

PAPER DETAILS

TITLE: Tersanelerde Vinç ile Yük Elleçleme Operasyonlari ve FRAM Yöntemi Kullanilarak Risk Analizi

AUTHORS: Selahattin ÖZSAYAN,Baris BARLAS

PAGES: 13-28

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2826074>

Tersanelerde Vinç ile Yük Elleçleme Operasyonları ve FRAM Yöntemi Kullanılarak Risk Analizi

Selahattin Özsayan¹, Barış Barlas²

^{1,2} Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Mühendisliği Bölümü, Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

¹ (sorumlu yazar), ozsayan@itu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-2727-2076

² barlas@itu.edu.tr, 0000-0002-5846-2369

ÖZET

Vinçler günlük hayatta inşaat ve gemi inşaatı sanayi, çeşitli fabrikalar, limanlar, demiryolları, her türlü kurtarma işleri gibi çeşitli alanlarda kullanılan, ağır yüklerin kaldırılması ve taşınmasında çok büyük kolaylık sağlayan ekipmanlardır. Kullanım alanlarına ve yük taşıma kapasitelerine göre çok farklı vinç tipleri vardır. Tersaneler, ağır yük elleçleme operasyonları nedeniyle vinçlerin en çok kullanıldığı yerlerden birisidir. Portal vinçler, kule vinçler ve mobil vinçler tersanelerde başlıca tercih edilen vinç tipleridir. Vinçlerin sıklıkla kullanılması vinç kazalarını da beraberinde getirmektedir. Ülkemizdeki tersanelerde, geçmişten günümüze çok sayıda vinç kazası olmuş ve bu kazalarda istenmeyen yaralanma ve ölümler gerçekleşmiştir. 2010-2015 yılları arasında tersanelerimizde gerçekleşen 77 vinç kazası tespit edilmiştir. Bu kazalarda yük çarpması %62.3 ile en çok karşılaşılan kaza tipi olurken, yük düşmesi %28.6, yüksekte düşme %7.8 ve elektrik çarpması %1.3 ile onu takip etmiştir. Vinç devrilmesi, montaj sırasında ezilme ve bom/kablo arızası gerçekleşme olasılığı yüksek diğer risklerdir. Ancak vinç tipine göre risklerle karşılaşılma durumları değişmektedir. Bu çalışmada tersanelerdeki vinç kazaları incelenmiş ve yük elleçleme operasyonlarındaki risk analizi Fonksiyonel Rezonans Analiz Metodu (FRAM) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Teknik, organizasyonel ve insan faktörleri, FRAM'ın ortak performans koşullarına göre belirlenmiştir. Fonksiyonel rezonans ilişkisi incelendiğinde ise 'Yüke kaldırma aparatlarının bağlanması', 'Vincin gözle muayenesi', 'Operasyondan önce iletişim prosedürünün belirlenmesi' ve 'Taşınacak yükün istiflenmesi' kritik fonksiyonel modüller olarak belirlenmiştir. Çalışmada kazaları önlemek ve riskleri ortadan kaldırmak için fiziksel, fonksiyonel, sembolik ve görünmeyen engeller ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Vinç kazaları, Tersane, Risk analizi, FRAM

Makale geçmişi: Geliş 12/12/2022 – Kabul 28/07/2023

<https://doi.org/10.54926/gdt.1217718>

Cargo Handling Operations with Cranes in Shipyards and Risk Analysis Using FRAM Method

Selahattin Özsayan¹, Barış Barlas²

^{1,2}Department of Naval Architecture and Marine Engineering, Faculty of Naval Architecture and Ocean, Istanbul Technical University, Istanbul

¹(corresponding author), ozsayan@itu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-2727-2076

² barlas@itu.edu.tr, 0000-0002-5846-2369

ABSTRACT

Cranes are equipment used in multiple areas such as shipbuilding industry, construction sector, factories, ports, railways, rescue works and etc. in daily life and provide excellent convenience in lifting and transporting heavy loads. There are many different types of cranes according to their usage areas and load-carrying capacities. Due to heavy load handling operations; shipyards are one of the most used places for cranes. Portal, tower cranes are the primary, and mobile cranes are the preferred crane types in shipyards. The extensive use of cranes has brought occupational accidents. Between 2010 and 2015, 77 related occupational accidents in Turkish shipyards were identified. In these accidents, being struck by load was the most common type of accident with 62.3%, followed by load drop at 28.6%, falling from height at 7.8% and electrocution at 1.3%. Crane tip over, crushed during assembly, and boom/cable failure are other risk factors with a high probability of occurring. In this study, crane accidents in shipyards were examined and risk analysis in cargo handling operations was carried out using the Functional Resonance Analysis Method (FRAM). Technical, organizational and human factors were determined according to the typical performance requirements of FRAM. Crane load handling operation is divided into 11 functional modules and risk factors for these functional modules are evaluated accordingly. As a result of the FRAM analysis, the performance fluctuation of the functional modules 'Lifting the load by crane' and 'Carrying the load' is high. These two functions have been determined as functions with increased accident risk in load-handling operations with a crane. When the functional resonance relationship is examined, 'Connecting the load lifting apparatus', 'Visual inspection of the crane', 'Determining the communication procedure before the operation,' and 'Stacking the load to be transported' are determined as critical functional modules. The physical, functional, symbolic and invisible barriers were revealed to prevent accidents and eliminate risks.

Keywords: Crane accidents, Shipyard, Risk analysis, FRAM

Article history: Received 12/12/2022 – Accepted 28/07/2023

1. Giriş

Vinçler ağır yüklerin kaldırılması ve taşınmasında inşaat ve gemi inşaatı sanayi başta olmak üzere çoğu endüstriyel sektörde, geçmişten günümüze kullanılan önemli bir ekipmandır. Vinçler endüstride çok büyük kolaylık sağlamasına rağmen, vinç kazalarının gerçekleşmesini de beraberinde getirmiştir. 2000-2010 yılları arasında raporlanan kaza istatistikleri incelendiğinde, dünya genelinde 1125 vinç ile ilgili kaza ve bu kazalarda 780'den fazla ölüm ve çok sayıda yaralanma meydana gelmiştir (Norton, 2016). Tersanelerde her yıl çok sayıda iş kazası gerçekleşmektedir. Barlas (2012) 10 yıllık verilere göre yapmış olduğu çalışmada, 10 yılda toplam 1620 kazanın gerçekleştiğini ve bu kazalarda 115 işçinin yaşamını yitirdiğini belirtmiştir. Tersanelerde gerçekleşen iş kazalarında vinç kazaları önemli bir paya sahiptir ve bu kazalarda istenmeyen ölüm ve ağır yaralanmalar gerçekleşmiştir. Tersanelerde meydana gelen kazalara ait iş kazası raporları incelendiğinde, yük çarpması, yük düşmesi, yüksekten düşme, elektrik çarpması, bom veya kablo arızası başlıca vinç kazası nedenleridir.

Kullanım alanlarına ve yük taşıma kapasitelerine göre farklılık gösteren farklı vinç tipleri mevcuttur. Şantiyelerde başlıca, kule vinçleri malzeme taşımada kullanılırken, tersanelerde başlıca, portal vinçler, mobil vinçler ve kule vinçleri, blok kaldırma ve döndürme, malzeme taşıma işlemlerinde kullanılırlar. Kaza nedenleri vinç tiplerine göre farklılık gösterse de, Beavers ve diğ. (2006) yapmış oldukları çalışmada 7 farklı vinç tipi için ortak olan kaza nedenlerini bom veya kablo arızası, vinç devrilmesi, elektrik çarpması, yük çarpması/düşmesi, düşme, montaj sırasında ezilme ve karşı ağırlık çarpması olarak belirtmişlerdir.

Bu alanda yapılan çalışmalar incelendiğinde özellikle inşaat alanında yapılan çalışmalar dikkat çekmektedir. Beavers ve diğ. (2006) 1997-2003 yılları arasında ABD'de meydana gelen inşaat sektöründeki vinç ile ilgili 127 kazayı incelemişlerdir. Bu kazalardan %84'ü mobil vinç ile ilgili kazalardır. En çok karşılaşılan kaza tipi ise yük çarpması (%40) ve elektrik çarpmasıdır (%32). Ross ve diğ. (2007) Milwaukee Brewers beyzbol stadyumu çatı inşaatındaki vincin çökmesi ile ilgili vinç operatörü, tasarımcısı ve inşaatçısı tarafından ortaya atılan teorileri çürütmek amacıyla kapsamlı bir kaza analizi çalışması yapmışlardır. McCann ve diğ. (2009) 1992-2006 yılları arasında ABD'de gerçekleşen, 323 işçinin yaşamını yitirdiği 307 vinç kazasını incelemişlerdir. Bu kazalarda elektrik çarpması (%32), vincin çökmesi (%21) ve bom arızası (%18) ölümlerin önde gelen nedenleri olarak tespit edilmiştir. Zhao ve diğ. (2012) kule vinci ile ilgili kaza nedenlerini balık kılıcı diyagramı kullanarak ve Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yönteminden yararlanarak incelemişlerdir. Swuste (2013) kule vinçler ile ilgili tasarım aşamasındaki eksikliklere ve vinç piyasaya sürüldükten sonra, denetim aşamasındaki eksiklere odaklanmıştır. Gharaie ve diğ. (2015) yapmış oldukları çalışmada, Avustralya'da inşaat sektöründeki vinç kazalarını Loughborough Modeli ile üç düzeyde (acil durumlar, şekillendirici faktörler ve kaynak etkiler) inceleyerek; acil durumlar için, kullanılan araç ve gereç, malzemeler, çalışanlar ve saha ortamının özelliklerini; şekillendirici faktörler için saha kısıtı, eğitim, çalışanların bilgi seviyesi, denetim ve eşya tasarımı; kaynak etkiler içinse risk yönetimi, inşaa süreci ve proje yönetimini içerdiğini ortaya koymuşlardır. Çalışmadaki kaza raporları analiz edildiğinde, yük çarpması ve elektrik çarpması en yaygın kaza nedeni, alan yerleşimi ve vinç etrafındaki kısıtlı alan en yaygın acil neden, fiziksel saha kısıtlamaları ve inşaat sürecinin tasarımı ise en yaygın şekillendirici faktördür.

Milazzo ve diğ. (2016) beş yıl boyunca anket yoluyla dünya çapında birçok veriyi inceleyerek kazaların ana nedenleri ile ilgili bir veri tabanı oluşturmuşlardır. Veri tabanındaki kazaların %72'si mobil vinçler, %22'si kule vinçleri ile ilgilidir. Mobil vinçlerdeki ana kaza nedeni vinç devrilmesi, kule vinçlerinde ise vincin çökmesidir. Güney Kore'de 2007 yılından 2016 yılına kadar 245 ölümlü mobil vinç kazası incelenmiş, kazaların ana nedeni olarak insan hatası ve vinç sorunları belirlenmiştir (Lee ve diğ., 2020). Mobil vinç kazalarını minimuma indirmek için eğitim, teknik ve kurallar konusunda önerilerde

bulunmuşlardır. Zaini ve diğ. (2020) en çok atıf yapılan 8 makaleyi inceleyerek vinç kazalarının nedenlerini özetlemiş ve Malezya’da inşaat sektöründeki başlıca vinç kazası nedenlerinin, operasyonel ve teknik problemler olduğunu ortaya koymuştur. Kim ve Kang (2022), ,insan yapımı, yönetim, ekonomik, fiziksel, politik ve sosyal (The man-made, management, economic, physical, political, and social – MEPS) analiz yöntemi ile Güney Kore’de 2015-2019 yılları arasında gerçekleşen 56 mobil vinç kazasının temel nedenlerini incelemişlerdir. Analiz sonuçlarında fiziksel faktörde mobil vincin devrilmesi ve düşmesi, yönetim faktöründe ise prosedür ve düzenleme eksikliği öne çıkmıştır.

Tersanelerde vinç operasyonları sıklıkla yapılmasına ve vinç kazaları meydana gelmesine rağmen literatürdeki risk analizi çalışmaları inşaat sektörü üzerine yoğunlaşmıştır. Bu çalışmada kullanılan 2010-2015 yılları arasındaki kaza raporlarından ülkemizdeki tersanelerdeki vinç kazası nedenleri 11 temel başlık olarak belirlenmiş ve vinç ile yük elleçleme operasyonlarındaki riskler “Fonksiyonel Rezonans Analiz Metodu (Functional Resonance Analysis Method - FRAM)” ile incelenmiştir. FRAM analizi çıktılarına göre vinç kazalarının azaltılması ve önlenmesi ile ilgili öneriler çalışmanın ileriki bölümlerinde sunulmuştur. Bu çalışmada, tersanelerimizde meydana gelen vinç kazalarının oluşmasında belirlenen 11 adet fonksiyonel arasından, yükün kaldırılması ve yükün taşınması fonksiyonel modüllerinin performans dalgalanmasının en yüksek olduğu ve vinç operasyonlarının yüksek kaza riski barındıran en önemli iki fonksiyonu olduğunu ortaya konulmuştur.

2. Materyal ve Metod

Fonksiyonel Rezonans Analiz Metodu (FRAM), risk değerlendirmesi ve/veya kaza araştırmalarında son yıllarda sıklıkla kullanılan bir performans değerlendirme yöntemidir. Fonksiyonel rezonans, sistemdeki anlık etkileşimdir ve FRAM, normal bir durumdan fonksiyonel rezonansa geçişi tanımlamanın bir yoludur (Hollnagel, 2012). FRAM, başarı ve başarısızlığın denkliliği ilkesi, yaklaşık ayarlamalar ilkesi, ortaya çıkma ilkesi ve işlevsel rezonans ilkesi olmak üzere 4 temel ilkeye sahiptir.

FRAM analizi 5 ana adımda gerçekleştirilir (Hollnagel, 2012):

- Adım 0: Analizin amacını ve kapsamını belirleme
- Adım 1: Sistem fonksiyonlarını tanımlama
- Adım 2: Performans değişkenliğini tanımlama
- Adım 3: Performans değişkenliğinin toplama
- Adım 4: Değişkenliği kontrol etmenin yolları

İlk olarak FRAM yönteminde, bir sistemin belirli bir sonuç üretmesi için ihtiyacı olan fonksiyonların tanımlanması gerekir (Diop ve diğ, 2022). Her bir fonksiyon girdi (I), çıktı (O), önkoşul (P), kaynak (R), zaman (T) ve kontrol (C) kısımlarına sahiptir ve altıgen yapı şeklinde gösterilir (Şekil 1). Şekil 1’de gösterilen FRAM ifadeleri aşağıda tanımlanmıştır.

Girdi (I): Fonksiyonu başlatır ya da dönüştürür.

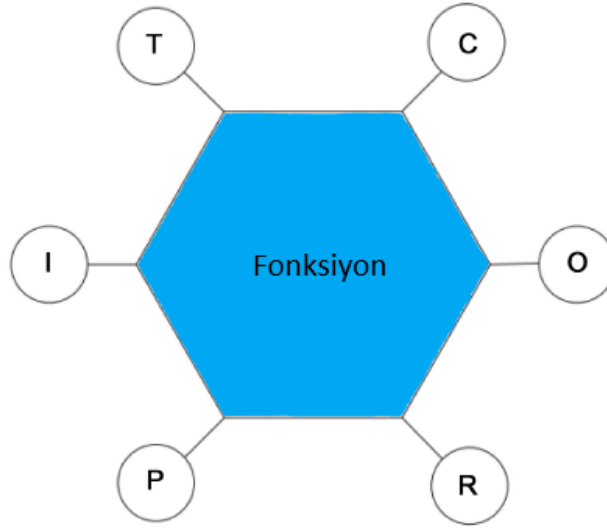
Çıktı (O): Fonksiyonun sonucu ya da bir durum değişikliğidir.

Önkoşul (P): Bir fonksiyonun gerçekleştirilebilmesi için olması gereken koşullardır.

Kaynak (R): Fonksiyonun çıktığı üretmek için ihtiyaç duyduğu kısımdır.

Zaman (T): Fonksiyonel bir modülde zaman ile ilgili kısıtlamalardır.

Kontrol (C): Fonksiyonun nasıl izlendiğini ve kontrol edildiğini ifade eder.



Şekil 1. Altıgen fonksiyon grafiği (Hollnagel, 2012).

Her bir fonksiyon için Şekil 1’deki gibi yapı oluşturulduğunda, çeşitli fonksiyonlar arasındaki bağlantı kurulur. Her fonksiyonel modül tek bir fonksiyonel modül ile bağlanabileceği gibi aynı anda birden fazla fonksiyonel modül ile de bağlanabilir. FRAM, sistemi etkileyen faktörleri ve sistem işlevinin nasıl değiştiğini belirleyen bir tür ortak performans koşulunu belirler. Ortak performans koşullarının değerlendirme sonuçları yeterli, yetersiz ve öngörülemez olarak sınıflandırılmıştır. “Yeterli” risk faktörünün oluşma olasılığının düşük olduğunu, “yetersiz” risk faktörünün meydana gelme olasılığının daha yüksek olduğunu ve “öngörülemez” risk faktörünün ortaya çıkma olasılığının çok yüksek olduğunu göstermektedir (Hu ve Tang, 2018). Fonksiyonların performans değişiklik durumu rastgele, fırsat, taktik ve strateji olmak üzere dört kategoride tanımlanabilir. Bu dört kategori fonksiyonel performanstaki dalgalanmaları ifade eder. Rastgele işlevsel modülün performansının büyük oranda dalgalandığını ifade etmektedir. Bir fonksiyonun sonucu rastgele olarak değerlendirildiğinde bu fonksiyon, kolayca hatalı hale gelir ve fonksiyonel rezonans üretir. FRAM analizi sonucunda rastgele fonksiyonel modülünü etkileyen diğer fonksiyonel modüllerin etkisi tespit edilir ve hatanın bağlantısı belirlenir. Fonksiyonların performans değişiklik durumları, ortak performans koşullarının değerlendirme sonuçları ile Tablo 1’deki gibi belirlenir (Hu ve Tang, 2018).

Tablo 1. FRAM fonksiyonların performans değişiklik durumları.

Rastgele	Öngörülemez ≥ 3 ya da Yetersiz ≥ 8
Fırsat	Öngörülemez=2 ya da Yetersiz ≥ 6
Taktik	Öngörülemez=1 ya da Yetersiz ≥ 4
Strateji	Öngörülemez=0 ya da Yetersiz ≤ 3

FRAM metodolojisinde kazaları önlemek, riskleri ortadan kaldırmak için engeller mevcuttur. Bunlar fiziksel, işlevsel, sembolik ve maddi engeller olarak ifade edilir (Hollnagel, 2009). Fiziksel engeller, belirli olayların oluşmasını engeller ve acil durumların etkisini azaltır. İşlevsel engeller, bir eylemi gerçekleştirmeden önce yerine getirilmesi gereken bir veya daha fazla ön koşul oluşturur. Sembolik engellerde engelleme işlemi, kısıtlanmış davranışın yorumlayıcı işareti aracılığıyla değerlendirilir. Maddi engeller, bir bariyer rolü oynamak için kullanıcı bilgisini esas alır.

3. Tersanelerde Kullanılan Vinçler

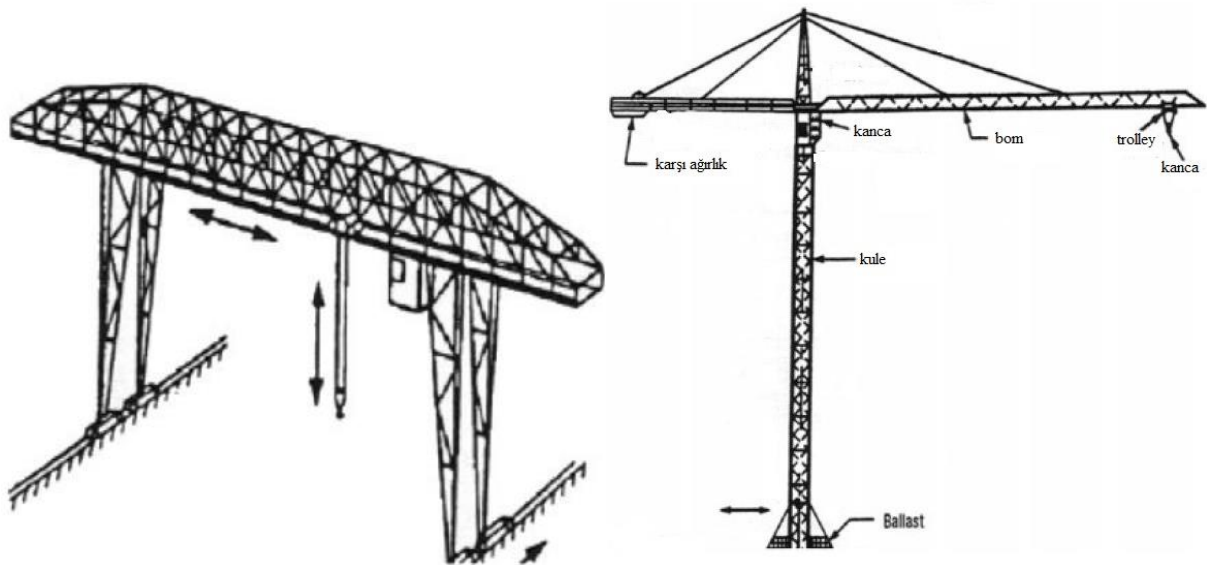
Tersanelerde portal vinçler, kule vinçler, mobil vinçler, monoray vinçler, sepetli vinçler, pergel vinçler, gezer köprülü vinçler gibi birçok vinç çeşidi bulunmaktadır. Tersane sahasında kullanım alanlarına göre bakıldığında, kızak bölgesinde, zeminden gemi güvertesine malzeme taşımak için genellikle kule vinçler ve pergel vinçler kullanılırken, blok montaj alanındaki blokların, döndürme ve kızağa taşınma işlemlerinde, stok alanlarında tersanelerin çoğunda portal vinçler ve mobil vinçler kullanılır. Kapalı atölyelerde ise genellikle gezer köprülü vinçler ya da monoray vinçler tercih edilmektedir. Gemi bordasında kaynak ya da boyama işlemlerinde ise sıklıkla sepetli vinçler kullanılır. Ayrıca bu vinç tipleri kendi aralarında da sınıflandırılmaktadır.

3.1. Portal vinçler

Portal vinçler köprü adı verilen yatay kirişten, kirişi taşıyan ayak veya ayaklardan, kiriş üzerinde hareket eden yükleri taşımak için kullanılan yapıdan (trolley) oluşur ve zemine sabitlenmiş raylar üzerinde hareket eder (URL-4, 2023). Kiriş ve ayak sayısına göre farklı tipleri mevcuttur. Yüksek taşıma kapasitesi sunması, açık ve kapalı alanlarda kullanılabilmesi, kullanım kolaylığı ve kolay bakımı bu vinci avantajlarıdır. Tersane sahaları incelendiğinde tersanelerde en çok yer alan vinç çeşididir (Şekil 2).

3.2. Kule vinçler

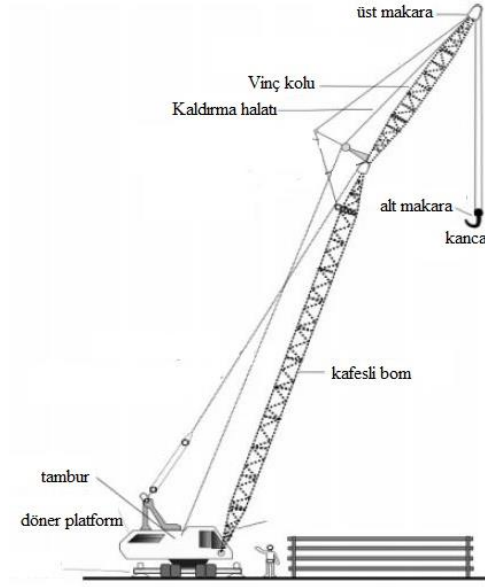
Kule vinçler kule adı verilen bir gövde ile zemine sabitlenirler. Gövde kısmının üzerinde rayları olan, yükleri taşıyan, yatay olarak yerleştirilmiş bom bulunmaktadır ve bomun kuyruk kısmına, yükü dengelemek için karşı ağırlık sabitlenmiştir. Bom üzerinde, bom boyunca gidip gelebilen, vinç halatlarının bağlı olduğu bir araba (şaryo) mevcuttur (Shapara ve diğ., 2007). Bu sayede en ağır yükleri gövdeye yakın yerlerde taşırlar. Yük alım miktarı gövdeden uzaklaştıkça azalmaktadır ve en uçta 1 tonu geçemez (URL-1, 2022). Kule vinçlerde dişli mekanizması yardımıyla üst kısım 360 derece dönebilmektedir (Şekil 2). Kule vinçler yüksekliği fazla olan sahalarda kullanılırlar. Bu nedenle kızak sahasında gemi güvertesine malzeme taşımasında tercih edilmektedirler.



Şekil 2: Vinç görünüşleri, sol) portal, sağ) kule vinç (URL-3,2023).

3.3. Mobil vinçler

Mobil vinçler paletli veya lastik tekerlekli kamyon, tır gibi taşıyıcılara monte edilmiş, kablo kontrollü bir yapıda ya da teleskobik bomlu hidrolik tahrikli yapıdadır. Hareketli yapısından dolayı, günlük işlerin çoğunda, dar alanlarda kullanılabilmesi ve yüksek taşıma kapasitesine sahip olması en büyük avantajıdır (URL-2,2022). Dezavantajı ise eğimli yerlerde kullanılmaya elverişli olmamasıdır. Tersanelerde özellikle blok kaldırma işlemlerinde, portal vinçlerin yeterli olmadığı durumlarda kullanılırlar (Şekil 3).



Şekil 3: Mobil vinç görünümü (URL-3,2023).

3.4. Gezer köprülü vinçler

Kapalı alanlarda kullanılan gezer köprülü vinçler, köprü adı verilen yatay kirişten ve köprü üzerinde hareket eden trolleyden oluşmaktadır (URL-4, 2023). Bina tavanlarına yerleştirilen vinç yolu üzerinde yatay kiriş hareket etmektedir . Portal vinçlerden temel farkı ayaklarının olmamasıdır. Kiriş sayısına göre farklı tipleri mevcuttur. Tersanelerde kapalı atölyelerde sıklıkla kullanılmaktadır.

3.5. Pergel vinçler

Zemine sabitlenen bir kolon ve kolana bağlanan yüklerin taşındığı kısımdan oluşmaktadır (URL-4, 2023). En büyük avantajı istenilen açıda dönmesi ve maliyetinin ucuz olmasıdır. Tersanelerde kızak bölgesinde kullanılmaktadır.

4. Tersanelerde Gerçekleşen Vinç Kazaları ve Barındırdığı Riskler

Ülkemizdeki tersanelerde vinç kaynaklı kazalar önemli bir yere sahiptir. Tersanelerimizde 2010-2015 yılları arasında meydana gelen vinç operasyonu kaynaklı 77 kaza meydana gelmiştir. Bu kazalara ait kaza inceleme raporları ve bilirkişi raporları toplanarak, tek tek incelenmiştir. Raporlardan elde edilen verilere göre kazalarda en çok karşılaşılan kaza başlığı yük çarpmasıdır. Tablo 2’de 2010-2015 yılları arasında tersanelerimizde gerçekleşen vinç kazaları başlıkları ve rakamları verilmiştir.

Tablo 2. 2010-2015 yılları arasında gerçekleşen vinç kazaları ve rakamları.

Kaza	Kaza sayısı
Yük çarpması	48
Yük düşmesi	22
Yüksekten düşme	6
Elektrik çarpması	1

Tablodan görüldüğü üzere yük çarpması ve yük düşmesi tüm vinç operasyonu kazalarının %91'ini oluşturmaktadır. Örnek olması açısından, Tuzla'da gerçekleşen vinç operasyonu kazalardan birisinin detayları şu şekildedir: Kaza olayı kule vinç ile yük kaldırma esnasında gerçekleşmiştir. 3.5-4 ton arası ağırlığa sahip bir yük vinç tarafından kaldırılmaya başlandığı esnada, henüz yükün tamamı kaldırılmadan, vinç bomundaki civataların kopması sonucu, bomun bir parçası ana bom gövdesinden ayrılıp düşmeye başlamış, düşen parça, operatör kabineye vurarak, kabini vinçten ayırmış ve aşağıya düşmesine neden olmuştur. Kabin içerisinde yer alan vinç operatörü 15 m yükseklikten kabin ile birlikte düşerek hayatını kaybetmiştir. Vinç kazalarına ait kaza raporlarının derinlemesine incelenmesi sonucunda, yük elleçleme operasyonlarında karşılaşılan riskler 7 başlık altında toplanmıştır. Vinç tipine göre risklerle karşılaşılma durumları değişmektedir. Mobil vinçlerde vincin devrilmesi en çok karşılaşılan risk olurken kule vinçlerinde vincin çökmesi en çok karşılaşılan risktir.

4.1. Bom/kablo arızası

Kule ve mobil vinçlerde karşılaşılma riski çok yüksek olan bom/kablo arızasına neden olan alt faktörler bom burkulması, bom çökmesi, aşırı yük, ekipman hasarı, yanlış montaj, kablo kopması olarak sıralanabilir (Milazzo ve diğ., 2016). Alt faktörlerden biri kaza oluşumuna tek başına da sebep olabilirken, birden fazla alt faktörde kazaya sebebiyet vermektedir.

4.2. Vinç devrilmesi

Mobil vinçlerde görülen en yüksek risktir (Milazzo ve diğ., 2016). Kule vinçlerinde de şiddetli rüzgarlar sebebiyle karşılaşılma olasılığı yüksektir. Vinç devrilmesinin alt faktörleri incelendiğinde aşırı yükleme, ağırlık merkezinin kontrol edilememesi, denge ayakları arızası, şiddetli rüzgarlar, yan çekme ve uygun olmayan bakım gösterilebilir (Beavers ve diğ, 2006).

4.3. Elektrik çarpması

Elektrik çarpması tüm vinç tiplerinde karşılaşılan bir risktir. Elektrik çarpmasının alt nedenleri incelendiğinde vinç etrafındaki elektrik hattı ile bom, kablo, askı, yük kontağı verilebilir. Bu nedenle vinç çalışma alanlarında elektrik kablo ve sistemleri, elleçleme operasyonu öncesinde titizlikle incelenmelidir.

4.4. Yük çarpması/ Karşı ağırlık çarpması

Yük çarpması tersanelerde karşılaşılma olasılığı yüksek risklerden biridir. Yük çarpmasının alt nedenleri incelendiğinde dengesiz yüklenmiş yükler, hızlandırılmış hareketler ve ekipman zararları verilebilir (Beavers ve diğ, 2006). Karşı ağırlık çarpmasında ise kule vinçlerindeki karşı ağırlıkların düşmesi, portal vinçlerde yük asılan kancanın çarpması alt faktörler olarak sıralanabilir.

4.5. Yüksekten düşme

Tüm vinç tiplerinde görülen risklerden biridir. Tersanelerde ve gemi bordalarında işlem yapılırken vinç sepetlerindeki korkulukların eksikliğinden, ekipman yetersizliğinden ya da vinçlerin bakımları için yüksekte çalışılması gerektiğinde sıklıkla karşılaşılabilmektedir.

4.6. Montaj sırasında ezilme

Vinçlerin bakımları esnasında ya da ilk kurulum esnasında karşılaşılan risklerdir. Vinç kurulumu yapılırken yanlış montaj yapılması, bakım esnasında yanlış pin sökülmesi nedeniyle devrilme alt faktörler olarak sıralanabilir.

4.7. Yük düşmesi

Yük düşmesi, aynı yük çarpması gibi tersanelerde karşılaşımla olasılığı yüksek risklerden biridir. Bağlantı elemanlarının yanlış ya da yetersizliği ve dengesiz yüklenmiş yükler alt risk faktörleri olarak karşımıza çıkmaktadır.

5. Vinç ile yük elleçleme operasyonlarında risk analizi

Tersanelerde vinç ile yüklerin kaldırılması ve taşınması operasyonları gün içerisinde sıklıkla gerçekleştirilen operasyonlardır. Bu operasyonlar çok sayıda risk barındırmaktadır. Bu kısımda FRAM ile risk analizi bu operasyonlar için uygulanacaktır.

5.1. Vinç ile yük elleçleme operasyonları

Tersanelerde vinçler ile boru, ekipman, profil gibi küçük ve nispeten hafif malzemeler taşındığı gibi modül, blok gibi büyük ve ağır malzemelerde taşınır. Yük elleçleme operasyonlarının nasıl gerçekleştirildiği bu kısımda anlatılmıştır. Operasyondan önce vinç operatörü ve görevli personel operasyonla ilgili bilgilendirilir. Bu bilgilendirme taşınacak yük veya yüklerin özellikleri, nereden nereye taşınacağı ve ne zaman taşınacağı ile ilgilidir. Taşınacak yükün özellikleri (yükün ağırlığı, ağırlık merkezinin yeri, yapısı) bu operasyonlarda çok büyük önem taşır. Taşınacak yükün özelliklerine göre uygun ekipman seçimi gerçekleştirilir. Eğer taşınacak yükün üzerinde vincin halatı ile bağlanmasına olanak sağlayan bağlantı elemanları (mapaları) yoksa mapalar bu bilgilere göre yerleştirilir. Mapaların özellikleri yükün ağırlığına göre seçilir. Mapaların yüke bağlanması esnasında konumu ağırlık merkezine göre ve yükün yapısına göre belirlenir. Mapaların bağlantısının uygunluğu kalite kontrol birimi tarafından incelenmelidir. Mapaların boyutlarının, bağlantı yerlerinin ve kaynak tipinin resimle uygunluğu, uygulanan kaynağın ise tahribatsız muayene yöntemleri ile uygunluğu kontrol edilmelidir. Eğer bir geminin yaşam mahalli, makine dairesi üst blokları gibi rijit olmayan bir blok elleçleme operasyonu yapılır ise bloğun deforme olmaması ve elleçleme operasyonunun riskli hale gelmemesi için blok bünyesine yapısal elemanlar ile desteklemeler eklenmelidir. Yükün vince bağlanıp taşınacağı yer ise operasyondan önce vincin ve yükün hareketine uygun olacak şekilde ayarlanmalıdır.

Operasyondan önceki hazırlıklar tamamlandıktan sonra vincin halatları ile yük mapalardan birbirine bağlanır. Bu esnada bağlantının uygun olup olmadığı kesinlikle kontrol edilmelidir. Vincin halatları, yük birden fazla noktadan kaldırılacak ise merkezlenmelidir. Kaldırma işlemi başlamadan önce yükün üzerinde personel bulunmamalıdır ve rüzgar durumu yakından takip edilmelidir. Vincin kaldırma ve

taşıma sahasının uygunluğu kontrol edilmelidir. Yük kaldırma işlemi başladığında mapaların bağlantı noktaları, yük ve vinç dikkatle izlenmelidir. Herhangi bir farklı ses ya da tehlike öngörülüyorsa yük bırakılmalıdır. Yük kaldırıldıktan sonra yükün altında ve taşıma alanında kesinlikle personel bulunmamalıdır. Yük belirlenen alana kadar dikkatlice taşınmalı ve daha sonra o noktaya bırakılmalıdır.

5.2. Vinç ile yük elleçleme operasyonunun fonksiyonel modüllerinin belirlenmesi

Vinç ile yük elleçleme operasyonunun risk analizini değerlendirmek için operasyonun tüm süreci, 11 fonksiyonel modül kullanılarak tanımlanmıştır. Tablo 3'te tersanelerde yük elleçleme operasyonlarındaki fonksiyonel modüller verilmiştir.

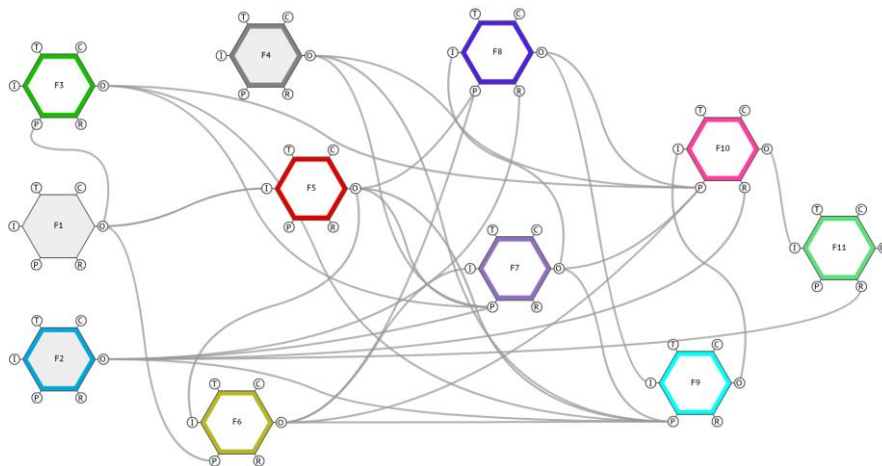
Bölüm 2'de ifade edildiği gibi her bir fonksiyon için altıgen yapı oluşturulmuştur. Tablo 4'te örnek olarak F9 fonksiyonun altıgen yapısındaki tanımlamalar verilmiştir. Tablo 3'te verilen FRAM fonksiyonel modülleri arasında oluşturulan FRAM fonksiyonel ağı, Şekil 4'te verilmiştir.

5.3. Her bir fonksiyon için performans değişkenliğinin değerlendirilmesi

Yük elleçleme operasyonları için tanımlanan 11 fonksiyon için ortak performans durumlarına göre risk faktörleri, elde bulunan vinç kazalarına ait kaza raporlarının derinlemesine incelenmesi sonucunda, belirlenmiştir. Belirlenen riskler yeterli, yetersiz ve öngörülemez olarak değerlendirilmiştir. Tablo 5'te F9-Yükün taşınması fonksiyonu için performans değişkenliği örnek olarak verilmiştir. Risk faktörleri değerlendirilmiş, 4 adet öngörülemez, 4 adet yetersiz ve 1 adet yeterli çıkmıştır. Her bir fonksiyonel modüldeki performans değişkenliğinin risk faktörlerine göre değerlendirilmesi ise benzer şekilde yapılmıştır ve Şekil 5'te gösterilmiştir.

Tablo 3. Yük elleçleme operasyonu fonksiyonları.

F1- Vinç Operatörü ve personelin görevle ilgili bilgilendirilmesi	F7- Yükün vince bağlanması
F2- Operasyondan önce iletişim prosedürünün belirlenmesi	F8- Vinç tarafından yükün kaldırılması
F3- Vincin gözle muayene edilmesi	F9- Yükün taşınması
F4- Vincin periyodik muayenesinin yapılması	F10- Yükün belirlenen alana indirilmesi
F5- Taşınacak yükün istiflenmesi	F11- Yükün vinçten ayrılması
F6- Yüke kaldırma aparatlarının bağlanması	



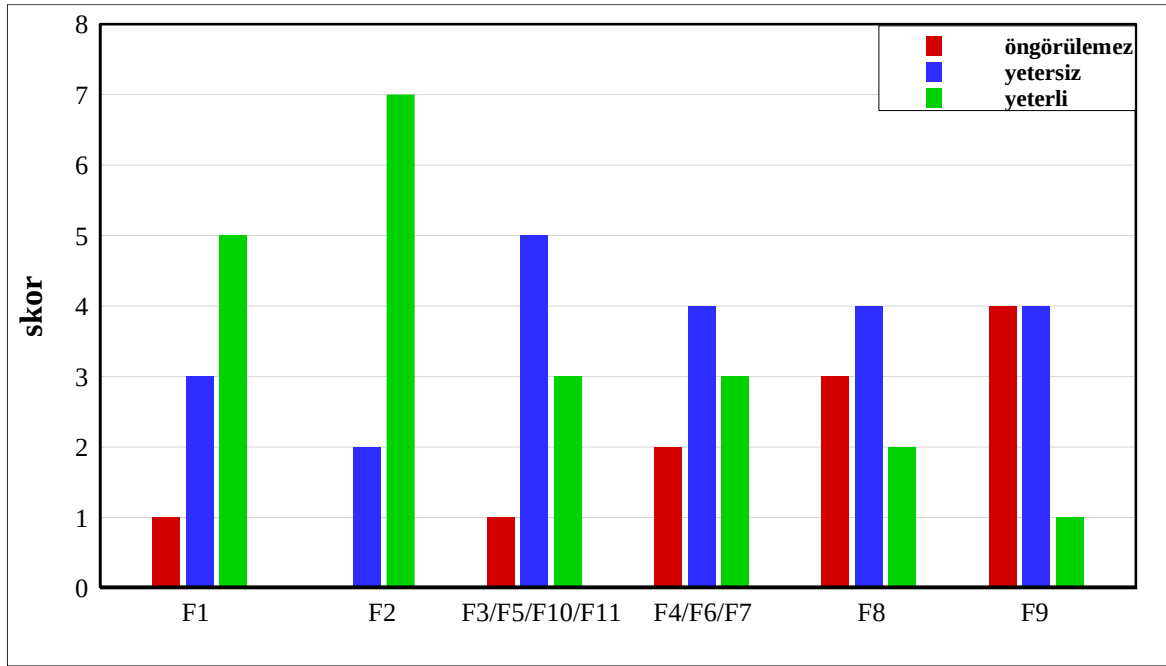
Şekil 4. Yük elleçleme operasyonu fonksiyonları için oluşturulmuş FRAM fonksiyonel ağı.

Tablo 4. F9- Yü­­­n ta­­­şınması fonksiyonun altı­­­gen modü­­­lü.

Girdi (I)	Vinç tarafından yükün kaldırılması
Çıktı (O)	Yükün belirlenen alana indirilmesi
Kaynaklar (R)	Vinç
	Vinç operatörü
	Saha ekibi
	İletişim sistemi
	Sapanlar
Zaman (T)	Belirli bir zaman yoktur
Kontrol (C)	Vinç bağlantı yerleri izlenmelidir
	Mapalar izlenmelidir
	Yük kontrol edilmelidir
	Operasyon sahası kontrol edilmelidir
Önşartlar (P)	Vincin gözle muayene onay belgesi
	Vincin periyodik muayene sertifikası
	Yük istifinin operasyon sahasına uygunluğu
	Taşıma aparatlarının dinamik yüklere uygunluğu
	Yükün taşımaya uygun vince bağlanması
	Operasyon sahasının uygunluğu

Tablo 5. F9-Yükün taşınması fonksiyonu için ortak performans durumları.

Ortak Performans Durumları	Risk Faktörleri	Değerlendirme sonuçları
Organizasyonun kalitesi ve desteği	1) Vincin bağlantı yerlerinin arızası. 2) Taşınacak ekipmanın gelen dinamik yükler nedeniyle deformasyonu. 3) Dinamik yükler nedeniyle vinç devrilmesi.	öngörülemez
Çalışma koşulları	1) Aşırı rüzgar nedeniyle yük çarpması. 2) Taşıma sahasının sıkışık, dar olması nedeniyle yük çarpması veya düşmesi.	yetersiz
İnsan-Makine Arayüzü ve operasyonel destek	1) Taşıma esnasında vincin elektrik hattına teması ile vinç operatörüne elektrik çarpması.	öngörülemez
Prosedürlere ve yöntemlere erişim	1) Taşıma alanının prosedürlere uygun olmaması. 2) Vinç ile taşıma esnasındaki prosedürlere uyulmaması.	öngörülemez
Gerekli zaman/mevcut zaman ilişkisi	1) Operasyon süresi uzayabilir.	yeterli
Sirkadiyen ritim ve basınç	1) Operatörün zayıf psikolojik toleransı. 2) Operatörün yorgunluğu ve iş paniği. 3) Depresyon.	öngörülemez
Eğitim ve Tecrübe	1) Vinç operatörünün yetersizliği. 2) Yeni operatörün ilk defa bu görevi yapması.	yetersiz
Mürettebat işbirliği/iletişim kalitesi	1) Vinç operatörü ve ekibin ilk kez birarada çalışması. 2) İletişim sistemi arızası.	yetersiz
Kaynakların kullanılabilirliği	1) Taşıma prosedürü hataları. 2) Vincin arızası.	yetersiz



Şekil 5. Fonksiyonel modüllerin değerlendirme sonuçları.

5.4. Fonksiyonel rezonans için olasılıkların belirlenmesi

F8 ve F9 fonksiyonel modüllerinin performans değişkenliği rastgele olarak değerlendirilmiştir. Bu nedenle bu iki fonksiyonel modül için fonksiyonel rezonans modülü, etkileyen faktörleri ve başarısız bağlantıları belirlemek için analiz gerçekleştirilmiştir.

F8 modülü incelendiğinde yükün kaldırılması esnasında kaldırma aparatlarının belirlenen yerlere düzgün şekilde bağlanması büyük önem taşır. Kaldırma aparatları farklı yerlere bağlanırsa yük dengesiz kalkabilir ve çarpma vb. durumlar söz konusu olabilir. Eğer düzgün bağlanmaz ise bağlantı yerlerinden kopabilir ve yükün düşmesine neden olabilir. Bir diğer önemli parametre ise görevli ekibin aralarındaki iletişimidir. Yükün kaldırılması esnasında vinç operatörü ve sahadaki görevliler iletişim halinde olmalıdır. Aksi durumda yük çarpması, yük düşmesi gibi durumlar söz konusu olabilir. Vincin operasyondan önce gözle muayene edilmesi de önemli parametrelerden bir tanesidir. Vinçte meydana gelebilecek herhangi bir arıza olumsuz sonuçlara yer açabilir. Tablo 6'da F8 için fonksiyonel rezonans analizi sonuçları gösterilmiştir.

Tablo 6. F8 fonksiyonu için fonksiyonel rezonans ilişkisi.

Fonksiyonel rezonans birimi	Fonksiyonel rezonans etki faktörleri	Başarısız fonksiyon bağlantısı
F6- Yüke kaldırma aparatlarının bağlanması	F8 (P) - Kaldırma aparatlarının yerine ve düzgün montajı	F8 (O) - F9 (I) F8 (O) - F10 (I)
F3- Vincin gözle muayene edilmesi	F8 (P) - Vincin kontrol edilmesi	F8 (O) - F9 (I) F8 (O) - F10 (I)
F2- Operasyondan önce iletişim prosedürünün belirlenmesi	F8 (P) - Ekip arasındaki iletişim	F8 (O) - F9 (I) F8 (O) - F10 (I)

F9 modülü incelendiğinde ise yükün taşınması esnasında F8 modülüne benzer olarak kaldırma aparatlarının belirlenen yerlere düzgün şekilde bağlanması büyük önem taşır. Artık bu kaldırma aparatlarının üzerine dinamik yüklerde büyük oranda etkiyecektir. Yükün herhangi bir yere veya kişiye çarpmaması için saha ekibi ile vinç operatörü arasındaki iletişim büyük önem taşır. Bir diğer önemli parametre ise yükün düzgün istiflenmemesidir. Düzgün yüklenmeyen yük, çarpmaya ve düşmeye yol açabilir. Vincin operasyondan önce mutlaka gözle kontrol edilmesi gerekir. Tablo 7’de F9 için fonksiyonel rezonans analizi sonuçları gösterilmiştir.

Tablo 7. F9 fonksiyonu için fonksiyonel rezonans ilişkisi.

Fonksiyonel rezonans birimi	Fonksiyonel rezonans etki faktörleri	Başarısız fonksiyon bağlantısı
F6- Yüke kaldırma aparatlarının bağlanması	F9 (P) - Kaldırma aparatlarının yerine ve düzgün montajı	F9 (O) – F10 (I)
F3- Vincin gözle muayene edilmesi	F9 (P) - Vincin kontrol edilmesi	F9 (O) - F10 (I)
F2- Operasyondan önce iletişim prosedürünün belirlenmesi	F9 (P) - Ekip arasındaki iletişim	F9 (O) - F10 (I)
F5- Taşınacak yükün istiflenmesi	F9 (P) – Yükün düzgün, düşmeyecek şekilde istiflenmesi	F9 (O) - F10 (I)

5.5. Engeller ve risklerin önlenmesi

Fonksiyonel rezonans için olasılıklar analiz edildikten sonra kazaları önlemek, yük çarpması, yük düşmesi, elektrik çarpması, yüksekte düşme, vinç devrilmesi, montaj sırasında ezilme, bom/kablo arızası gibi riskler için engeller ve önlemler önerilmiştir. Engeller, fiziksel, işlevsel, sembolik ve maddi engeller olmak üzere 4 ana başlık altında Tablo 8’de verilmiştir.

6. Sonuç ve Öneriler

Vinçler tersanelerde her gün sıklıkla kullanılan ve her tür ebatta ve ağırlıkta yükleri kaldırıp taşıyan bir ekipmandır. Kullanım alanlarına ve yük taşıma kapasitelerine göre farklılık gösteren vinç tipleri mevcuttur. Tersanelerde portal vinçler, mobil vinçler ve kule vinçleri sıklıkla tercih edilir. Vinçler büyük kolaylık sağlamasına rağmen vinç kazaları da kaçınılmaz olmuştur. Tersanelerde sıklıkla ölümlü ve yaralanmalı vinç kazaları meydana gelmektedir. Ülkemizdeki tersanelerde elde edilen verilere göre 2010-2015 yılları arasında 77 vinç kazası meydana gelmiştir. Bu kazalarda yük çarpması %62.3 ile en çok karşılaşılan risk olurken, yük düşmesi ise %28.6 ile onu takip etmektedir. Yüksekte düşme, elektrik çarpması ve verilerde görünmeyen ancak gerçekleşme olasılığı yüksek olan vinç devrilmesi, montaj sırasında ezilme ve bom/kablo arızası ise diğer riskler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmada vinç ile yük elleçleme operasyonlarındaki risk analizi FRAM yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. FRAM yöntemi, kazaların oluşmasında hangi risk faktörlerinin etkin olduğunu, risk faktörlerinin sistemi ve fonksiyonel modülleri nasıl etkilediğini açıklar. Risk faktörleri ortak performans koşullarına göre belirlenir. Vinç ile yük elleçleme operasyonları 11 fonksiyonel modül ile tanımlanmıştır. *Vinç tarafından yükün kaldırılması-(F8)* ve *yükün taşınması-(F9)* fonksiyonel modüllerinin performans dalgalanması yüksektir ve vinç operasyonlarının yüksek kaza riski barındıran

en önemli iki fonksiyonudur. 2010-2015 yılları arasındaki kaza raporları da incelendiğinde, sıklıkla aynı 2 fonksiyon esnasında kazaların meydana geldiği görülmektedir. Bu nedenle, kazaları önlemek ve riskleri ortadan kaldırmak için FRAM metodolojisinden yararlanarak engeller ortaya koymak önemlidir.

Tablo 8. Vinç ile yük elleçleme operasyonlarındaki engeller.

Engel tipi	Engeller ve önlemler
Fiziksel	1- Kaldırma aparatlarının bağlandığı yerlere gelecek yükler dikkate alınarak bu bölgeler güçlendirilmelidir.
	2- Yük kaldırma operasyonlarına başlamadan önce rüzgâr durumu kontrol edilmelidir. Aşırı rüzgar durumunda operasyon iptal edilmelidir.
	3- Görevli ekip operasyon süresince süreci yakından takip etmeli, herhangi bir olumsuzluk sezdiği an durdurulmalıdır.
	4- Yetkili mühendis vinç operasyonundan önce kaldırma aparatlarının bağlantılarını kontrol etmelidir.
	5- Vinç kaldırma ve taşıma alanında, vincin ve yükün çarpabileceği şeyler varsa kaldırılmalıdır.
	6- Yüksekte çalışma yapıldığında, emniyet kemeri gibi koruyucu ekipmanlar kullanılmalıdır.
	7- Operasyon sürecinde yükün altında ve yakınında personel bulunmamalıdır.
İşlevsel	1- Vinç operasyondan önce, tüm personelin yeterli kapasitede olduğu ölçülmelidir.
	2- Vinç bakımları periyodik olarak yapılmalıdır. Periyodik bakımlarda vinç parçaları kontrol edilmeli varsa hasarlı parçalar değiştirilmelidir.
	3- Görevli ekip tüm durumlar için acil durum planlarını hazırlamalıdır.
Sembolik	1- Hızlandırılmış hareketlerden kaçınmak için operasyon süresi operasyondan önce belirlenmelidir.
	2- Elektrik çarpması risklerine karşı vinç halatı ve kancasının temasından kaçınılmalıdır.
Maddi	1- Vinç taşıma alanı, yük ve vincin çarpmayacağı şekilde tasarlanmalıdır.
	2- Blok kaldırma gibi büyük operasyonlardan önce simülasyon kullanılarak gelecek yükler belirlenmelidir.
	3- İstifleme sahasının özellikleri önceden ölçülmelidir.

Sonuç olarak bakıldığında vinç ile yük elleçleme operasyonlarında yük çarpması, yük düşmesi, yüksekte düşme, elektrik çarpması, vinç devrilmesi ve bom/kablo arızası sıklıkla karşılaşılan risklerdir. Bu riskleri önlemek için fiziksel, fonksiyonel, sembolik ve görünmeyen engeller ortaya koyulmuştur. Fiziksel engeller ve önlemler incelendiğinde, kaldırma aparatları seçimi ve montajı uygun yapılmalı, yetkili mühendis tarafından seçilen ekipmanlar ve bağlantılar kontrol edilip onay alındıktan sonra operasyon başlatılmalıdır. Ayrıca operasyon başlamadan önce rüzgâr durumu kontrol edilmeli, aşırı rüzgâr varsa operasyon iptal edilmelidir. Vincin kaldırma ve taşıma alanında, vincin ve yükün çarpabileceği şeyler varsa kesinlikle kaldırılmalıdır. Özellikle elektrik hatlarına dikkat edilmelidir. Operasyon esnasında ise görevli ekip tarafından süreç dikkatlice takip edilmeli, herhangi bir olumsuzluk durumunda operasyon durdurulmalıdır. Tüm operasyon süresince yükün altında ve yakınında personel kesinlikle bulunmamalı ve yüksekte çalışma yapılması durumunda koruyucu ekipmanlar kullanılmalıdır. Fonksiyonel engeller ve önlemler incelendiğinde, vinç operasyonu öncesi, görevli personelin yeterli kapasitede olduğu ölçülmelidir. Vinç bakımları periyodik olarak yapılmalıdır. Periyodik bakımlarda vinç parçaları dikkatlice kontrol edilmeli varsa hasarlı parçalar değiştirilmelidir. Görevli ekip tarafından tüm durumlar için acil durum planları hazırlanmalıdır. Sembolik engeller ve önlemler incelendiğinde, hızlandırılmış hareketlerden kaçınmak için operasyon süresi belirlenmelidir. Elektrik çarpması risklerine karşı vinç halatı ve kancasının temasından kaçınılmalıdır. Son olarak görünmeyen engeller

incelendiğinde ise vinç taşıma alanı, yük ve vincin çarpmayacağı şekilde tasarlanmalıdır. Blok kaldırma gibi büyük operasyonlardan önce simülasyon kullanılarak gelecek yükler belirlenmelidir. İstifleme sahasının özellikleri önceden ölçülmelidir. Bu makalede etraflıca anlatılan yöntem ile, ileride iş kazaları konusunda yapılacak çalışmalarda, tersanelerde meydana gelen diğer kaza tipleri de incelenerek, FRAM ile risk analizleri yapılabilecektir.

Referanslar

Barlas, B. (2012). Shipyard fatalities in Turkey. *Safety science*, 50(5), 1247-1252.

Beavers, J. E., Moore, J. R., Rinehart, R., & Schriver, W. R. (2006). Crane-related fatalities in the construction industry. *Journal of construction engineering and management*, 132(9), 901-910.

Diop, I., Abdul-Nour, G., & Komljenovic, D. (2022). The Functional Resonance Analysis Method: A Performance Appraisal Tool for Risk Assessment and Accident Investigation in Complex and Dynamic Socio-Technical Systems. *American Journal of Industrial and Business Management*, 12(2), 195-230.

Gharaie, E., Lingard, H., & Cooke, T. (2015). Causes of fatal accidents involving cranes in the Australian construction industry. *Construction Economics and Building*, 15(2), 1-12.

Hollnagel E., 2009. Barriers and Accident Prevention. *Ergonomics*. 50(6), 961-962.

Hollnagel E., 2012. FRAM: The Functional Resonance Analysis Method: Modeling Complex Socio-Technical Systems.

Hu J. & Tang J., 2018. Risk analysis of CTV transfer operation mode based on Functional Resonance Accident Model.

Kim, S., & Kang, C. (2022). Analysis of the Complex Causes of Death Accidents Due to Mobile Cranes Using a Modified MEPS Method: Focusing on South Korea. *Sustainability*, 14(5), 2948.

Lee, J., Phillips, I., & Lynch, Z. (2020). Causes and prevention of mobile crane-related accidents in South Korea. *International journal of occupational safety and ergonomics*, 1-10.

McCann, M., Gittleman, J., & Watters, M. (2009). Crane-related deaths in construction and recommendations for their prevention. The Center of Construction Research and Training.

Milazzo, M. F., Ancione, G., Brkic, V. S., & Vališ, D. (2016). Investigation of crane operation safety by analysing main accident causes. *Risk, Reliability and Safety: Innovating Theory and Practice*, 74-80.

Norton, R. F. (2016). *Of Cracks, Cranks and Cranes*
<<https://www.nortonrosefulbright.com/en/knowledge/publications/1b0b9a11/of-crackscranks-and-cranes>> 25.03.2022

Ross, B., McDonald, B., & Saraf, S. V. (2007). Big blue goes down. The Miller Park crane accident. *Engineering Failure Analysis*, 14(6), 942-961.

Shapira, A., Lucko, G., & Schexnayder, C. J. (2007). Cranes for building construction projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 133(9), 690-700.

Swuste, P. (2013). A 'normal accident' with a tower crane? An accident analysis conducted by the Dutch Safety Board. *Safety science*, 57, 276-282.

URL-1 <<https://insapedia.com/kule-vinc-nedir-cesitleri-kurulmasi-sokulmesi-ve-parcalari/>>
08.12.2022

URL-2 <<https://santiyede.com/vinc-cesitleri-nelerdir-ozellikleri-kullanim-alanlari/>> 07.12.2022

URL-3 < <https://commons.wikimedia.org/>> 05.03.2023

URL-4 <<https://www.arnikon.com.tr/proses-vincler-8>> 05.03.2023

Zaini, N. Z. M., Hasmori, M. F., Salleh, M. A. M., Yasin, M. N., & Ismail, R. (2020, May). Crane Accidents at Construction Sites in Malaysia. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 498, No. 1, p. 012105). IOP Publishing.

Zhao, C. H., Zhang, J., Zhong, X. Y., Zeng, J., & Chen, S. J. (2012). analysis of accident safety risk of tower crane based on fishbone diagram and the Analytic Hierarchy Process. In *Applied Mechanics and Materials* (Vol. 127, pp. 139-143). Trans Tech Publications Ltd.