

Received: 03.12.2023  
Accepted: 16.04.2024  
Published Online:30.06.2024  
DOI: 10.18613/deudfd.1399658  
**Research Article**

Dokuz Eylül University  
Maritime Faculty Journal  
Vol:16 Issue:1 Year:2024 pp:101-132  
E-ISSN: 2458-9942

## KAPALI MAHAL RİSK ANALİZİ VE TEHLİKE ALGISI: BİR DÖKME YÜK GEMİSİNDE UYGULAMA\*

Z.Oya YILMAZ<sup>1</sup>  
Can Elmar BALAS<sup>2</sup>

### ÖZ

*Bu çalışmada amaç, dökme tipi yük gemilerindeki kapalı mahal tehlikelerini belirlemek ve risk analizlerinin FMEA yöntemi yardımı ile yapılarak dökme yük gemilerinde kapalı mahal tehlike algı düzeylerinin risk önceliklendirmesi dağılımında tespit etmektir. Bu doğrultuda işletme altında bulunan bir dökme kuru yük gemisi örneğinde kapalı mahaller belirlenmiş ve bu mahallerle ilgili 44 adet hata ve tehlike türleri saptanarak risk öncelik sayıları (RÖS) hesaplanmıştır. Ortaya konulan RÖS değerleri neticesinde tehlike ve hata türleri öncelik sıralamasındaki en yüksek risk ihtiva eden hata ve tehlike türleri ortaya konmuş ve yüzdesel dağılımları yapılmıştır. En yüksek risk içeren etkenlerin insan hataları dışında mahallerin fiziksel özellikleri ve taşınan yüklerden kaynaklı olduğu sonucuna varılarak birtakım önleyici faaliyetler sıralanmıştır.*

***Anahtar Kelimeler:** Kapalı Mahal, Dökme Yük Gemisi, Tehlike, Risk Analizi*

---

<sup>1</sup> Sorumlu yazar, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kazaların Çevresel ve Teknik Araştırması Ana Bilim Dalı

<sup>2</sup> Prof. Dr. Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği

\* Bu çalışma sorumlu yazarın ikinci yazar danışmanlığında hazırladığı yayınlanmamış yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

## **RISK ANALYSIS OF ENCLOSED SPACES AND HAZARD PERCEPTION: AN APPLICATION OF A BULK CARRIER**

### **ABSTRACT**

*The aim of this study is to determine the enclosed space hazards in bulk cargo ships and to determine the enclosed space hazard perception levels within the risk prioritization distribution by performing risk analyzes of the FMEA method. In this direction, in the example of a bulk dry cargo ship which is under operation, enclosed spaces were listed and 44 failures and hazards related to these enclosed spaces were found. Then risk priority numbers (RPN) were calculated. As a result of the RPN values, the failures and hazards with the highest risk in the priority order were revealed and their percentage distribution was made. It has been concluded that the factors that pose the highest risk are due to the physical characteristics of the enclosed spaces and the cargoes carried, apart from human errors and some preventive actions have been listed.*

**Keywords:** *Enclosed Space, Bulk Carrier Vessel, Hazard, Risk Analysis*

### **1. GİRİŞ**

Deniz taşımacılığı, mesleki kaza ve ölümlerin yüksek seyrettiği ticari bir faaliyettir (Hansen vd. 2002: 85). Sektördeki istatistiksel çalışmalar ve araştırmalar, raporlanan kazalardaki yaralanma ve ölüm oranları arasında nedensel faktör olarak en büyük payı, düşme, kayma ve takılmaların aldığını, ancak gemilerin kapalı mahallerinde gerçekleşen yaralanma ve ölümlerin de azımsanamayacak oranlara ulaştığını bildirmektedir (Turan vd. 2020: 15). 1999-2018 yılları arasında gemilerde 145 ölümlü kapalı mahal kazası gerçekleşmiş, bunlardan 28'i sadece 2017-2018 yılı içinde meydana gelmiştir (ITF, 2019). 2019 sonrasında bu yana yaşanan gemilerdeki kapalı mahal kazalarında ise 39 ölümden 25'i dökme yük gemi tipinde kayıt altına alınmıştır (RIGHTSHIP, 2023).

Dökme yük gemilerinde kapalı mahal tehlikelerinin farkına varılması ve bu tehlikelerin kontrol altına alınmasındaki başarısızlık, yüksek ölüm oranıyla sonuçlanan kazalara mal olmaktadır. Her ne kadar iş güvenliği ve sağlığı, özellikle denizcilik sektöründe sıkı kurallar, kalite ve yönetim sistemleri, sözleşmeler ve mevzuat ile desteklense de kapalı alanların tehlikelerine maruz kalan dökme yük gemilerindeki personel ve sektördeki ilgili çalışanların, bu konudaki farkındalığının artırılması, emniyet kültürünün çok iyi benimsenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı, dökme yük gemilerinde kapalı mahaller ve kapalı mahallerdeki çalışmalara ait risk analizini gerçekleştirmek ve kapalı mahal tehlike algılarını belirlemektir. Analiz sırasında tespit edilen olası

hata ve tehlikelerin nedenlerini ve etkilerini kolay okunabilir çizelge formatında sunması, analiz çıktılarının basit ve anlaşılır biçimde olması, ayrıca analizin, uzman ekip çalışması gerektirmesi sonucu oluşan kolektif bakış açısının ortaya konulabilmesi avantajlarından dolayı hata türleri ve etkileri analizi (FMEA) yöntemi seçilmiştir.

## **2. DÖKME YÜK GEMİLERİNDE KAPALI MAHALLER VE TEHLİKELERİ**

Dökme yük gemileri, deniz taşımacılığının itici gücü olarak nitelenmekte ve dünya deniz ticaretinden %35'lik pay alarak kömür, demir cevheri, tahıl, boksit gibi önemli yüklerin taşınmasında en verimli yol olarak görülmektedir (Nwigwe ve Kiyokazu, 2022: 153). Dökme ve diğer tipteki yük gemilerinde kapalı mahaller, Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) tarafından yapılan tanımlamaya göre giriş ve çıkışlar için sınırlı açıklıkları olan, yetersiz havalandırmaya sahip ve personelin sürekli çalışmasına dair tasarlanmamış yerlerdir (IMO, 2011). Kapalı mahaller, dökme yük gemilerinde dizayn koşullarına göre değişmekle birlikte genel olarak ambarlar, bitişik mahaller (örneğin, ambarlara giriş yolları vb.), balast tankları, zincirlikler, dip tanklar, yağ-yakıt tankları, koferdamlar, omurga tünelleri, boş hacimli bölümler, pis su tankları, ana makine karter, ana makine skavenç mahali, kazan, izolasyonlar arasında kalan ve girilebilen boşluklar (çift cidar), kablo blokları, basınçlı tanklar, akü daireleri, sintine kuyuları ve benzer özellikteki alanlardır (IACS, 2018).

Kapalı mahal tehlikeleri ise, mahal atmosferine ve mahalın fiziksel veya mekanik koşullarına bağlı olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Mahal atmosferine bağlı olarak; oksijen seviyesinin yetersizliği ya da zenginliği, yanıcı atmosferden kaynaklı yangın veya patlama, yük tozu, yük kalıntısından vb. açığa çıkan zehirli gaz, duman veya buhar olarak sıralanmaktadır. Mahalin fiziksel koşullarına bağlı olarak ise; su ya da akışkan sıvı seviyesi nedeniyle boğulma, vücut sıcaklığının aşırı değişiminden yaşanan bilinç kaybı, serbest kalan yükten (yutulma) boğulma veya sıkışma nedeniyle solunabilir havaya ulaşamama, düşme, kayma, çarpma, elektrik çarpması, mahal yapısal durum yetersizliğidir. Genelde dar veya küçük açıklık veya menhollerden giriş yapılan bu mahallerde, ayrıca mahalın doğası gereği karanlık bir ortamda hareket ve görüş kısıtlılığına bağlı yaralanmalar da yukarıdaki tehlikelere ilave edilebilmektedir (IACS, 2018). Uygunsuz kişisel korunma ekipmanları, psikolojik etkenler (panik atak, klostronofobi vs.), iletişim eksikliği ya da yönetsel yetersizlikler ise literatür kapsamında belirlenen diğer tehlikelerdir.

Literatür taraması yapılırken kapalı mahallerle ilgili olarak denizcilik endüstrisi dışındaki kara bazlı tesisler hakkında yapılan çalışmalar, bu araştırma kapsamında incelenmemiş; yük gemileri, gemi onarım-bakım ya da inşa tersaneleri özelinde kapalı mahal çalışmaları ele alınmıştır. İncelemelerde, gemilerde kapalı mahal kazalarına etki eden kök nedenler üzerine yoğunlaşıldığı ve risk analizlerinin yapılarak önleyici tedbirler sıralandığı tespit edilmiştir (Işık, 2016; Mohana ve Menon, 2017; Viran ve Barlas, 2018; Uysal, 2020; Soner ve Çelik, 2020; Soner, 2021; Sakar vd. 2022; Yorulmaz vd. 2022). Ayrıca dökme yük gemileri ve taşıdıkları yüke bağlı kapalı mahal kazaları hakkındaki vaka analiz çalışmaları incelemeye dahil edilmiştir (Sundal vd. 2017; Hedlund ve Hildeberg, 2017). FMEA analizi yöntemi ile ilgili yapılan literatür araştırmasında ise hizmet süreçlerinde kullanılan denizcilik endüstrisine dair çalışmalar ve iş sağlığı ve güvenliği merkezinde bu yöntemi barındıran çalışmalar kapsama alınmıştır (Sayareh, 2013; Kahraman, 2009; Birgören ve Yalçınkaya, 2019; Menteş ve Yiğit, 2020; Uysal, 2020; Göksu, 2021; Bacioğlu, 2022; Erdoğan, 2022; Yorulmaz vd. 2022). Her iki literatür taraması aşamasında ulusal tez merkezi ile elektronik veri tabanları “Science Direct” ve “Web of Science” üzerinden ulaşılan araştırmaların sayıca azlığı dikkat çekmektedir. Bu nedenle kural koyucu otoriteler IMO, ILO (Uluslararası Çalışma Örgütü), IACS (Uluslararası Class Kuruluşları Birliği) tarafından yayınlanan bağlayıcı nitelikteki kararlar ve yasal düzenlemeler, bayrak devletleri sirküleri, OCIMF (Petrol Şirketleri Uluslararası Denizcilik Forumu), uluslararası deniz sigorta ve diğer önemli paydaşların yayınladıkları kılavuz ve raporlar incelenmiştir. Bu yayınlarda genel olarak gemilerdeki emniyetsiz atmosfere sahip veya emniyetsiz atmosferin bulunabileceği kapalı, sınırlandırılmış mahal tanımlamaları, bu mahallerdeki olası tehlikeler, gemi zabitan ve yetkin personelin görev ve sorumlulukları, kapalı alanlara girişlerin hazırlanması ve mahalin emniyetli hale getirilmesi, mahaldeki havanın test edilmesi, çalışma izin sisteminin kullanımı, giriş öncesi ve giriş sırasındaki prosedürler, mahalde şüpheli atmosfer bulunması durumundaki ilave gereklilikler, kullanılan ekipmanlar, ekipman şartları ve bakımları gibi detaylı ve yönlendirici bilgiler paylaşılmaktadır. Dolayısı ile kapalı mahal kazalarının oluşumunda bilgi eksikliğinden bahsetmektense, mevcut bilginin kullanılamaması ve bilginin, gemi çalışanlarına tam olarak geçirilememesi söz konusudur (Hedlund ve Hilduberg, 2017: 93).

Işık (2016), ülkemizdeki gemi bakım ve onarım tersanelerinde kapalı alanlarda yapılan çalışmalarda, iş kazasına ve meslek hastalığına sebep olabilecek tehlike ve riskleri tespit etmiş; dört farklı onarım tersanesinde ve dört farklı tip geminin çeşitli kapalı alanları inceleyerek en az, mahaldeki atmosferden kaynaklı tehlikeler kadar, mahal içerisindeki fiziksel tehlikelerin de önemli olduğunu ifade etmiştir. Ayrıca çalışmaya

konu olan tersanelerdeki risk değerlendirmelerinin, birbirinden farklı metotları kullandıklarını ve risk puanlarını olması gerekenden düşük tuttuklarını tespit etmiştir. Tersanelerin iş güvenliği ve sağlığı için yeterli bütçeleri ayırmadığını ve iş güvenliğine yönelik kısmi süreli görevlendirmeler yapılarak denetleyici uzmanlara başka görevler de yüklendiğini; yeterli denetleme süresi tanınmadığına dikkat çekmiştir.

Hedlund ve Hiduberg (2017), ahşap pellet yüklü dökme yük gemilerinde yaşanan 3 adet ölümlü kaza analizini gerçekleştirdiği çalışmada, gemi personelinin kapalı mahallerle ilgili gerekli bilgiye sahip olmasına rağmen kapalı mahal tehlikelerini, taşınan yükten ya da ambarlara bitişik mahallerdeki atmosferden bağımsız olarak algılayabildiklerini ortaya koymuştur.

Sundal vd. (2017), talaş yüklü bir dökme yük gemisi ambarında, tecrübeli bir gümrük memurunun ölümüyle sonuçlanan kazayı incelemiş; otopsi sonuçlarını değerlendirilmesi sonucunda, ölümün yükten açığa çıkan zehirli gazlar neticesinde ve çok kısa sürede meydana geldiğini belirtmiştir.

Viran ve Barlas (2018), tersanelerde yeni inşa veya gemi onarım faaliyetlerinin kapalı mahallerdeki tehlikelerine odaklanarak iş sağlığı ve güvenliği yönünden inceleme yapmış; bu sektördeki kaza verilerini örnek bir kaza üzerinden analiz ederek risk faktörlerinin azaltılması adına tespitler ortaya koymuşlardır. Buna göre tersanelerde gemilerdeki kapalı mahal iş kazalarının ancak eğitim ve denetleme tedbirleriyle azaltılabileceğini belirtmişlerdir.

Burke ve Alnasser (2020), yayınlamış oldukları deneysel araştırmalarında, gemilerdeki paslı ve kapalı mahallerin hangi oranda oksijen tükettikleri sorusuna yanıt aramış; yük ambarları, zincirlik, dip tank mahal örneklendirmesinde, mahallerin dış atmosfere kapalı hale gelmesinden birkaç dakika içerisinde, oksijen seviyelerinin direk ölümcül seviyelere indiğini kanıtlamışlardır.

Soner ve Çelik (2020), “insan hatası” faktörünü merkeze alarak, yük gemilerinde kapalı mahallere giriş operasyonlarında insan hatasına neden olabilecek hususların, en çok zaman kısıtlılığı, deneyimsizlik, risklerin yanlış algılanması, verilen işin kompleks ya da belirsizliği, işe ya da mahale yabancılik gibi durumlar olduğunu savunmuşlardır.

Soner (2021), kapsamlı ve sistemli bir yaklaşım sunarak gemilerdeki kapalı mahallerde yaşanan 101 adet iş kazasını incelediği çalışmada ise, kazalara sebep olan faktörleri sıralamış, insan hatası ve organizasyonel

zayıflığın ana faktör olduğunu ortaya koymuştur. Yapılan etki analizinde kaza sebeplerinden en önemlisini “etkin olmayan zamanlama içerisinde çoklu görevlendirme” şeklinde tanımlamıştır.

Sakar vd. (2022), gemilerdeki kapalı mahal kazalarını inceledikleri çalışmalarında, zaman ve ticari baskının kazalara sebep olan birincil etmen olduğunu, gemi personelinin de bu baskıya karşı itiraz edemediği yanlı kararlar alarak işlerini sürdürdüğünü belirtmiştir.

Denizcilik sektöründe risk analiz çalışmaları literatür dahilinde araştırıldığında, diğer risk analiz yöntemlerine göre FMEA yönteminin daha az sayıdaki çalışmada kullanıldığı anlaşılmaktadır. Bu çalışmalar ekseriyetle gemiler, tersaneler ve limanlardaki operasyonel risklerin analizlerine daıdır. Sayareh ve Ahouei (2013), İran’ın en önemli ve yoğun yük limanlarından biri olan Imam Khomeini limanındaki yük operasyonlarında yaşanan gecikmeleri incelemiş, gecikmelerin azaltılması ve yükleme-tahliye operasyonlarının daha düzgün şekilde yapılmasını sağlamak adına bu metodolojiyi kullanmıştır. Mentş ve Yiğit (2020), çalışmalarında İzmir Aliğa’da bulunan bir gemi geri dönüşüm tesisine ait saha operasyonlarını ele almış, yasal gereksinimler ve kurallar çerçevesinde inceleyerek, operasyonlar sırasında meydana gelebilecek olası kritik risklerin FMEA yöntemi aracılığı ile değerlendirmesini yapmıştır. Uysal (2020) “Onarımda Bulunan Askeri Gemilerdeki Kapalı Alanlarda Yapılan Çalışmalarda İş Sağlığı ve Güvenliği” isimli yüksek lisans tezinde, askeri gemilerdeki kapalı alanlarda yapılan onarım, bakım ve inceleme işlerinde görev alan personelin karşılaşabilecekleri tehlike ve riskleri tanımlamış, alınması gereken önlemleri FMEA risk analiziyle ortaya koymuştur. Erdoğan (2022), “İstanbul Gemi Trafik Hizmetleri Merkezi’nin Günlük Operasyonel Faaliyetlerine İlişkin Hata Türü ve Etkileri Analizi Uygulaması” isimli yüksek lisans tezinde, gemi trafik hizmetlerinin deniz emniyetini tehlikeye atabilecek durum ve kazaların oluşmasında rol oynayabilecek operasyonel süreçlerin risk değerlendirmelerini yapmış, olası hataları tespit ederek, gerekli önlemlerin alınması için tavsiyelerde bulunmuştur. Göksu (2021), “Emniyetli Gemi Operasyonları için Hata Türleri ve Etkileri Analizine (FMEA) Dayalı Risk Değerlendirme Modeli Geliştirilmesi” isimli doktora tezinde, gemi operasyonlarında risk artırıcı dinamik etkenleri (rüzgar, akıntı, ekstrem hava koşulları, gemi süratinde azalma/artma vb.) sektördeki uzmanların görüşleri odağında değerlendirmiş ve olası hata türlerini FMEA yönteminden yararlanarak tespit etmiştir. Bacıoğlu (2022), gemi kompresör arızalarına dair FMEA yöntemini kullanarak RÖS değerlerini sıralamıştır. Yorulmaz vd. (2022) gemilerin havuzlanmaları esnasında karşılaşabilecekleri riskleri yine FMEA yöntemi ile ortaya koymuşlardır.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada yürürlükteki mevzuat ve kılavuzlar dahilinde gemilerdeki kapalı mahal tehlikeleri referansında işletme halindeki bir dökme yük gemisi kapalı mahalleri tanımlanmış, tehlike ve risklerin yönetilebilmesi için hata türleri ve etkileri analizi yöntemi (FMEA) kullanılarak risk analizleri yapılmıştır.

Tehlikelerin tanımlanması, risklerin belirlenmesi ve analizi, risk kontrol tedbirlerinin kararlaştırılması, uygulanması, izlenmesi ve risk değerlendirmesinin yenilenmesi adımlarını içeren FMEA risk analiz yöntemi, kapsayıcı bir yöntem olarak değerlendirilmektedir (Birgören ve Yalçınkaya, 2019: 42). Aynı zamanda yapılması gerekli işleri ve bireysel görevleri de inceleyerek ulaşılmaması istenen, beklenen performans kriterlerinden olası sapmaları belirlemek, hataların oluşması ve etkilerini çalışanlarda ve iş çevresi üzerinde değerlendirmek amaçlı fırsat sunmaktadır (Popov, 2016: 163). Bu yaklaşım hem nicel hem de nitel olarak ifade edilirken değerlendirme aşamasında “optimizasyon” hedeflendiği belirtilerek, hatanın ya da hata etkilerinin mümkün olan en asgari seviyeye çekilmesi, mevcut emniyet tedbirlerini ve ilave kontrol ya da önlemleri listeleterek risklerin kabul edilebilir hallerine getirmeyi amaçlamaktadır (Stamatis, 2003: 29).

Literatür araştırması sırasında hem nicel hem de nitel özellikte karşılaşılan başlıca diğer risk değerlendirme yöntemleri “Hata Ağacı Analizi (Failure Tree Analysis)”, “Olay Ağacı Analizi (Event Tree Analysis)”, “Papyon Analizi (Bow Tie Analysis)” ve “Neden-Sonuç Analizi (Cause Consequences Analysis)” yöntemleridir (Acar, 2007: 56-80). Hata ağacı analizi tündengelim mantığına dayanan, istenmeyen en üst olayların oluşmasına sebebiyet veren ihtimallerin ve aralarındaki bağlantıların gösterildiği aşağıya doğru şekillenen analiz diyagramıdır (Acar, 2007: 64-71). Yöntemin işletim geçmişi olmayan yeni ve teknik prosesler için faydalı olduğu, ancak olası hata bileşkelerinin hepsini içermediği ve zamanla kısıtlanabileceği belirtilmektedir (Özkılıç, 2005: 126). Olay ağacı analizi ise seçilmiş bir olayın meydana gelmesi sonrasında oluşabilecek sonuçların tümevarım yaklaşımına dayanarak bir akış diyagramı halinde gösterilmesi yöntemidir. Olay ağacı analizinde hata ağacı analizinde kullanılan mantığın tam tersine, tümevarım mantığı bulunur ve sistem başarılı ise yön yukarı doğru gider (Olgaç 2021: 3). Diğer bir analiz yöntemi olan papyon analizi, hata ağacı analizi ve olay ağacı analizi yöntemlerinin kombinasyonu şeklinde ifade edilirken, yöntemin temel yaklaşımı, neden ve sonuçlara ilişkin analizleri, tek bir diyagram halinde birleştirebilmektir. Yöntem, bir tehlike senaryosuna ve

tehlikeler ile nedenleri arasındaki ilişkilere, meydana gelmesini önleyecek engellere ve meydana gelmesi durumunda etkiyi azaltmak için, hafifletici kontrollere ilişkin büyük resme genel bakış sağlar (Popov, 2016: 184). Hem tüm dengeli hem de tümevarım niteliği taşımaktadır; ancak ayrıntılı ve zaman alıcı bir sürece ihtiyaç duymaktadır. Neden-sonuç analiz yönteminde, yine papyon analizine benzer şekilde hata ağacı ve olay ağacı analizleri birlikte kullanılır. Yöntem, olaylar arasındaki bağlantıları tanımlayarak arzu edilmeyen sonuçların nelerden kaynaklandığını tespit eder. Neden Sonuç şemasındaki çeşitli olayların olasılığı ile, çeşitli sonuçların olasılıkları hesap edilebilir ve bu şekilde sistemin risk düzeyi ortaya konur (Acar, 2007: 79). Birden fazla hata ve yanlışın bulunduğu sistemlerin analiz edilmesine imkan sağlarken, analistin, analizi yapılan sisteme dair tüm aşamaları çok iyi bilmesi ve değişiklikleri önceden sezmesi gerekmektedir (Özkılıç, 2005: 154).

FMEA yöntemi Amerikan Ordusunda askeri bir prosedür olarak 1949 yılında ortaya çıkmış (MIL-P-1629), askeri personel ve ekipmanlarında görülmesi muhtemel problemlerin sınıflandırılmasında kullanılmıştır. Amerikan Uzay Ajansı NASA tarafından daha da geliştirilerek 1960’larda nükleer enerji endüstrisi ve uzay araştırmalarında başvurulan bir yöntem haline gelmiştir (Popov, 2016: 164). 1970’lerin sonlarına doğru ise üretim, gıda, sağlık, havacılık gibi sektörlerde, en çok da otomotiv sektöründe yayılarak uluslararası “ISO Standardı” haline dönüşmeyi başarmıştır. Yöntemin basit prensipleri, ileri matematik ya da istatistik teknikleri içermemesi, kolay uygulanabilir ve anlaşılabilir olması diğer sektörlerde de yaygın kullanımına olanak sağlamıştır. Ancak avantajlarının yanında limitleri de vardır. Hata türlerinin tek tek incelenmesi gerekmekte, karmaşık ya da iç içe geçmiş birden fazla hatayı barındıran kompleks hata türlerinde kullanılamamaktadır. Ayrıca karmaşık, çok katmanlı sistemler için oldukça fazla zaman harcanması, zor ve sıkıcı bir sürecin yaşanmasına neden olabilmektedir (ISO 31010: 2019).

Bu yöntem farklı gruplamalarda sıralanmaktadır. Uygulama alanları olarak üretim ve hizmet faaliyetlerinde;

- tasarım ve ürüne ait bileşenler için “Tasarım ya da Dizayn FMEA”
  - sistem ve alt sistemler için “Sistem FMEA”
  - üretim montaj ve ilgili süreçler için “Süreç FMEA”
  - ürün kurulum, servis ya da hizmetler için “Hizmet FMEA”
  - yazılımsal sistemler ve kontrolleri için ise “Yazılım FMEA”
- şeklinde adlandırılmaktadır (Popov, 2016: 164).

Ancak Carlson (2015), başka türde FMEA çeşitlerinin de mevcut olduğunu ve tehlike analizlerinin sistem ya da süreç içerisinde emniyete dair oluşan risklere göre de değerlendirilebildiğini öne sürmüştür.



Bu çalışmada FMEA analizi için gerekli aşamalar, aşağıdaki şekilde takip edilmektedir (Sayareh ve Ahouei, 2013: 44):

1. Analiz edilecek öğelerin tanımlanması
2. Analiz edilecek öğelerin işlevlerinin tanımlanması
3. Öğelere ilişkin tüm olası hata türlerinin belirlenmesi
4. Her bir olası hata türüne sebep olabilecek nedenlerin tanımlanması
5. Olası hata türlerinin etkilerinin değerlendirilmesi
6. Her bir olası hata türü için kontrol ve önlemlerin tanımlanması
7. En uygun düzeltici faaliyetlerin risklerin değerlendirilerek alınması.

Yöntemde hata türlerine ait üç tip göstergeye değer biçilir ve göstergeler sayısal ya da sözel anlamda ifade edilir. Bu göstergeler hatanın görülme olasılığı (O), hatanın şiddeti (Ş) ve hatanın meydana gelmesi öncesinde saptanabilirliği, yani zarar meydana getirecek hatanın keşfedilme zorluk derecesidir (S). Olasılık, şiddet ve saptanabilirlik göstergeleri için ayrı ayrı olarak literatürde nümerik skalalar mevcuttur ve genellikle 1-10 arası puanlama kullanılır (Sayareh ve Ahouei, 2013: 44). Bu değerlerin birbirleri ile çarpımı sonucu Risk Öncelik Sayısı (RÖS) hesaplanarak elde edilir. RÖS değerleri ne kadar büyükse risk o kadar fazladır ve en yüksek hesaplanan RÖS değerindeki hataya en önce müdahale edilmelidir. Her bir kriter için belirlenen 1 ile 10 arasındaki skalalardan referans alındığında sonucun minimum 1 ile maksimum 1000 arasında olacağı beklenmelidir. Elde edilen RÖS sonuçları FMEA ekibi tarafından hiyerarşik olarak en büyükten en küçüğe doğru sıralanır. Aynı RÖS değerine sahip iki veya daha fazla hata türü tespit edilmesi halinde ise öncelik sırası yüksek şiddet değeri olanıdır. Şiddet değerleri de aynı ise bu sefer saptanabilirlik değerleri karşılaştırılır ve hangisi daha yüksekse öncelik ona verilir. RÖS öncelik sırasına göre gerekli görülen tedbirlerin ve düzeltici faaliyetlerin alınması sağlanarak eşik değerin altına düşürülmeye çalışılır. RÖS değerleri eşik tablosu FMEA ekibi tarafından analiz edilecek sistem, süreç ya da öğeye dair belirlenir ve değerlerin düşük risk grubuna düşürülmesi amaçlanır (Erdoğan, 2022:36).

Çalışma kapsamında kullanılan RÖS eşik değerleri Tablo 1'deki gibi gösterilmektedir:

**Tablo 1: RÖS Eşik Değerleri**

RÖS Değeri	Değerlendirme
$RÖS \leq 50$	Düşük Risk
$50 < RÖS \leq 100$	Orta Risk
$100 < RÖS \leq 200$	Yüksek Risk
$200 < RÖS \leq 1000$	Çok Yüksek Risk

Kaynak: Yazar

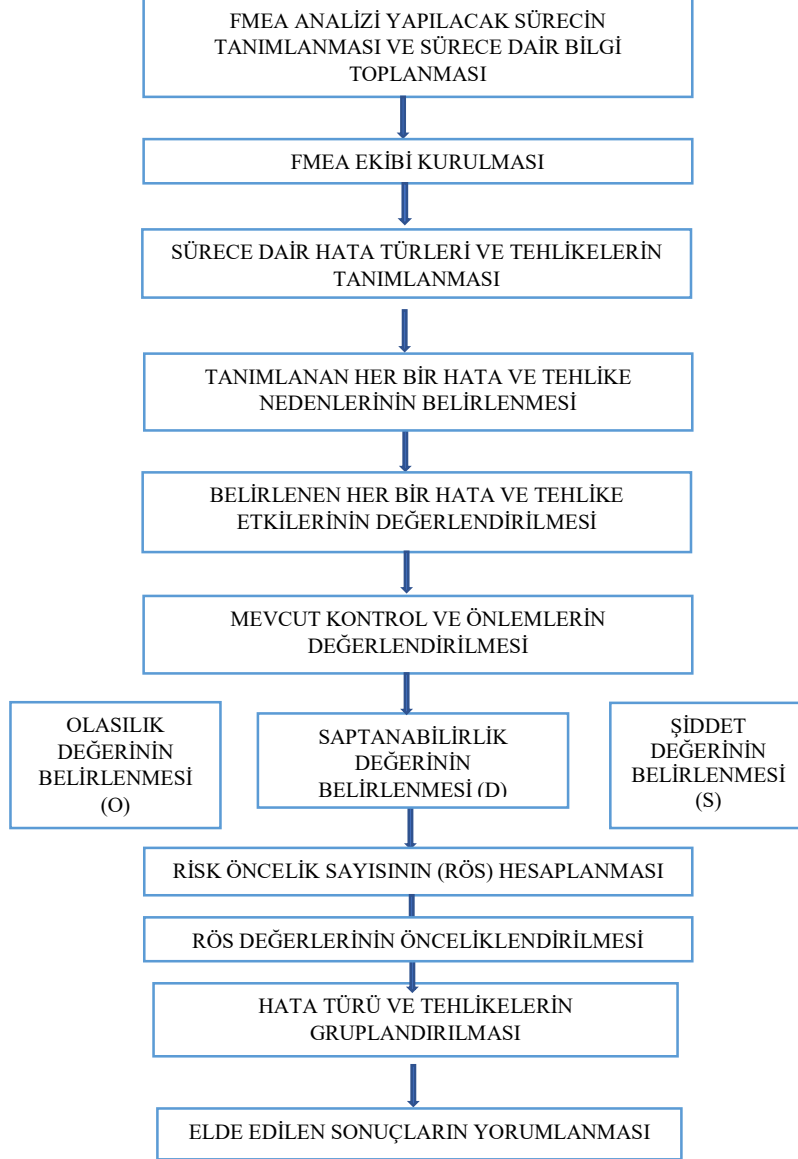
Geçmişe dair kayıtların incelenmesi ve farklı seviyelerdeki uzmanlardan oluşan bir ekibin değerlendirmesiyle ortaya çıkan yaklaşımlar analizin bel kemiğini oluşturmaktadır. Carlson (2015)'e göre FMEA analizi bir ekip çalışmasını gerektirdiğinden analizi yapılacak sürece dair çeşitli kademelerde uzmanlaşmış 4-8 kişi arasında değişen bir ekip kurulmalıdır. Farklı kademelerden seçilen uzmanlar farklı bakış açıları sunarak tecrübeleri doğrultusunda ortaya daha geniş kapsamda ve detaylı bir değerlendirme sunabilir. Bu nedenle çalışma içerisinde FMEA ekibi oluşturulurken destek ve çekirdek grupları düzenlenmiş; destek grubunda, sorumlu ve gerektiğinde bilgi sağlayıcı nitelikte olan ekip üyeleri yer alırken, çekirdek grup için ise karar verici ve aynı uzmanlık derecesine sahip nitelikteki ekip üyeleri seçilmiştir. Üyeler dökme yük gemilerinde hizmet etmiş gemi adamlarından oluşmakta ve özel bir armatör firmasında çalışmaktadır. Çekirdek grupta yer alan üyeler uzakyol kaptanı ve uzakyol baş mühendislerinden seçilmiş, destek veren grupta ise uzakyol 2.kaptanı ile vardiya zabiti/mühendisleri yer almıştır. Üyelere ait profiller Tablo.2'deki şekilde gösterilmektedir:

**Tablo 2: FMEA Ekibi Uzman Profilleri**

Üyeler	Yeterlilik	Çalıştığı pozisyon	Hizmet süresi
Üye 1	Uzakyol Baş Mühendisi	Makine Enspektörü	10 yıl üzeri
Üye 2	Uzakyol Kaptanı	Güverte Enspektörü	10 yıl üzeri
Üye 3	Uzakyol Baş Mühendisi	Makine Enspektörü	15 yıl üzeri
Üye 4	Uzakyol Kaptanı	Güverte Enspektörü	10 yıl üzeri
Üye 5	Uzakyol 2.Kaptan	HSEQ Kıdemli Uzman	3 yıl üzeri
Üye 6	Uzakyol vardiya zabiti	Personel Md. Yrd.	2 yıl üzeri
Üye 7	Uzakyol vardiya mühendisi	Teknik sorumlu	1 yıl üzeri

Kaynak: Yazar

Çalışma dahilinde takip edilen ve FMEA risk analizi ile yapılan uygulamaya dair akış diyagramında Şekil 1’de özetlenmiştir.



**Şekil 1:** FMEA risk analizi yapılan uygulamanın akış diyagramı

### 3.1. Araştırma

Araştırmada, kuruyük sektöründe gemi işleten bir armatör şirketine ait dökme yük gemisi seçilmiştir. Araştırma, aralıklı olarak 2021-2023 yılları arasında yürütülmüş ve dökme yük gemisine ait Tablo 3'te listelenmiş kapalı alanlar dikkate alınmıştır:

**Tablo 3:** Dökme Yük Gemisine Ait Kapalı Mahaller

No	Kapalı Mahal İsmi	No	Kapalı Mahal İsmi
1	No.1 Ambar	35	Soğutma suyu tankı
2	No.2 Ambar	36	Ambar Yıkama Tank (İskele)
3	No.3 Ambar	37	Ambar Yıkama Tankı (Sancak)
4	No.4 Ambar	38	Soğutma Suyu Dreyn Tankı
5	No.5 Ambar	39	Pis Su Tankı
6	Kıç Pik Tank	40	Sintine Tankı
7	No.1 Balast Tankı (İskele)	41	Atık Su Tankı
8	No.1 Balast Tankı (Sancak)	42	Slaç Tank
9	No.2 Balast Tankı (İskele)	43	Zincirlik (İskele)
10	No.2 Balast Tankı (Sancak)	44	Zincirlik (Sancak)
11	No.3 Balast Tankı (İskele)	45	M/E Karter
12	No.3 Balast Tankı (Sancak)	46	M/E Skavenc Mahali
13	No.4 Balast Tankı (İskele)	47	Yardımcı Kazan
14	No.4 Balast Tankı (Sancak)	48	Sabit CO2 Dairesi
15	No.5 Balast Tankı (İskele)	49	Boyalık
16	No.5 Balast Tankı (Sancak)	50	Akü Dairesi
17	Baş Pik Tank	51	Irgat Dairesi
18	No.1 H.F.O Tankı	52	Yangın Pompa Mahali
19	No.2 H.F.O Tankı	53	Boru Tüneli
20	No.3 H.F.O Tankı	54	Dümen Kovanı
21	No.4 H.F.O Tankı		
22	No.1 MGO Tankı		
23	No.2 MGO Tankı		
24	HFO Servis Tankı		
25	HFO Sett. Tankı		
26	MGO Servis Tankı		
27	No.1 Silindir Yağ Tankı		
28	No.2 Silindir Yağ Tankı		
29	Dizel Jen. Y. Yağı Dinlendirme Tankı		
30	G/E L.O. Stor. Tankı		
31	M/E L.O. Sump Tank		
32	Yağ Dreyn Tankı		
33	Tatlı Su Tank (Sancak)		
34	Tatlı Su Tankı (İskele)		

Kaynak: Yazar

Tablo 4'te yer alan hata türleri, neden ve etkilerinin tanımlanabilmesi için ilk aşamada, işletmenin kendi gemilerinde kullandığı kapalı mahal giriş izinleri, çalışma prosedürleri ve risk değerlendirmeleri incelenmiştir. İkinci aşamada, literatür taraması yoluyla edinilen hata türleri, neden ve etkileri listelenmiş; son aşamada ise FMEA ekibinin tecrübe ve uzmanlıklarından yararlanılmıştır.

**Tablo 4: Kapalı Mahallere Ait Hata Türleri, Neden ve Etkileri**

No	Olası Hata ve Tehlikelerin Türü	Olası Hata ve Tehlikelerin Nedenleri	Olası Hata ve Tehlikelerin Etkileri
H01-1	Havasızlıktan boğulma	Oksijen eksikliği ya da zenginliği	Ciddi hayati tehlike, ölüm
H01-2		Mahal atmosferinin ölçülmemesi, yanlış ölçümü	
H01-3	Havasızlıktan boğulma	Kapalı mahal giriş ve çalışma prosedürlerinin takip edilmemesi (Bilgi eksikliği, aşırı özgüven, umursamama, itaatsizlik)	Ciddi hayati tehlike, ölüm
H01-4		Yetersiz giriş - kaçış yolları, fazla sayıda kompartıman, dar geçiş menholleri	
H01-5		Uygun olmayan KKE ekipman kullanımı	
H01-6		Yetersiz hava, yanlış/yetersiz havalandırma	
H02-1	Yüksekten düşme	Kaygan (ıslak, çamurlu, yağlı vb.) merdiven basamakları	Basit yaralanma (Kesik, ezilme, morarma, kafa travması, kemiklerde çatlama, kırılma), ciddi yaralanma, ölüm
H02-2		Yapı elemanlarının deformasyonu (Kopuk puntel, hasarlı merdiven basamağı ya da platformu)	
H02-3		Ellerin serbest olmayışı ve doğru KKE kullanmama	
H02-4		Aceleci davranma	
H02-5		Yeterli aydınlatmanın sağlanmaması	
H02-6		Gemi hareketi (yalpa, ağır hava koşulları gibi)	
H03-1	Zehirli mahal atmosferi	Yetersiz hava, yanlış/yetersiz havalandırma	Ciltte, gözlerde ve boğazda tahriş, baş

H03-2		Mahalde çalışan makinelerden çıkan egzoz gazları	ağrısı, baş dönmesi, bilinç kaybı, ciddi hayati tehlike, ölüm
H03-3	Zehirli mahal atmosferi	Mahaldeki yük tozu, yük kalıntısından açığa çıkan zehirli gaz, duman, buhar	Ciltte, gözlerde ve boğazda tahriş, baş ağrısı, baş dönmesi, bilinç kaybı, ciddi hayati tehlike, ölüm
H03-4		Ambarlarda taşınan yüklerden veya boya sonrası açığa çıkan zehirli gazlar	
H03-5		Ambarlardaki yük fümigasyon gazlarının bitişik mahallere sızması	
H03-6		Mahal atmosferinin ölçülmemesi, yanlış ölçümü	
H03-7	Zehirli mahal atmosferi	Mahalde zehirli gaz ceplerinin varlığı	Ciltte, gözlerde ve boğazda tahriş, baş ağrısı, baş dönmesi, bilinç kaybı, ciddi hayati tehlike, ölüm
H04-1	Yanıcı/Patlayıcı Mahal Atmosferi	Yetersiz havalandırma	Yangın, patlama, yaralanma, ölüm
H04-2		Sıcak çalışma	
H04-3		Statik Elektrik (Yük tozu vs.)	
H05-1	Isıl yorgunluk, stress	Yetersiz havalandırma, susuzluk, gereğinden fazla giyinme	Baygınlık Dehidrasyon, bilinç kaybı
H05-2		Komşu yük ve yakıt tanklarının yüksek sıcaklıkları	
H06-1	Oksijen yetersizliği	Yetersiz Havalandırma	Boğulma, ciddi hayati tehlike, ölüm
H06-2		Boya uygulaması-boya kuruması	
H06-3		Sıcak çalışma (kaynak, kesme)	
H06-4		Paslanma	
H07-1	İletişim eksiklikleri	İletişim araçlarının (VHF, UHF vb.) düzgün çalışmaması veya sinyallerin ulaşmaması	Ciddi hayati tehlike, ölüm
H07-2		Mahalde sağlanacak iletişim hakkında önceden bilgilendirme yapılmaması	
H07-3		Gözcü(lerin) yerlerini terk etmesi	

H08-1	Deri teması	Uygun olmayan KKE ekipman kullanımı	Alerji, deri hastalığı, yaralanma
H09-1	Yutulma (Boğulma)	İzole edilmeyen kesici valf - devre, toz/taneli yüklerin kayması	Ciddi Hayati Tehlike, Ölüm
H10-1	Gürültü	Uygun olmayan KKE ekipman kullanımı	İşitme problemleri
H11-1	Elektrik çarpması	Elektriksel izolasyonun sağlanmaması	Yaralanma, ölüm
H11-2		Uygun olmayan KKE ekipman kullanımı	
H11-3		Çalışma sırasında mahalde kontrolsüz ıslaklık, su birikintileri	
H12-1	Yetersiz acil müdahale ekipmanı	Yıpranmış, kalitesiz, güvenilir olmayan ekipman kullanımı	Acil kurtarma eyleminde gecikme, yaralanma, ciddi hayati tehlike, ölüm
H13-1	Yetersiz, acil müdahale eylemi	Eksik, hasarlı acil kurtarma donanımı, eksik/yanlış bilgi, yetersiz eğitim/talim, acele etme	Acil kurtarma eyleminde gecikme, yaralanma, ciddi hayati tehlike, ölüm
H14-1	Planlanmamış, bilinmeyen girişler	Bitişik alandan mahale girmeye çalışma, yetkili ve sorumlu kişiye haber vermemeye, giriş-çıkış menholünün kontrolsüz açılıp kapanması	Ciddi hayati tehlike, ölüm
H15-1	Sağlıklı düşünememe	Aşırı yorgunluk, psikolojik etmenler (korku, panik, hiyerarşik düzen)	Ciddi hayati tehlike, ölüm
H15-2		Sıcak Çarpması	
H16-1	Kaygan zemin	Ortamdaki nem, zeminde çamur, tanklardaki organik oluşumlar veya yağ nedeniyle kayarak düşme	Fiziksel yaralanma, ciddi hayati tehlike
H17-1	Mahalin keskin yapı elemanları	Yapısal elemanlardaki deformasyonlar	Fiziksel yaralanmalar

Kaynak: Yazar

Tablo 4'te görüleceği üzere toplamda 17 hata ve tehlike türü saptanmış, ancak çoklu etken nedenlerinden kaynaklı olarak 44 adet hata kodu ortaya konmuştur. Hata ve tehlikelerin belirlenmesi sonrasında FMEA ekibi tarafından literatürde kullanılan nümerik skalalar

referansında olasılık (O), şiddet (Ş) ve saptanabilirlik (S) göstergeleri için ölçeklendirmeler hazırlanmıştır.

Bu çalışma kapsamında Birgören ve Yalçınkaya (2019)'nın "İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesinde Hata Türleri ve Etkileri Analizinin (FMEA) Kullanımı" isimli çalışmasında yer alan ve International SEMATECH (1992) kılavuzundan uyarlanan 1-10 arası puanlamalar kullanılmıştır. Puanlamalar, hata türünün şiddeti ve olasılığı için FMEA ekibiyle birlikte oluşturulan aşağıdaki Tablo. 5 ve Tablo. 6'dan faydalanılarak yapılmış, saptanabilirlik için Tablo 7 ölçekleri kullanılmıştır.

**Tablo 5:** Şiddet seviye tanımları

Derece	Önem	Düzye Açıklaması
10	Personel Ölümü, Felaket	Önemli, büyük, ulusal ve uluslararası etki
7-9	Ciddi personel yaralanması	Hatırı sayılır derecede etkili
4-6	Yatarak medikal tedavi gerektirecek birkaç çok ciddi olmayan yaralanma	Hafif Etki
1-3	Ufak tefek hasar veya ilk yardım yeterli şekilde yaralanma, ayakta tedavi	Etki yok

Kaynak: Yazar

Risk analizi, risklerin nedeni ve kaynağı, sonuçları ve aynı sonuçların tekrarlanma olasılığı üzerinde durur (Özdilek, 2014: 107). Hata türünün etkisi ile ortaya çıkan kayıp veya zararların tanımlanması ve bir ölçek haline getirilerek hata etkisinin sonuçlarını değerlendirmek amacıyla derecelendirme yapılmaktadır. Hata türlerini ve etkilerini belirlerken kullanılan geçmişe dair bilgilerin tümü, aynı şekilde şiddet seviye tanımlamalarını belirlerken de kullanılmıştır.



**Tablo 6:** Olasılık Sıralama Ölçütleri

Sıra	Açıklama	
10	Kaçınılmaz, çok yüksek	Her sefer sırasında
9	Oldukça Yüksek	Birkaç seferde bir kez
8	Oldukça Yüksek	1 senede bir kez
7	Oldukça Yüksek	1 seneden fazla 2 seneden az
6	Ara Sıra	2-5 sene içerisinde bir kez
5	Ara Sıra	5 senede bir kez
4	Ara Sıra	5-10 sene içerisinde bir kez
3	Oldukça Düşük	10-15 senede bir kez
2	Oldukça Düşük	15 senede bir kez
1	Nadiren	25-30 senede bir kez

Kaynak: Yazar

Kapalı alanlarda çalışma, İSG uzmanlık alanında değerlendirilmesi gereken tehlikeli bir iştir. İş öncesi ve işin yapılması esnasında maruz kalınan ortam tehlikeleri yanında kullanılan emniyet ekipmanlarında, prosedürlerde vb. unsurlardaki hatalar ile çalışanların davranış ve tutumlarından kaynaklı tehlikelerin varlığı da değerlendirilmelidir (Birgören ve Yalçınkaya, 2019: 45). Bu nedenle saptanabilirlik ölçütlerinde hata türlerinin saptanabilirliği tanımlı yerine İSG'nin kontrol hiyerarşisi kapsamı esas alınarak kontrol ve önlemlerin uygulanmasına göre düzenlenen Tablo 7 referans alınmıştır.

**Tablo 7:** Saptanabilirlik Sıralama Ölçütleri

Sıra	Açıklama	
1-2	Tehlikelerle kaynağında mücadele yapılmaktadır	Çok yüksek, hemen hemen kesin saptanabilir
3-4	Mühendislik kontrolleri yapılmaktadır	Yüksek ortalamada saptanabilir
5-7	Uyarılar ve idari kontroller yapılmaktadır	Orta düzeyde saptanabilir
8-9	Kişisel koruyucu donanım kullanılmaktadır	Çok düşük veya düşük seviyede saptanabilir
10	Hemen hiçbir güvenlik önlemi alınmamıştır	Sıfıra yakın, mümkün değil saptanamaz

Kaynak: Birgören ve Yalçınkaya, 2019

#### 4. BULGULAR

FMEA ekip üyelerince 44 tehlike ve hata kodlaması için olasılık, şiddet ve saptanabilirlik puanlamaları çekirdek ekipte bulunan üyelerin bireysel değerlendirmeleriyle yapılmıştır. Puanlamaların aritmetik ortalamaları alınarak ortaya çıkan son değerler nezdinde Tablo 8'deki RÖS 'ler hesaplanmıştır.

**Tablo 8:** RÖS Değerleri

No	Olası Hata ve Tehlikelerin Türü	Olası Hata ve Tehlikelerin Nedenleri	Olası Hata ve Tehlikelerin Etkileri	Olasılık	Şiddet	Saptanabilirlik	RÖS
H1-1	Havasızlıktan boğulma	Oksijen eksikliği ya da zenginliği	Ciddi hayati tehlike, ölüm	7	9.75	2.25	153.56
H1-2	Havasızlıktan boğulma	Mahal atmosferinin ölçülmemesi, yanlış ölçümü	Ciddi hayati tehlike, ölüm	3.75	9.5	5	178.13
H1-3	Havasızlıktan boğulma	Kapalı mahal giriş ve çalışma prosedürlerinin takip edilmemesi (Bilgi eksikliği, aşırı özgüven, umursamama, itaatsizlik)	Ciddi hayati tehlike, ölüm	5.5	8.5	3	140.25
H1-4	Havasızlıktan boğulma	Yetersiz giriş - kaçış yolları, fazla sayıda kompartıman, dar geçiş menholleri	Ciddi hayati tehlike, ölüm	6.25	7.25	1.75	79.30
H1-5	Havasızlıktan boğulma	Uygun olmayan KKE ekipman kullanımı	Ciddi hayati tehlike, ölüm	4	7	2.75	77.00
H1-6	Havasızlıktan boğulma	Yetersiz hava, yanlış/yetersiz havalandırma	Ciddi hayati tehlike, ölüm	6.5	9.25	2	120.25

H2-1	Yüksekten düşme	Kaygan (ıslak, çamurlu, yağlı vb.) merdiven basamakları	Basit yaralanma (Kesik, ezilme, morarma, kafa travması, kemiklerde çatlama, kırılma), ciddi yaralanma, ölüm	6.75	7	2.75	129.94
H2-2	Yüksekten düşme	Yapı elemanlarının deformasyonu (Kopuk puntel, hasarlı merdiven basamağı ya da platformu)	Basit yaralanma (Kesik, ezilme, morarma, kafa travması, kemiklerde çatlama, kırılma), ciddi yaralanma, ölüm	5.75	6.5	3.25	121.47
H2-3	Yüksekten düşme	Ellerin serbest olmayışı ve doğru KKE kullanmama	Basit yaralanma (Kesik, ezilme, morarma, kafa travması, kemiklerde çatlama, kırılma), ciddi yaralanma, ölüm	4.75	6.25	4.25	126.17
H2-4	Yüksekten düşme	Acelecı davranma	Basit yaralanma (Kesik, ezilme, morarma, kafa travması, kemiklerde çatlama, kırılma), ciddi yaralanma, ölüm	5	5.75	5.75	165.31
H2-5	Yüksekten düşme	Yeterli aydınlatmanın sağlanmaması	Basit yaralanma (Kesik, ezilme, morarma, kafa travması, kemiklerde çatlama, kırılma), ciddi yaralanma, ölüm	5.5	5.75	3	94.88
H2-6	Yüksekten düşme	Gemi hareketi (yalpa, ağır hava koşulları gibi)	Basit yaralanma (Kesik, ezilme, morarma, kafa travması, kemiklerde çatlama, kırılma), ciddi yaralanma, ölüm	5	6.75	4.75	160.31
H3-1	Zehirli mahal atmosferi	Yetersiz hava, yanlış/yetersiz havalandırma	Ciltte, gözlerde ve boğazda tahriş, baş ağrısı, baş dönmesi, bilinç kaybı, ciddi hayati tehlike, ölüm	5.75	9.25	2.25	119.67
H3-2	Zehirli mahal atmosferi	Mahalde çalışan makinelerden çıkan egzoz gazları	Ciltte, gözlerde ve boğazda tahriş, baş ağrısı, baş dönmesi, bilinç kaybı, ciddi hayati tehlike, ölüm	3.75	7.5	2.75	77.34
H3-3	Zehirli mahal atmosferi	Mahaldeki yük tozu, yük kalıntısından açığa çıkan zehirli gaz, duman, buhar	Ciltte, gözlerde ve boğazda tahriş, baş ağrısı, baş dönmesi, bilinç kaybı, ciddi hayati tehlike, ölüm	4	7.5	4.5	135.00
H3-4	Zehirli mahal atmosferi	Ambarlarda taşınan yüklerden veya boya sonrası açığa çıkan zehirli gazlar	Ciltte, gözlerde ve boğazda tahriş, baş ağrısı, baş dönmesi, bilinç kaybı, ciddi hayati tehlike, ölüm	3.5	7.5	4.5	118.13
H3-5	Zehirli mahal atmosferi	Ambarlardaki yük fümigasyon gazlarının bitişik mahallere sızması	Ciltte, gözlerde ve boğazda tahriş, baş ağrısı, baş dönmesi, bilinç kaybı, ciddi hayati tehlike, ölüm	6.25	7.75	4.5	217.97

H3-6	Zehirli mahal atmosferi	Mahal atmosferinin ölçülmemesi, yanlış ölçümü	Ciltte, gözlerde ve boğazda tahriş, baş ağrısı, baş dönmesi, bilinç kaybı, ciddi hayati tehlike, ölüm	5.25	8	4.25	178.50
H3-7	Zehirli mahal atmosferi	Mahalde zehirli gaz ceplerinin varlığı	Ciltte, gözlerde ve boğazda tahriş, baş ağrısı, baş dönmesi, bilinç kaybı, ciddi hayati tehlike, ölüm	6	8.75	5.75	301.88
H4-1	Yanıcı/Patlayıcı Mahal Atmosferi	Yetersiz havalandırma	Yangın, patlama, yaralanma, ölüm	4.75	9	3	128.25
H4-2	Yanıcı/Patlayıcı Mahal Atmosferi	Sıcak çalışma	Yangın, patlama, yaralanma, ölüm	6.5	7.75	2.25	113.34
H4-3	Yanıcı/Patlayıcı Mahal Atmosferi	Statik elektrik (Yük tozu vs.)	Yangın, patlama, yaralanma, ölüm	5.25	6.5	4.75	162.09
H5-1	Isıl yorgunluk, stres	Yetersiz havalandırma, susuzluk, gereğinden fazla giyinme	Baygınlık Dehidrasyon, bilinç kaybı	5	6.25	3	93.75
H5-2	Isıl yorgunluk, stres	Komşu yük ve yakıt tanklarının yüksek sıcaklıkları	Baygınlık Dehidrasyon, bilinç kaybı	5	4.75	2	47.50
H6-1	Oksijen yetersizliği	Yetersiz Havalandırma	Boğulma, ciddi hayati tehlike, ölüm	6.5	9.5	2.25	138.94
H6-2	Oksijen yetersizliği	Boya uygulaması-boya kuruması	Boğulma, ciddi hayati tehlike, ölüm	4.75	6.75	2.75	88.17
H6-3	Oksijen yetersizliği	Sıcak çalışma (kaynak, kesme)	Boğulma, ciddi hayati tehlike, ölüm	5.75	7.25	2.25	93.80
H6-4	Oksijen yetersizliği	Paslanma	Boğulma, ciddi hayati tehlike, ölüm	4.25	4.75	2	40.38
H7-1	İletişim eksiklikleri	İletişim araçlarının (VHF, UHF vb.) düzgün çalışmaması veya sinyallerin ulaşmaması	Ciddi hayati tehlike, ölüm	5.25	5.5	2	57.75
H7-2	İletişim eksiklikleri	Mahalde sağlanacak iletişim hakkında önceden bilgilendirme yapılmaması	Ciddi hayati tehlike, ölüm	5.5	6.5	2.25	80.44
H7-3	İletişim eksiklikleri	Gözcü(lerin) yerlerini terk etmesi	Ciddi hayati tehlike, ölüm	4	5.5	4.25	93.50
H8-1	Deri teması	Uygun olmayan KKE ekipman kullanımı	Alerji, deri hastalığı, yaralanma	4.25	4.5	3.5	66.94
H9-1	Yutulma (Boğulma)	İzole edilmeyen kesici valf -devre, toz/taneli yüklerin kayması	Ciddi Hayati Tehlike, Ölüm	5	7.5	4.25	159.38
H10-1	Gürültü	Uygun olmayan KKE ekipman kullanımı	İşitme problemleri	3	4	3.25	39.00
H11-1	Elektrik çarpması	Elektiriksel izolasyonun sağlanmaması	Yaralanma, ölüm	4.25	8.75	3.25	120.86
H11-2	Elektrik çarpması	Uygun olmayan KKE ekipman kullanımı	Yaralanma, ölüm	4.5	8.5	3	114.75
H11-3	Elektrik çarpması	Çalışma sırasında mahalde kontrolsüz ıslaklık, su birikintileri	Yaralanma, ölüm	6.5	8	3	156.00
H12-1	Yetersiz acil müdahale ekipmanı	Yıpranmış, kalitesiz, güvenilir olmayan ekipman kullanımı	Acil kurtarma eyleminde gecikme, yaralanma, ciddi hayati tehlike, ölüm	5.75	6.75	2.25	87.33
H13-1	Yetersiz, kifayetsiz acil müdahale eylemi	Eksik, hasarlı acil kurtarma donanımı, eksik/yanlış bilgi, yetersiz eğitim / talim, acele etme	Acil kurtarma eyleminde gecikme, yaralanma, ciddi hayati tehlike, ölüm	5.75	6.75	3.25	126.14

H14-1	Planlanmamış, bilinmeyen girişler	Bitişik alandan mahale girmeye çalışma, yetkili ve sorumlu kişiye haber vermeme, giriş-çıkış menholünün kontrolsüz açılıp kapanması	Ciddi hayati tehlike, ölüm	5	8.25	5.5	226.88
H15-1	Sağlıklı düşünmemek	Aşırı yorgunluk, psikolojik etmenler (korku, panik, hiyerarşik düzen)	Ciddi hayati tehlike, ölüm	6	7	5	210.00
H15-2	Sağlıklı düşünmemek	Sıcak Çarpması	Ciddi hayati tehlike, ölüm	5.25	5.75	3.75	113.20
H16-1	Kaygan zemin	Ortamdaki nem, zeminde çamur, tanklardaki organik oluşumlar veya yağ nedeniyle kayarak düşme	Fiziksel yaralanma, ciddi hayati tehlike	6.25	7	2.5	109.38
H17-1	Mahalin keskin yapısal elemanları	Yapısal elemanlardaki deformasyonlar	Fiziksel yaralanmalar	4.75	5.5	3.25	84.91

Kaynak: Yazar

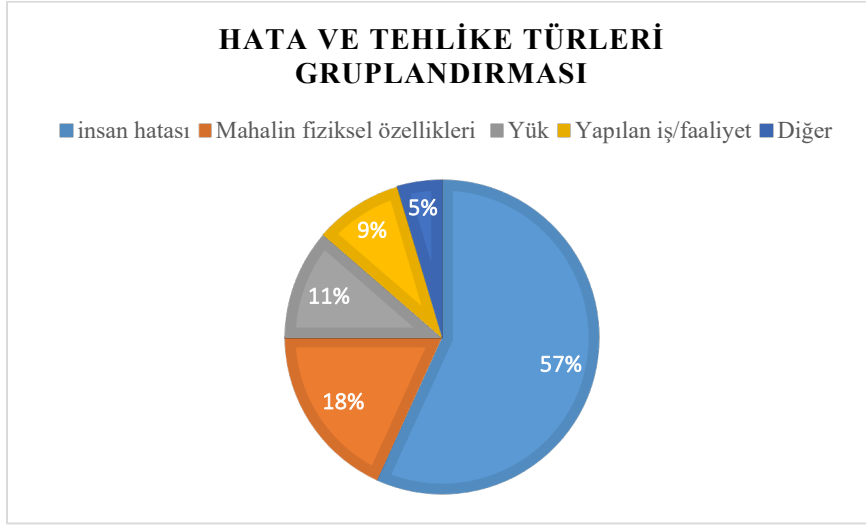
Tablo 8'deki RÖS değerleri incelendiğinde, en yüksek değer H3-7 kodlu hata ve tehlike türü “zehirli mahal atmosferi” ve neden olarak da mahaldeki gaz ceplerinin varlığı gösterilmiştir. En düşük RÖS değerine bakıldığında H10-1 kodlu hata ve tehlike türü gürültüdür. Nedeni ise uygun olmayan kişisel korunma ekipmanı (KKE) olarak tespit edilmiştir. Sırasıyla inceleme yapıldığında en yüksekte başlayarak risk oluşturan durumlar, zehirli mahal atmosferi, planlanmamış bilinmeyen girişler, sağlıklı düşünmememe, havasızlıktan boğulma, mahalde yüksekte düşme, yanıcı/patlayıcı mahal atmosferi, yutulma (boğulma), elektrik çarpması, oksijen yetersizliği, yetersiz acil müdahale eylemleri, kaygan zemin, ısı yorgunluk, iletişim eksiklikleri, yetersiz acil müdahale ekipmanı, mahal keskin (deforme) yapısal elemanları, deri teması ve gürültüdür.

RÖS değerleri arasında direk insan hatası faktöründen kaynaklı olan 25 adet ve olmayan 19 adet hata ve tehlike türleri karşımıza çıkmaktadır. Bu gruplandırma Şekil 2'deki grafik ile görselleştirilmiş; %57 insan hatasından kaynaklı hata ve tehlike türleri ile %43 diğer unsurlardan kaynaklı hata ve tehlike türleri tespit edilmiştir.



**Şekil 2:** Hata ve Tehlike Türleri Yüzdesel Dağılımı

İnsan hatası faktörü dışındaki diğer hatalar ise “mahalin fiziksel özellikleri”, “yük”, “mahalde yapılan faaliyet / iş” ve “diğer” unsurlar kaynaklı gruplandırmalarında değerlendirildiğinde hata sayılarına göre dağılımı Şekil 3’teki gibi olmaktadır.



**Şekil 3:** Hata ve Tehlike Türleri Gruplandırması

Şekil 2’deki grafikte görüldüğü üzere insan hatalarından kaynaklı hata ve tehlike türleri %57 ile başı çekmektedir. Şekil 3’te ise insan hatası faktörü dışında kalan unsurlar olarak nitelenen gruplandırma dahilinde %18’lik dilimle mahalin fiziksel özellikleri ilk sırada yer almakta, takiben

%11 ile taşınan yük, sonrasında %9 ile mahalde yapılan iş/faaliyetler ve son olarak da %5 ile diğer çeşitli tehlike ve hata türleri saptanmıştır.

Literatürde tüm gemi tipleri kapsamında kapalı mahaller ile ilgili yapılan az sayıdaki çalışmada kazalara yol açan birincil faktörün insan kaynaklı olduğu vurgulanmış (Soner ve Çelik, 2020; Soner, 2021); farklı olarak bir diğer çalışmada ise birincil faktör, denizcilik endüstrisi tarafından gemi personeli üzerindeki yoğun ticari ve zaman baskısı nedeni ile emniyete dair bazı kritik adımların atlanabilmesi olarak ifade edilmiştir (Sakar vd. 2022). İnsan hatasının büyük pay alarak gruplandırıldığı bu çalışmada ise dökme yük gemi tipi ele alınarak mahallerin fiziksel özellikleri ve taşınan yük ile ilgili hataların, yüksek risk değerlerine ulaştıkları ortaya konmak istenmiştir.

Dökme yük gemileri, yapılarından dolayı tanker ve diğer gemi tiplerinden farklı olarak, özellikle kapalı alan olarak tanımlanan yük taşınan bölümlerinde hem insan hem de yük ile ilgili faaliyetlerin diğer gemi tiplerinden daha fazlaca yaşandığı gemilerdir. Bu gemilerin yük taşınan ambarlarında kullanılan yüksek ve dik merdivenler, gemi personeli ya da liman işçilerinin fiziki yaralanmalarında önemli rol oynamaktadır. Gemi personelinin mesleki kazalarının değerlendirildiği bazı çalışmalarda, en çok güverte ve kapalı mahal olarak yük taşınan bölümler (tanklar, ambarlar) kazaya maruz kalınan mahaller olarak bildirilmektedir (Hansen vd,2002; Uğurlu vd., 2017). 1999-2018 dönemi içerisinde beyan edilen ölümlü kazalardan 88'inin yine kaza lokasyonu olarak ambar merdivenleri kayıtlara geçmiştir (Drybulk terminals, 2019).

Ambarların fiziki şartlarının yanında içerisinde taşınan yükler de tehlike oluşturmaktadır (Hedlund ve Hilduberg, 2017: 89). Yüklerden kaynaklı tehlikelere (kokusuz ve zehirli gazlar üretmesi, oksijen tüketebilmesi vb.) ilave olarak farklı yükler için kullanılan farklı tipte zehirli ilaçlar (fumigasyon ilaçları) da risk yaratmaktadırlar. Ambarlardaki yüklerin bozulmasını ve böceklenmesini önleyen bu ilaçlarla direk deri teması, ilaçlardan sızıntı, doğal ya da mekanik havalandırma yoluyla zehirli gazların yayılması, yaşam mahallerine veya güvertede rutin çalışma alanlarına ulaşarak gemi personelinin zehirlenme veya ölümlerine sebebiyet verebilmektedir. Dolayısı ile bu çalışmalar ile araştırma içerisinde ortaya konan bulgular uyumluluk göstermektedir.

## **5. SONUÇ**

Bu çalışmada dökme yük gemilerinde kapalı mahal hata ve tehlikelerine odaklanılmış; mevcut regülasyonlar ve literatür incelenerek

bir armatör firması tarafından işletilen dökme yük gemisi örneğinde, kapalı mahal hata ve tehlikeleri belirlenmiştir. FMEA yöntemiyle bu hata ve tehlikeler önceliklendirilerek birincil önlem alınması gerekli olanlar uzmanların bakış açısından ortaya konulmuştur. Ancak düzeltici faaliyet ve önlemler bu çalışmanın kapsamında yer almamıştır. Bu çalışmanın, gemi tipleri özelinde kapalı mahaller ve tehlikeleri ile gemi çalışanlarından farklı olarak liman çalışanları için de kapalı mahal tehlike algıları ve risk analizleri hakkında ileride yapılabilecek farklı analiz çalışmalarına referans kaynağı olması hedeflenmektedir.

Dökme yük gemileri dizaynları gereği oldukça fazla sayıda kapalı mahal içermekte ve bu mahallerde taşınan yüklerle ilgili işler ya da yapılan faaliyetler limanda veya seyirde süreklilik arz etmektedir. Kara endüstrilerinde ve diğer gemi tiplerinde olduğu gibi tehlike ve risklerin en iyi şekilde yönetilmesi ve mümkün mertebe asgari düzeyde tutulması gereklidir. Dolayısı ile öncelikle insan faktörü değerlendirilmeli ve bunun için insan hatalarını önleyici faaliyetlerin gerek gemilerin dizayn aşamalarında gerekse sonradan ilave teknolojik çözümler sunularak geliştirilmesi önerilmektedir. Dökme yük gemilerinde ambarlar, ambarlara bitişik mahaller ya da balast tankları gibi periyodik giriş yapılan kapalı mahallerde sabit gaz sensörlerinin bulundurulması, uzaktan kumanda edilebilecek araçların mahal giriş öncesi kontrol veya mahal girişine gerek kalmadan içeride kullanılması gibi mühendislik çözümlerin ulaşılabilir maliyetlerde sektörde yaygınlaştırılması proaktif bir yaklaşımdır.

Taşınan tehlikeli yükler değerlendirildiğinde, dökme yük gemi personeli ve/veya liman işçilerinin, yüklere dair tanker gemileri personeline olduğu gibi özel sertifikasyon ya da eğitim zorunlulukları bulunmadığından, bu gemi tiplerinde çalışan gemi adamlarının emniyet kültürü perspektifinde daha çok desteklenmesi önerilmektedir. Bu nedenle dökme yük gemi personelinin ya da liman işçilerinin kapalı mahal tehlike algılarının geliştirilmesine yönelik periyodik görsel ve işitsel eğitimlere tabi tutulmaları; ayrıca bu konudaki risk değerlendirmelerinin nasıl yapılacağına dair eğitim içerikleri hazırlanarak sertifikasyon programları oluşturulması, bu alandaki emniyet kültürünün artırılmasına katkı sağlayacaktır.

Dökme yük gemileri kapalı mahallerinde yapılan iş ve faaliyetler başta ambarlarda yük elleçleme, yük denetimi, ölçümler, ambar yıkama ve temizliği, balast, yakıt, tatlı su gibi tanklarda ayrıca makine dairesinde ve diğer kapalı mahallerde yapılan planlı bakım sistemi kapsamındaki incelemeler, temizlik, boya, bakım, tamir, sıcak işlem vb. faaliyetlerdir. Bu



faaliyetlerin her biri başlı başına ilave bir takım tehlike ve riskler barındırmaktadır. Bu nedenle kapalı mahal giriş-çalışma ve çıkış prosedürlerinin takip edilmesinin yanı sıra kapalı mahale giriş zorunluluğu gerektiren bir iş olması halinde her seferinde gemi ofisinde iş güvenliği toplantısı (safety committee / toolbox meeting) yapılması ve bu toplantı kayıtlarının işletme ile paylaşılması, gemi kaptanı kontrolü haricinde ikincil bir kontrol sağlayarak gemi personelinin kapalı mahal tehlike algısını arttıracaktır.

Sonuç olarak denizcilik endüstrisinde benimsenen ve Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) tarafından yapılan kapalı mahal tanımlamasında mahal içerisinde yapılan iş, atmosfer veya taşınan yükten ziyade mahalın tanımlaması daha çok fiziksel özelliğine dayandırılarak yapılmaktadır. Dolayısı ile gemi tipinden ve taşıdığı yüklerden ya da yapılan faaliyetlerden bağımsız, çok genel bir tanımlama sunulmaktadır. Gemi ve liman çalışanlarının bu tanımlama çerçevesinde kapalı mahal tehlikelerini sadece fiziksel koşullarına göre değerlendirmesi eksik ve istenmeyen sonuçlar doğurabileceğinden sektörün bu konudaki yaklaşımını değiştirmesi ve dökme tipi gemiler için farklı bakış açıları sunması gerektiği ortaya konulmaktadır.

**YAZAR KATKISI**

<b>KATKI ORANI</b>	<b>AÇIKLAMA</b>	<b>KATKIDA BULUNANLAR</b>
Fikir	Araştırma fikrini geliştirmek ve hipotez oluşturmak	Yazar 1 & Yazar 2
Literatür Taraması	Araştırmanın literatür taramasını gerçekleştirmek	Yazar 1 & Yazar 2
Araştırma Tasarımı	Araştırmanın yöntemini ve ölçekleri belirlemek	Yazar 1 & Yazar 2
Veri toplama ve editleme	Veriyi toplama, editleme ve analiz etmek	Yazar 1 & Yazar 2
Tartışma ve sonuçlar	Bulguların tartışılması ve sonuçların yazımı	Yazar 1 & Yazar 2

**Çıkar Çatışması**

Çalışmada yazarlar arasında çıkar çatışması yoktur.

**Finansal Destek**

Bu çalışma için herhangi bir kurumdan destek alınmamıştır.

## KAYNAKÇA

Acar, B. (2007). *Risk değerlendirmesi temelli yönetim anlayışının denizcilikte uygulanması ve Türk deniz ticaret filosunun risk değerlendirmesi yöntemi ile analizi*, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İzmir.

Bacıoğlu, H. (2022). *Gemi kompresör sisteminin FMEA yöntemi ile risk analizi ve önleyici faaliyetlerin belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.

Birgören, B. ve Yalçinkaya, M. (2019). İş sağlığı ve güvenliği risk değerlendirmesinde hata türleri ve etkileri analizinin (FMEA) kullanımı. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 11 (1), 41-50.

Burke, D. ve Alnasser M. (2020). Oxygen depletion in enclosed spaces. *Journal of Marine Engineering & Technology*, 19 (4), 291-294.

Carlson, C. (2015). “*Understanding and Applying the Fundamentals of FMEAs*”. *Annual Reliability and Maintainability Symposium: Ocak 2015-Arizona, Tutorial Notes (s.1-32)*. ReliaSoft Corporation, Arizona, USA.

Drybulk terminals. (2019). *Risks / IMO, Solid Bulk Cargo*. <https://drybulkterminals.org/wp-content/uploads/2019/12/1-Information-Exchange-Process-on-hazardous-cargoes.pdf>, Erişim Tarihi: 10.10.2023.

Erdoğan, G. (2022). *İstanbul gemi trafik hizmetleri merkezinin günlük operasyonel faaliyetlerine ilişkin hata türü ve etkileri analizi (FMEA) uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.

Göksu, S. (2021). *Emniyetli gemi operasyonları için hata türleri ve etkileri analizi (FMEA)'ne dayalı risk değerlendirme modeli geliştirilmesi*, Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.

Hansen, H.L., Nielsen, D. ve Frydenberg, M. (2002). Occupational accidents aboard merchant ships. *Occupational and Environmental Medicine*, (59), 85–91.

Hedlund F.H. ve Hilduberg Ø.J. (2017). Fatal accidents during marine transport of wood pellets due to off-gassing: Experiences from Denmark.

Tumuluru J.S. (Ed.), *Biomass Volume Estimation and Valorization for Energy* (s.73-97). Croatia: Intech.

International Association of Class Societies (IACS). (2018). *Confined space safe practice. Recommendation no.72, Rev.3.* <https://www.hellenicshippingnews.com/wp-content/uploads/2019/08/rec72rev3.pdf>, Erişim Tarihi: 20.08.2022.

International Maritime Organisation (IMO). (2011). *Resolution A.1050(27), Revised recommendations for entering enclosed spaces aboard ships. Resolution A 1050 (27) adopted on 30 November 2011.* [https://www.wcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMIndexofIMIn/AssemblyDocuments/A.1050\(27\).pdf](https://www.wcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMIndexofIMIn/AssemblyDocuments/A.1050(27).pdf), Erişim Tarihi: 08.10.2022.

International Organization for Standardization (ISO). (2019). *IEC 31010:2019. Edition 2.0. Risk management – Risk assessment techniques.* <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/20731/fed109559624438c9350d9b18880016b/IEC-31010-2019.pdf>, Erişim Tarihi: 07.07.2022.

International SEMATECH. (1992). *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA): A Guide for Continuous Improvement for the Semiconductor Equipment Industry. Technology Transfer #92020963B-ENG.* Albany, NY: SEMATECH.

Işık, M.K. (2016). *Gemi Bakım Ve Onarım Sektörü Kapalı Alanlarında İş Sağlığı ve Güvenliği, ÇSGB İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara.*

International Transport Workers' Forum (ITF). (2019). *Canaries in the cargo hold: dockers and seafarers dying in confined spaces on the rise.* <https://www.itfglobal.org/en/news/canaries-cargo-hold-dockers-and-seafarers-dying-confined-spaces-rise>, Erişim tarihi: 20.07.2023.

Kahraman, Ö. (2009). *Bir otomobil fabrikasında iş sağlığı ve güvenliği alanında HTEA (FMEA) yöntemi ile risk analizi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.*

Menteş, A. ve Yiğit, M. (2018). *Gemi geri dönüşüm tesisleri ve risk değerlendirmesi. Gemi İnşa ve Deniz Bilimleri Dergisi, 18, 15-30.*

Mohana K.G. ve Menon M. (2017). Risk assessment for entering enclosed spaces on board ships. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, 12 (4), 1092–1097.

Nwigwe, T. ve Kiyokazu, M. (2022). Statistical analysis of bulk carrier accident from 2011 to 2020. *The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 34 (1), 153-157.

Olgaç, T. (2021). Deniz kazaları ve deniz olaylarını inceleme çalışmalarında kullanılan analiz yöntemleri üzerine bir değerlendirme. *Deniz Taşımacılığı ve Lojistiği Dergisi*, 02 (02), 101-112.

Özdilek, Ö. (2014). *Risk Değerlendirmesi – ATEX Direktifleri – Patlayıcı ortamlar – Büyük endüstriyel kazaların önlenmesi ve etkilerinin azaltılması – Kantitatif risk değerlendirme*. Ankara: TİSK.  
[https://www.ozlemacademy.com/\\_files/ugd/6eefe5\\_7d050ebc3d8f47afa2bd3b2b4b2808fd.pdf](https://www.ozlemacademy.com/_files/ugd/6eefe5_7d050ebc3d8f47afa2bd3b2b4b2808fd.pdf), Erişim Tarihi: 02.05.2022.

Özkılıç, Ö. (2005). *İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemleri ve Risk Değerlendirme Metodolojileri*. Ankara: TİSK Yayınları,

Popov, G., Lyon, B.K. ve Hollcraft, B. (2016). *A Practical Guide to Assessing Operational Risks, Failure Mode and Effective Analysis*. Kansas City, USA: John Wiley & Sons.

RIGHTSHIP. (2023). *Safety insight paper – Enclosed spaces entry*.  
<https://rightship.com/insights/safety-insights-paper-enclosed-space-entry>, Erişim tarihi: 13.08.2023.

Sakar, C., Buber, M., Koseoglu, B. ve Toz, A.C. (2022). Risk analysis for confined space accidents onboard ship using fuzzy bow-tie methodology. *Ocean Engineering*, 263, 112386.

Sayareh, J. ve Ahouei, V.R. (2013). Failure mode and effects analysis (FMEA) for reducing the delays of cargo handling operations in marine bulk terminals. *Journal of Maritime Research*, 10 (2), 43-50.

Soner, O. ve Celik, M. (2020). A human reliability assessment through confined space entry operation onboard ships. *Journal of Engineering for the Maritime Environment*, 235 (2), 410–420.

Soner, O. (2021). Application of fuzzy DEMATEL method for analysing of accidents in enclosed spaces onboard ships, *Ocean Engineering*, 220,108507.

Sundal, M.K., Lilleng, P.K., Barane, H., Morild, I. ve Vevelstad, M. (2017). Asphyxiation death caused by oxygen-depleting cargo on a ship. *Forensic Science International*, 279, 7-9.

Stamatis, D.H. (2003). *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA From Theory to Execution*. Milwaukee: Quality Press.

Turan, O., Kurt, C., Marengo, R., Maya B. ve Okunribido, O. (2020). *RF\_Report\_Safety\_Challenges\_at\_Sea\_Data\_and\_Evidence*. <https://www.strath.ac.uk/media/1newwebsite/departmentsubject/engineering-navalarchitectureoceanandmarine/>, Erişim tarihi: 01.11.2023.

Uğurlu, Ö., Kum, S. ve Aydoğdu, Y.V. (2017). Analysis of occupational accidents encountered by deck cadets in maritime transportation. *Maritime Policy & Management*, 44 (3), 304–22.

Uysal, G. (2020). *Onarımda bulunan askeri gemilerdeki kapalı alanlarda yapılan çalışmalarda iş sağlığı ve güvenliği*, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Viran, A. ve Barlas, B. (2018). Gemilerde kapalı alanlarda yapılan çalışmalar ve iş kazalarının analizi. *Gemi ve Deniz Teknolojisi Dergisi*, 214, 19-36.

Yorulmaz, M., Durmuş, D. ve Sezen, K. (2022). Gemilerin havuzlama operasyonlarındaki risklerinin FMEA yöntemi ile analizi. *Journal of Academic Value Studies*, 8 (3), 293-303.

**EXTENDED ABSTRACT**

Maritime transportation involves significant incidents of occupational accidents and fatalities. Statistical analyses indicate that slips, trips, and falls are the primary causes of reported injuries and deaths, with a notable proportion occurring in enclosed spaces on ships. Between 1999 and 2018, there were 145 fatal enclosed space incidents on ships, with 25 of the 39 deaths since 2019 occurring on bulk carriers. The failure to control hazards in enclosed spaces on bulk carriers leads to high mortality rates. Despite stringent occupational safety regulations, there is a critical need to enhance hazard awareness and safety culture among seafarers and port workers. This study aims to identify hazards in enclosed spaces on bulk carriers and determine the hazard perception levels within these spaces through Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). The process involves identifying enclosed spaces on an operational bulk carrier, listing potential hazards, and calculating RPNs. The analysis includes identifying failure modes, their causes and effects, and the prioritization of risks based on the RPN values. The FMEA team consisted of experienced maritime professionals who served bulk carriers in high ranks. This study focuses on a bulk cargo ship, identifying 44 types of failures and hazards.

Risk Priority Numbers (RPNs) were calculated for each identified hazard, highlighting the most critical risks. The results indicate that the highest risks are due to the physical characteristics of the enclosed spaces and the cargo carried rather than human errors. Preventive actions were suggested based on these findings. A total of 44 hazards were identified and analyzed, with RPNs calculated for each. The highest RPNs were associated with hazards due to toxic gas pockets and unauthorized entries into enclosed spaces. Hazards were categorized based on human error and other factors, such as physical characteristics of the spaces and cargo-related risks. The analysis revealed that 57% of the hazards were due to human errors, with the remaining 43% attributed to other factors.

Among these, the physical characteristics of the spaces posed the highest risk, followed by the nature of the cargo and the activities conducted within these spaces. The findings underscore the importance of addressing human errors and environmental factors in managing risks associated with enclosed spaces on bulk carriers. Preventive measures include the installation of fixed gas sensors, remote-controlled equipment for space inspections, and enhanced training programs for maritime personnel. There is a need for specialized certifications for bulk carrier crew and port workers like those required for tanker crew, focusing on the unique risks

posed by the cargoes and enclosed spaces on these vessels. Regular safety drills and implementing a robust safety management system can further mitigate these risks. The study provides a comprehensive risk analysis of enclosed spaces on a bulk carrier, highlighting critical hazards and suggesting preventive measures. The findings can serve as a reference for future studies and contribute to improving safety standards in the maritime industry. Enhanced safety culture and awareness are crucial for reducing the risks associated with enclosed spaces on bulk carriers.