

Covid-19 Nedeniyle Yolcu Gemilerinin Erken Geri Dönüşümünün Çevresel Sonuçlarının Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

Mehmet Önal

Gemi ve Deniz Teknolojisi Mühendisliği Bölümü, Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, İzmir, Türkiye

mehmet.onal@ikc.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4596-8923

ÖZET

Uçaklar, trenler ve otobüsler gibi ulaşım endüstrileri pandemi sırasında faaliyetlerine devam edebildi. Ancak kruvaziyer endüstrisinde işe dönüş koşulları daha karmaşıktı. Salgının bir sonucu olarak kruvaziyer turizm sektörü ekonomik bir sıkıntı dönemine girmiş ve bunu yoğun borçlanma ile aşmaya çalışmıştır. Bununla birlikte, birkaç şirket finansal varlıklarını sürdürmek için mevcut gemilerini satmaya karar verdi. Covid-19 süreci ile geri dönüşüme gönderilen kruvaziyer gemilerinin 10-15 yıl içerisinde geri dönüştürülmesi beklenirken, salgın nedeniyle geri dönüşüm tesislerinde kruvaziyer gemi geri dönüşümü arttı. Bu çalışma, Aliğa gemi geri dönüşüm tesislerine gönderilen yolcu gemilerinin, yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) kullanılarak Covid-19 etkisi kapsamında ortalama hizmet ömürleri dolmadan gerçekleştirilen geri dönüşümlerinin çevresel etki hesaplamasını göstermektedir. Çalışmanın sonuçları, küresel çevrenin Covid-19 salgını sonucunda kruvaziyer endüstrisinin dönüşümünden etkilendiğini kesin olarak göstermiştir. 10-15 yıl sonra geri dönüşüme gönderilmesi beklenen gemilerin çevresel etkilerinin günümüzde yaşanan etkileri belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: yaşam döngüsü değerlendirme, yolcu gemisi geri dönüşümü, covid-19, çevresel etki

Makale geçmişi: Geliş 19/09/2022 – Kabul 15/11/2022

<https://doi.org/10.54926/gdt.1177101>

Life Cycle Assessment of the Environmental Consequences of the Premature Recycling of Cruise Ships due to Covid-19

Mehmet Önal

Department of Shipbuilding and Ocean Engineering, Faculty of Naval Architecture and Maritime, İzmir Katip Çelebi University, İzmir, Türkiye

mehmet.onal@ikc.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4596-8923

ABSTRACT

Transportation industries such as airplanes, trains, and buses were able to resume operations during the pandemic. In the cruise industry, however, conditions for returning to work were more complex. As a result of the pandemic, the cruise tourism industry entered a period of economic difficulty and attempted to overcome it by borrowing heavily. Nonetheless, several companies decided to sell their existing ships to maintain their financial viability. Even though cruise ships sent for recycling via the Covid-19 process are expected to be recycled within 10 to 15 years, cruise ship recycling in recycling facilities has increased due to the epidemic. This study demonstrates the environmental impact calculation of cruise ships sent to Aliaga ship recycling facilities for disassembly before the end of their average service life under the Covid-19 effect using life cycle assessment (LCA). The results of the study demonstrated conclusively that the global environment had been affected by the transformation of the cruise industry as a result of the Covid-19 epidemic. The environmental effects of ships that must be sent for recycling after 10 to 15 years have to be experienced now.

Keywords: life cycle assessment, cruise ship recycling, covid-19, environmental impact

Article history: Received 19/09/2022 – Accepted 15/11/2022

1. Introduction

In 2020, when the coronavirus (Covid-19) epidemic afflicted the entire world, many sectors temporarily lost continuity. Positive and negative environmental impacts have resulted from international and national restrictions, changes in lifestyle, and policies intended to curb the virus's spread.

Tourism was one of the industries most affected by the epidemic (Zhang et al., 2021). Given that cruise tourism is a part of the international supply chain, it can be said that a significant portion of the tourism industry's impact is felt by cruise tourism. The cruise tourism industry, which entered a period of economic difficulty due to the pandemic, attempted to overcome this situation by borrowing heavily (Silva, 2021). However, some companies chose to sell their existing ships to ensure continued economic viability (Holland et al., 2021). Businesses that could not find a financial market for their ships during the pandemic also precipitated a global economic crisis and opted to recycle their vessels (ICS, 2021).

Even though cruise ships sent for recycling through the Covid-19 process are expected to be recycled within 10 to 15 years (Cruise Industry News, 2020), cruise ship recycling has increased in recycling facilities due to the epidemic.

This study demonstrates the environmental impact calculation of cruise ships sent to Aliaga ship recycling facilities for disassembly using life cycle assessment (LCA) before reaching the end of their average service life under the Covid-19 effect.

1.1. Cruise industry under the influence of Covid-19

The cruise industry, a part of the global supply chain, has previously been negatively affected by the Spanish, Asian, Hong Kong, H1N1, and SARS epidemics (Liu & Chang, 2020; Silva, 2021). Global health issues and developments have a direct impact on the cruise industry. The sector was negatively impacted by the terrorist attacks of September 11 (Goodrich J. N., 2002) and the economic crisis of 2008 (Carić & Mackelworth, 2014). Finally, the COVID-19 pandemic has been the industry's greatest challenge.

After the 'Diamond Princess' case, the COVID-19 outbreak began negatively affecting the cruise tourism industry (Liu & Chang, 2020). On February 4, the positive Covid-19 test of a passenger who left the Diamond Princess ship on January 25, 2020 was recorded as the first confirmed case. After reaching Yokohama, the ship was quarantined for fourteen days. On February 16, 2020, 355 passengers were diagnosed with Covid-19. On March 1, 2020, 712 individuals had been infected (Sözen et al., 2021).

The cruise industry has ceased operations more than a year after the pandemic, while other sectors have returned to profitability. This was because the conditions necessary for the cruise industry to continue operating were more stringent than those imposed on different modes of transportation, including airlines, trains, and buses (Da Silva, 2021).

Between March 2020 and February 2021, there were 3,519 confirmed cases of coronavirus, including passengers and crew, and 73 passenger deaths. The first outbreak occurred on Diamond Princess, with 712 infected passengers and 14 fatalities. In March, there were 132 deaths on the Grand Princess and 852 cases, of which 22 were fatal, on the Ruby Princess. After these incidents, cruises were altered or cancelled, ships were quarantined, in-port bans were enacted, and ports were closed, particularly in Southeast Asia, Europe, and the Caribbean.

Crew and passengers were sent home due to cruise cancellations. The shutdowns caused by COVID-19 have affected all countries that are a part of the cruise industry, which plays a vital role in many local economies (Cruise Mapper, 2021).

The cruise industry contributes significantly to creating jobs and economic opportunities for millions of people worldwide. According to 2019 data collected before the pandemic, approximately 30 million passengers travelled on cruise ships, and 1,166 thousand people worked in this industry. The cruise industry's total economic output was 155 billion dollars (CLIA, 2021).

In the cruise industry, one of the most significant and well-executed examples of corporate planning, some companies act with a three-year plan that includes the location of the ships, itineraries, pricing, and menu items. Between 2009 and 2019, the sector grew at a rate of 5.4% annually due to the sector's planning expertise (CLIA, 2020). This expansion generates substantial value for agencies, ports, and associated labor in the international supply chain.

During the pandemic, transportation industries such as airplanes, trains, and buses were able to resume operations. However, the cruise industry's conditions for returning to work were more complex. In this instance, the perception was that other transportation industries are essential for survival, whereas the cruise industry serves a recreational and vacation purpose. Sizeable luxury cruise ships carry significantly more passengers than the largest passenger-carrying aircraft, and most cruises are substantially longer. As crowded passenger populations reside in confined spaces, the personnel density is also extremely high. Passengers on cruise ships are typically middle-aged or elderly, with a higher susceptibility to common medical conditions and lower disease resistance (Liu & Chang, 2020).

Although other transportation sectors also serve leisure and vacation purposes, the decision to halt all cruises had a direct or indirect negative impact on every worker in the cruise industry. Given that the cruise industry is the primary source of revenue for some cities, cancellations of cruises are anticipated to have lasting economic effects.

The UN's World Tourism Organization (UNWTO) anticipated a %70-80 decline in industry levels for 2020 (compared to 2019) due to international travel restrictions. According to UNWTO, the sector's financial impact is between \$0.85 billion and \$1 billion (UNWTO, 2021b).

After the bans on the cruise industry, large corporations began the borrowing process: Carnival Cooperation (USD 3 billion), Royal Caribbean Group (USD 2.2 billion), and Norwegian Cruise Line Holdings (USD 1.55 billion) (Cruise Mapper, 2021).

In addition to the companies that were able to continue their operations by borrowing money from this dire financial situation, some companies faced the issue of idle ships. Following the cessation of operations, the companies analyzed the idle ship situation. This situational analysis includes a qualitative evaluation of the ship's facilities, equipment, and systems following an extended period of inactivity (DNV, 2021).

Because cruise ships are significantly more complex than commercial vessels, the cold storage requirements for this segment of ships are quite different. According to Olsen Cruise Lines, assessing economic risk is the most difficult task. It is challenging to balance minimizing costs during deployment and losses while continuing operations (DNV, 2021).

Recycling unused cruise ships is another way for companies to mitigate economic losses. Due to ship-specific factors, this option has become economically viable for some vessels. The cruise industry ceased operations in March 2020 and began recycling ships in the summer.

Cruise ships that have reached the end of their service life are recycled. The average lifespan of a cruise ship is between 35 and 40 years (Cruise Industry News, 2020). This is approximately 25 years for commercial ships. Some companies experiencing economic difficulties during the Covid-19 process chose to recycle their cruise ships before the end of their service lives. Figure 1 illustrates the respective recycling reasons for Cruise ships.

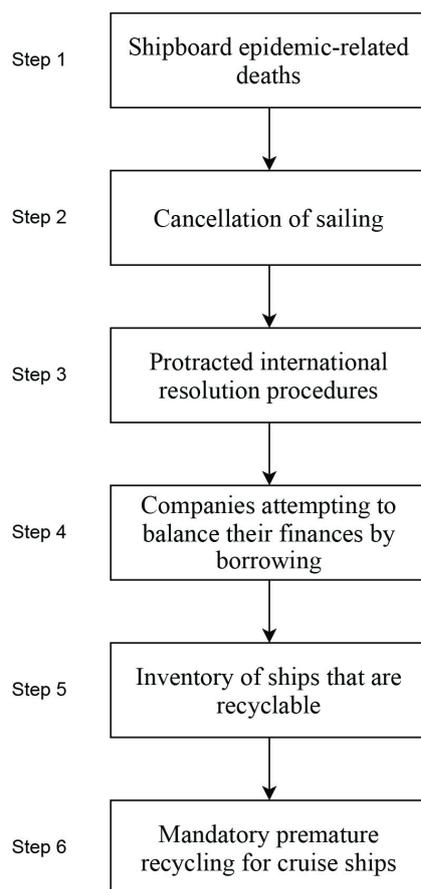


Figure 1. The cruise ship recycling path in the time of Covid-19 (step1 (Chen et al., 2020; Quintal et al., 2021), step2 (Choquet & Sam-Lefebvre, 2021; Holland et al., 2021; Renaud, 2020), step3 (Connell, 2021; Jordan et al., 2020; UNWTO, 2021a), step4 (Cruise Mapper, 2021), step5 (DNV, 2021), step6 (Gemisander, 2020))

After the average service life of cruise ships, they remain in service for an additional 10 to 15 years in secondary markets (Golden F., 2018). After their economic voyage, cruise ships can continue to serve by being transformed into floating hospitals in underserved nations. After all these procedures, the cruise ship will have the option to recycle. Due to the inability of the Covid-19 process to economically extend the service life of some cruise ships after their primary service period, they were sent for recycling in 2020 instead of 10 to 15 years later.

The cruise operators of EU nations struggled to cover their ships' personnel and other costs that could not sail and faced lawsuits. In response to this developing situation, the operators have rerouted their ships to EU-listed Aliaga recycling facilities. Table 1 lists the cruise ships recycled in Aliaga in 2020 and their construction years (Gemisander, 2020).

This study, which aims to determine the environmental impact of what occurred in the Cruise industry during the Covid-19 process, has revealed the environmental effects of the recycling process, which occurs in the Cruise industry before the average time and is required.

Table 1. Recycled Cruise Ships in 2020 at Aliaga (Gemisander, 2020)

Name	Construction Year
Sovereign	1990
Monarch	1991
Carnival Fantasy	1990
Carnival Inspiration	1993
Carnival Imagination	1995

2. Methodology

LCA was used in the study to determine the environmental impact of system inputs. LCA is utilized in the maritime sector. There have been studies conducted on shipbuilding (Önal, 2022a), operation/fuel consumption (Bilgili & Celebi, 2018), and recycling (Önal, 2022b). In this study, the life cycle assessment was utilized to determine the environmental impacts of the recycling operations of the relevant cruise ships.

LCA can be used to determine the environmental impacts of systems. It is possible to create alternative applications or scenarios that reduce environmental impacts. It is a technique used to identify and evaluate environmental effects. In this study, the environmental effects of cruise ship recycling are revealed. No comparison has been made between the obtained results. The study implemented the LCA method to assess the environmental impact of ship construction, operation, and recycling (Önal et al., 2021). Table 2 outlines the LCA phases and descriptions for cruise ships. By analyzing the inputs and outputs of a product or service system within a confined area, LCA allows observing the environmental results in different impact categories.

Table 2. Cruise Tourism LCA Impacts (Johnson, 2002)

Impacts	Explanation
Infrastructure	Ship construction, terminal facilities, general modifications, local construction
Operational	Use of energy and water, air quality pollution
Distribution	Supplying a cruise liner and requirements for transport
Use	Consumptions, use of chemicals, littering
Waste	Wastes from the ship (oils, garbage, sewage, plastics, hazardous substances)
Recycle	Ship recycling and transportation to steel mills

As a result of the effects of Covid-19, the recycling industry, like numerous other industries, entered a period of stagnation. With the recycling of passenger ships, the sector's stagnation has made way for mobility.

2.1. Goal and Scope

The study aims to determine the environmental effects of cruise ship recycling in the Aliaga region in 2020.

The LCA methodology reveals environmental implications to raise awareness within the ship recycling industry among decision-makers and stakeholders. This study centred on the metal removal processes of cruise ships, and the findings were presented by these procedures.

2.2. System Boundary and Inventory Analysis

O₂, LPG, diesel fuel, and electricity consumption data during the recycling process were considered to calculate the environmental impacts of cruise ship recycling processes. The Aliaga Ship Recycling Industrialists' Association provided information on ships and recycling processes.

The recycling system inputs were evaluated by matching them to the Ecoinvent v3.01 database. The classification and characterization method used was CML-IA.

2.3. Impact Assessment Method

The study revealed the effect categories of abiotic depletion, abiotic depletion (fossil fuels), global warming potential, ozone depletion, human toxicity, freshwater aquatic ecotoxicity, marine aquatic ecotoxicity, terrestrial ecotoxicity, photochemical oxidation, acidification, and eutrophication.

Due to Covid-19, it is intended to reveal the environmental effects that occur during the recycling processes of ships sent for recycling before their average service life. In accordance with the obtained data and information from the literature, only the outcomes of the recycling data of the relevant ships were evaluated. There has been no comparison of environmental impact outcomes, such as one method versus another ship. The inventory of the study is categorized according to its environmental impact, and the resulting environmental burden is indicated.

The work in the Aliaga ship recycling area continued in 2020, albeit at a reduced rate, due to the pandemic. An intensive work process has begun with the arrival of cruise ships to Aliaga in June 2020. Figure 2 displays the tons of recycled steel in the Aliaga region by month in 2020.



Figure 2. Recycled steel tonnes at Aliaga ship recycling facilities Per Month in 2020

3. Results

During the pandemic, one sector's cessation has facilitated another's mobility. The cruise tourism and ship recycling industries both exhibit this result. Table 3 depicts the environmental impacts of the steel removal operations performed on recycled cruise ships in the Aliaga region.

Recycling of ships has occurred, as long-term docking of cruise ships has forced companies to consider ship recycling as a solution, albeit prematurely. Considering the average service life of cruise ships, the pandemic also accelerated the emergence of the environmental effects of the recycling process, which was believed to have occurred 10 to 15 years ago.

Table 3. Environmental impact categories of ship recycling phases for cruise ships

Impact category	Unit	Total
Abiotic depletion	kg Sb eq	0,85
Abiotic depletion (fossil fuels)	MJ	$7,7 \times 10^7$
Global warming (GWP100a)	kg CO ₂ eq	$2,7 \times 10^6$
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	0,25
Human toxicity	kg 1,4-DB eq	$5,5 \times 10^5$
Freshwater aquatic ecotox.	kg 1,4-DB eq	$9,9 \times 10^4$
Marine aquatic ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	$1,84 \times 10^9$
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	$2,4 \times 10^3$
Photochemical oxidation	kg C ₂ H ₄ eq	1075
Acidification	kg SO ₂ eq	$2,3 \times 10^4$
Eutrophication	kg PO ₄ --- eq	1230

The study determined the environmental consequences of the early recycling of ships during the Covid-19 period. The environmental loads in the region were revealed by the obtained environmental impact results.

It indicates the carbon load, which has an effect on the category of global warming potential (GWP100a) as a result of the recycling processes of the ships sent for recycling as a result of the difficulties the cruise industry has encountered due to Covid-19. In regional carbon management and balancing calculations, this effect occurred earlier than expected and increased the regional carbon load.

4. Conclusion

The Covid-19 period has significantly affected health, the economy, and the environment. After this procedure may take years to eliminate the adverse global effects. It is believed that a separate effort should be made in each sector to return to normal the results resulting from the change in statistics that are usually considered. Even though cruise tourism has resumed with post-Covid-19 regulations, sector decision-makers should adopt different practices as new routines to avoid similar incidents in the future and compensate for losses.

The study's results clearly showed that our world had been environmentally affected by the change in the cruise industry due to the Covid-19 epidemic. The environmental impacts of the ships sent for recycling compulsorily after 10-15 years have to be experienced today. As a comparative factor, the ship recycling industry, which continues its activities with more environmentally friendly practices within the scope of sustainability activities, is anticipated to have lower environmental impacts for the same ships in the future if these ships can be recycled within the expected average timeframes.

5. Reference

Bilgili, L., & Celebi, U. B. (2018). Developing a new green ship approach for flue gas emission estimation of bulk carriers. *Measurement*, 120(7), 121–127. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.02.002>

Carić, H., & Mackelworth, P. (2014). Cruise tourism environmental impacts – The perspective from the Adriatic Sea. *Ocean & Coastal Management*, 102(2–3), 350–363. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.09.008>

Chen, C.-M., Jyan, H.-W., Chien, S.-C., Jen, H.-H., Hsu, C.-Y., Lee, P.-C., Lee, C.-F., Yang, Y.-T., Chen, M.-Y., Chen, L.-S., Chen, H.-H., & Chan, C.-C. (2020). Containing COVID-19 Among 627,386 Persons in Contact With the Diamond Princess Cruise Ship Passengers Who Disembarked in Taiwan: Big Data Analytics. *Journal of Medical Internet Research*, 22(5), e19540. <https://doi.org/10.2196/19540>

Choquet, A., & Sam-Lefebvre, A. (2021). Ports closed to cruise ships in the context of COVID-19: What choices are there for coastal states? *Annals of Tourism Research*, 86, 103066. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2020.103066>

CLIA. (2020). STATE OF THE CRUISE 2020 INDUSTRY OUTLOOK. Cruise Lines International Association. <https://cruising.org/-/media/research-updates/research/state-of-the-cruise-industry.ashx>

CLIA. (2021). 2021 State Of The Cruise Industry Outlook. Cruise Lines International Association. https://cruising.org/-/media/research-updates/research/2021-state-of-the-cruise-industry_optimized.ashx

Connell, J. (2021). COVID-19 and tourism in Pacific SIDS: lessons from Fiji, Vanuatu and Samoa? *The Round Table*, 110(1), 149–158. <https://doi.org/10.1080/00358533.2021.1875721>

Cruise Industry News. (2020). Cruise Lines Eye 40-Year Service Life. <https://www.cruiseindustrynews.com/cruise-news/22139-cruise-lines-eye-40-year-service-life.html>

Cruise Mapper. (2021). Coronavirus cruise ships and companies updates. <https://www.cruisemapper.com/coronavirus>

Da Silva, A. L. R. (2021). An overview of the impact of COVID-19 on the cruise industry with considerations for Florida. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 10, 100391. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2021.100391>

DNV. (2021). Equipment Criticality Analysis supports successful recommissioning. <https://www.dnv.com/expert-story/maritime-impact/index.html>

Gemisander. (2020). 2020 Ship Recycling Industrial Association Sector Report.

Golden F. (2018). Where Do Old Cruise Ships Go to Die? *Bloomberg L.P.* <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-05-31/where-do-old-cruise-ships-go-to-die>

Goodrich J. N. (2002). September 11, 2001 attack on America: a record of the immediate impacts and reactions in the USA travel and tourism industry. *Tourism Management*, 23, 573–580.

Holland, J., Mazzarol, T., Soutar, G. N., Tapsall, S., & Elliott, W. A. (2021). Cruising through a pandemic: The impact of COVID-19 on intentions to cruise. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 9(3), 100328. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2021.100328>

ICS. (2021). ICS Leadership Insights Live: Ship Recycling round-up. International Chamber of Shipping. <https://www.ics-shipping.org/news-item/ics-leadership-insights-live-ship-recycling-round-up/>

Johnson, D. (2002). Environmentally sustainable cruise tourism: a reality check. *Marine Policy*, 26(4), 261–270. [https://doi.org/10.1016/S0308-597X\(02\)00008-8](https://doi.org/10.1016/S0308-597X(02)00008-8)

Jordan, E. J., Vieira, J. C., Santos, C. M., & Huang, T.-Y. (2020). Do residents differentiate between the impacts of tourism, cruise tourism, and Airbnb tourism? *Journal of Sustainable Tourism*, 1–19. <https://doi.org/10.1080/09669582.2020.1833894>

Liu, X., & Chang, Y.-C. (2020). An emergency responding mechanism for cruise epidemic prevention-taking COVID-19 as an example. *Marine Policy*, 119, 104093. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.104093>

Önal, M. (2022a). Evaluation of shipyard operation processes with cradle-to-gate life cycle assessment based on material consumption rates for an aluminum and steel yacht. *Ships and Offshore Structures*, 1–7. <https://doi.org/10.1080/17445302.2022.2129920>

Önal, M. (2022b). Life Cycle Assessment Approach for the Ship Recycling Industry. *Proceedings of the International Scientific Conference SEA-CONF*, 227–232.

Önal, M., Neşer, G., & Gürsel, K. T. (2021). Environmental impacts of steel ship hulls building and recycling by life cycle assessment (LCA). *Ships and Offshore Structures*, 16(10), 1061–1066. <https://doi.org/10.1080/17445302.2020.1816706>

Quintal, V., Sung, B., & Lee, S. (2021). Is the coast clear? Trust, risk-reducing behaviours and anxiety toward cruise travel in the wake of COVID-19. *Current Issues in Tourism*, 1–13. <https://doi.org/10.1080/13683500.2021.1880377>

Renaud, L. (2020). Reconsidering global mobility – distancing from mass cruise tourism in the aftermath of COVID-19. *Tourism Geographies*, 22(3), 679–689. <https://doi.org/10.1080/14616688.2020.1762116>

Silva, A. L. R. d. (2021). An overview of the impact of COVID-19 on the cruise industry with considerations for Florida. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 10, 100391. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2021.100391>

Sözen, A., Acar, B., & Neşer, G. (2021). Diamond Princess Kruvaziyer Gemisinde Covid-19 Salgın Yönetiminin Simülasyon Tabanlı İncelenmesi. *Istanbul Yeni Yuzyil Universitesi, Yeni Yuzyil Journal of Medical Sciences*, 2(2), 41–49. <https://doi.org/10.46629/JMS.2021.40>

UNWTO. (2021b). INTERNATIONAL TOURISM AND COVID-19. The World Tourism Organization. <https://www.unwto.org/international-tourism-and-covid-19>

UNWTO. (2021a). REPORT: TRAVEL RESTRICTIONS 3RD. The World Tourism Organization. <https://www.unwto.org/covid-19-travel-restrictions>

Zhang, H., Song, H., Wen, L., & Liu, C. (2021). Forecasting tourism recovery amid COVID-19. *Annals of Tourism Research*, 87(4), 103149. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2021.103149>

Tersanelerde Yüksekte Çalışma Risklerinin AHP Tabanlı PROMETHEE ile Analiz Edilmesi

Mehmet Arif Öztürk¹, Murat Yorulmaz²

¹ İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye
² Denizcilik İşletmeleri Yönetimi Bölümü, Denizcilik Fakültesi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye

¹ (sorumlu yazar), marifozturk@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-0410-1752

² murat.yorulmaz@kocaeli.edu.tr, 0000-0002-5736-9146

ÖZET

Tersaneler gemi yapım, bakım-onarım, söküm faaliyetleri yapılan ve çok fazla sayıda çalışanın istihdam edildiği çalışma alanlarıdır. Bu durum deniz yolu taşımacılığı açısından üretimin sağlanması, istihdam sağlanması, savunma ihtiyacının karşılanması açısından ülke ekonomisine önemli katkı sağlamaktadır. Bunların yanı sıra tersaneler yürütülen farklı faaliyetler ve bu faaliyetlerin yürütülmesinde yardımcı olan çalışma yöntemleri (iskelede, merdivende çalışma, iş ekipmanları ile çalışma, vinçlerde çalışma vb.) açısından değerlendirildiğinde iş kazası yaşanma olasılığı yüksek olan alanlardır. Özellikle yüksekte çalışma işlerinde yaşanan kazalar ölümlerle sonuçlanabilmektedir. Kazaların önlenmesi risklerin incelenerek gerekli önlemlerin alınmasıyla mümkün olabilir. Bu kapsamda bu çalışmada, tersanelerde yüksekte çalışma risklerinin analiz edilmesi amaçlanmıştır. Yöntem olarak AHP tabanlı PROMETHEE yöntemi kullanılmıştır. İlk aşamada literatür araştırması ile yüksekte çalışma riskleri olarak yedi kriter; “çalışanın düşmesi, malzemenin düşmesi, elektrik çarpması, iskelenin/merdivenin devrilmesi/yıkılması, çarpma-çarpışma, statik hesaplama ve mühendislik yanlışlıkları ve meteorolojik koşullar” ve yüksekten düşme kazalarının önlenmesi için “denetim ve bakım, eğitim, kişisel koruyucu tedbirler ve toplu koruma yöntemleri” olarak dört alternatif belirlenmiştir. Kriterlerin ikili karşılaştırması ve alternatiflerin kriterlere göre ikili karşılaştırmasını yapmak amacıyla 1-9 karşılaştırma değerleri kullanılarak hazırlanan anket tersanede uzman olarak çalışan 5 kişi tarafından değerlendirilmiş ve veriler AHP ile işlem yapan Super Decision v2.1 programına girilerek kriter ağırlıkları belirlenmiştir. Bu değerlendirmeye göre çalışanın düşmesi kriterinin en yüksek risk olduğu sonucu çıkmıştır. Sonraki aşamada kriter ağırlıkları ve ikili karşılaştırma verileri Visual PROMETHEE programına girilerek alternatiflerin öncelik sırası belirlenmiştir. Bu değerlendirme sonucunda denetim ve bakım alternatif olarak ilk sırada çıkmıştır. Çalışanların düşmesini önleyici özellikle korkuluk, güvenlik ağı vb. toplu koruma yöntemlerinin uygulanmasına öncelik verilmesi ve denetim ve bakım faaliyetlerinin sürekli olarak yapılması riskleri ortadan kaldırarak kaza olasılığını düşürecektir. Bu çalışmada tersanelerde yüksekte çalışma riskleri, AHP tabanlı PROMETHEE yöntemleri ile analiz edilerek literatüre ve tersane sektörüne katkı sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Tersaneler, Yüksekte Çalışma, AHP, PROMETHEE

Makale geçmişi: Geliş 19/09/2022 – Kabul 25/11/2022

<https://doi.org/10.54926/gdt.1177108>

Analyzing The Risks of Working at Height in Shipyards with AHP-Based PROMETHEE

Mehmet Arif Öztürk¹, Murat Yorulmaz²

¹ Department of Occupational Health and Safety, Institute of Science, Kocaeli University, Kocaeli, Türkiye

² Department of Maritime Business Management, Faculty of Maritime, Kocaeli University, Kocaeli, Türkiye

¹ (corresponding author), marifozturk@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-0410-1752

² murat.yorulmaz@kocaeli.edu.tr, 0000-0002-5736-9146

ABSTRACT

Shipyards are work areas where shipbuilding, maintenance, repair and dismantling activities are carried out and a large number of employees are employed. This situation makes a significant contribution to the country's economy in terms of providing production, employment and meeting the defense needs in terms of maritime transport. In addition to these, when shipyards are evaluated in terms of the different activities carried out and the working methods that help in the execution of these activities (working on the pier, on the ladder, working with work equipment, working on cranes, etc.), they are areas with a high probability of occupational accidents. Accidents, especially in working at heights, can result in death. Preventing accidents can only be possible by examining the risks and taking the necessary precautions. In this context, in this study, it is aimed to analyze the risks of working at height in shipyards. AHP-based PROMETHEE method was used as the method. In the first stage, seven criteria as risks of working at height with literature research; "Inspection and maintenance, training, personal protective measures and collective protection methods for the prevention of "employee falling, material falling, electric shock, overturning/collapsing of scaffolding/ladder, crash-collision, static calculation and engineering errors and meteorological conditions" and fall from height accidents. Four alternatives have been identified. In order to make a pairwise comparison of the criteria and a pairwise comparison of the alternatives according to the criteria, the questionnaire prepared using 1-9 comparison values was evaluated by the experts working in the shipyard, and the criteria weights were determined by entering the data into the Super Decision v2.1 program that operates with AHP. According to this evaluation, it was concluded that the criterion of employee falling is the highest risk. In the next step, the criteria weights and pairwise comparison data were entered into the Visual PROMETHEE program and the priority order of the alternatives was determined. As a result of this evaluation, Inspection and Maintenance came first as an alternative. Especially guardrail, safety net etc. to prevent employees from falling. Giving priority to the implementation of collective protection methods and continuous inspection and maintenance activities will eliminate risks and reduce the probability of accidents. In this study, it is aimed to contribute to the literature and to shed light on similar studies by analyzing the risks of working at height in shipyards with the AHP-based PROMETHEE method.

Keywords: Shipyards, Working at Height, AHP, PROMETHEE.

Article history: Received 19/09/2022 – Accepted 25/11/2022

1. Giriş

Tersaneler yürütülen çalışmalar gemi yapımı, sökümü, bakım ve onarım, malzeme tedariki faaliyetlerinden oluşmaktadır. Tersaneler bu çalışmaların çeşitliliği ve istihdamın fazla oluşu dikkate alındığında kazaya neden olabilecek farklı birçok riski bünyesinde barındırmaktadır. Yaşanacak ölümlü veya yaralanmalı bir iş kazası işyerlerine ağır maliyetler çıkarabilmektedir (Tansoy, 2017).

Bütün iş kollarında çalışanların ölümü, yaralanması, kalıcı sakatlığı ile sonuçlanan iş kazaları meydana gelebilmektedir. Çok tehlikeli iş kolunda bulunduğu için kaza olasılığı tersanelerde de bulunmaktadır. Kazaları önlemeye yönelik yürütülecek ilk adım, yapılan işlerdeki riskleri belirleyip önleyici tedbirleri kaza yaşanmadan önce almak olmalıdır. İşin özelliğine, sektöre göre riskler belirlenerek bu riskler doğrultusunda önlemler alınmalıdır (Taylan, 2008).

Yapılan işler ve sektörel olarak bakıldığında tersanelerde; kaynak, boya, raspa, elektrik, kesme, montaj vb. çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar sırasında da erişimi ve malzeme taşınmasını/naklini sağlayacak çeşitli vinçler (mobil, teleskopik vb.), forkliftler, çeşitli tezgahlar (torna, freze vb.), iskeleler ve işin yapımına uygun makine ve ekipmanlar kullanılmaktadır (Yavuz, 2012). Gemi inşa faaliyetleri sırasında yapılan kaynak, iskelede çalışma, malzeme taşınması/nakli, makine ve tezgahların kullanımı, elektrik işleri vb. çalışmalar sırasında iş kazaları meydana gelmektedir. Bu nedenle kazaların önlenmesi için risklerin belirlenerek önleyici tedbirlerin alınması gerekmektedir (Özgül, 2014). Tersanelerde 2000-2013 yılları arasında yaşanan kazalar incelendiğinde ölümlü sonuçlanan kazaların nedenleri; yüksekte düşme, elektrik akımına maruz kalma, yangın ve patlama, cisim çarpması, sıkışma ve diğer olarak sıralanmaktadır (Barlas ve Çelebi, 2014).

Tersanelerde faaliyetlerin birlikte yürütülmesi, bu faaliyetler sırasında işe yardımcı ekipmanların kullanılması ve çalışan sayısının fazla olması durumları iş kazasına neden olacak riskleri ortaya çıkarmaktadır. Bütün bunların değerlendirilerek iş sağlığı ve güvenliği (İSG) çalışmalarının dikkatle yürütülmeli, bütün riskler tanımlanmalı ve önlemler alınarak kazaların önüne geçilmelidir. Özellikle de sonucu ciddi yaralanma ya da ölüm olan yüksekte çalışma işleri risklerinin belirlenmesi ve önlemlerin alınması önemlidir.

Bu çalışmada, tersanelerde yüksekte çalışma risklerinin belirlenmesi, analiz edilmesi, önem düzeylerinin sıralanması ve riskleri önleyecek alternatiflerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden AHP (Analytical Hierarchy Process) ve PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) yöntemleri tercih edilmiştir. Tersanelerle ilgili yapılan bazı çalışmalar; Bakacak (2007) çalışmada Çalışma Bakanlığı ve Sosyal Sigortalar Kurumu (Sosyal Güvenlik Kurumu) verilerinin incelenmesi şeklinde keşifsel veri toplama yöntemi kullanılarak gemi inşa ve onarım faaliyetlerinde meydana gelen kazaların analizi incelenmiştir. İzci (2015), çalışmada iş kazasına neden olabilecek tehlikeli durum ve davranışlar anketler yardımıyla belirlenmeye çalışılarak gemi inşa sanayinde iş kazaları ve analizi incelenmiştir. Tansoy (2017), çalışmada iş kazası istatistikleri araştırılarak ve örnek bir tersanede yaşanan kazaların kayıtları incelenerek tersanelerde iş kazalarının önlenmesinde alınması gereken tedbirler ve risk analizi yöntemleri incelenmiştir. Güler (2015), çalışmada 4 gemideki prosesler incelenerek kullanılan kimyasalların tehlike ve riskleri belirlenmiş ve Fine Kinney yöntemi ile risk değerlendirmesi yapılmıştır. Gündoğdu ve Seyfi-Shishavan (2021), çalışmada AHP ve VIKOR yöntemleri ile tersanelerdeki mesleki risklerin önceliklerine göre belirlenmesi incelenmiştir. Liu vd. (2021), çalışmada tersanelerde yaşanan kazalardaki insan faktörleri incelenmiştir. Caner Akın (2020), çalışmada AHP yöntemi ile tersanelerdeki tehlike ağırlıkları belirlendikten sonra L Tipi (5x5) risk değerlendirme matrisi kullanılarak risk değerlendirmesi yapılmıştır. Wulandari vd. (2018), çalışmada işyerine ait mevcut belgelerin (risk değerlendirmesi, çalışma talimatları vb.) analizi yapılarak tersanede gövde boyama işlemindeki riskler

ve risk değerlendirme yöntemi incelenmiştir. Zaman vd. (2019), çalışmada AHP yöntemi kullanılarak tersane işçilerinin iş kazasının bireysel ve işyeri faktörleri belirlenmesi incelenmiştir. Abd Rahman ve Daud (2021), çalışmada anket çalışması yapılarak tersane sektöründe kişisel koruyucu donanım uygunluğu bilinci incelenmiştir. Yılmaz vd. (2015), çalışmada bir tersanedeki iş kazası kayıtları incelenerek Türkiye'deki tersane kazalarının analizi yapılmıştır. Acuner ve Çebi (2016), çalışmada bulanık küme (fuzzy set) yöntemi ile risk olasılığı, şiddeti ve olay sıklığı bazında riskin büyüklüğü belirlenmeye çalışılmış ve tersanelerdeki iş kazalarında etkili risk önleyici model teklifi incelenmiştir. Yorulmaz ve Yanık (2021), çalışmalarında, AHP yöntemi ile denizcilik firmalarının kaptan adaylarının seçiminde öncelik vermesi gereken yönetici kriterlerini tespit etmeyi amaçlamıştır. Yorulmaz ve Öztürk (2022) ise çalışmalarında, AHP yöntemi kullanılarak tersanelerdeki iş kazası nedenleri önem düzeylerine göre belirlenmiştir.

Dolayısıyla tersanede yaşanan iş kazalarının incelenmesi ve bazı çalışma yöntemleri için risk değerlendirmesi şeklinde çalışmalar yapılmıştır. Ancak araştırmada ele alınan problem hiyerarşisi kapsamında AHP tabanlı PROMETHEE yöntemi kullanılarak tersanelerde yüksekte çalışma risklerinin AHP tabanlı PROMETHEE ile analiz edilmesi konusunda herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada tersanelerde yüksekte çalışma risklerinin AHP tabanlı PROMETHEE ile analizinin farklı bir bakış açısı ile değerlendirilmesi amaçlanarak bu yönüyle çalışmanın literatüre katkı yapması beklenmektedir.

2. Tersanelerde İş Süreçleri ve Yüksekte Çalışma

Tersanedeki çalışmalar süresince çok çeşitli makine ve ekipman kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları; kullanım amacına göre vinçler, ceraskal, forkliftler, çeşitli imalat tezgâhları, çeşitli testereler, matkaplar, presler, kaynak makineleri vb. olarak sıralanabilir. Bu ekipmanlar, makineler, cihazlar kullanım amacına ve yerine göre gemi üretimi, bakım-onarım faaliyetlerinin gerekli aşamalarında kullanılmaktadır.

Gemi üretimi sürecinde; sac malzemeye CNC tezgahlarında tasarıma uygun olarak yapılan kesim işlemlerini takiben presler yardımıyla istenilen şekil verilir. Tasarıma uygun olarak bloklar halinde montaj işlemi ile birleştirilir. Bu aşamada geminin boru sistemi montajı da yapılır. Oluşturulan bloklar kaldırma ekipmanları yardımıyla kızağa taşınarak kaynak işlemleri ile birleştirilir. Sonraki aşamada raspa ve boya işlemleri yapılır. Geminin teknik donanımı yerleştirildikten ve boya işlemleri tamamlandıktan sonra gemi kızaktan denize indirilir. Gemi donatımı işlemleri (makine ve boru sistemleri, elektrik tesisatı, izolasyon vb.) gemi denize indirildikten sonra tamamlanır. Tersanelerde imalat/üretim işleri dışında bakım onarım faaliyetleri de yapılmaktadır. Bu işlemler kapsamında; gemi sacı değişimi, periyodik bakım ve arıza onarımı faaliyetleri yapılmaktadır (Tansoy, 2017).

Gemi üretim süreci ve bakım onarım işlemleri sırasında risk yaratacak birçok çalışma yöntemi, ekipman, cihaz ve kimyasal madde kullanılmaktadır. Bunların neticesi olarak da çalışma alanı, ekipmanların neden olacağı riskler iş kazalarına neden olabilmektedir.

Tersanelerde yaşanan iş kazalarına bakıldığında kaza nedenleri; yüksekte düşme, elektrik çarpması, malzeme çarpması/düşmesi, patlama, sıkışma, diğerleri (boğulma, kalp krizi vb.) şeklinde olup özellikle yüksekte düşmeye bağlı kaza ve ölümler daha fazladır (Akyıldız ve Barlas, 2015).

Mevzuatımızda Yüksekte Çalışma **“seviye farkı bulunan ve düşme sonucu yaralanma ihtimalinin oluşabileceği her türlü alanda yapılan çalışma; yüksekte çalışma olarak kabul edilir.”** şeklinde belirtilmiştir (Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı [ÇSGB], 2013).

Tersanelerde iskelede çalışma (boya, raspa vb. işler), merdivende çalışma (montaj, platformlar arası iniş çıkış vb. işler), tekne ve havuzda çalışma, teleskopik vinçte çalışma (gemi yan kısımlarında yapılan boya, raspa vb. işler) işleri yüksekte çalışma işleri olarak değerlendirilir. Yüksekte yapılan çalışmalarda karşılaşılabilecek riskler genel olarak; çalışanın düşmesi, malzemenin düşmesi, elektrik çarpması, iskelenin/merdivenin devrilmesi/yıkılması, çarpma-çarpışma, statik hesaplama ve mühendislik yanlışlıkları ve meteorolojik koşullar olarak sıralanabilir (Çetinkaya, 2014). Görüldüğü üzere tersanelerde yürütülen çalışmalar sırasında özellikle çok çeşitli iş prosesleri ve çeşitli iş ekipmanları bulunmaktadır. Bu çalışmalar ve ekipmanların kullanılmasına bağlı olarak çeşitli risklerle karşılaşılması olasıyken ayrıca sağlanmakta olan çok sayıda personelinde aynı alanda bulunması tersanelerdeki risklerin daha da artmasına neden olabilmektedir.

3.Yöntem

Bu çalışmada, tersanelerde yüksekte çalışma risklerinin analiz edilmesinde kullanılacak ÇKKV yöntemi olan PROMETHEE yöntemine veri sağlanması amacıyla AHP yöntemi kullanılmıştır. PROMETHEE yöntemi diğer ÇKKV yöntemleri ile kıyaslandığında çok sayıda kriter için uygulanabilir basit bir yöntemdir (Dağdeviren ve Eraslan, 2008). PROMETHEE yöntemi alternatiflerin kısmi ve tam sıralamasını aynı anda sunarak her aşamaya müdahale edilmesine ve gözlem yapılmasına olanak sağlar. Verilerin sayısal ifadeler şeklinde olması avantaj sağlarken sayısal ifadelerle belirtilemeyen ve dilsel olarak ifade edilebilen kriter ve alternatifler dezavantajdır (Tuğrul, 2021).

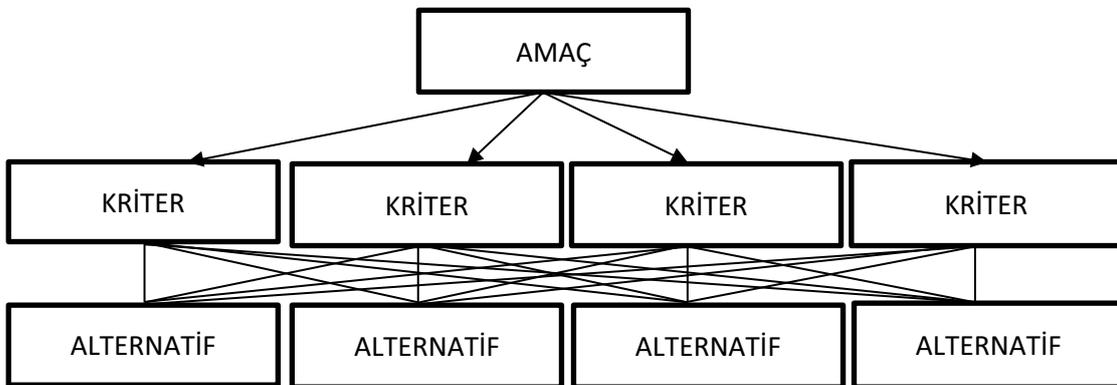
3.1. Analitik hiyerarşi prosesi (AHP)

Analitik Hiyerarşi Prosesi Myers ve Alpert (1968) tarafından ortaya atılmış bir yöntemdir. Daha sonra Saaty tarafından geliştirilmiştir (Yaralıoğlu, 2001).

AHP Aşamaları

Adım 1: Hiyerarşik Yapının Oluşturulması: Problemin çözümüne yönelik amaç belirlenir. Bu amaca ulaşabilmek için kriterler ve alternatifler belirlenerek hiyerarşik yapı oluşturulur. Uzman görüşlerine başvurularak veya literatür araştırması doğrultusunda kriter ağırlıkları belirlenir (Caner Akın vd., 2020).

Tablo 1. AHP hiyerarşi modeli



Adım 2: İkili Karşılaştırma Matrisinin Elde Edilmesi: Kriterler kendi aralarında önem değerlendirilmesi yapılarak karşılaştırılır. Bu karşılaştırmada birbirlerine göre önem dereceleri belirlenmeye çalışılır (Caner vd., 2020).

Tablo 2. Karşılaştırmada kullanılan risk dereceleri (1-9 risk skalası) (Saaty, 1980; Özbek ve Erol, 2018)

Önem Derecesi	Sınıflama Problemleri	Sıralama Problemleri
1	Eşit riskli	İki faaliyet amaca eşit düzeyde katkıda bulunur
3	Birinin diğerine göre çok az riskli olması	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine çok az derecede tercih ettirir
5	Kuvvetli derecede riskli	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine kuvvetli bir şekilde tercih ettirir
7	Çok kuvvetli düzeyde riskli	Bir faaliyet güçlü bir şekilde tercih edilir ve baskınlığı uygulamada rahatlıkla görülür
9	Aşırı derecede riskli	Bir faaliyetin diğerine tercih edilmesine ilişkin kanıtlar çok büyük bir güvenilirliğe sahiptir
2,4,6,8	Ortalama riskli	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere yukarıda listelenen yargılar arasına düşen değerler

Adım 3: Matrisin Normalleştirilmesi: Matrisin her sütun elemanının aynı sütunun toplam değerine bölünmesiyle yapılan işlemidir (Ediz vd., 2017).

Adım 4: Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması: Normalleştirme sonrasında her satır değeri toplanarak matris boyutuna bölünerek kriter ağırlıkları bulunur.

Adım 5: Tutarlılığın Hesaplanması: Bu aşamada değerlendirme sonuçlarının tutarlılığı hesaplanır. Sonuçların tutarlı olduğunu bu değer 0.1'den küçük olmasıyla anlarız. Bu durum sağlanmazsa değerlendirme tekrar gözden geçirilmelidir (Özdemir, 2020).

Tablo 3. Tutarlılık indeks değerleri (Rassal İndeks) (Bedir ve Eren, 2015)

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

Adım 6: Nihai Önceliklere Göre Alternatiflerin Seçimi: Değerlendirme sonuçlarına göre alternatifler arasında en uygun olanı tespit edilir (Tüminçin, 2016).

3.2. PROMETHEE

Bu çalışmada, tersanelerde yüksekte çalışma risklerinin analiz edilmesi için PROMETHEE yöntemi kullanılmıştır. ÇKKV yöntemi olan PROMETHEE, 1982 yılında Jean-Pierre Brans'ın çok kriterli öncelik belirleme amaçlı geliştirdiği bir yöntemdir (Kücü, 2007). PROMETHEE yöntemi ile alternatifler arasında kısmi ve tam sıralama yapılabilmektedir (Özgüven Tayfun, 2015). Alternatifler tercih fonksiyonlarına göre değerlendirilir ve ikili karşılaştırma yapılarak kısmi ve tam öncelikleri belirlenir (Dağdeviren ve Eraslan, 2008).

PROMETHEE kullanılarak yapılmış çalışmalarda; Dağdeviren ve Eraslan (2008), çalışmada PROMETHEE yöntemi ile tedarikçi seçimi yapılmıştır. 6 kritere göre 5 alternatif tedarikçi değerlendirilmiştir. Şenkayas ve Hekimoğlu (2013), çalışmada tedarikçi seçimi probleminde PROMETHEE yöntemini kullanmışlardır. Yılmaz ve Dağdeviren (2010), çalışmada ekipman seçiminde PROMETHEE ve bulanık PROMETHEE yöntemleri kullanılmış ve karşılaştırılmıştır. Ekipmanlar için 6 kriter belirlenmiş ve 11 alternatif belirlenerek değerlendirme yapılmıştır. Özgüven Tayfun (2015), çalışmada perakendecilikte

müşterilerle iletişim yönteminin seçimi PROETHEE yöntemini kullanarak yapılmıştır. 4 kriter ve 6 alternatif üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Özdağoğlu (2013), çalışmada üretim işletmelerinde lazer kesme makinelerinin PROMETHEE yöntemi ile karşılaştırılması yapılmıştır. Mahbub vd. (2011), çalışmada iklim değişikliğinin kentsel yollardan uçucu organik bileşiklerin yıkanması üzerindeki etkilerini PROMETHEE ile değerlendirmiştir. Friend vd. (2011), Çin'in Pearl River Delta bölgesindeki uç bölgede havadaki ince parçacıkların bileşimini etkileyen etkenleri ve farklı alanlarda havanın ne kadar temiz olduğunu PROMETHEE yöntemi ile belirlemiştir. Bağcı ve Esmer (2016), çalışmada PROMETHEE yöntemi ile faktöring şirketi seçimi yapılmıştır. Bağcı ve Rençber (2014), çalışmada kamu bankaları ve halka açık özel bankaların PROMETHEE yöntemi ile karlılıklarının analizi yapılmıştır.

Bu çalışmada, tersanelerde yapılan yüksekte çalışma işlerinde oluşan riskler kriterler olarak belirlenmiştir. Riskleri ortadan kaldırmak için önlemler belirlenerek alternatifler oluşturulmuştur. Yüksekte çalışma işlerinde oluşacak risklerin öncelik sıralamasının belirlenmesi amacıyla kriterlerin ve alternatiflerin ikili olarak kıyaslanmasını sağlayacak şekilde anket oluşturulmuştur. Ankette kullanılan veriler literatür araştırması ile (Çetinkaya, 2014; İzci, 2015; Tansoy, 2017) elde edilerek Tablo 2'deki puanlama doğrultusunda ikili karşılaştırma şeklinde anket soruları haline getirilmiştir. Anketi İstanbul Tuzla bölgesi tersanelerinde iş güvenliği uzmanı olarak çalışan 5 kişi değerlendirmiştir. Anket; 26-55 yaş aralığında, ön lisans/lisans mezunu, 5-16 yıl iş güvenliği deneyimi olan A/B sınıfı İş Güvenliği Uzmanları tarafından değerlendirilmiştir. Anket Kocaeli Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Bilimleri Etik Kurulu'nun 06.06.2022 tarih ve 2022/13 no'lu toplantısında alınan 2 sıra sayılı kararı ve E-10017888-200-242541 sayılı onayı ile değerlendirmeye sunulmuştur.

PROMETHEE Uygulama Adımları

PROMETHEE yöntemi 7 adımdan oluşmaktadır.

Adım 1: Karar noktaları değerlendirmede kullanılacak kriterler tanımlanır. Kriterlerin önem ağırlıkları belirlenerek veri kümesi oluşturulur. Belirlenmiş olan alternatifler, alternatif özellikleri, bu özelliklerin önem ağırlıkları ve alternatiflerin bu özelliğe göre aldıkları değerlerle veri matrisi tablosu oluşturulur. Bu veri matrisinde;

$w = \{w_1, w_2, \dots, w_k\}$ ağırlıkları,

$c = \{f_1, f_2, \dots, f_k\}$ kriterleri ve

$A = \{a, b, c, \dots\}$ alternatifleri göstermektedir (Arslan, 2018).

Tablo 4. PROMETHEE veri matrisi (Eray, 2015).

Kriterler	A	B	C	...	w
f_1	$f_1(a)$	$f_1(b)$	$f_1(c)$...	(w_1)
f_2	$f_2(a)$	$f_2(b)$	$f_2(c)$...	(w_2)
...
f_k	$f_k(a)$	f_k	$f_k(c)$...	(w_k)

Adım 2: Kriterler için tercih fonksiyonları tanımlanır.

Tercih fonksiyonunda kullanılan parametreler;

q: farksızlık değeri,

p: kesinlik değer eşliği,

s: p ve q arasındaki ara değer.

q farksızlık değeri, önemsiz görülebilecek değerlendirme faktörlerinin karar noktalarına göre en büyük fark değeri, p ise kesin tercih oluşturmak için yeterli görülecek en küçük farkı gösterir (Arslan, 2018).

Tablo 5. Tercih fonksiyonları (Brans ve Vincke 1985; Özdağoğlu, 2013).

Tip	Parametreler	Fonksiyon
Birincil Tip (Olağan)	-	$P(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ 1, & x > 0 \end{cases}$
İkinci Tip (U Tipi)	l	$P(x) = \begin{cases} 0, & x \leq l \\ 1, & x > l \end{cases}$
Üçüncü Tip (V Tipi)	m	$P(x) = \begin{cases} x/m, & x \leq m \\ 1, & x > m \end{cases}$
Dördüncü Tip (Seviyeli)	q, p	$P(x) = \begin{cases} 0, & x \leq q \\ 1/2, & q \leq x \leq q + p \\ 1, & x > q + p \end{cases}$
Beşinci Tip (Doğrusal/Lineer)	s, r	$P(x) = \begin{cases} 0, & x \leq s \\ (x - s)/r, & s \leq x \leq s + r \\ 1, & x > s + r \end{cases}$
Altıncı Tip (Gaussian)	σ	$P(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ 1 - e^{-x^2 / 2\sigma^2}, & x \geq 0 \end{cases}$

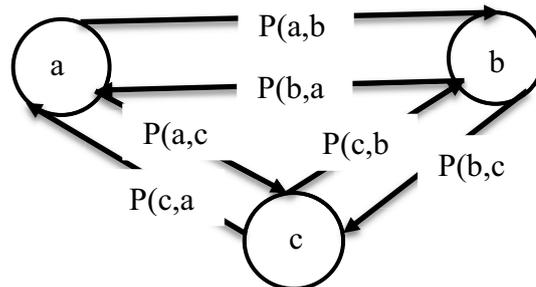
Buradaki x değeri değerlendirme faktörü açısından iki karar noktası değerleri arasındaki farktır.

Birinci Tip (Olağan) tercih fonksiyonu: Değerlendirme faktörü açısından herhangi bir tercih söz konusu değilse seçilecek tercih fonksiyonudur.

İkinci Tip (U Tipi) tercih fonksiyonu: Değerlendirme faktörü açısından belirlenen bir değer üstünde değere sahip karar noktalarından yana tercih kullanılmak isteniyorsa seçilecek tercih fonksiyonudur.

Üçüncü Tip (V Tipi) tercih fonksiyonu: Değerlendirme faktörü açısından ortalamanın üstünde değere sahip karar noktalarından yana tercih kullanılmak isteniyor ancak bu değer altındaki değerleri de ihmal edilmek istenmiyorsa seçilecek tercih fonksiyonudur.

Tablo 6. Ortak tercih fonksiyonlarının şematik gösterimi (Eray, 2015).



Dördüncü Tip (Seviyeli) tercih fonksiyonu: Bir değerlendirme faktörü açısından tercih belirli bir değer aralığına göre belirlenecekse seçilecek tercih fonksiyonudur.

Beşinci Tip (Doğrusal/Lineer) tercih fonksiyonu: Bir değerlendirme faktörü açısından ortalamanın üstünde bir değere sahip karar noktalarından yana tercih kullanılacaksa seçilecek tercih fonksiyonudur.

Altıncı Tip (Gaussian) tercih fonksiyonu: Tercihle değerlendirme faktörü değerlerinin ortalamadan sapma değerleri belirleyici ise seçilecek tercih fonksiyonudur (Şenkaya ve Hekimoğlu 2013).

Adım 3: Tercih fonksiyonları ile alternatif çiftleri için ortak tercih fonksiyonları belirlenir.

Adım 4: Her bir alternatif çifti için tercih indeksleri belirlenir.

Adım 5: Alternatiflerin pozitif ve negatif üstünlükleri hesaplanır.

Adım 6: Kısmi öncelikler belirlenir.

Adım 7: Alternatifler için tam öncelikler hesaplanır.

4. Bulgular

Bu çalışmada, tersanelerde yüksekte çalışma risklerinin AHP tabanlı PROMETHEE ile analiz edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan yüksekte çalışma riskleri literatürden (Çetinkaya, 2014; İzci, 2015; Tansoy, 2017) ve uzman görüşlerine başvurularak elde edilmiştir.

Tersanelerde yapılan iskelede çalışma, merdivende çalışma, tekne veya havuzda çalışmaya ve teleskopik vinçte çalışma işleri yüksekte yapılan işler olarak değerlendirilmektedir. Bu işlerin yapımı sırasında; çalışanın düşmesi, malzemenin düşmesi, elektrik çarpması, iskelenin/merdivenin devrilmesi/yıkılması, çarpma-çarpışma, statik hesaplama ve mühendislik yanlışlıkları, meteorolojik koşullar risk kriterleri için Çetinkaya (2014) çalışmasından faydalanılmıştır. İskelenin/merdivenin devrilmesi/yıkılması, elektrik çarpması, çarpma-çarpışma risk kriterleri için İzci (2015), elektrik çarpması, çalışanın düşmesi, iskelenin/merdivenin devrilmesi/yıkılması, malzeme düşmesi risk kriterleri için de Tansoy (2017) çalışmasından faydalanılmıştır.

Çalışma kapsamında tersanelerde yüksekte çalışma riskleri “*çalışanın düşmesi, malzemenin düşmesi, elektrik çarpması, iskelenin/merdivenin devrilmesi/yıkılması, çarpma-çarpışma, statik hesaplama ve mühendislik yanlışlıkları, meteorolojik koşullar*” olmak üzere yedi kriter belirlenmiştir.

Kriterlerin altında *denetim ve bakım, eğitim, kişisel koruyucu tedbirler ve toplu koruma yöntemleri* alternatifleri için değerlendirme yapılmıştır.

Belirlenen kriterler şu şekildedir:

Çalışanın Düşmesi (ÇD): İskele, merdiven, teleskopik vinç vb. yüksekte çalışma noktalarına erişim veya çalışma sırasında düşme,

Malzemenin Düşmesi (MD): İskele, merdiven, teleskopik vinç vb. yüksekte çalışma noktalarına erişim sırasında veya çalışırken kullanılacak malzeme, el aletleri vb. malzemenin düşmesi,

Elektrik Çarpması (EÇ): Elektrik işleri sırasında, iskelede çalışırken oluşacak kaçaklardan dolayı, iskele veya merdivende yapılan elektrik ark kaynağı çalışmasında oluşabilecek elektrik çarpmasını ve bunun sonucunda çalışanın yüksekte düşmesi,

İskelenin/Merdivenin Devrilmesi/Yıkılması (İMDY): İskelelin/merdivenin düzgün kurulmaması, iskele/merdivenin sabitlenmemesi, iskelenin uzman kişilerce kurulmaması, hareketli iskelelerin kendiliğinden hareketin önlenmemesi, kötü hava şartları vb. durumlardan dolayı iskelenin/merdivenin devrilmesi/yıkılması ve bunun sonucunda çalışanın yüksekte düşmesi,

Çarpma-Çarpışma (ÇÇ): Hareket halindeki veya sabit cisme çarpma ya da cisimle çarpışmayı,

Statik Hesaplama ve Mühendislik Yanlılıkları (SHMY): İskelenin kurulumunda ve kontrolünde yapılan hesaplama hataları,

Meteorolojik Koşullar (MK): Yüksekte çalışma şartlarını olumsuz etkileyecek rüzgâr, kar yağışı, don vb. kötü hava koşullarıdır.

Belirlenen Alternatifler şu şekildedir:

Denetim ve Bakım (DB): Denetim, çalışma şartlarının, çalışanların, saha koşullarının vb. uygunluklarının yerinde gözlemlenmesini ifade eder. Bakım, ekipman, malzeme, sistem vb. düzenli bakımlarının yapılmasını ifade eder

Eğitim (E): Çalışanların alması gereken iş sağlığı ve güvenliği, yüksekte çalışma, kişisel koruyucu kullanımı, iş ekipmanı kullanımı, iskelede çalışma, merdiven kullanımı vb. eğitimleri ifade eder.

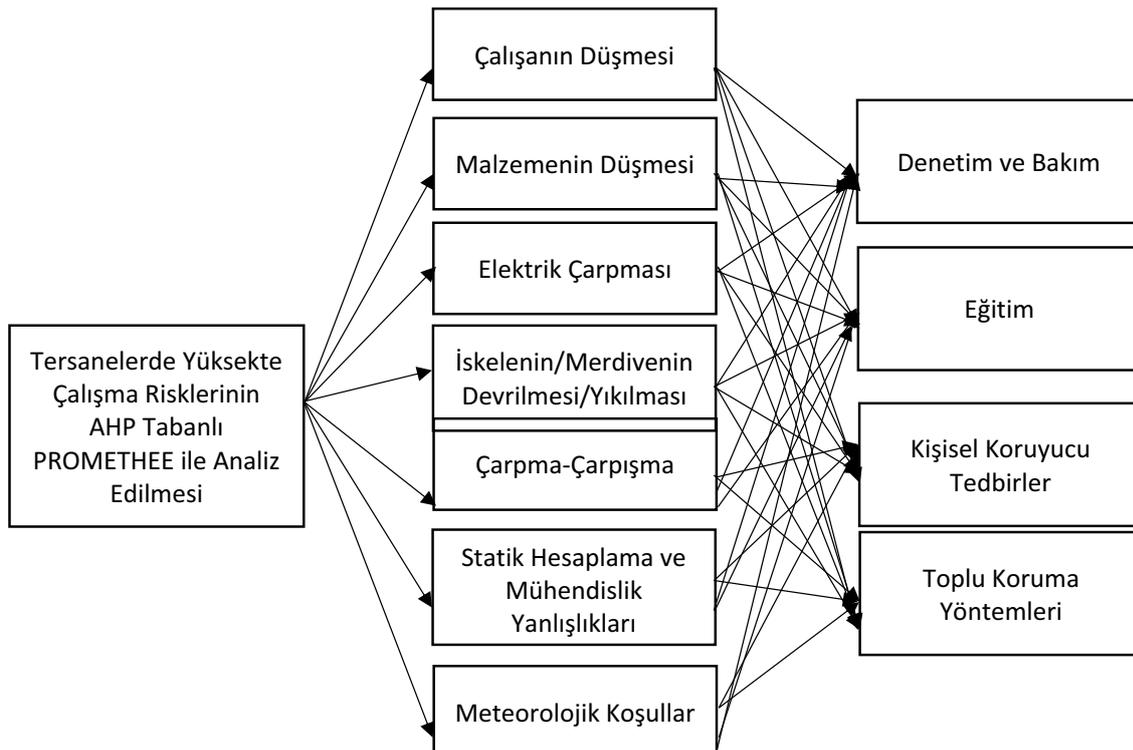
Kişisel Koruyucu Tedbirler (KKT): Emniyet kemeri, baret, eldiven, iş ayakkabısı vb. çalışanı bireysel olarak koruyacak tedbirleri ifade eder.

Toplu Koruma Yöntemleri (TKY): Korkuluk sistemleri, güvenlik ağı vb. koruma yöntemlerini ifade eder.

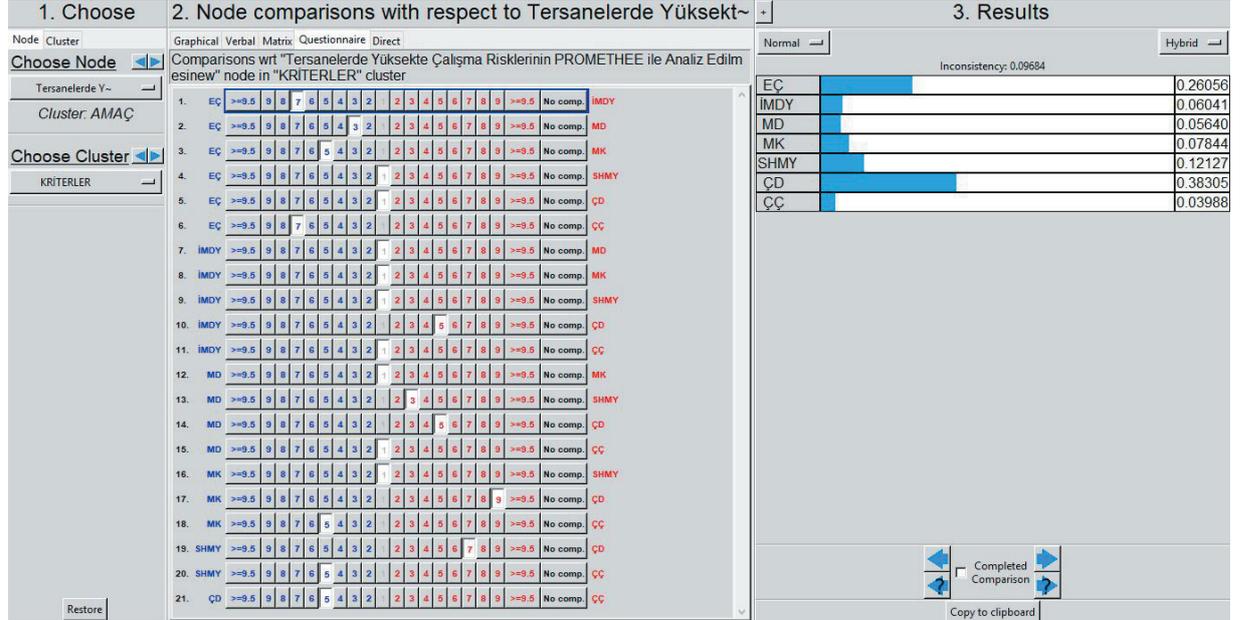
4.1 AHP çözümü

Literatür incelemesi sonrası (Çetinkaya, 2014; İzci, 2015; Tansoy, 2017) elde edilen kriterlere göre oluşturulan hiyerarşik yapı Tablo 7’de gösterilmektedir. Tablo 7 incelendiğinde hiyerarşik yapının ilk aşaması olan amacın tersanelerde yüksekte çalışmada risklerinin AHP tabanlı PROMETHEE ile analiz edilmesi, daha sonraki kısımda ise yüksekte çalışma riskleri ve son kısımda da risklerin ortadan kaldırılması için belirlenmiş olan alternatifler yer almaktadır.

Tablo 7. Hiyerarşik yapı

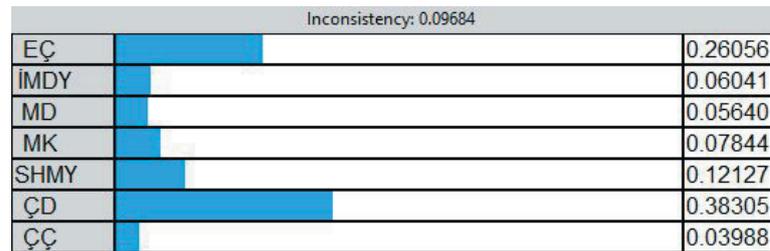


Kriterlerin birbirlerine göre risk derecelerinin belirlenmesinde Tablo 2’de gösterilen 1-9 karşılaştırma puanları kullanılarak anket hazırlanmış ve tersanede A/B sınıfı iş güvenliği uzmanı olarak çalışan, 36 yaş ortalaması olan ve 5, 6, 7, 11 ve 16 yıl işyeri tecrübesine sahip 5 kişinin değerlendirmesine göre belirlenmiştir. Ankete katılım sağlayanlara mail yoluyla ulaşılarak iletişim kurulmuştur. Hesaplamalar anket verilerinin AHP yöntemi ile işlem yapan Super Decisions 2.1 programına girilmesi ile yapılmıştır. Kriterlerin ve alternatiflerin Super Decisions 2.1 ile ikili karşılaştırması Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Kriterlerin ikili karşılaştırması

Uzman görüşleri sonucunda ortaya çıkan ikili karşılaştırma sonucu doğrultusunda kriterler arasında çalışanın düşmesi (ÇD) risk kriterinin yüksekte çalışma riskleri arasında en yüksek risk olduğu sonucu çıkmıştır. Karşılaştırma sonucuna göre çarpma-çarpışma (ÇÇ) riskinin ise en düşük risk olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Şekil 2’de görüldüğü gibi tutarlılık oranı 0.09684 şeklinde tespit edilmiştir.



Şekil 2. Kriterlerin ağırlık oranları ve tutarlılık oranı

Şekil 2 incelendiğinde; yüzdesel olarak %38.3 ile çalışanın düşmesi (ÇD) en yüksek orana sahip olan kriter olarak çıkmıştır. Malzeme düşmesinin de %3.99 ile en düşük orana sahip kriter olduğu ortaya çıkmıştır.

Alternatiflerin kriterlere göre ikili karşılaştırma sonucu Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8 incelendiğinde kriterlerin her bir alternatifin iki karşılaştırması sonucunda çalışanın düşmesi (ÇD) kriteri için 0.35005 oran ile toplu koruma yöntemleri (TKY) en yüksek orana sahip alternatif, 0.12315 oran ile denetim ve bakım (DB) en düşük orana sahip alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Malzeme düşmesi (MD) kriteri için 0.50441 oran ile toplu koruma yöntemleri (TKY) en yüksek orana

sahip alternatif, 0.07981 oran ile eğitim (E) en düşük orana sahip alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Elektrik çarpması (EÇ) kriteri için 0.38895 oran ile eğitim (E) en yüksek orana sahip alternatif, 0.12965 oran ile denetim ve bakım (DB) en düşük orana sahip alternatif olarak ortaya çıkmıştır. İskelenin/merdivenin devrilmesi/yıkılması (İMDY) kriteri için 0.33101 oran ile eğitim (E) en yüksek orana sahip alternatif, 0.18759 oran ile denetim ve bakım (DB) en düşük orana sahip alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Çarpma-çarpışma kriteri için 0.33101 oran ile kişisel koruyucu tedbirler (KKT) en yüksek orana sahip alternatif, 0.18759 oran ile denetim ve bakım (DB) en düşük orana sahip alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Statik hesaplama ve mühendislik yanlışlıkları kriteri için 0.53953 oran ile denetim ve bakım (DB) en yüksek orana sahip alternatif, 0.12049 oran ile eğitim (E) en düşük orana sahip alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Meteorolojik koşullar kriteri için 0.35005 oran ile kişisel koruyucu tedbirler (KKT) en yüksek orana sahip alternatif, 0.12315 oran ile denetim ve bakım (DB) en düşük orana sahip alternatif olarak ortaya çıkmıştır.

Tablo 8. Kriterler için alternatiflerin ikili karşılaştırması

Alternatifler Kriterler	Denetim ve Bakım	Eğitim	Kişisel Koruyucu Tedbirler	Toplu Koruma Yöntemleri
Çalışanın Düşmesi	0.12315	0.23452	0.29228	0.35005
Malzemenin Düşmesi	0.32019	0.07981	0.09558	0.50441
Elektrik Çarpması	0.12965	0.38895	0.30312	0.17829
İskelenin/Merdivenin Devrilmesi/Yıkılması	0.18759	0.33101	0.24070	0.24070
Çarpma-Çarpışma	0.18759	0.24070	0.33101	0.24070
Statik Hesaplama ve Mühendislik Yanlışlıkları	0.53953	0.12049	0.15017	0.18981
Meteorolojik Koşullar	0.12315	0.29228	0.35005	0.23452

Alternatiflerin ağırlık oranları Şekil 3'te verilmiştir.

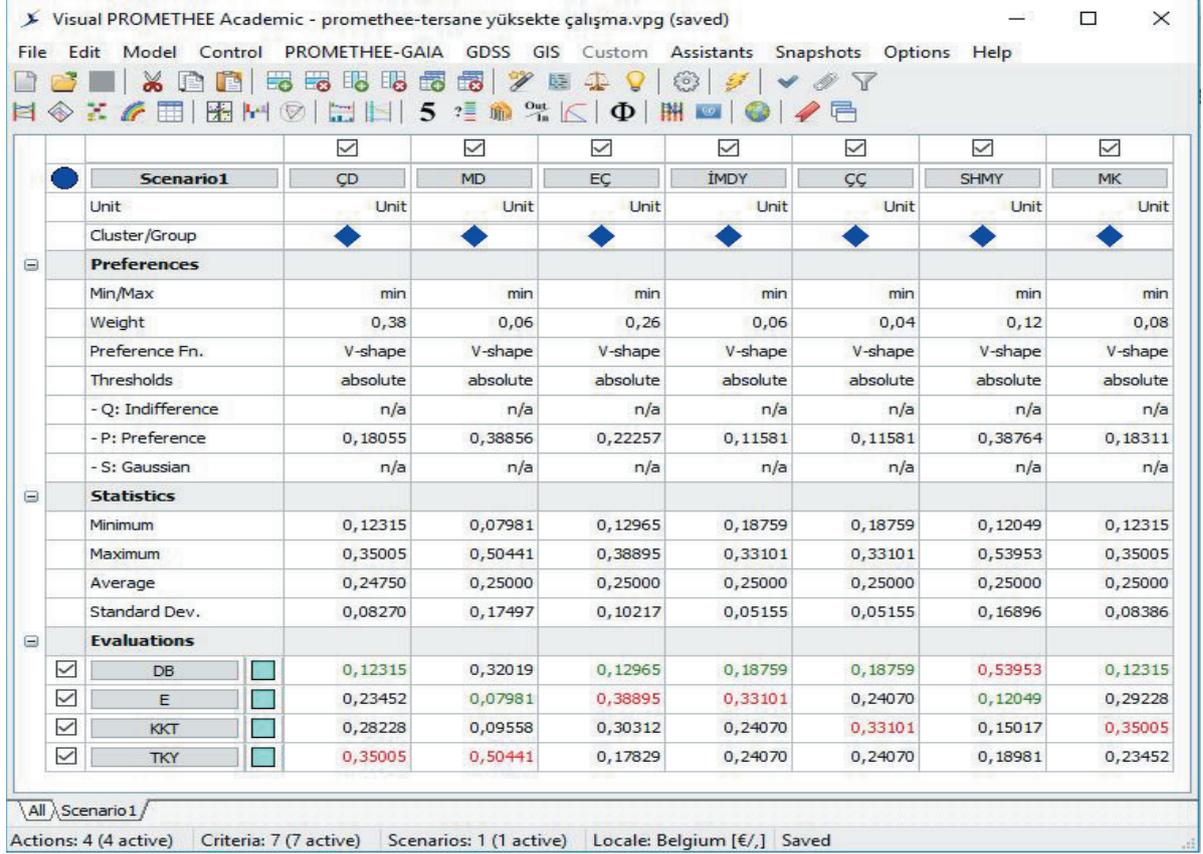
Name	Normalized by Cluster	Limiting
DB	0.19291	0.096455
E	0.26281	0.131405
KKT	0.26974	0.134869
TKY	0.27454	0.137270

Şekil 3. Alternatiflerin ağırlık oranı

Şekil 3 incelendiğinde alternatifler arasında en yüksek oran 0.27454 ile TKY olarak belirtilmiş olan *Toplu Koruma Yöntemleri* çıkmıştır. Diğer alternatifler; *Kişisel Koruyucu Tedbirler (KKT)* 0.26974, *Eğitim (E)* 0.26281 ve *Denetim ve Bakım (DB)* 0.19291 şeklinde sıralanmışlardır.

4.2 PROMETHEE Çözümü

PROMETHEE yöntemi ile yapılan çözümde, anket çalışması verilerine göre AHP yöntemi ile hesaplanan kriter ağırlıkları ve ikili karşılaştırma verileri Visual PROMETHEE programına girilerek sonuca ulaşılmıştır. Veri girişleri Şekil 4'te gösterilmiştir.

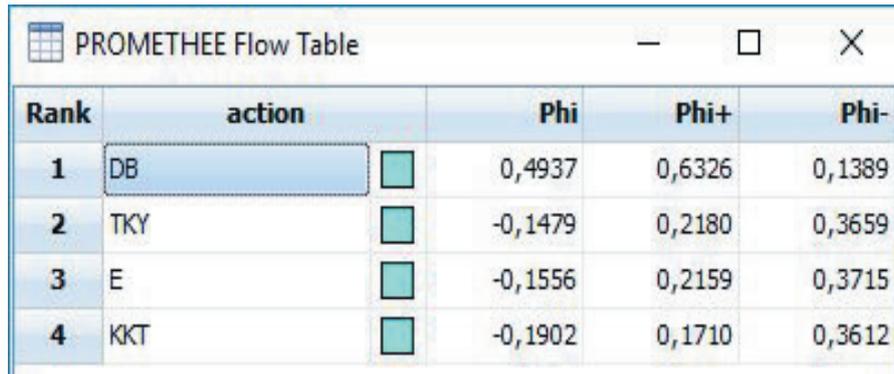


Scenario1	ÇD	MD	EÇ	İMDY	ÇÇ	SHMY	MK
Unit	Unit	Unit	Unit	Unit	Unit	Unit	Unit
Cluster/Group							
Preferences							
Min/Max	min	min	min	min	min	min	min
Weight	0,38	0,06	0,26	0,06	0,04	0,12	0,08
Preference Fn.	V-shape	V-shape	V-shape	V-shape	V-shape	V-shape	V-shape
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- P: Preference	0,18055	0,38856	0,22257	0,11581	0,11581	0,38764	0,18311
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics							
Minimum	0,12315	0,07981	0,12965	0,18759	0,18759	0,12049	0,12315
Maximum	0,35005	0,50441	0,38895	0,33101	0,33101	0,53953	0,35005
Average	0,24750	0,25000	0,25000	0,25000	0,25000	0,25000	0,25000
Standard Dev.	0,08270	0,17497	0,10217	0,05155	0,05155	0,16896	0,08386
Evaluations							
DB	0,12315	0,32019	0,12965	0,18759	0,18759	0,53953	0,12315
E	0,23452	0,07981	0,38895	0,33101	0,24070	0,12049	0,29228
KKT	0,28228	0,09558	0,30312	0,24070	0,33101	0,15017	0,35005
TKY	0,35005	0,50441	0,17829	0,24070	0,24070	0,18981	0,23452

Şekil 4. Visual PROMETHEE programı veri girişleri

Şekil 4'te gösterildiği üzere kriterlerin tercih yönleri ve tercih fonksiyonları belirlenmiştir. Bütün kriterler için ortalamanın altında kalan değerler de dikkate alınmak istendiği için tercih fonksiyonu Üçüncü Tip (V Tipi) fonksiyon seçilmiştir. Tercih yönleri de minimum olarak seçilmiştir.

Veriler programa girildikten sonra pozitif, negatif ve net üstünlük hesaplama sonuçları Şekil 5'te gösterilmiştir.

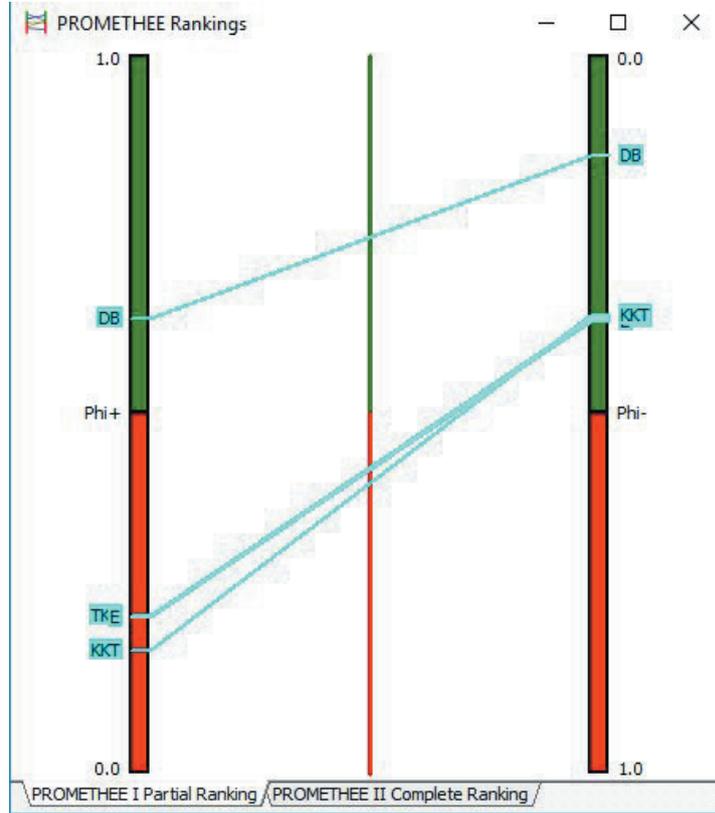


Rank	action	Phi	Phi+	Phi-
1	DB	0,4937	0,6326	0,1389
2	TKY	-0,1479	0,2180	0,3659
3	E	-0,1556	0,2159	0,3715
4	KKT	-0,1902	0,1710	0,3612

Şekil 5. PROMETHEE üstünlük değerleri

Şekil 5 incelendiğinde pozitif (Phi+), negatif (Phi-) ve aradaki farklarından oluşan net üstünlük (Phi) değerlerinden net üstünlük değeri olarak 0.4937 oranı ile denetim ve bakım (DB) alternatifi ortaya çıkmaktadır. Diğerleri de sırasıyla toplu koruma yöntemleri TKY), eğitim (E) ve kişisel koruyucu tedbirler olarak sıralanmaktadır.

PROMETHEE I yöntemi ile belirlenen kısmi öncelikler Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. PROMETHEE I kısmi öncelikler

PROMETHEE I kısmi öncelik sıralamasına göre DB (Denetim ve Bakım) en iyi alternatif çıkmıştır. Diğerleri; KKT (Kişisel Koruyucu Tedbirler)TKY, (Toplu Koruma Yöntemleri), E (Eğitim) ve şeklinde sıralanmıştır.

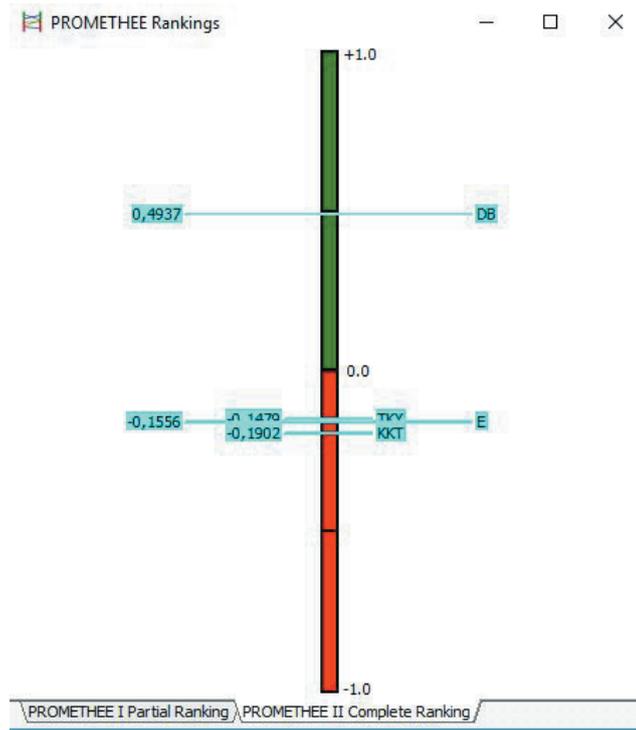
PROMETHEE II yöntemi ile belirlenen tam öncelikler Şekil 7'de gösterilmiştir.

PROMETHEE II tam öncelik sıralamasına göre DB (Denetim ve Bakım) en iyi alternatif çıkmıştır. Diğerleri; TKY (Toplu Koruma Yöntemleri), E (Eğitim) ve KKT (Kişisel Koruyucu Tedbirler) şeklinde sıralanmıştır.

5. Tartışma ve sonuç

Deniz taşımacılığı özellikle uluslararası taşımacılıkta önemli bir yere sahiptir. Bu bakımdan tersanelerin dünya ticaret hacmine katkısı çok önemli seviyededir. Tersaneler; gemi üretimi, bakım, söküm, tamir faaliyetlerinin yapıldığı, malzeme tedariki ve nakledilmesi işlerinin yoğun olduğu, çalışan sayısının çok fazla olduğu ve bu durumun çok hareket kattığı birçok iş kolunun aynı anda, aynı alanda çalışma yapmak durumunda olduğu çok tehlikeli bir iş koludur. Bu durum da beraberinde çalışma şekli, çalışılan makine ve ekipman kaynaklı birçok risk ortaya çıkarmaktadır. Özellikle gemi boyutlarından kaynaklanan seviye farklarının olması çalışmaların belli bir seviyenin üzerinde yapılmasını zorunlu hale

getirmektedir. Bu durum da yüksekte çalışma risklerini ortaya çıkarmaktadır. Tersanelerde iskelede çalışma, merdivende çalışma, tekne ve havuzda çalışma, teleskopik vinçte çalışma işleri genel olarak yüksekte yapılan çalışmalardır. Bu çalışmada tersanelerde yüksekte çalışma riskleri ve alınacak önlemler çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP tabanlı PROMETHEE ile analiz edilmiştir. Çalışmada, “çalışanın düşmesi, malzemenin düşmesi, elektrik çarpması, iskelenin/merdivenin devrilmesi/yıkılması, çarpma-çarpışma, statik hesaplama ve mühendislik yanlışlıkları ve meteorolojik koşullar” olmak üzere 7 kriter ve “bakım ve denetim, eğitim, kişisel koruyucu tedbirler, toplu koruma yöntemleri” gibi 4 önleyici tedbir de alternatifler olarak belirlenmiştir.



Şekil 7. PROMETHEE II tam öncelikler

Kriterleri kendi aralarında ve alternatifleri her kriter için ikili olarak karşılaştıracak şekilde anket oluşturulmuştur. Tuzla Tersaneler Bölgesinde iş güvenliği uzmanı olarak görev yapan 5 kişinin değerlendirmeleri AHP yöntemi ile işlem yapan Super Decisions v2.1 paket programına işlenerek kriter ağırlıkları bulunmuştur. Çıkan sonuçlara göre en yüksek ağırlığa sahip olan kriter “çalışanın düşmesi” olarak tespit edilmiştir. Bu sonuç doğrultusunda, yüksekte çalışma risklerini önlemeye yönelik yapılacak çalışmaların çalışan odaklı olması gerektiğini göstermektedir. Diğer kriterler ise en yüksekten düşük olana doğru “elektrik çarpması, statik hesaplama ve mühendislik yanlışlıkları, meteorolojik koşullar, iskelenin/merdivenin devrilmesi/yıkılması, malzeme düşmesi, çarpma-çarpışma” şeklinde sıralanmıştır. Elektrik çarpması diğerlerine göre ön plana çıkmıştır. Dolayısıyla elektrik çalışmaları ile ilgili risklerin detaylandırılarak doğru önlemlerin alınması sürecin kazasız ilerlemesini sağlayacaktır.

AHP yöntemiyle Super Decisions 2.1 kullanılarak elde edilen veriler PROMETHEE yöntemi ile çözüm yapan Visual PROMETHEE programına işlenerek alternatiflerin nihai sıralaması belirlenmiştir. Tam öncelik sıralamasına göre DB (Denetim ve Bakım) en iyi alternatif olarak tespit edilmiştir. Diğerleri; TKY (Toplu Koruma Yöntemleri), E (Eğitim) ve KKT (Kişisel Koruyucu Tedbirler) şeklinde sıralanmıştır. Çalışmadaki amaca ulaşabilmek için alternatifler önemlidir. Öncelik sırasında ilk sırada olan denetim ve bakım diğerleri için de uygulanabilirlik ve süreklilik sağlayacaktır.

Çalışmada elde edilen sonuçlara benzer olarak; Barlas ve Çelebi (2014), çalışmada 2000-2013 yılları arasında meydana gelen ölümlü kazaların %37,8'ini yüksekten düşme sonucu meydana geldiği tespit edilmiştir. Tezdoğan ve Taylan (2009), çalışmada 2000 yılı ile 2008 yılı haziran ayı sonuna kadarki süreçte Tuzla tersanelerinde ölümle sonuçlanan iş kazalarının %34'ünün yüksekten düşme nedeniyle meydana geldiği tespit edilmiştir. Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) 2021 istatistik verilerine göre yüksekten düşme sonucu yaşanan iş kazası sayısı 74.472 ve bu kazalar sonucu hayatını kaybedenlerin sayısı 221 olarak açıklanmıştır (SGK, 2022). Bu çalışmada belirli yüksekte çalışma risklerinin analizi yapılmış ve yüksekten düşmeyi önleyecek alternatifler (önlemler) belirlenmeye çalışılmıştır.

Sonuç olarak, yüksekte çalışma risklerinin en önemlisinin çalışanın düşmesi olduğu söylenebilir. Çalışanın düşmesini önleyecek mevzuata uygun korkuluk sistemi, güvenlik ağı, zemin kapakları gibi tedbirlerin alınmasına öncelik verilmelidir. Denetim ve bakımların sürekliliği sağlanarak riskler bertaraf edilmelidir. Bu çalışmanın kısıtı, tersanelerde yüksekte çalışma risklerinin ve alternatiflerinin amaç hiyerarşisinde belirtildiği şekilde AHP ve PROMETHEE yöntemleri kullanılarak ele alınmış olmasıdır. Dolayısıyla farklı faktörlerin ve alternatiflerin farklı yöntemlerle değerlendirilmesiyle farklı sonuçlar elde edilebilir. Buna göre ileride çalışmalarda tersanelerde yüksekte çalışma riskleri olarak farklı kriterler ve alternatiflerin farklı yöntemlerle ele alınması araştırmacılara önerilmektedir.

Referanslar

Abd Rahman, S. H. S. and Daud, M. Y. M. (2021). Awareness of personal protective equipment compliance in shipyard industry. *Politeknik & Kolej Komuniti Journal of Life Long Learning*, 5(1), 79-90.

Acuner, O., and Cebi, S. (2016). An effective risk-preventive model proposal for occupational accidents at shipyards. *Brodogradnja: Teorija i praksa brodogradnje i pomorske tehnike*, 67(1), 67-84.

Akyıldız, H., and Barlas, B., (2015). Tersanelerde iş sağlığı ve güvenliği yönünden risk analizi yöntemleri, teknik rapor, İstanbul Teknik Üniversitesi, Gemi ve Deniz Teknolojisi Mühendisliği Bölümü, DEN 2015/02, 12.

Arslan, R. (2018). Çok kriterli karar verme yöntemlerinin karşılaştırılması ve bütünleştirilmesi: OECD verileri üzerine bir uygulama. *Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivas*, 513157.

Bağcı, H., ve Esmer, Y. (2016). PROMETHEE yöntemi ile faktoring şirketi seçimi. *Beykent Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(2), 116-129.

Bağcı, H., ve Rençber, Ö. F. (2014). Kamu bankaları ve halka açık özel bankaların PROMETHEE yöntemi ile kârlılıklarının analizi. *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(1), 39-47.

Bakacak, M. (2007). Gemi inşa ve onarım faaliyetlerinde meydana gelen kazaların analizi. *Tezsiz Yüksek Lisans Projesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir*, 205289.

Barlas, B., ve Çelebi, U. B. (2014). Gemi inşa sektöründe iş kazaları. *Gemi Mühendisleri Odası Gemi ve Deniz Teknolojisi Dergisi*, 202, 28-39.

Bedir, N., ve Eren, T. (2015). AHP-PROMETHEE yöntemleri entegrasyonu ile personel seçim problemi: perakende sektöründe bir uygulama. *Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi*, 4(4), 46-58.

Brans, J. P., and Vincke, P. (1985). Note—A preference ranking organisation method: (the promethee method for multiple criteria decision-making). *Management science*, 31(6), 647-656.

Caner Akın, G. (2020). İş sağlığı ve güvenliği risk değerlendirme süreci için yeni bir yaklaşım: Tersane işletmelerinde uygulama. Doktora Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul, 627700.

Caner Akın, G., Eren, Ö., Oral, H. V., ve Heperkan, H. A. (2020). Yeni bir risk değerlendirme yöntemi ile tersane işletmelerinin sınıflandırılması. *Business & Management Studies: An International Journal*, 8(1), 232-254.

Çetinkaya, O. (2014). Tersanelerde iş güvenliği analizi (JSA). Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 384892.

ÇSGB (2013). Yapı İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği.

Dağdeviren, M. ve Eraslan, E., (2008). PROMETHEE sıralama yöntemi ile tedarikçi seçimi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(1), 70.

Ediz, A., Yıldızbaşı, A. ve Baytemur E., (2017). İş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemi performans göstergelerinin AHP ile değerlendirilmesi. *The Journal of Academic Social Science Studies*, (62), 275-294, DOI: 10.9761/JASSS7227.

Eray, E. (2015). İnşaat sektöründe tedarikçi seçiminde kullanılan çok amaçlı karar destek yöntemlerinin karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 389210.

Friend, A. J., Ayoko, G. A., and Guo, H. (2011). Multi-criteria ranking and receptor modelling of airborne fine particles at three sites in the Pearl River Delta region of China. *Science of the total environment*, 409(4), 719-737.

Güler, A., (2015). Gemi bakım onarım sektöründe kimyasal risk değerlendirmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 416962.

Gündoğdu, F. K., ve Seyfi-Shishavan, S. A. (2021). Occupational Risk Assessment Using Spherical Fuzzy Safety and Critical Effect Analysis for Shipyards. *Journal of ETA Maritime Science*, 9(2), 110-119.

İzci, F. B. (2015). Gemi inşaatı sanayinde iş kazaları ve analizi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 421129.

Kücü, H., (2007). PROMETHEE sıralama yöntemi ile personel seçimi ve bir işletmede uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 201059.

Liu, Y., Ma, X., Qiao, W., Luo, H., ve He, P. (2021). Human factor risk modeling for shipyard operation by mapping fuzzy fault tree into Bayesian network. *International journal of environmental research and public health*, 19(1), 297.

Mahbub, P., Goonetilleke, A., Ayoko, G. A., and Egodawatta, P. (2011). Effects of climate change on the wash-off of volatile organic compounds from urban roads. *Science of the Total Environment*, 409(19), 3934-3942.

Özbek, A. ve Erol E. (2018). AHS ve SWARA yöntemleri ile yem sektöründe iş sağlığı ve güvenliği kriterlerinin ağırlıklandırılması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 20(2), 51-66.

Özdağoğlu, A. (2013). Üretim işletmelerinde lazer kesme makinelerinin PROMETHEE yöntemi ile karşılaştırılması. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 9(19), 305-318.

Özdemir, Y. (2020). İnovasyon odaklı girişimlerin desteklediği teknoparkların kuruluş yeri seçiminde etkili olan değişkenlerin AHP ile önem katsayılarının belirlenmesi. *Uluslararası Yönetim Bilişim Sistemleri ve Bilgisayar Bilimleri Dergisi*, 4(1), 74-83.

Öngül, M. (2014). Gemi inşa ve onarım faaliyetlerini yürüten bir işletmeye ait iş kazalarının analizi. Yüksek Lisans Tezi, Yeni Yüzyıl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 377109.

Özgüven Tayfun, N. (2015). Perakendecilikte müşterilerle iletişim yönteminin seçimi: PROMETHEE karar tekniği ile bir uygulama. *Yakın Doğu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(2), 150-180.

Sosyal Güvenlik Kurumu, İstatistik Bilgi Sistemi. <https://www.sgk.gov.tr/Istatistik/Yillik/fcd5e59b-6af9-4d90-a451-ee7500eb1cb4> [Online] [Erişim 13.11.2022].

Şenkayas, H., ve Hekimoğlu, H. (2013). Çok kriterli tedarikçi seçimi problemine PROMETHEE yöntemi uygulaması. *Verimlilik Dergisi*, (2), 63-80.

Tansoy, R.T. (2017). Tersanelerde iş kazalarının önlenmesinde alınması gereken tedbirler ve risk analizi. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 474064.

Taylan, M. (2008). Tersanelerde meydana gelen iş kazaları ve iş güvenliği, Gemi İnşaatı ve Deniz Teknolojileri Teknik Kongresi, İstanbul, Türkiye, 24-25 Kasım 2008.

Tezdoğan, T., ve Taylan, M. (2009). Tersanelerdeki iş kazalarının istatistikî olarak incelenmesi, *GMO Journal of Ship and Marine Technology*, 180, 10-16, ISSN 1300-1973.

Tuğrul, F. (2021). Sezgisel bulanık mantığın çok kriterli karar verme sürecinde yeni bir yöntem ile uygulanması. Doktora Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, 666896.

Tüminçin, F. (2016). AHP ile bir karar destek sistemi oluşturulması: Bir üretim işletmesinde uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bartın, 443093.

Wulandari, K. N., Tualeka, A. R., Widajati, N., and Fitri, N. (2018). Risk assessment on hull painting process at shipyard. *KnE Life Sciences*, 30-45.

Yaralıoğlu, K. (2001). Performans değerlendirmede AHP. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16 (1), 129-142.

Yavuz, K. (2012). Tersanelerde kazaların önlenmesi ve iş güvenliği: tuzla tersaneleri. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 321662.

Yılmaz, A. I., Yılmaz, F., and Celebi, U. B. (2015). Analysis of shipyard accidents in Turkey. *British Journal of Applied Science & Technology*, 5(5), 472.

Yılmaz Kaya, B., ve Dağdeviren, M. (2010). Ekipman seçimi probleminde PROMETHEE ve bulanık PROMETHEE yöntemlerinin karşılaştırmalı analizi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 25(4), 811-826.

Yorulmaz, M., ve Öztürk, M. A. (2022). Tersanelerdeki İş Kazası Nedenlerinin Önem Düzeylerine Göre Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (41), 132-143.



Yorulmaz, M., ve Yanık, D. A. (2021). Gemi kaptanlarının yönetici kriterlerinin belirlenmesi. Balkan ve Yakın Doğu Sosyal Bilimler Dergisi, 2021:07 (02), 53-66, e-ISSN: 2146-8494.

Zaman, M. B., Pitana, T., and Septianto, A. B. (2019). Identification of occupational accident relations of shipyard labour in terms of individual and workplace factors. International Journal of Marine Engineering Innovation and Research, 3(4).