinden itibaren Türk Silahlı Kuvvetlerinde askeri personel olarak görev yapmaya devam etmektedir.
- 2010-2025 tarihleri arasında üst/amirlerden 26 adet takdir aldı.

TEZDEN TÜRETİLEN ESERLER:

- Özkan, C., Tuna, M., (2025). Deniz Taşımacılığında Kuru Yük Gemilerinin Yangın Risklerinin Araştırılması ve Yangın Güvenliği, *Uluslararası Yakıtlar, Yanma ve Yangın Dergisi (FCE)*
(Makale dergi hakemleri tarafından değerlendirme sürecindedir.)