



Araştırma Makalesi • Research Article

Gemi Makine Dairesi İçin Fine Kinney ve AHP Yöntemleri ile Risk Analizi ve Yönetimi

Risk Analysis and Management with Fine Kinney and AHP Methods for Ship Engine Room

Murat Yorulmaz^{a, **}, Sinan Avcı^b^a Doç. Dr., Kocaeli Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Denizcilik İşletmeleri Yönetimi Bölümü, 41500, Kocaeli/Türkiye.

ORCID: 0000-0002-5736-9146

^b Öğr. Gör., Kocaeli Üniversitesi, Karamürsel Denizcilik Meslek Yüksekokulu, Motorlu Araçlar Ve Ulaştırma Teknolojileri, Gemi Makineleri İşletme Programı, 41500, Kocaeli/Türkiye.

ORCID: 0000-0003-2092-2355

MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi:

Başvuru tarihi: 19 Ocak 2024

Düzeltilme tarihi: 27 Şubat 2024

Kabul tarihi: 20 Mart 2024

Anahtar Kelimeler:

Denizde iş güvenliği

Risk yönetimi

AHP

Fine-Kinney

ÖZ

Gemilerin hareketi, seyri ve manevrası gemi içine konumlandırılmış ana makinenin itici gücü ile sağlanmaktadır. Geminin itici gücünü oluşturan ana makine ve bu ana makinenin işletilmesine yardımcı olan makineler, makine dairesi adı verilen karmaşık bir yapıyı oluşturur. Gemilerin faaliyetlerini yürütebilmeleri ve gemide iş güvenliğinin sağlanabilmesi için emniyetli bir çalışma ortamının bulunduğu bir makine dairesi son derece önemlidir. Bu kapsamda çalışmanın amacı, gemi makine dairesinde iş kazalarına yol açabilecek önemli tehlikelerin belirlenmesi, risklerinin analiz edilmesi ve gemi makine dairesinde emniyetli çalışma ortamının oluşturulmasına katkı sağlamaktır. Bu amaca yönelik olarak da uzman görüşleri ve literatür incelemesi sonucunda, gemi makine dairesi için iş kazası oluşturabilecek 11 tehlike belirlenmiş ve bu tehlikelerin risk analizleri Fine-Kinney ve AHP yöntemleri birlikte kullanılarak yapılmıştır. Araştırmanın AHP bulgularına göre, yangın en önemli tehlike iken elektrik çarpması ikinci en önemli tehlike, kimyasal maddeler ve el aletleri kullanımı ise bu tehlikeleri takip eden diğer önemli tehlikelerdir. Tehlikelerin oluşturduğu iş kazalarına yönelik risk skorlarının hesaplanması için Fine-Kinney yönteminin risk skoru skalasından yararlanılmış, yangın önemli risk olarak görülmüştür. Elektrik çarpması, kimyasal maddeler ile çalışma ve el aletleri kullanımı olası risk olarak görülmüş, kimyasal maddelerle çalışma ve el aletlerinin kullanılmasının gözetim altında uygulanması gerekliliği vurgulanmıştır. Bu çalışmada gemi makine dairesi için iş güvenliği açısından tehlikeler tanımlanmış, sonrasında da bütünlük bir yöntemle risk analizleri yapılmış ve düzeltici önleyici faaliyetler üzerine önerilerde bulunulmuştur.

ARTICLE INFO

Article history:

Received January 19, 2024

Received in revised form February 27, 2024

Accepted March 20, 2024

Keywords:

Occupational Safety at sea

Risk management

AHP

Fine-Kinney

ABSTRACT

The movement, navigation and manoeuvring of ships are provided by the propulsion power of the main engine located inside the ship. The main engine, which constitutes the driving power of the ship, and the machines that help the operation of this main engine form a complex structure called the engine room. An engine room with a safe working environment is extremely important for ships to carry out their activities and to ensure occupational safety on board. In this context, the aim of the study is to identify the important hazards that may cause occupational accidents in the ship's engine room, to analyse the risks and to contribute to the creation of a safe working environment in the ship's engine room. For this purpose, because of expert opinions and literature review, 11 hazards that may cause occupational accidents were identified for the ship's engine room and the risk analysis of these hazards was carried out using Fine-Kinney and AHP methods together. According to the AHP findings of the research, fire is the most important hazard, electric shock is the second most important hazard, chemicals and use of hand tools are the other important hazards following these hazards. Fine-Kinney method's risk score scale was used to calculate the risk scores for occupational accidents caused by hazards, and fire was seen as the most important risk. Electric shock, working with chemicals and using hand tools were considered as possible risks and it was emphasized that they should be implemented under supervision. In this study, hazards in terms of occupational safety for the ship's engine room were identified, then risk analysis was performed with an integrated method and recommendations were made on corrective preventive actions.

* Sorumlu yazar/Corresponding author.

e-posta: murat.yorulmaz@kocaeli.edu.tr

e-ISSN: 2149-4622. © 2019 Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi. TÜBİTAK ULAKBİM DergiPark ev sahipliğinde. Her hakkı saklıdır. [Hosting by TUBITAK ULAKBİM JournalPark. All rights reserved.]

1. Giriş

Dünya yük taşımacılığının %90'nı oluşturan denizyolu taşımacılığı (Deniz Ticaret Odası [DTO], 2021), gemilerle yapılmaktadır. Geminin teknik anlamda tanımı "Su üzerinde hareket edebilen ve yüzebilen, yük ve insanları taşıyabilen deniz araçları" olarak yapılabilir (Yorulmaz, 2009). Gemiler kuru yük, sıvı yük, genel yük, konteyner ve Ro-Ro (Roll on-Roll off) gemileri gibi taşıdıkları yüklere göre sınıflandırılabilirler (Çakır, 2019). Bu gemilerin bir limandan başka bir limana gidişi, gemi içine konumlandırılmış büyük makinelerin itici gücü ile sağlanmaktadır. Geminin itici gücünü oluşturan bu makine veya makineler, makine dairesi adı verilen karmaşık bir yapıyı oluşturur.

Bu karmaşık yapı ana ve yardımcı makinelerden bunun yanında elektrik enerjisi üretimi için jeneratörlerden, sıcak su ve buhar kazanlarından, dümen sistemlerinden, ayırıştırıcılardan, pompalardan ve çok sayıda makine donanımlarından oluşmaktadır. Makine dairesi personeli bu ekipmanların işletilmesi, tamir ve bakım gibi işleri gerçekleştirirken çok sayıda tehlike ve riskle karşılaşmaktadır. Personel tarafından iş sağlığı ve güvenliği kurallarının uygulanmaması kişisel yaralanmalara, ölümlere, maddi hasarlara neden olmakla birlikte çevresel felaketlerle de sonuçlanabilir. Danimarka bayraklı ticari gemilerde meydana gelen, 1993 adet kazanın 389'u makine dairesinde gerçekleşmiştir (Hansen vd., 2002). Bu olumsuz durumlar davranışsal, donanımsal ve öngörülemez durumlardan kaynaklanmaktadır. Bu olumsuz durumların %88'ini; dikkatsizlik, yorgunluk, işe özen göstermeme, emniyet kurallarına uymama ve bilgisizlik gibi davranışsal durumlar oluşturmaktadır. Karşılaşılan bu risklerin önlenmesi için proaktif bir yaklaşım benimsenmeli ve bu yaklaşım için tehlikelerin ve risklerin yönetilmesine ihtiyaç vardır. Risk değerlendirme süreçlerinin ilk aşamasını mevcut tehlikenin tanımlanması oluşturur (Bilir, 2016). Bu çalışma ile gemi makine dairesinde iş kazalarına yol açan tehlikelerini belirlenmesi, tehlikelerden yola çıkarak risk skorların hesaplanması ve belirlenen en önemli tehlikeler için düzenleyici ve önleyici faaliyetlerin uygulanması amaçlanmıştır. Literatür incelendiğinde, gemi makine dairesinde iş güvenliği veya iş kazalarına yönelik risk analizi üzerine yapılmış çalışmalarda Fine Kinney ve AHP yönteminin birlikte kullanıldığı başka bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Dolayısıyla bu yönüyle bu çalışmanın denizcilik literatürüne katkı yapması beklenmektedir.

2. Literatür İncelemesi

2.1 Gemilerde Çalışma Düzeni ve Riskler

Gemiadamları ve Kılavuz Kaptanlar Yönetmeliği'nde gemide görev yapan personel üç gruba ayrılır. Bunlar; güverte, makine ve yardımcı sınıf gemiadamlarıdır. Güverte sınıfı; kaptan, ikinci kaptan, üçüncü kaptan, güverte

lostromosu, gemici, usta gemici ve güverte stajyerinden oluşurken yardımcı sınıf gemiadamı aşçı ve kamarotlardan oluşmaktadır. Makine dairesinde bulunan makine ve ekipmanları işleten, tamir ve bakımını yapan personel, makine sınıfı personeli olarak adlandırılır. Makine personeli, başmühendis, ikinci mühendis, üçüncü mühendis, makine lostromosu, kaynakçı, yağcı, silici ve makine stajyerlerinden oluşmaktadır. Bu personeller bakım tutum esnasında kesme, bükme, kaynak, ağır yüklerin taşınması, talaşlı işlemler gibi son derece tehlikeli işler yapmaktadırlar. Yoğun iş temposu ile çalışılan gemilerde bu bakım onarım ve işletim faaliyetlerinin emniyetli bir şekilde yapılabilmesi son derece önemlidir. Makine personelinin yapacağı en küçük bir hatanın sadece kendisinin etkileneceği bir sonuçla değil tüm geminin ve çevrenin de etkilenebileceği sonuçla karşılaşması kaçınılmazdır. Bu olumsuz sonuçların önüne geçilmesi için makine dairesi güvenlik önlemlerinin uygulanması ve takibinin yapılması gerekmektedir. Emniyetli bir gemi için sorumlu olan kişi kaptan olsa da gemi bünyesinde bulunan her bir personelin emniyet kurallarına uyması ve bu kuralları uygulaması gerekmektedir (Bayraktar, 2005).

Gemi makine dairesi, ana makine, jeneratör, kazan, separatör, kompresör, dümen gibi elemanların bulunduğu mahallerden oluşmaktadır. Ayrıca gemide yine makine personelinin sorumluluğunda olan birçok alan bulunur. Bu makine ve ekipmanların işletilmesi, bakımlarının yapılması ve arızalarının giderilmesi gerekmektedir. Tüm bu sistemler kendine ait tehlike ve riskleri barındırmaktadır. Pervanelerin döndürülmesi, gemi sistemleri için elektrik elde edilmesi, sıcak su ve buhar yapılması, deniz suyundan tatlı su elde edilmesi, yakıtların ve yağların temizlenmesi, atıkların toplanması, bertaraf edilmesi ve gemi dışına verilmesi, yine gemi dışından yüklerin, yağ ve yakıtın alınması gemide yapılan bazı işlere örnektir.

Riskin en etkili kontrolü, kaynağında kontrol edilmesidir (Bilir, 2016). Makine dairesinde personelin maruz kaldığı yüksek seviyedeki gürültünün de kaynağında yok edilmesi gerekir. Fakat büyük içten yanmalı motorların kullanıldığı gemilerde bu yöntemin kullanılması oldukça zordur ve bu sebeple makine dairesinde çalışan personelin gürültüye karşı kişisel koruyucu donanım kullanması bir mecburiyettir.

Gemiler elektrik enerjisi olmadan çalışamaz ve bu sebeple elektrik üretmek için dizel makinelerden faydalanılır. Ana tahrik makinesinin sınırlı elektrik ihtiyacına karşın, yardımcı makinelerinin elektrik ihtiyacı oldukça fazladır. Bu kadar yoğun kullanılan elektrik tesisatı ve ekipmanlarının Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO-International Maritime Organization) kurallarına göre konumlandırılmaları ve işletilmeleri gerekmektedir. Özellikle artan teknolojiyle beraber otonom gemilere geçiş gemi elektrik sistemlerinin önemini arttırmakta bu sebeple elektrik kaynaklı tehlikelerin önlenmesi ve yaşanacak can ve mal kayıplarının önüne geçilebilmesi için bu kurallar son derece önemlidir (Mindykowski, 2015).

İstatistikler, bünyesinde 20 gemi bulunan bir armatörün gemilerinde her 10 yılda bir büyük bir makine dairesi yangını beklendiğini ortaya koymaktadır. Oslo merkezli bir klas kuruluşu olan Det Norske Veritas (DNV) tarafından yürütülen bir araştırmada, DNV klas filosundaki 165 gemide gerçekleşen yangınların üçte ikisinin makine dairesi yangınları olduğu ve bu yangınların %56'sının sıcak yüzeye temas eden yağlardan kaynaklandığı tespit edilmiştir (Latarche, 2021).

2.2 Risk Analizi ve Yönetimi

Risk analizi ve yönetimine geçmeden önce birbiri yerine sıklıkla kullanılan tehlike ve risk kavramlarının açıklanması gerekmektedir. IMO'nun en önemli komitesi olan Deniz Emniyeti Komitesi'nin (MSC- Maritime Safety Committee) MSC-CIRC 1023 rehberinde tehlike ve risk kavramları tanımlanmıştır. Rehberde tehlike, "İnsan hayatına, sağlığına, malına veya çevreye karşı olası tehditler" olarak, risk ise "Tehlikeden kaynaklanacak kayıp, yaralanma ya da başka zararlı sonuç meydana gelme ihtimali" şeklinde tanımlanmıştır (IMO, 2002). Çin kaynaklı olan risk kelimesi grafik sembolü tehlike ve fırsat sembollerinin birleşimidir. Çince risk denildiğinde gelecekte oluşma ihtimali, yani tehdit unsurları beraber anlaşılmaktadır (Özkılıç, 2014). 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliğinde de risk, "tehlikeden kaynaklanacak kayıp, yaralanma ya da başka zararlı sonuç meydana gelme ihtimali" olarak tanımlanmıştır.

SOLAS'ın 9. bölümü "Gemilerin Emniyetli Operasyonları İçin Yönetmelikler" başlığından oluşmaktadır. Emniyetli Yönetim Sistemi (ISM Kod-International Safety Management) bu bölümde açıklanan kuralları tanımlanmıştır. ISM Kod uluslararası sularda çalışan gemilerin güvenli yönetilmesi, işletilmesi, deniz veya çevre kirliliğinin önlenmesini amaçlamaktadır (IMO, 2022). Bu amaç doğrultusunda gemi sahihi veya gemiyi işleten şirket, işlettikleri gemilerde emniyetli yönetim sistemini oluşturmaları ve uygulanmasını takip etmek zorundadır. İşletmecisi sistemin uygulanması ve takibi için Emniyetli Yönetim El Kitabı (Safety Management Manuel) oluşturarak gemilerine gönderir. Türkiye 2009 yılında ISM Kod, Türk Bayraklı Gemilere ve İşletmecilerine Uygulanmasına Dair Yönetmelik çıkararak Türk bayraklı gemi ve deniz araçlarında ISM Kodun uygulanarak amacına ulaşmasını hedeflemiştir. Özetle ISM, deniz taşımacılığında bir standart getirerek gemilerin can, mal ve çevre güvenliğinin sağlanması için gemi operasyonlarında uygulanan bir yönetim sistemidir.

ISM yönetim sistemine göre gemilerde "Risk Değerlendirme Formu" (RAF-Risk Assessment Form) oluşturulur. Bu formlar yükleme, tahliye, yakıt transferi, sıcak çalışma, elektrik ekipmanları ile çalışma, küçük el aletleri ile çalışma gibi riskli işler için oluşturulmuştur. Görevli zabıtlar tarafından form üzerindeki örnek metotta belirtildiği şekilde tutulur. Ortaya çıkan risk skoruna göre

olası riskler öncelik sırasına göre belirlenir. Belirlenen öncelikli risklere göre düzenleyici ve önleyici faaliyetler uygulanır. Bu şekilde yaşanabilecek iş kazalarının proaktif olarak önlenmesi amaçlanır.

2.3. Gemi Makine Dairesi Risk Analizi ile İlgili Yapılmış Çalışmalar

Gemi makine dairesi tehlikeleri ve riskleri, gemi güvenliğinin konusudur. Gemiyle bir limandan başka bir limana yükün taşınması esnasında gerçekleştirilen operasyonlar aynı kara tesislerinde ham maddenin girişi ve ürünün elde edilmesine kadar geçen proseslerde olduğu gibi çok sayıda tehlike ve risk oluşturmaktadır. Gemide iş güvenliği ve risk konusu üzerine literatür incelemesi yapıldığında çok sayıda bilimsel çalışmanın yapıldığı görülmüştür. Risk değerlendirme çalışmalarının daha çok kara tesisleri için yapıldığı, gemi risk değerlendirme çalışmalarının ise daha az sayıda olduğu görülmektedir (Başhan vd., 2020). Gemi üzerine yapılan iş güvenliği çalışmalarında da makine dairesi güvenliği üzerinde çok durulmuş genellikle gemi ve seyir güvenliği, gemi yangınları ile ilgili çalışmalar yapıldığı görülmüştür. İş sağlığı ve güvenliği üzerine gemi makineleri özelinde yapılan çalışmalar da son derece sınırlıdır. Gemi makine dairesinde yaşanacak güvensiz bir durumun tüm gemi güvenliğini etkileyeceği bilinmektedir. Gemi makine dairesinin öneminden dolayı ulusal ve uluslararası mevzuatlar gemi makine dairesi güvenliği için birçok standart ve düzenleme getirmektedir.

Tablo 2.1'de gemi makine dairesi güvenlik konusu üzerine yapılmış çalışmalar verilmiştir.

Tablo 2.1. Gemi Makine Dairesi Güvenlik Konusu Üzerine Yapılmış Çalışmalar

Yazarlar	Yayın Yılı	Çalışmanın Başlığı	İncelenen Yayın Türü	Metot	Çalışmanın Yayımlandığı Dergi/Yer
Hasanspahiç v.d.	2022	Improving Safety Management through Analysis of Near-Miss Reports—A Tanker Ship Case Study	Makale	L tipi (5x5)	Sustainability
Başhan v.d.	2020	A Novel Risk Evaluation Approach For Frequently Encountered Risks In Ship Engine Rooms	Makale	N-AHP F-TOPSIS	Brodogradnja
İlhan	2018	Gemi Acil Durum/ Gemi Terk Ekipmanlarının ve Operasyonunun İş Güvenliği Açısından Risk Temelli Olarak İncelenmesi	Yüksek Lisans Tezi	L tipi (5x5)	Üsküdar Üniversitesi

Sarvari vd.	2017	Hızlı Feribotlarda Makine Dairesi Kaynaklı Yangın Koşullarında Tahliye Operasyonunun Yönetimine Yönelik Benzetim Destekli Metodoloji Önerisi	Makale	Simülasyon	Journal of ETA Maritime Science
Chybowski vd.	2015	An Engine Room Simulator as An Educational Tool for Marine Engineers Relating to Explosion and Fire Prevention of Marine Diesel Engines	Makale	Simülasyon	Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie
Gökçe	2013	Zararlı Gazların Gemi Makine Dairesindeki Dağılımının Simülasyonu ve Etkilerinin İncelenmesi	Yüksek Lisans Tezi	Sonlu Hacimler Metodu (SHM)	Yıldız Teknik Üniversitesi
Lundh v.d.	2011	Working Conditions in The Engine Department – A Qualitative Study Among Engine Room Personnel On Board Swedish Merchant Ships	Makale	Grounded Teori	Applied Ergonomics
Charchalis, ve Czyz	2011	Analysis of Fire Hazard and Safety Requirements of A Sea Vessel Engine Rooms	Makale	Olasılıksal Hesaplama Modeli	Journal of KONES Powertrain and Transport
Koçak	2008	Gemi Makineleri İşletmesinde Ergonomik Analiz	Yüksek Lisans Tezi	Nitel Araştırma	İstanbul Teknik Üniversitesi
Bayraktar	2005	Gemi Makine İşletmeciliğinde İş Güvenliği Uygulamaları	Yüksek Lisans Tezi	Nitel Araştırma	Yıldız Teknik Üniversitesi

Tanker gemilerinde tutulan ramak kala raporlarını inceleyen Hasanspahic v.d. (2022), ramak kala olaylarının daha çok güvertede meydana geldiğini belirtmiş, fakat buna rağmen makine dairesi ve köprüüstünde daha yüksek risk skorlarına sahip ramak kala olayların gerçekleştiğini tespit etmişlerdir.

Makine dairesi risklerinin belirlenmesi amacıyla N-AHP ve Fuzzy TOPSIS yöntemlerinin beraber kullanıldığı hibrit çalışmada Başhan vd. (2020), gemi makine dairesinde sıklıkla karşılaşılan 20 tehlikeyi değerlendirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda en önemli riskler sırasıyla; cildin yakıtlara, yağlara, kimyasallara, yüksek basınç ve sıcaklıklara maruz kalması olarak tespit edilmiştir.

Gemiler için risk değerlendirilmesi üzerine yapılan bir başka çalışmada İlhan (2018), gemi güvenlik hususlarını; genel,

güverte ve makine gibi bölümlerde ele aldıktan sonra gemi acil durumlarını açıklamış ve gemi terk operasyonlarına, ekipmanlarına ve hayatta kalabilme konularına değinmiştir. Jenerik bir gemi tasarlayarak 5*5 L Matris yöntemi ile risk analizini gerçekleştirmiştir. Tüm bu bölümler için 38 adet risk değerlendirme tablosu oluşturulmuş ve bunlardan 10 tanesi sadece makine dairesine ayrılmıştır. Kayma, takılma vb. sebeplerle düşme, kimyasal faktörler, gürültü ve titreşim, basınçlı kap, devre, hortum çalışmaları en fazla risk puanına sahip tehlikeler olarak tespit edilmiştir.

Chybowski vd. (2015) makine dairesi üzerine yaptıkları çalışmalarında gemi makinesinin işletilmesi esnasında özellikle karter patlamasına ve yaşanacak yangına karşı temel bilgiler verdikten sonra yaşanan bu tehlikelerin önlenmesi için makine zabıtlarının eğitimindeki makine simülatörlerinin kullanımını tartışmışlardır. Farklı tipte motorların çalışmasını simüle etmek ve geminin normal çalışması sırasında can kaybına veya mürettebatın sağlığına zarar veren tehlikeli durumları engellenmesi için simülatörler eğitimi verilmesi uygun görülmüştür.

Gökçe (2013), makine dairesi personelinin sağlığını olumsuz etkileyen faktörler üzerinde durmuş, ana makine egzoz sitemindeki olası bir karbonmonoksit gaz kaçağının makine dairesindeki dağılımını incelemiştir. Karbonmonoksit gazının seçilme amacı ise bu gazın insan üzerinde kısa sürede en çok tehlike oluşturan bir gaz olmasıdır. Bu gazın makine dairesinde dağılımından yola çıkarak havalandırmanın, insan sağlığı açısından uygunluğu tespit edilmiştir. Yapılan analizlerde ticari bir program olan HAD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) programı kullanılmıştır.

Gemi makine dairesindeki tehlikelerden biri de ergonomidir. Lundh vd., (2011) Lundh vd., (2011) makine dairesi (ER) çalışma koşullarını; termal konfor, gürültü ve ergonomi olarak sıralamışlardır. Özellikle son yıllarda bilgisayar kullanımlarının artmasıyla makine kontrol odası (ECR) tasarımları büyük değişikliklere uğramış ve bu değişikliklerin makine personeli çalışması üzerinde nasıl bir etkiye sebep olacağını incelemek için İsveç uyruklu 20 makine personeliyle görüşülmüştür. Toplanan verilerin analizi için Grounded teori yöntemi kullanılmıştır. Çalışmanın amacı personelin güvenli ve etkili çalışması için mevcut durumun iyileştirilmesi ve çalışma alanlarının belirlenmesi olarak açıklanmıştır. Ayrıca uygun olmayan ER ve ECR tasarımlarının farklı operasyonlarda personelin görevini iyi bir şekilde yerine getirebilmesi için alternatif yollar bulmaya çalışmaları yaralanmalarına sebep olmuştur.

İstatistiksel verilere dayanarak, makine dairelerindeki yangınların ana kaynaklarını inceleyen Charchalis ve Czyz (2011), toplam 6000 ticari gemide makine dairesinde çıkan 73 yangını incelemişlerdir. Araştırmanın sonucu doğrultusunda makine dairesi yakıt pompa istasyonları için yangın önleme gereksinimleri geliştirilmiştir.

Gemi makine dairesinde ergonomi üzerine çalışma yapan Koçak (2008), gemi çalışma şartlarının zorluğu ve çevresel

şartların personel üzerine etkisini incelemiştir. Bu kapsamda gemi personellerine anket uygulayarak mevcut ergonomik durumlarını tespit etmiştir. Örnek bir gemi ergonomik açıdan değerlendirilmiş ve makine dairesi çalışma şartlarının çok zor olması sebebiyle iyileştirilmesi gerektiği ayrıca gemi makine dairesinin dizayn aşamasında gemi makineleri işletme mühendislerinin görev alması gerektiği sonucuna varmışlardır.

Gemi makine dairesinde yapılan işleri, iş güvenliği açısından değerlendiren Bayraktar (2005), konuya güvenli yönetim sistemi üzerinden bir yaklaşım sağlamış ve bu amaçla gemi makine işletmeciliğinde uygulanan kontrol listeleri ve formlara çalışmada yer vermiştir. Ayrıca Tekirdağ feribotu için güvenlik sistemleri ve uygulamalarını örneklemiştir.

ISM gereği şirketler tarafından oluşturulan risk değerlendirme formlarının gemi bünyesindeki uzman personeller tarafından dikkatli ve doğru bir şekilde uygulanması, makine dairesinde yaşanacak kazaların engellenmesi için son derece önemlidir. Genellikle L tipi matris yönteminin kullanıldığı bu risk değerlendirme formları, makine dairesinde karşılaşılan tehlikelere göre farklı bölümlerden oluşmaktadır. Gemi makine dairesi üzerine yapılan akademik çalışmalar incelendiğinde, makine dairesi risklerinin yönetimi çalışmalarında, L tipi matris yönteminin yanı sıra farklı risk değerlendirme yöntemlerinin de kullanıldığı görülecektir. Literatürde makine dairesi üzerine risk değerlendirme çalışmalarına aşağıda yer verilmiştir.

Geminin tüm bölümlerinde risk değerlendirme çalışması yapan İlhan (2018), 38 risk değerlendirme formunun 10 tanesini makine dairesi için oluşturmuştur. Bu formlarda L tipi risk değerlendirme yöntemi kullanmıştır.

Ticaret gemilerinde yaşanan iş kazalarını inceleyen ve elde ettiği verilere AHP yöntemini uygulayan Çakır (2019), kazaya sebebiyet veren risklere ve alınması gereken önlemlere yönelik tespitlerde bulunmuştur. Çalışmanın sonucunda en önemli kaza nedeninin güvenli çalışma ve talimatlara uymama olduğu belirlenmiştir.

Makine dairesinde sıklıkla karşılaşılan risklerin değerlendirilmesi için Başhan vd. (2020), AHP yöntemiyle riskleri ağırlıklarını ve daha sonra TOPSIS yöntemiyle de riskleri ölçeklendirmişlerdir. Bu veriler ışığında riskler için düzenleyici ve önleyici faaliyetleri tartışmışlardır.

Makine dairesi risk değerlendirmesi için farklı bir risk değerlendirme yöntemi uygulayan Zhang vd. (2022), gemi makine dairesi yangınlarının domino etkisini ölçmek için Monte Carlo simülasyonunu kullanmışlardır. Bu yöntem sayesinde gemi makine dairelerinde gerçekleşen karmaşık yangınların risk değerlendirmesini yapmışlardır.

Geminin makine dairesinde çıkan bir yangının neden olacağı tehlikeleri belirlemek için AHP yöntemi kullanılan Karahalios (2017), risk değerlendirme sonucunda; 15 yaşından büyük RO-RO, kargo, konteyner ve yolcu

gemilerinin yangın tehdidine daha fazla maruz kaldığı sonucuna varmıştır.

Yukarıda görüldüğü üzere çeşitli yöntemler kullanılarak yapılan çalışmalar mevcut olmasına rağmen gemi makine dairesi tehlike ve risk değerlendirmesi uygulamalarında Fine-Kinney ve AHP'nin beraber kullanıldığı bir yöntem görülmemektedir. Çalışmamızda özellikle makine dairesi tehlikelerinin belirlenmesi için Fine-Kinney ve AHP yöntemlerinden oluşan hibrit bir yöntem kullanılması amaçlanmıştır.

3. Yöntem

Çalışma için gemi makine dairesi seçilmiş, literatür araştırılmış ve uzman görüşleri alınarak en önemli 11 tehlike belirlenmiştir. Makine dairesi tehlikeleri belirlenirken iş sağlığı ve güvenliği uygulamaları esas alınmıştır. Tehlikelerin risk skorlarının belirlenebilmesi için Fine-Kinney ve AHP yöntemleri birlikte kullanılmıştır. Fine-Kinney yöntemi için uzman bir ekip oluşturulmuş ve bu ekip olasılık, frekans ve şiddet değerlerini birlikte belirlemiştir. Daha sonra bu değerlere göre risk skorları hesaplanmıştır. AHP yöntemi için ise Google Form üzerinden anket formu oluşturulmuş ve uzmanların katılımı sağlanmıştır. Uzmanların anketlere verdikleri cevaplardan oluşturulan ikili karşılaştırma matrislerinin güvenilirlik hesaplamaları yapılarak 0,1 değerinin altında olan 6 uzmanın verileri Excell programında işlenerek risk skorlarına ulaşılmıştır. Elde edilen sonuçların her iki yöntemle hibrit bir şekilde analiz edilmesiyle güvenilirliğin artırılması amaçlanmıştır ve daha sonrasında tehlikeler önem derecesine göre sıralanmıştır. Önem dereceleri belirlenen tehlikelerin risk skorları hesaplanarak düzenleyici ve önleyici faaliyetlerinin uygulanabilmesi için öncelik sırası belirlenmiştir. Belirlenen tehlikelerin kısaltmaları ve referansları Tablo 3.1'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Kullanılan Kısaltmalar ve Referansları

Tehlikeler	Referanslar	Kısaltmalar
Malzeme Düşmesi	Literatür ve uzmanlar	MD
Elektrik Çarpması		EÇ
Dönen Parçalar		DP
Sıcak Yüzeyler		SY
Aydınlatma		A
Yangın		Y
Kimyasal Maddeler		KM
Gürültü		G
Kaynak İşleri		Kİ
El Aletleri Kullanımı		EAK
Yüksek Yerlerden Düşme		YYD

3.1 Fine-Kinney Yöntemi

Tehlikelerin yönetilmesi için 1971 yılında yayımladığı makalesiyle William T. Fine matematiksel bir yaklaşım önermiştir. Daha sonra G. F. Kinney A. ve D. Wiruth Safety, 1976 yılında Fine'nın matematiksel yaklaşımına, grafiksel yaklaşım uyarlamışlardır. Geliştirilen yöntem özellikle inşaat ve çimento sektöründe kullanılmaya başlanmıştır. Eski bir risk değerlendirme yöntemi olan Fine-Kinney yöntemi, ilk öneride bulunan William T. Fine ve sistemi geliştiren G. F. Kinney isimleriyle birlikte anılmaya devam etmektedir (Kinney ve Wiruth, 1976; Fine, 1971; Bektemir, 2019; Boyacı ve ark., 2020; İncekara, 2020).

Nicel bir risk analiz yöntemi olan Fine-Kinney yöntemi aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$\text{Risk Skoru (R)} = \text{Olasılık (O)} \times \text{Frekans (F)} \times \text{Şiddet (Ş)}$$

Olasılık, frekans ve şiddet değerlerinin sayısal çarpılmasıyla risk skoru hesaplanır. Olasılık, oluşacak tehlikenin gerçekleşme ihtimalidir. Tablo 3.1'de olasılık ve değeri verilmektedir.

Tablo 3.1. Fine Kinney Olasılık (O) Skalası. Kinney (1976)

Olasılık (O)	Değer
*Beklenir, kesin	10
Oldukça mümkün	6
Seyrek ama olası	3
*Düşük olasılık ama mümkün	1
Çok düşük olasılık, beklenmez	0.5
Pratik olarak imkânsız	0.2
*Neredeyse imkânsız	0.1

Frekans, tehlikeye maruz kalma sıklığı olarak ifade edilir. Tablo 3.2'de frekans ve değerleri görülmektedir.

Tablo 3.2. Fine Kinney Frekans (F) Skalası. Kinney (1976)

Frekans (F)	Değer
*Sürekli	10
Sık (Günlük)	6
Ara Sıra (Haftalık)	3
Sık Değil (Aylık)	2
*Nadir (Yılda birkaç)	1
Çok Seyrek (Yıllık)	0.5

Şiddet ise zararın, hasarın veya tehlikenin gerçekleşmesi halinde çalışanlara, insana, tesise ve çevreye vereceği zararın veya hasarın etkisi olarak ifade edilmektedir.

Tablo 3.3. Fine Kinney Şiddet (Ş) Skalası. Kinney (1976)

Şiddet (Ş)	Değer
Birçok Ölümün Yaşandığı Bir Felaket	100
Birden Fazla Ölümlü Kaza	40
Ölümlü Sonuçlanabilecek Çok Ciddi Yaralanma	15

Ciddi yaralanma (uzuv kaybı, kalıcı sağlık problemleri/iş göremezlik)	7
Önemli Yaralanma (dış ilk yardım gerekli)	3
Küçük Yaralanma, ilk yardıma ihtiyaç	1

Risk skoru, çok büyük, esaslı, önemli, olası ve önemsiz risk olarak gruplandırılır. Tablo 3.4'te risk skoru skalası gösterilmektedir.

Tablo 3.4. Fine Kinney Risk Skoru (R) Skalası. Kinney (1976)

Risk (R)	Risk Skoru
R > 400	Çok Büyük Risk: Hemen gerekli önlemler alınmalı, sürecin durdurulması düşünülmelidir.
200 ≤ R ≤ 400	Esaslı Risk: Hemen önlem alınmalıdır.
70 ≤ R < 200	Önemli Risk: Önlem ihtiyacı vardır.
20 ≤ R < 70	Olası Risk: Süreç gözetim altında uygulanmalıdır.
R < 20	Önemsiz Risk: Önlem Öncelikli Değildir.

Hesaplanan risklerin öncelik sırasının ve uygulanacak kontrol önlemlerinin belirlenmesi için risk skoruna ihtiyaç vardır.

3.2 AHP Yöntemi

Thomas L. Saaty tarafından 1977 yılında geliştirilen Analitik Hiyerarşi Prosesi, çok kriterli karmaşık problemlerin çözümünün matematiksel olarak yapıldığı bir yöntemdir. Probleme göre kriterler ve alternatifler belirlenerek hiyerarşik bir yapı oluşturulur. Problemin çözümü en iyi alternatifin hesaplanması ile gerçekleşir. AHP yöntemi için öncelikle hedefler belirlenir, belirlenen hedefleri gerçekleştirmek için gerekli kriterler çıkarılır, her kriter için alternatifler seçilir ve böylece hiyerarşik model ortaya çıkarılır (Timor, 2011).

AHP, hiyerarşik yapının oluşturulmasından sonra ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur ve bu matrisler hesaplanır. AHP yönteminin karar verme süreci aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır.

Tablo 3.5'te gösterildiği şekilde kriterlerin birbirlerine göre üstünlükleri anket uygulanan uzman tarafından belirlenir. Saaty tarafından geliştirilen ikili karşılaştırma önem dereceleri Tablo 3.5'te gösterilmiştir.

Tablo 3.5 İkili Karşılaştırmada Kullanılan Önem Dereceleri ve Açıklamaları. Saaty (1982)

Önem Derecesi	Tanımlama	Açıklama
1	Eşit Derecede Önemli	İki kriter arasında üstünlük yoktur
3	Orta Derecede Önemli	Tecrübe ve değerlendirme sonucunda bir kriter diğerine göre biraz daha tercih edilir

5	Kuvvetli Derecede Önemli	Tecrübe ve değerlendirme sonucunda bir kriter değerine göre kuvvetli derecede tercih edilir.
7	Çok Kuvvetli Derecede Önemli	Bir kriterin diğer kriterlere göre güçlü şekilde tercih edilmesi ve baskınlığının çok net görülmesi.
9	Tamamıyla Önemli	Bir kriterin diğerine tercih edilebilmesi için kanıtlar çok güçlü derecede güvenilirliğe sahiptir.
2,4,6,8	Ara değerler	Uzlaşmak gerektiği zaman kullanılmak üzere iki ardışık kriter arasına düşen değerler.

Tabloda gösterilen 1, 3, 5, 7, 9 gibi sayısal değerler ana değerleri temsil ederken 2, 4, 6, 8 değerleri ara değerleri temsil etmektedir. Kriterler arasında yapılan bu karşılaştırmalar sayesinde aşağıdaki ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Tablo 3.6'da ikili karşılaştırma matrisi görülmektedir.

Tablo 3.6. İkili Karşılaştırma Matrisi.

	A1	A2	...	...	An
A1	1	a12	...	...	a1n
A2	1/a12	1	...	...	a2n
.
An	1/a1n	1/a2n	...	...	1

Anket yoluyla oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi sol ve üst tarafta kriterlerin sırasıyla yazılmasıyla oluşturulur. Aynı kriterlerin birleştikleri yerler birbirlerine göre üstünlükleri olmayacağından dolayı "1" değerini alır. "1" değerlerinin sol tarafında kalan bölüm aşağıdaki formül ile ifade edildiği şekilde hesaplanır.

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}$$

a_{ij} ifadesi i. özellik ile j. özellik arasındaki ikili karşılaştırma değerini gösterirken a_{ji} ifadesi j. özellik ile i. özellik arasındaki ikili karşılaştırma değerini göstermektedir. İkili karşılaştırma matrisi oluşturulduktan sonra normalize edilmiş matrisin oluşturulması gerekmektedir. Normalize edilmiş matrisin oluşturulması için aşağıdaki formül kullanılır.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}$$

Yukarıda kullanılan formül her bir değerın sütun toplamına bölünmesi olarak ifade edilebilir. Normalize edilmiş matris

oluşturulduktan sonra öz vektörün hesaplanması gerekmektedir. Bu işlem için kullanılan formül ise aşağıda gösterildiği gibidir.

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n}$$

Öz vektör W_i şeklinde gösterilmiştir. Bulunan değerlerin doğruluğunun sınanması için tutarlılık oranının (CR) hesaplanması gerekmektedir. CR değerinin hesaplanması için aşağıdaki formül kullanılır.

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

CI tutarlılık indeksini, RI ise Rassal indeks olarak ifade edilmiştir. Uzmanın karşılaştırmasının tutarlı olduğunu söyleyebilmek için CR değerinin 0,10'dan küçük olması gerekir. Eğer hesaplanan değer büyük çıkarsa karşılaştırmanın tekrar yapılması gerekmektedir. Cr değerinin hesaplanması için aşağıda gösterilen D matrisi oluşturulur.

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \dots \\ \dots \\ W_n \end{bmatrix}$$

D matrisi, ikili karşılaştırma matrisi ile öncelik vektörünün çarpılmasıyla oluşturulmuştur. D matrisinden sonra temel değer E aşağıda gösterilen formülle hesaplanır.

$$E_i = \frac{d_i}{W_i}$$

CI değerini hesaplanması için, en büyük temel değer hesaplanması gerekmektedir. En büyük değer (λ) aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n}$$

λ değeri bulunduktan sonra CI değeri aşağıda gösterildiği şekilde hesaplanır.

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

Son olarak Rassal indekse ihtiyaç vardır. Saaty tarafından oluşturulan bu indeks Tablo 3.7'de gösterildiği şekildedir.

Tablo 3.7. Rassel İndeks (Saaty,1990)

n	RI
1	0,00
2	0,00
3	0,58
4	0,90
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45
10	1,49
11	1,51
12	1,48
13	1,56
14	1,57
15	1,58

Tutarlılık oranı hesaplandıktan sonra tüm alternatifler hesaplanır ve en büyük ağırlığa sahip alternatif seçilerek problemin çözümü için en iyi karar verilmiş olur.

4. Bulgular

Araştırma verileri, Kocaeli Üniversitesi Etik Kurulunun 06/06/2022 tarih ve 2022/13 no'lu toplantısında verilen etik kurul izni sonrasında uzman ekip tarafından yapılan değerlendirmelerle elde edilmiştir. Fine-Kinney yöntemi için uzman ekip tarafından tehlikeler, olasılık, frekans ve şiddet bakımından değerlendirilmiştir. Daha sonra risk skorları hesaplanarak tehlikelerin ağırlıkları bulunmuştur. Katılımcı uzman ekibin ikisi yüksek lisans bir tanesi de lisans mezunu uzakyol yeterliliğine sahip mühendisler olup, yaş ortalamaları 46,3 yıl ve iş deneyimlerinin ortalaması ise 24 yıldır. Tablo 4.1'de uzman ekip için risk skorları verilmiştir.

Tablo 4.1. Uzman Ekip İçin Fine-Kinney Yöntemi Risk Skorları

Tehlikeler	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru
Malzeme düşmesi	3	2	3	18
Elektrik çarpması	3	0,5	15	22,5
Dönen parçalar	1	1	7	7
Sıcak yüzeyler	6	1	3	18
Aydınlatma	0,1	0,5	1	0,05
Yangın	3	0,5	100	150
Kimyasal maddeler	1	0,5	40	20
Gürültü	0,2	10	1	2
Kaynak işleri	1	1	15	15

El aletleri kullanımı	3	1	7	21
Yüksek yerlerden düşme	1	0,5	15	7,5

Tablo 4.1'de görüldüğü gibi en yüksek risk skoru 150 değeriyle yangın için belirlenirken, elektrik çarpması 22,5 değeriyle ikinci, el aletleri kullanımı 21 değeriyle üçüncü ve kimyasal maddeler 20 değeriyle dördüncü sırada hesaplanmıştır. Gürültü ve aydınlatma 11 tehlike içinde en az değere sahip iki tehlike olmuşlardır.

Olasılık, frekans ve şiddet değerlerinden hesaplanan risk skorlarına göre risklerin çeşitleri ve alınması gereken önlemler belirlenmelidir. Tablo 4.2'de yöneme göre riskler ve alınması gereken önlemler verilmiştir.

Tablo 4.2. Uzman Ekip İçin Fine-Kinney Yöntemi Riskleri ve Alınması Gereken Önlemler

Tehlikeler	Risk skoru	Risk	Önlemler
Malzeme Düşmesi	18	Önemsiz risk	Önlem öncelikli değildir.
Elektrik Çarpması	22,5	Olası risk	Süreç gözetim altında uygulanmalıdır.
Dönen Parçalar	7	Önemsiz risk	Önlem öncelikli değildir.
Sıcak Yüzeyler	8	Önemsiz risk	Önlem öncelikli değildir.
Aydınlatma	0,05	Önemsiz risk	Önlem öncelikli değildir.
Yangın	150	Önemli risk	Önlem ihtiyacı vardır.
Kimyasal Maddeler	20	Olası risk	Süreç gözetim altında uygulanmalıdır.
Gürültü	2	Önemsiz risk	Önlem öncelikli değildir.
Kaynak İşleri	15	Önemsiz risk	Önlem öncelikli değildir.
El Aletleri Kullanımı	21	Olası risk	Süreç gözetim altında uygulanmalıdır.
Yüksek Yerlerden Düşme	7,5	Önemsiz risk	Önlem öncelikli değildir.

Tablo 4.2'de görüldüğü gibi en yüksek risk skoru olan yangın önemli risk olarak bulunmuş ve önlem ihtiyacı olduğu tespit edilmiştir. Elektrik çarpması, kimyasal maddeler, el aletleri kullanımı olası risk olarak bulunmuş ve bu tehlikelerin gözetim altında uygulanması önerilmiştir. Malzeme düşmesi, dönen parçalar, sıcak yüzeyler, aydınlatma, gürültü, kaynak işleri ve yüksek yerlerden düşme tehlikeleri ise önemsiz risk olarak sınıflandırılmış ve önlem öncelikli olmadığı vurgulanmıştır.

Google Form üzerinden ankete katılan ve güvenilirlik değerleri 0,1 altında olan 6 uzman için ayrı ayrı hesaplamalar yapılmıştır. Katılımcı uzman ekibin üçü lisans, ikisi yüksek lisans bir tanesi de doktora mezunu uzakyol yeterliliğine sahip mühendisler olup, yaş ortalamaları 41,3 yıl ve iş deneyimlerinin ortalaması ise 19 yıldır. Her uzman için ikili karşılaştırma matrislerinin çalışmanın sadeliğine zarar vereceğinden dolayı bulgular bölümünde yer verilmemiş, öncelikle uzman 1 için karşılaştırma matrisleri verilmiş ve daha sonra tüm uzmanlar için geometrik ortalama alınarak ikili karşılaştırma matrisleri verilmiştir. Uzman 1 için ikili karşılaştırma matrisleri Tablo 4.3'te gösterildiği gibidir. Her bir kriterin birbirine üstünlükleri Tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.3. Uzman 1 İçin İkili Karşılaştırma Matrisleri

Krt	MD	EÇ	DP	SY	A	Y	KM	G	Kİ	EAK	YYD
MD	1	1/7	1/3	3	7	1/5	1/7	7	5	1/3	1/3
EÇ	7	1	5	7	9	1	3	9	9	7	3
DP	3	1/5	1	3	9	1/3	1/3	7	5	3	1
SY	1/3	1/7	1/3	1	5	1/7	1/7	3	1	1	1/3
A	1/7	1/9	1/9	1/5	1	1/9	1/9	1/3	1/3	1/5	1/7
Y	5	1	3	7	9	1	1	9	7	5	3
KM	7	1/3	3	7	9	1	1	9	9	5	3
G	1/7	1/9	1/7	1/3	3	1/9	1/9	1	1	1/3	1/7
Kİ	1/5	1/9	1/5	1	3	1/7	1/9	1	1	1/3	1/5
EAK	3	1/7	1/3	1	5	1/5	1/5	3	3	1	1/3
YYD	3	1/3	1	3	7	1/3	1/3	7	5	3	1

Uzman 1 için ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen sonuçlar hesaplanmış ve kriterlerin ağırlıkları ve sıralamaları Tablo 4.4'te verilmiştir. Uzman 1 için karşılaştırma matrisini tutarlılık oranı 0,07 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değer 0,1 değerinden düşük olduğu için güvenilir bir ikili karşılaştırma matrisi olarak kabul edilir.

Tablo 4.4. Uzman 1 için Kriterlerin Ağırlıkları ve Sıralamaları

Kriterler	Ağırlıklar	Sıralama
Malzeme Düşmesi	0,057	6
Elektrik Çarpması	0,249	1
Dönen Parçalar	0,091	5
Sıcak Yüzeyler	0,034	8
Aydınlatma	0,013	11
Yangın	0,192	2
Kimyasal Maddeler	0,185	3

Gürültü	0,019	10
Kaynak İşleri	0,022	9
El Aletleri Kullanımı	0,048	7
Yüksek Yerlerden Düşme	0,092	4

Tablo 4.4'te görüldüğü gibi uzman 1 için en büyük ağırlık elektrik çarpması kriteri olarak belirlenirken, ikinci kriter yangın, üçüncü kriter kimyasal maddeler ve en az ağırlık ise aydınlatma kriteri için hesaplanmıştır.

Tablo 4.5'te tüm uzmanlar için geometrik ortalamalar hesaplanmış ve sonrasında oluşan ikili karşılaştırma matrisi verilmiştir.

Tablo 4.5. Tüm Uzmanlar İçin İkili Karşılaştırma Matrisleri

Kriteri	MD	EÇ	DP	SY	A	Y	KM	G	Kİ	EAK	YYD
MD	1	0,27	0,53	0,72	4,98	0,14	0,31	6,26	2,05	1,99	0,48
EÇ	3,7	1	3,2	1,7	7,5	0,4	1,4	7,8	5,2	5,6	2,2
DP	1,89	0,31	1	1,10	5,99	0,23	0,45	6,26	3,22	4,22	0,72
SY	1,38	0,58	0,91	1	5,92	0,18	0,40	5,20	2,26	2,61	0,92
A	0,20	0,13	0,17	0,17	1	0,12	0,14	1,15	0,33	0,28	0,24
Y	6,90	2,05	4,33	5,43	8,63	1	2,61	9,00	7,30	6,90	4,52
KM	3,27	0,69	2,24	2,50	7,10	0,38	1	7,50	5,36	4,86	2,20
G	0,16	0,13	0,16	0,19	0,87	0,11	0,13	1	0,44	0,40	0,18
Kİ	0,49	0,19	0,31	0,44	3,00	0,14	0,19	2,26	1	0,58	0,35
EAK	0,50	0,18	0,24	0,38	3,56	0,14	0,21	2,50	1,73	1	0,44
YY	2,08	0,44	1,38	1,09	4,10	0,22	0,45	5,50	2,84	2,26	1

Tablo 4.6'da tüm uzmanların ikili karşılaştırma matrisi sonucu hesaplanan kriterlerin ağırlıkları ve sıralamaları görülmektedir.

Tablo 4.6. Tüm Uzmanlar İçin Kriterlerin Ağırlıkları ve Sıralamaları

Kriterler	Ağırlıklar	Sıralama
Malzeme Düşmesi	0,0581	7
Elektrik Çarpması	0,1670	2
Dönen Parçalar	0,0853	4
Sıcak Yüzeyler	0,0761	6
Aydınlatma	0,0171	10
Yangın	0,2841	1
Kimyasal Maddeler	0,1467	3
Gürültü	0,0165	11
Kaynak İşleri	0,0318	9
El Aletleri Kullanımı	0,0366	8
Yüksek Yerlerden Düşme	0,0808	5

Tablo 4.6'da görüldüğü gibi tüm uzmanlar için ilk sırada önem derecesine sahip kriter yangın olarak bulunmuş, ikinci önem derecesine sahip kriter elektrik çarpması ve üçüncü önem derecesine sahip kriter ise kimyasal maddeler belirlenirken en son önem derecesine sahip kriterler aydınlatma ve gürültü kriterleri oluşmuşlardır.

5. Tartışma ve Sonuç

Yapılan çalışmada gemi makine dairesi tehlikelerinin tanımlanması, risklerin değerlendirilmesi ve öncelik sırasının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç için öncelikle literatür incelemesi yapılmış, uzman görüşleri alınmış, ulusal ve uluslararası mevzuatlar incelenmiştir.

Makine dairesinde yapılan işlerin çok çeşitli olmasından dolayı personelin çalışma ortamında birçok farklı tehlikeye maruz kaldığı söylenebilir. 1973 yılında kurulan İngiltere merkezli Videotel Marine International şirketi, denizcilik alanında ihtiyaç duyulan eğitim videolarını oluşturmaktadır. Videotel şirketi, eğitim ürünleri için makine dairesinde sıklıkla karşılaşılan on adet tehlike belirlemiştir. Bunlar; çöpler, yüksekte çalışmak, ağır yükler, sintine ve tank alarmları, yalıtım, kablolama ve elektrik, zemin, aydınlatma, kaçış yollarının engellenmesi ve açık kapılardır (Latarche, 2021).

Araştırmanın AHP bulgularına göre, *yangın* en önemli tehlike iken *elektrik çarpması* ikinci en önemli tehlike, *kimyasal maddeler* ve *el aletleri kullanımı* ise bu tehlikeleri takip eden diğer önemli tehlikeler olduğu ortaya çıkmıştır. Tehlikelerin oluşturduğu iş kazalarına yönelik risk skorlarının hesaplanması için Fine-Kinney yönteminin risk skoru skalasından yararlanılmış, *yangın* önemli risk olarak görülmüştür. *Elektrik çarpması*, *kimyasal maddeler ile çalışma* ve *el aletleri kullanımı* olası risk olarak görülmüştür. Çalışmamızda en önemli tehlikenin yangın olduğu belirlenmiş ve yapılan farklı çalışmalarda gemilerde

en çok yaşanan acil durumun da yangın olduğu ifade edilmiştir (İlhan, 2018). Literatür incelendiğinde gemi yangınlarıyla ilgili yapılan çok sayıda teknik çalışmaya ulaşmak mümkündür. Gemi yangınlarında en yüksek riskli yangın türü, makine dairesi kaynaklı yangın türleridir (Sarvari vd., 2017). Büyük ve Yorulmaz, (2022) kimyasal tankerlerde tank operasyonlarındaki yangın riskini FTA yöntemiyle hesapladıkları çalışmaları, Ubowska ve Szczepanek, (2016) makine dairesi yangınlarını ve söndürme sistemlerini inceledikleri çalışmaları, Sarvari vd. (2017) hızlı feribotlarda makine dairesi kaynaklı yangınları inceledikleri çalışmaları, Karahalios, (2017) yangının çıkışı ile ortaya çıkan tehlikeler ve yangın söndürme yönetimini AHP yöntemi ile incelediği çalışmaları, Zeńczak ve Gromadzińska, (2020) makine dairesi yangınlarına yönelik yaptıkları araştırma ve mürettebatın önerilerine dayanarak oluşturdukları kontrol listesi çalışmaları da gemi yangınlarının gemide oluşabilecek en tehlikeli durumlar olduğu vurgulanmaktadır.

Literatüre bakıldığında farklı türdeki yağlara ve kimyasallara maruz kalmak gemide en ciddi sağlık tehlikelerinden biri olarak görülmektedir (Forsell vd., 2007; Lundh vd., 2011). *Kimyasal maddelerin* oluşturduğu tehlikeler çalışmamızda üçüncü sırada ağırlığa sahiptir. Özellikle makine personelin işletme, bakım ve tutumlarda kullandıkları kimyasalların özelliklerini ve maruz kalma durumunda yapılması gerekenleri bilmeleri gerekmektedir. Gemide kullanılan malzeme güvenlik bilgi formlarının (MSDS- Material Safety Data Sheet) ulaşılabilir olması son derece önemlidir.

Kriterler içinde *aydınlatma* ve *gürültü* en az ağırlığa sahip tehlike olarak hesaplanmıştır. Gürültü ve aydınlatma kriterlerinin ağırlığının düşük çıkması bu iki tehlikenin makine personeli tarafından tam olarak kavranmadığı sonucunu da ortaya koyabilir. Daha yüksek tehlikeli bulunan *yüksek yerlerden düşme* kriteri gibi seçenekler aydınlatmanın fazla veya az olmasıyla da alakalı olabilir. Gürültüye maruz kalınması gürültünün şiddeti ve maruz kalma zamanıyla ilgilidir. Uzun yıllar gemilerde makine personeli olarak çalışmış bireylerde işitme kayıplarının olduğu bilinmektedir. İki yılda bir gemi personelin yaptırmak zorunda olduğu gemi adamlarının periyodik veya genel sağlık muayenelerinde uygulanan işitme testleri gürültü tehlikesinin önemini ve ihmal edilmemesi gerektiğini ortaya koymaktadır (Gemiadamları Sağlık Yönergesi 26 Temmuz 2021).

Gemi makine dairesinde yapılan risk değerlendirme formları incelendiğinde genellikle olasılık ve şiddetin çarpıldığı 5x5 L tipi matris yönteminin kullanıldığı görülmektedir. ISM gereği gemilerde oluşturulan risk değerlendirme formlarında kullanılan yöntem birbirine benzemekte ve şirketler arasında aynı şekilde kullanılmaktadır. Özellikle farklı risk değerlendirme yöntemlerinin kullanılması formlarının da çeşitlenmesine sebep olacaktır. Ayrıca diğer risk değerlendirme yöntemlerinin birinin veya birkaçının beraber kullanılması, risklerin güvenilir bir şekilde tespiti ve

öncelik sırasının belirlenmesi açısından da önemlidir.

Daha sonra yapılacak çalışmalar için gemi geneli yanında oldukça tehlikeli ve ağır şartlarda çalışmaların yapıldığı makine dairesi risk analizlerine ağırlık verilebilir. Özellikle farklı risk analiz yöntemleri uygulanmasının yanı sıra hibrit risk analiz yöntemleri de makine dairesine uygulanmalıdır. Bu sayede belirlenecek riskler için daha güvenilir sonuçlar elde edilebilir. Makine dairesi tehlikeleri belirlendikten sonra önem dercesine göre bu tehlikeler ve tehlikelerin önlenmesi ve ortadan kaldırılmasına yönelik çalışmalar yapılmalıdır.

Kaynakça

- Başhan, V., Demirel, H., & Gul, M. (2020). A Novel Risk Evaluation Approach for Frequently Encountered Risks in Ship Engine Rooms. *Brodogradnja: Teorija i Praksa Brodogradnje i Pomorske Tehnike*, 71(2), 31-54.
- Bayraktar, M. (2005). *Gemi Makine İşletmeciliğinde İş Güvenliği Uygulamaları*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 198953.
- Bekdemir, E. (2019). *Bina İnşaatında Fine Kinney ve 5X5 Matris Risk Analizi Yöntemlerinin Uygulanması*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bilir, N. (2016). *İş Sağlığı ve Güvenliği*. İstanbul: Güneş Tıp Kitapevleri.
- Boyacı, A. Ç., Solmaz, M. B., & Kabak, M. (2020). A Model Proposal For Occupational Health and Safety Risk Assessment Based On Multi-Criteria Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets: An Application In Plastics Industry. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 36(2), 1041-1053.
- Büyük, N., & Yorulmaz, M. (2022). Kimyasal Tankerlerde Tank Operasyonlarındaki Yangın Risklerinin FTA Metodu ile İncelenmesi Tersane Çalışanlarının Duygusal Bağlılık Düzeylerinin İş Performansları Üzerindeki Etkisi: Yalova Örneği. *View project International Social Sciences Studies Journal View project*
- Charchalis, A., & Czyż, S. (2011). Analysis of Fire Hazard And Safety Requirements of A Sea Vessel Engine Rooms. *Journal of KONES*, 18, 49-56.
- Chybowski, L., Gawdzińska, K., Ślesicki, O., Patejuk, K., & Nowosad, G. (2015). An Engine Room Simulator as an Educational Tool for Marine Engineers Relating to Explosion and Fire Prevention of Marine Diesel Engines. *Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie*, 43 (115), 15-21.
- Çakır, E. (2019). *İş Yeri Tehlikeleri ve Mesleki Riskler: Ticaret Gemilerinde Meydana Gelen İş Kazaları Üzerine Bir İnceleme*. Doktor Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, 564634.
- DTO. (2021). *Denizcilik Sektör Raporu*. İstanbul: Deniz Ticaret Odası.
- Fine, W. T. (1971). *Mathematical Evaluation For Controlling Hazards*. MARYLAND: Naval Ordnance Laboratory.
- Forsell, I. Karl, Hageberg, S., & Nilsson, R. (2007). Lung Cancer And Mesothelioma Among Engine Room Crew – Case Reports With Risk Assessment Of Previous and Ongoing Exposure To Carcinogens. *International Maritime Health*, 58(1-4), 5-13.
- Gemidamları Sağlık Yönergesi* 26 Temmuz 2021.
- Gökçe, M. K. (2013). *Zararlı Gazların Gemi Makine Dairesindeki Dağılımının Simülasyonu ve Etkilerinin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 355704.
- Hansen, H. L., Nielsen, D., & Frydenberg, M. (2002). Occupational Accidents Aboard Merchant Ships. *Occupational and Environmental Medicine*, 59(2), 85-91.
- Hasanspahić, N., Vujićić, S., Kristić, M., & Mandušić, M. (2022). Improving Safety Management through Analysis of Near-Miss Reports- A Tanker Ship Case Study. *Sustainability*, 14(3), 1094.
- İlhan, S. (2018). *Gemi Acil Durum / Gemi Terk Ekipmanlarının ve Operasyonunun İş Güvenliği Açısından Risk Temelli Olarak İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 520663.
- İncekara, Ç. Ö. (2020). Enerji Sektöründe Faaliyet Gösteren Bir İşletmede İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 4(1), 152-17.
- Karahalios, H. (2017). Effect of Human Behaviour in Shipboard Firefighting Decisions: *The Case of Fire in Engine Rooms*.
- Kinney, G. F., & Wiruth, A. D. (1976). *Practical Risk Analysis for Safety Management*. California: Naval Weapons Center.
- Koçak, G. (2008). *Gemi Makineleri İşletmesinde Ergonomik Analiz*. Yüksek Lisans Tezi., İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 520663.
- Latarche, M. (2021). Engine-room Safety Matters. In *Pounder's Marine Diesel Engines and Gas Turbines* (893-907).
- Lundh, M., Lützhöft, M., Rydstedt, L., & Dahlman, J. (2011). Working Conditions In The Engine Department – A Qualitative Study Among Engine Room Personnel On Board Swedish Merchant Ships. *Applied Ergonomics*, 42(2), 384-390.
- Mindykowski, J., & Tarasiuk, T. (2015). Problems Of Power Quality In The Wake Of Ship Technology Development. *Ocean Engineering*, 107, 108-117.
- Özkılıç, Ö. (2014). *Risk Değerlendirilmesi*. Ankara: Türkiye İşveren Sendikaları Konfederasyonu.
- Sarvari, P. A., Çevikcan, E., Çelik, M., & Ustundag, A. (2017). A Simulation Aided Methodology Suggestion for Managing Emergency Evacuation Operation Under Engine

- Room Sourced Fire Conditions. *Journal of ETA Maritime Science*, 5(4), 362–385.
- Staay, T. L. (1987). The Analytic Hierarchy Process-What It Is and How It Is Used. *Mathd Modelling* (s. 161-176). Great Britain.: Pergamon Journals Ltd.
- Timor, M. (2011). *Analitik Hiyerarşi Prosesi*. İstanbul (Birinci baskı). İstanbul: Türkmen Kitapevi
- Ubowska, A., & Szczepanek, M. (2016). Engine Rooms Fire Safety-Fire-Extinguishing System Requirements. *Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie* 48(120), 51–57.
- Yorulmaz, M. (2009). *Deniz Taşımacılığı ve Deniz Sigortaları*. İstanbul: Akademi Denizcilik Yayınları.
- Zeńczak, W., & Krystosik-Gromadzińska, A. (2020). Improvements to a Fire Safety Management System. *Polish Maritime Research*, 26(4), 117–123.
- Zhang, H., Li, C., Zhao, N., Chen, B. Q., Ren, H., & Kang, J. (2022). Fire Risk Assessment in Engine Rooms Considering the Fire-Induced Domino Effects. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(11).