



Risk Tabanlı Deniz Ambulansı Tasarımı

Ayhan MENTEŞ¹, Can Berk KOÇ¹, Deniz ÖZTÜRK¹, Gürbüz BİLİCİ¹, Emre GÜVEN¹, Yağmur BAKİ², Eşref KIRÇIÇEĞİ²

¹İstanbul Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi, İstanbul, Türkiye

²İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İstanbul, Türkiye

mentes@itu.edu.tr; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1177-3212>

can.berk.koch@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5371-6913>

ozturkdeni@itu.edu.tr; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6694-3277>

bilicig@itu.edu.tr; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3754-6544>

Öz

Denizde, emniyeti en üst düzeye çıkarmak için risk faktörlerini modellemek ve risk tabanlı tasarım araçlarını kullanmak önemlidir. Emniyeti arttırmak ve müşteri taleplerini karşılamak için etkin risk modelleme teknikleri ve karar verme araçlarının geliştirilmesi ve uygulanması gerekmektedir.

Bu çalışmada, mevcut bir deniz ambulans teknesi operasyon riskleri incelenmiş ve mevcut tekne risk tabanlı bir yaklaşımla yeniden tasarlanmıştır. Risk değerlendirmesi ve model tasarımında, Hata Türü ve Etki Analizi (FMEA) kullanılmış ve risk öncelik sayıları (RPNs) hesaplanmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, deniz ambulans teknelerinin emniyetini arttırmaya ve potansiyel risklerin önlenmesine veya azaltılmasına katkıda bulunacaktır.

Anahtar Kelimeler: Risk Analizi, Risk Tabanlı Tasarım, Amaç Tabanlı Düzenlemeler, Deniz Ambulansı, Hata Türü ve Etkileri Analizi.

Risk Based Sea Ambulance Design

Abstract

To maximize safety at sea, modelling of risk factors and use of risk based design tools are significant. Effective risk modelling techniques and decision-making tools need to be developed and applied to increase safety and meet customer demands.

In this study, the operational risks of an existing ambulance boat were examined and the existing boat was redesigned as a risk-based approach. Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) was used and risk priority numbers (RPNs) were calculated in the risk assessment and redesign. The results obtained from the study will contribute to improving the safety of ambulance boats and preventing or mitigating of potential risks.

Keywords: Risk Analysis, Risk Based Design, Ambulance Boat, Goal Based Regulations, Failure Mode and Effects Analysis.

1. Giriş

Risk ve emniyet analiz yöntemlerinin karar destek araçları olarak çeşitli mühendislik uygulamalarındaki önemi günden güne artarak devam etmektedir. Bu yöntemlerin tasarım sürecinde kullanımı ise Risk Tabanlı Tasarıma öncülük etmektedir. Risk Tabanlı Tasarım, prosedüre dayalı bir yaklaşım olup gemi ve gemi sistemlerinin tasarım sürecinde probabilistik ve risk tabanlı yaklaşımları kullanır [1]. Son zamanlarda, başlangıç tasarım prensiplerini ve bilimsel gelişmeleri içeren Risk Tabanlı Tasarım prensiplerini kullanan uluslararası kurallar geliştirilmiştir. Amaç Tabanlı Düzenlemeler (Goal Based Regulations) ise Risk Tabanlı Tasarım'ın eksik kaldığı durumlardaki bir takım boşlukları (Örneğin ROPAX tipi gemilerde güvertede su toplanmasının oluşturduğu tehlikelerin göz önüne alınmaması) doldurmak için öne sürülmüştür ve geliştirilme aşamasındadır [2].

Risk ve Amaç Tabanlı Tasarım standartları oluşturulmadan önce, emniyet düzenleme kurallarında gerçekleşen bireysel olaylara göre yeni düzenlemeler yapılmakta veya önleyici tedbirler alınmaktaydı. Felaket getiren her kaza, Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) ya da klas kuruluşları tarafından kural ve konvansiyonların yeniden düzenlenmesini gerektiriyordu. Risk Tabanlı Tasarım kavramının, IMO tarafından 2009 yılında kabulü ve IMO'nun son zamanlarda yaptığı yeni düzenlemelerle, endüstride risk/amaç tabanlı yaklaşımlara doğru geçiş eğilimi hız kazanmıştır.

Deniz endüstrisinde yaşanan teknolojik gelişmeler ve daha ekonomik sistemler için çözüm arayışları 'yenilik' ve 'risk analizi' kavramlarını yeni gemilerin geliştirilmesi için bir merkez noktası haline getirmiştir. Değişik hava koşullarında veya operasyon şartlarında hizmet verebilen gemi ve deniz yapılarının, klasik düzenlemeler ve standartlar kullanarak tasarlanmanın

ötesinde, risk tabanlı düzenlemeler ve yaklaşımlar kullanılarak tasarlanması gerekmektedir. Bu nedenle, deniz endüstrisinde yeni sistemlerin gerek tasarım ve gerekse inşası sürecinde, risk tabanlı tasarım önem kazanmakta ve Uluslararası Standartlar, Risk Tabanlı Tasarım ilkeleri ve Amaç Tabanlı Standartlar ve Düzenlemeler dikkate alınarak yenilikçi tasarımlar geliştirilmekte ve inşa edilmektedir.

Risk Tabanlı Tasarım, IMO tarafından tanınırken, Uluslararası Standartlar, Risk Tabanlı Tasarım ilkeleri ve Hedefe Dayalı Standartlar dikkate alınarak yeni sistemler geliştirilmeye başlanmıştır. Risk Tabanlı Tasarımlarda, en uygun risk değerlendirme ve analiz tekniğinin belirlenmesi ve geliştirilmesi gerekir. Ayrıca; mevcut bilginin, koşulların, şartların değiştiği veya denizde beklenmeyen olayların görüldüğü durumların da dikkate alınması gerekir. Güçlü, esnek süreçler oluşturmak, mevcut modelleri revize etmek, risk modellerini kullanmak ve sistemlerde proaktif yaklaşımlarla kaynak kullanmak için emniyeti arttıracak yeni tasarımlara ihtiyaç vardır.

Tasarım ve tasarım süreci emniyeti, eskiden daha az dikkat edilen bir konu iken günümüzde her yeni tasarım için güvenilirliği en üst düzeye çıkarmak, temel prensiplerden biri olmuştur. Hatalar yok edilerek ya da azaltılarak, hem süreçte yaşanabilecek kazalar, hem de son müşteriye ulaşan ürün emniyetin sağlanması en önemli önceliklerdendir. Hataların azaltılıp, güvenilirliğin artması müşteri memnuniyeti ve kaliteyi de beraberinde getirecektir. Risk tabanlı tasarım yöntemleri kullanılmadan önce, genelde ürün, süreç veya tasarımda hatalar oluşur ve bu hatalar olduktan sonra çözümler üretilirdi. Günümüzde ise, artık hatalar olmadan önce analizler yapılarak belirlenmeye ve hatalara düzeltici önlemler alınarak da hatalar oluşmadan giderilmeye çalışılmaktadır.

Bu çalışmada, başlangıçta Türkiye’de hizmet veren deniz ambulansları incelenmiş, mevcut bir deniz ambulans teknesinin operasyon sırasında sahip olabileceği potansiyel riskler tespit edilmiş ve bu riskleri ortadan kaldıracak ve/veya azaltacak düzeltici önlemler alınarak risk tabanlı yeni bir tekne tasarımı yapılmıştır. Mevcut ve yeni teknede, risk analiz yöntemi olarak Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) kullanılmıştır.

2. Risk Tabanlı Tasarım

Risk ve güvenilirlik analiz yöntemleri, bir karar destek aracı olarak çeşitli mühendislik disiplinlerindeki uygulamalarda giderek daha fazla kullanılmaktadır. Risk Tabanlı Yaklaşım, bir sistemin yaşam çevriminde sistematik, mantıksal ve kapsamlı bir araç olup emniyet faktörünü artırmayı hedefleyen bir tekniktir. Deniz endüstrisinde risk tabanlı yaklaşımların uygulanmasına, 1960’ların başında probabilistik gemi yaralı stabilitesi yaklaşımı ile başlanılmıştır [1]. Açık deniz sektöründe yaygın bir şekilde kullanılan bu teknikler, gemi teknolojisi ve operasyonuna da uyarlanarak kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin tasarım sürecine katılması Risk Tabanlı Tasarıma öncülük etmiştir.

Avrupa’da geçmişte yaşanan birkaç feci RoPax feribot kazasından sonra bu tip gemilerin emniyetini geliştirmek için çalışmalar başlatılmıştır. 1997 yılında Avrupa Birliği tarafından fonlanan Avrupa araştırma projelerini koordine etmek için tematik bir iletişim ağı kurulmuştur. Bu tema Emniyet İçin Tasarım (Design for Safety) olarak adlandırılmış ve emniyet kavramını amaç olarak tasarım sürecine koymayı hedeflemiştir ve risk tabanlı gemi tasarımının ilk uygulamaları yapılmıştır [3,4]. Avrupa Birliği tarafından desteklenen projelerde, kaza durumlarında emniyet performansının tahmini için çarpışma ve karaya oturma [5, 6], yapısal bütünlük kaybı [7], yangın [8], su alma [9], tahliye

[10] gibi araçların iyileştirilmesine odaklanılmıştır. Yeni bir tasarım çerçevesi ve emniyetin entegrasyonu için projeler geliştirilerek gemi tasarımında hızlı optimizasyon, probabilistik yaralı stabilite tahmini gibi çalışmalar yapılmıştır. Aframax petrol tankerlerinin risk tabanlı sistemlere entegrasyonu ve tasarımı gerçekleştirilmiştir [11]. Avrupa Birliği fonu destekli gemi emniyet araştırması SAFEDOR projesine başlanılmış ve 4 yıl süren bu proje 2009’da bitirilmiştir. Bu proje risk tabanlı tasarımdaki en son düzenleyici çerçevedeki gelişmeler ve pek çok gemi ve gemi sistemlerinin tasarım uygulama örneklerini vermektedir [12].

Risk tabanlı araştırmalar Avrupa dışındaki ülkelerde, özellikle Japonya ve Güney Kore’de ilk aşamada gerçekleştirilmiştir. Yoshida [13] Asya’da güncel araştırma çalışmalarını incelemiştir. Kaneko [14] risk modelleme yaklaşımlarını gözden geçirerek, modellemede karşılaşılan belirsizliklere dikkat çekmiştir. Risk tabanlı tasarımlar konusunda çalışmalar, IMO’nun “Gelecek risk tabanlı tasarımlardadır” çıkışıyla büyük bir ivme kazanmıştır.

Amaç Tabanlı Düzenlemeler ise yeni bir kavram olup deniz endüstrisinin ihtiyaçları nedeniyle bir zorunluluk olarak ortaya çıkmıştır. Amaç Tabanlı Kurallar & Düzenlemeler, ele alınan yeni bir gemi ve deniz yapısının tasarım ve inşaat evrelerinde emniyet, güvenilirlik, etkinlik ve çevreci bir taşımacılığı hedefleyen düzenlemeler olarak ifade edilebilir. Papanikolaou ve diğ. [2], yaptıkları çalışmalarda, Amaç Tabanlı Düzenlemelerdeki son gelişmeleri inceleyerek, Avrupa Birliğinden fonlanan GOALDS projesinin, yolcu gemileri yaralı gemi stabilitesi sonuçlarını vermişlerdir.

3. Hata Türü ve Etkileri Analizi

Hata türü ve etkileri analizi (FMEA) bir sistemde oluşabilecek hataları tahmin ederek önlemeye çalışan sistematik bir analiz yöntemidir. Bu yöntem; sistem FMEA,

tasarım FMEA, süreç FMEA veya servis FMEA sırasında oluşabilecek potansiyel hataların analizini, değerlendirilmesini ve azaltılmasını amaç edinmektedir [15]. FMEA birçok endüstri kolunda kalite ve güvenilirliği arttırmak için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

FMEA, ABD ordusu tarafından 1949 yılında "MIL-STD-1629A: Hata Türü, Etkileri ve Kritiklik analizi (FMECA)" prosedürlerini malzeme ve sistem hatalarının tespiti ve güvenilirliği için kullanmıştır. 1969 yılında uzay sanayisinde NASA tarafından APOLLO projesinde de kullanılan bu teknik, uzay mekiğinin tasarlanıp inşa edilmesinde kullanılan teknolojinin çok yüksek maliyetli olması veya oluşabilecek en küçük hatanın maddi/manevi boyutunun çok yıkıcı olması nedeniyle kullanılmıştır. Amerika Birleşik Devletlerinde bu yöntemin başarılı uygulamaları nedeniyle 1970-1975 yılları arasında uçak sanayisinde de kullanılmaya başlanmıştır. 1975 yılında bilgisayar üretiminde kullanılması ve Japon NEC firmasının endüstriyel uygulama başlatmasıyla, FMEA yöntemi tüm dünyada yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. FMEA'in otomotiv sanayisinde ilk kullanımı 1980 yılında Ford tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu yöntem, askeri projelerdeki karmaşık yapıdan arındırılarak otomotiv endüstrisinde Renault ve Citroen firmaları tarafından kullanılmıştır. 1988 yılında iş yönetimi standartları üzerine ISO-9000 kalite sistem standardı Uluslararası Standartlaştırma Örgütü (ISO) tarafından çıkartmıştır. Otomotiv sektöründe QS-9000 standardı, sektörde hizmet veren firmaları kalite sistemlerini bu standartlaştırma sürecine dahil etmiştir. Otomotiv sektöründeki firmalar, FMEA'i içeren İleri Kalite Planlaması (Advanced Product Quality Planning - APQP) uygulamakta, kontrol planlarını oluşturmakta ve geliştirmektedirler. 1993 yılında Otomotiv Endüstrisi Faaliyet Grubu (AIAG) ve Amerikan Kalite Kontrol Topluluğu

(ASQC) FMEA standardı oluşturmuştur. Bu standart, QS-9000'un geliştirilmesi için işbirliği yapan otomotiv firmaları tarafından kabul edilmiş olup etkin bir şekilde kullanılmaktadır.

FMEA; otomotiv, uçak, uzay ve silah sanayinde olduğu gibi gemi ve açık deniz yapı sistemlerinin emniyet değerlendirmelerinde de kullanılmaktadır. FMEA; yüzen yapılarda, yükleme ve boşaltma teknelerin depolama ünitelerinde [16], bir deniz vinci çekme sisteminde [17], deniz ve açık deniz sistemlerinin emniyet tasarımında [18], deniz kazalarının değerlendirmesinde [19], yat sistemlerinin tasarımında [15, 20], yüzen rüzgâr türbinlerinin emniyet analizinde [21] ve açık deniz mühendisliği sistemleri tasarımında [22] kullanılmıştır. Birçok endüstri alanında olduğu gibi gemi ve açık deniz yapılarında da, sistem FMEA, tasarım FMEA, süreç FMEA veya servis FMEA türlerinde daha önceden bilinen ve/veya olası hatalar göz önüne alınarak, geçmiş deneyimlerden ve teknolojik yeniliklerden yararlanarak sistematik analizler ve değerlendirmeler yapılmıştır. Bu yaklaşım gemi ve deniz endüstrisinde daha güvenilir sistemlerin inşasına öncülük etmiştir.

FMEA uygulamasında; hatanın potansiyel etkileri, keşfedici kontrolü ve potansiyel nedenleri ile birlikte hatanın şiddet, olasılık ve saptanabilirlik değerleri kullanılarak her bir hata türü için risk öncelik sayısı (RPN) belirlenir. Yüksek RPN değerleri için bazı önlemler alınarak düşürülmeye çalışılır. FMEA uygulaması sırasında gerçekleştirilen önlemler ile potansiyel risklerin ve/veya etkilerinin azaltılması amaçlanır. FMEA uygulaması;

- Süreç, tasarım veya üretimin yeniden tasarlanması istendiğinde kalite prosedürünü uygulamak için,
- Mevcut süreç, tasarım veya üretimin yeni bir yolla uygulanması istendiğinde,
- Süreç, tasarım veya üretimin ömrü boyunca periyodik olarak kontrolünde,

- Mevcut süreç, tasarım veya üretim iyileştirmek istenildiğinde kullanılır.

FMEA uygulanması için öncelikle bir ekip oluşturulmalıdır. Oluşturulan ekip, analizi yapılacak sistem, tasarım veya ürün hakkında bilgili ve deneyimli insanlardan seçilmelidir. FMEA güvenilirliği ve başarısı seçilen ekibin deneyim ve tecrübesiyle orantılıdır. FMEA için uygun bir akış şeması belirlenmelidir. Oluşturulan akış şeması diğer adımların temelini oluşturduğu için büyük önem arz etmektedir. Akış şeması tasarım, üretim veya sistemden hangisi için yapılacaksa ona uygun basamaklar ve alt basamaklar belirlenerek ilerletilmelidir. Akış şemasında hata türleri belirlenir. Alt basamaklara ayrılmış sistem incelenir ve alt basamak hata türleri belirlenir. Hata türü, bir sistem veya fonksiyonun görev veya işlevini yerine getirememesi durumu olarak tanımlanır. Hata türü, fiziksel özellikleriyle tanımlanır. Hata türleri belirlendikten sonra, olası hataların potansiyel etkileri belirlenir. Etki, herhangi bir hatanın neden olduğu sistemdeki fonksiyonel değişiklik olarak tanımlanır. Hatanın potansiyel etkisi, olması muhtemel bir hatanın meydana gelmesi durumunda müşteri veya sonraki kullanıcının karşılaşacağı durum olarak tanımlanır. Hatanın potansiyel etkileri belirlendikten sonra puanlama yapılır. Hatanın potansiyel etkileri için 1'den 10'a

kadar artan şekilde müşterinin potansiyel etkiden gördüğü şiddet değerleri puanlanır. Her seviyede şiddet düzeyi artar ve müşteri etkiden daha kuvvetli şekilde etkilenir. Şiddet, müşterinin potansiyel etkiden görebileceği zarar olarak tanımlanır.

Hataların etkileri belirlendikten sonra, hataların potansiyel nedenleri belirlenir. Neden, olası hata türünün oluşmasında etkili olan unsur olarak tanımlanır. Hataların potansiyel nedenleri belirlendikten sonra ise bu hataların olasılık değerleri belirlenir. Olasılık, oluşabilecek durumun meydana gelme sıklığı olarak tanımlanır. Hata nedenlerinin meydana gelme olasılığı 1'den 10'a kadar puanlanır. Her düzey arttıkça gerçekleşme olasılığı kuvvetlenmektedir.

Olasılıkların belirlenmesinin ardından da meydana gelebilecek olası kontrol yöntemleri belirlenir. Yapılan kontrol yöntemleri ile potansiyel hatanın saptanabilirliği puanlanır. Saptanabilirlik, meydana gelebilecek olası hataların müşteriye ulaşmadan önce saptanabilmesi ve önlenbilmesidir. Saptanabilirlik, olası hataların tespit edilebilme durumuna göre 1'den 10'a kadar puanlanır. Her düzey arttıkça hatanın saptanabilirliği düşmektedir. Risk öncelik sayısı (RPN) hesaplamalarında kullanılan şiddet, olasılık ve saptanabilirlik aralıkları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Şiddet, Olasılık ve Saptanabilirlik Değerleri

Şiddet	Derece	Olasılık	Derece	Saptanabilirlik	Derece
İkazsız Tehlike	10	Çok Yüksek	10	Kesin Belirsizlik	10
İkazlı Tehlike	9		9	Çok Uzak	9
Çok yüksek	8	Yüksek	8	Uzak	8
Yüksek	7		7	Çok Düşük	7
Orta	6	Orta	6	Düşük	6
Düşük	5		5	Orta	5
Çok Düşük	4		4	Ortadan Yüksek	4
Önemsiz	3	Düşük	3	Yüksek	3
Çok Önemsiz	2		2	Çok Yüksek	2
Etkisi Yok	1	Çok Düşük	1	Neredeyse Kesin	1

Belirlenen hata türü için şiddet, olasılık ve saptanabilirlik sayıları belirlendikten sonra risk öncelik sayısı bu üç parametrenin çarpımıyla hesaplanır. Hataların RPN hesabıyla potansiyel hata türlerinde daha önemli ve daha kritik olanlar ortaya çıkartılır.

RPN hesaplamaları ve değerlendirmeleri sonucunda önlem alınması gereken öncelikli hatalar belirlenir. Bu önceliklere göre gereken durumlar için iyileştirici önlemler alınır ve RPN yeniden hesaplanır. Alınan önlemler neticesinde yeniden belirlenen RPN minimum düzeye indirilerek kabul edilebilir sınırlara getirilmeye çalışılır.

4. Vaka Çalışması

Bu çalışmada, FMEA tabanlı bir deniz ambulansı tasarımı yapılmıştır. Başlangıçta, risk değerlendirme ve emniyet analizi için, Türkiye’de bulunan deniz ambulanslarının durumu, yerleri ve işlevleri araştırılmıştır. Türkiye’de kullanılan deniz ambulanslarının çoğunluğu; İstanbul adaları (Büyükada, Kınalıada vb.), İzmir, Antalya ve Muğla’da bulunmaktadır.

Bir deniz ambulansının genel amacı;

- 1) Hastane bulunmayan adalardaki hastaları deniz ambulansına alıp ana karadaki hastanelere ulaştırmak,
- 2) Hastanesi bulunan adalarda, doktor, donanım veya malzeme yetersizliklerinden dolayı tedavi edilemeyen hastaları deniz ambulansına alıp ana karadaki hastanelere ulaştırmak,
- 3) Açık denizde veya başka teknelerde olabilecek hastaları deniz ambulansına alıp ana karadaki hastanelere ulaştırmak,
- 4) Hastalara seyir sırasında acil müdahalelerde bulunmaktır.

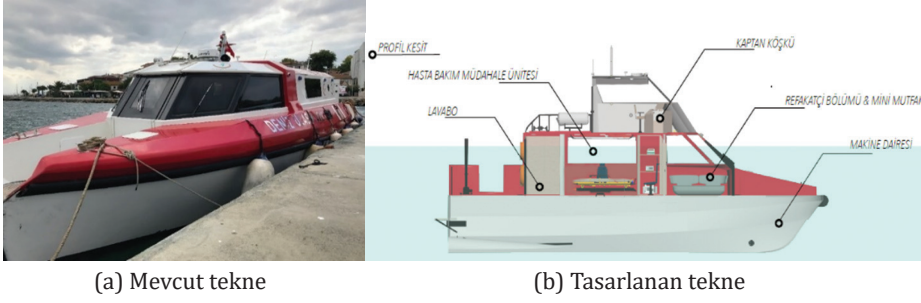
FMEA analizinde, Büyükada sahillerinde görev yapan DENDEN11 isimli deniz ambulansı seçilmiştir. Tekne, Büyükada ve Heybeliada’da meydana gelebilecek kaza ve yaralanmaları ana karaya ulaştırmak

in için hizmet vermektedir. Bu teknede incelemeler yapılmış ve profesyonel tekne personeliyle röportajlar yapılarak, karşılaştıkları tehlikeler, zorluklar veya mevcut eksiklikler konusunda bilgiler alınmıştır. Yapılan röportajlarda tekne kaptanı, acil tıp teknisyeni ve ambulans ve acil bakım teknikeri (paramedik) ile görüşülmüştür. Tekne kaptanından, teknenin fiziksel yapısıyla ilgili, acil tıp teknisyeni ve paramedikten ise teknede olan sağlık ekipmanları, seyir sırasında yapılan müdahaleler ve yaşadıkları tecrübeler hakkında bilgiler alınmıştır. Teknenin tüm yapısı detaylı bir şekilde incelenmiş ve seyir sırasında oluşabilecek sorunları yerinde gözlemlemek için Büyükada-Maltepe arası bir seyir gerçekleştirilmiştir. Görüşmelerden mevcut deniz ambulansının potansiyel operasyon hata türleri tespit edilmiş ve potansiyel hataları ortadan kaldıracak ve/veya azaltacak düzeltici önlemler alınarak daha güvenilir bir tasarım ortaya konulmaya çalışılmıştır. Çalışmada kullanılan mevcut teknenin genel özellikleri Tablo 2’de, mevcut ve tasarlanan deniz ambulansı ise Şekil 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Deniz Ambulans Teknesi Genel Özellikleri

Ana Boyutlar	Tam Ölçek
Tekne Tam Boyu (L_{OA})	12,5 m
Tekne Su Hattı Boyu (L_{WL})	11,5 m
Genişlik (B)	4 m
Draft (T)	0,6 m
Tekne Blok Katsayısı (C_B)	0,38
Deplasman	10,576 m ³
Maksimum Tekne Hızı (V_{MAKS})	32 knot

Mevcut deniz ambulansı risk analizinde 25 potansiyel hata türü tespit edilmiştir. Görüşmelerden elde edilen bilgiler Tablo 3.a, Tablo 3.b ve Tablo 3.c’de verilmiştir. Tablolarda, ihtiyaç duyulan emniyet unsurları, potansiyel hata türleri, potansiyel etkileri, potansiyel nedenleri ve

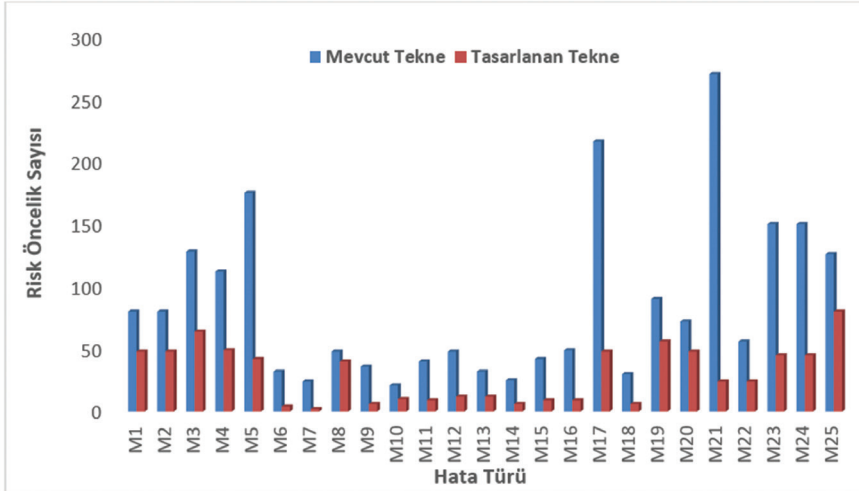


Şekil 2. Mevcut ve Tasarlanan Tekne Profil Resmi gerçekleştirilen önlemler detaylı bir şekilde verilmiştir. Her hata türü için şiddet, olasılık ve saptanabilirlik değerleri elde edilmiş ve tüm hata türleri için düzeltici önlemler alınmıştır (Tablo 4). Çalışmada RPN değeri yüksek olanlar öncelikli olmak üzere tüm hatalar için önlemler getirilmiş ve bütün hatalarda RPN değeri düşürülmeye çalışılmıştır (Şekil 3). Bu şekilde, mevcut ambulans botunda kurtarma operasyonun

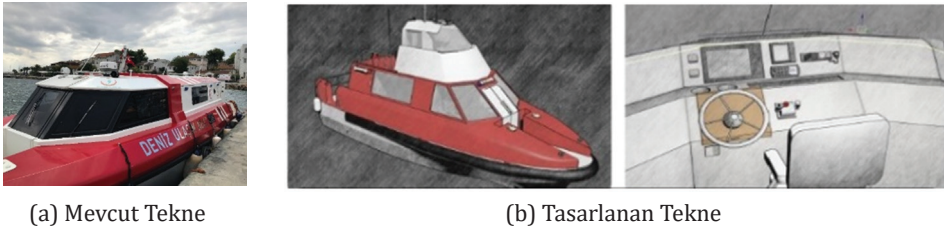
verimli gerçekleştirilememesi (M21), İnsan emniyeti (M17) ve iç atmosfer havasının yetersiz olması (M5) risk öncelik sayıları en yüksek olan hata türleri olarak görülmüştür.

Deniz ambulansında potansiyel hataların etkilerini azaltmak için gerçekleştirilen ve Tablo 3.a, Tablo 3.b ve Tablo 3.c'de detaylı olarak verilen önlemler aşağıda sıralanmıştır:

1) Mevcut teknede kaptan ve hasta



Şekil 3. Mevcut ve Tasarlanan Ambulans Teknesi Risk Öncelik Sayıları



Şekil 4. Kaptan Köşkünün Üst Güverteye Alınması

yakınları aynı yerde olduğu için, hasta yakınlarının kaptana tekne seyrini engelleyecek olumsuz müdahalesi riski (M1) oluşmakta olup bu riski azaltmak için kaptan köşkü üst güverteye alınmıştır (Şekil 4).

- 2) Hasta yakınlarının sağlık personelinin işini zorlaştıracak şekilde engellemesi riski (M2), sağlık personeli ve hasta yakınlarının buldukları alanların sürgülü kapı ile ayrılmasıyla azaltılmaya çalışılmıştır. Mevcut teknede, hasta yakınları ve ilk müdahale alanı

kullanışsız olduğu için kullanılmayan sürgülü bir kapı ile ayrılmıştır. Yapılan yeni tasarım ile sürgülü kapı daha kullanışlı hale getirilmiştir (Şekil 5).

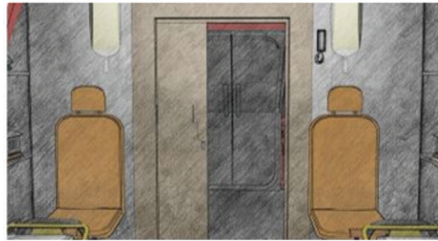
- 3) İç atmosfer havasının verimsiz olması sonucunda oluşabilecek riskler Tablo 3.a'da M3, M4 ve M5 ile verilmiştir. Mevcut teknede havalandırma sistemi için ev tipi klima kullanılmakta olup, iç atmosfer havasının 24°C'ye sabitlenmesi ve bu risklerin azaltılması için gemi tipi havalandırma sistemi kurulmuştur (Şekil 6).

Tablo 3.a. Deniz Ambulans Teknesi Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA)

No.	İhtiyaç	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Etkileri	Potansiyel Nedenleri	Gerçekleşen Önlemler
M1	Seyir Emniyeti	Hasta yakınlarının kaptana seyri engelleyecek müdahalesi	Kaptanın seyir sırasında olumsuz etkilenmesi	Hasta yakınlarının kaptana erişiminin kolay olması	Kaptan köşkünün üst güverteye taşınması
M2	Müdahale Emniyeti	Hasta yakınlarının sağlık personelinin işini zorlaştıracak engellemeleri	Acil müdahalenin zorlaşması	Hasta yakınlarının sağlık personeline erişiminin kolay olması	Sağlık personeli ile hasta yakınlarının buldukları alanların kapı ile ayrılması
M3	Havalandırma	İç atmosfer havasının verimsiz olması	Kalp krizi geçiren hastaların ambulans içinde fenalaşması	Tekne içi havalandırma sisteminin yetersiz olması	İç atmosfer havasının 24°C'ye sabitlenmesi için gereken havalandırma sisteminin kurulması
M4			Hasta ile etkileşim halinde olan sağlık personelinin hava yolu ile bulaşan hastalıklara hedef olması		
M5			Ambulans içerisindeki uzun süreli istenmeyen kokuların sağlık personelinde Kakosmi (Kötü Koku) Sendromuna yol açması		
M6	Tedavi İmkânı	Tedavi ortamının oluşturulamaması	Kilolu hastanın tedavi edilememesi	Yetersiz sedye miktarı	Sedyelerin birleştirilmesi için sedyeler arası raylı sistem tasarlanması
M7			İkiden fazla hastanın aynı anda tedavi edilememesi	Yetersiz sedye sayısı	Aynı alanda sedye sayısını arttırmak için raylı sistem tasarlanması
M8	Aydınlatma	Işık yetersizliği	Hasta konforu ve sağlık personeli performansının olumsuz etkilenmesi	Aydınlatma sisteminin yanlış konumlandırılması	Aydınlatma sistemlerinin konumlandırılması
M9	Hasta Nakil Emniyeti	Yanlış zemin malzemesi seçimi	Sedyenin kontrolden çıkıp hastaya zarar vermesi	Malzeme bilgi yetersizliği	Kaymaz zemin uygulaması

Tablo 3.b. Deniz Ambulans Teknesi Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) (devamı)

No.	İhtiyaç	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Etkileri	Potansiyel Nedenleri	Gerçekleşen Önlemler		
M10	Hasta Nakil Emniyeti	Hastanın tekneye alınma güclüğü	Hastanın hastane naklinin gerçekleştirilememesi	Liman - tekne kot farkı	Taşınabilir rampa sistemi eklenmesi		
M11	Sağlık Personeli Emniyeti	Sağlık personeli yaralanmaları	Sağlık personelinin yaralanması	Tekne malzemelerinin yetersizliği	Sağlık personelinin erişebileceği noktalara tutamak konulması		
M12	Müdahale Süresi	Sağlık personeli tedavi hazırlık vakit kaybı	Hastaya tıbbi müdahalenin gecikmesi	Normal klipsli sistemlerde serum torbasının yerleştirilmesinin uzun sürmesi	Serum askılarının tutamaklara aparatla asılması		
M13				Dolapların kilitli seçilmesi	Tek hareketle açılan dolap kapak tasarımı		
M14				Sağlık personeli tedavi hazırlık vakit kaybı	Hastaya tıbbi müdahalenin gecikmesi	Teknedeki sedye yollarının hasta nakline elverişli olmaması	Sedye yolunun boşaltılması ve genişletilmesi
M15						Tıbbi ekipman ve ilaçların hastadan uzağa konumlandırılması	Tıbbi malzemelerin sağlık personelinin erişimine en yakın yere yerleşimi
M16	İnsan Emniyeti	Fiziksel sağlığın korunamaması	Yaralanmaların gerçekleşmesi	Dolap, raf vs. sistemleri ve tekne iç tasarımında keskin geçişler olması	Teknenin iç tasarımının oval geçişlere sahip olması ve gömülü kapı tasarımı		
M17		Can emniyetinin tehlikeye atılması	Hastanın mevcut sağlığının kötüleşmesi	Kazazedelerin uzun süre denizde kalmalarına yetecek malzeme bulunmaması	Can salı yerleştirme		
M18			Kazanın ölümle sonuçlanması				
M19		Teknenin baştankara sırasında zorluk çekmesi	Hasta/mürettebatın fiziksel olarak zarar görmesi	Usturmanın olmaması/ yetersizliği	Baş usturmaça yerleştirme		

**Şekil 5. Sağlık Personeli ve Hasta Yakını Alanlarının Ayrılması**

Tablo 3.c. Deniz Ambulans Teknesi Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) (devamı)

No.	İhtiyaç	Potansiyel Hata Türü	Potansiyel Etkileri	Potansiyel Nedenleri	Gerçekleşen Önlemler
M20	Mürettebat Motivasyonu	Mürettebat motivasyon eksikliği	İş kalitesinin düşmesi	Mürettebatın bazı limanlarda temel ihtiyaçlarını karşılayabileceği şartların bulunmaması	Tekneye mutfak yerleştirme
M21	Olay Yeri Kontrolü	Kurtarma operasyonunun verimli gerçekleştirilememesi	Tüm kazazedelere ulaşamama durumunda can güvenliklerinin tehlikeye atılması	Geniş alandaki kontrolün sağlanamaması	İnsansız hava aracı (Drone) yerleştirme
M22	Teknenin Dinamik Stabilizasyonu	Denizden veya farklı deniz taşıtlarından hastanın emniyetli şekilde alınmaması	Hastanın can emniyetini tehlikeye atmak	Birçok farklı hava şartında teknenin stabil kalamaması	Jiroskoplu stabilizatör eklenme
M23	Kurtarma	Denizdeki veya farklı deniz taşıtlarındaki hastanın emniyetli şekilde alınmaması	Hastanın can emniyetini tehlikeye atmak	Deniz veya farklı tekneden hasta naklinde efektif bir sistem bulunmaması	150 kilogram kapasiteli vinç yerleştirme
M24				Deniz veya farklı tekneden hasta naklinde yeterli alan bulunmaması	Kıç güvertenin 4 m x 2.5 m olarak tasarlanması ve 4 m x 0.5 m ek bir sabit platform konulması
M25	Ses İzolasyonu	Sağlık personeli ve hasta arasında etkili iletişim kurulamaması	Sağlık personelinin hastadan aldığı bilgileri yanlış anlaması sonucu tedavi süreci uzaması	Ses izolasyon yetersizliği	Ses yalıtımı yüksek olan kapıların kullanılması



(a) Mevcut Tekne



(b) Tasarlanan tekne

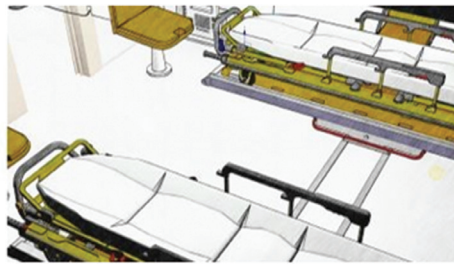
Şekil 6. Yeni Havalandırma Sistemi

Tablo 4. Mevcut ve Tasarlanan Tekne için RPN değerleri

Hata Türü	Mevcut Tekne				Tasarlanan Tekne			
	Şiddet	Olasılık	Saptanabilirlik	RPN	Ş	O	K	RPN
M1	8	5	2	80	8	3	2	48
M2	8	5	2	80	8	3	2	48
M3	8	8	2	128	8	2	4	64
M4	7	2	8	112	7	1	7	49
M5	7	5	5	175	7	2	3	42
M6	8	4	1	32	2	2	1	4
M7	8	3	1	24	1	2	1	2
M8	4	6	2	48	2	5	4	40
M9	6	6	1	36	2	3	1	6
M10	7	3	1	21	5	2	1	10
M11	8	5	1	40	3	3	1	9
M12	6	8	1	48	3	4	1	12
M13	8	4	1	32	3	4	1	12
M14	5	5	1	25	2	3	1	6
M15	7	6	1	42	3	3	1	9
M16	7	7	1	49	3	3	1	9
M17	9	3	8	216	6	2	4	48
M18	10	3	1	30	3	2	1	6
M19	5	9	2	90	4	7	2	56
M20	4	3	6	72	2	3	8	48
M21	9	5	6	270	6	2	2	24
M22	7	4	2	56	4	2	3	24
M23	6	5	5	150	3	5	3	45
M24	6	5	5	150	3	5	3	45
M25	7	9	2	126	4	5	4	80



(a) Mevcut Tekne



(b) Tasarlanan Tekne

Şekil 7. Mevcut ve Raylı Sedye Sistemleri

- 4) Tedavi ortamının oluşturulamaması riski, M6 ve M7 numaralarıyla kilolu ya da ikiden fazla hastanın aynı anda tedavi edilememesi riskleri olup, sedyeler arası raylı sistem tasarımı ile bu risk ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır. Bu sayede, sedyeler birleştirilebilmekte ve aynı anda birden fazla sedyenin aktif kullanımına olanak sağlanmaktadır (Şekil 7).
- 5) Işık yetersizliği sonucu oluşabilecek riskler (M8), aydınlatma sisteminin sedyelere paralel ve personelin performansını attırıcı şekilde konumlandırılmasıyla iyileştirilmiştir.
- 6) Yanlış zemin malzemesi seçimi (M9) hasta naklinde risk oluşturmakta ve özünde mevcut teknede kaygan ve cilalı bir zemin seçiminden kaynaklanmaktadır (Şekil 7.a). Kaymaz zemin malzemesi seçimi ile potansiyel riskler giderilmiştir (Şekil 8).
- 7) Liman ile tekne arasındaki kot farkı sebebiyle hastanın tekneye alınma güçlüğü riski (M10), taşınabilir bir rampa sistemi tasarımıyla giderilmiştir.
- 8) Mevcut teknede, seyir sırasında sağlık personelinin dengesini sağlayacak tutamak olmaması nedeniyle meydana gelebilecek yaralanma riski (M11), tutamak tasarımı ile giderilmiştir (Şekil 8).
- 9) Tablo 3.b'de verilen sebeplerden dolayı sağlık personelinin tedaviye hazırlık vakit kaybı riskleri M12, M13, M14 ve M15 olup, serum askılarının tutamaklara aparatla asılması, dolap kapak tasarımı, sedye yolu düzenlemeleri ve tıbbi malzeme yer değişimi ile giderilmeye çalışılmıştır (Şekil 9).
- 10) İnsan emniyetine ilişkin riskler M16, M17, M18 ve M19 ile belirtilmiştir. Oval geçişlere sahip iç tasarım, gömülü kapı kulpları, tekne üst güvertesine can salı yerleştirilmesi ve baş kısım usturmaça tasarımı ile riskler azaltılmıştır (Şekil 10 ve 11).



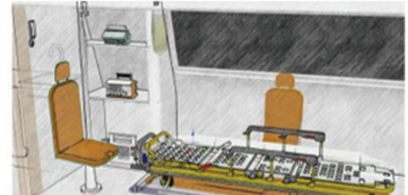
Şekil 8. Tutamak Tasarımı



(a) Mevcut Tekne



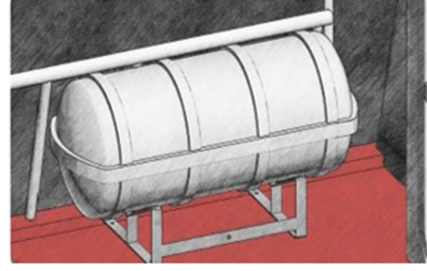
(b) Tasarlanan Tekne



Şekil 9. Müdahale Süresini Azaltmaya Yönelik İyileştirmeler



(a) Mevcut Tekne



(b) Tasarlanan Tekne

Şekil 10. Can Salı Yerleşimi

- 11) Mürettebat motivasyon kaybı riski (M20)'nin azaltılmasında, personel ile yapılan değerlendirmeler neticesinde tekne bünyesine mutfak yerleştirilmesine karar verilmiş ve personelin konforu iyileştirilmeye çalışılmıştır (Şekil 12).
- 12) Mevcut teknede kurtarma operasyonu verimsizliği riski (M21), tekneden geniş alanda kontrol imkanını sağlayacak bir drone eklenmesiyle azaltılmaya çalışılmış ve bu sayede kurtarma operasyonları için tekne daha verimli

- hale getirilmiştir (Şekil 13).
- 13) Denizden veya farklı deniz taşıtlarından hastanın emniyetli şekilde alınamaması riski (M22), jiroskoplu stabilizatör eklenmesiyle çözülmüştür.
- 14) Hastanın emniyetli bir şekilde tekneye alınma riski M23 ve M24 ile verilmiştir. Mevcut teknede, kullanılan vinç kilolu hastalar için uygun ve kullanışlı bir konumda olmayıp, teknede hasta nakli için yeterli alan bulunmamaktadır. Kurtarma operasyonlarında kullanılmak üzere kaldırma kapasitesi 150



(a) Mevcut Tekne



(b) Tasarlanan Tekne

Şekil 11. Usturmaça Yerleşimi



Şekil 12. Mini Mutfak Tasarımı

kilogram olan bir vinç yerleştirilmesi, kış güvertenin 4 m x 2.5 m olarak tasarlanması ve bu alana ek 4 m x 0.5 m boyutlarında sabit bir platform yerleştirilmesi ile riskler azaltılmaya çalışılmıştır (Şekil 14).

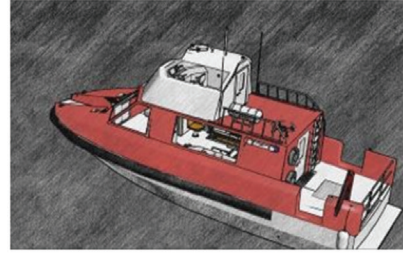
- 15)Mevcut teknede ses yalıtımlı kapılar bulunmamaktadır. Sağlık personeli ve hasta arasında etkili iletişim kurulamaması riski (M25)'in azaltılması için tekne baş ve kış tarafında ses yalıtımlı yeni kapı tasarımı yapılmıştır (Şekil 15).



Şekil 13. Drone Yerleşimi



(a) Mevcut Tekne

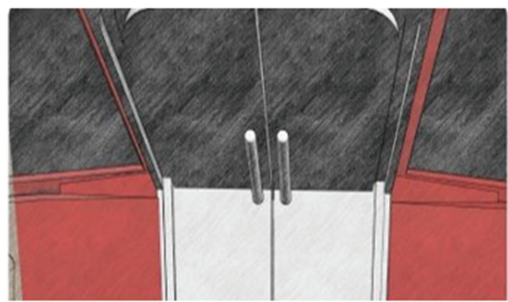


(b) Tasarlanan Tekne

Şekil 14. Vinç Yerleşimi



(a) Mevcut Tekne



(b) Tasarlanan Tekne

Şekil 15. Pantografik Kapılar

5. Sonuç ve Öneriler

Risk Tabanlı Tasarım ve Amaç Tabanlı Düzenlemeler, denizlerde gerçekleşen çevresel kirlilikleri, can ve mal kayıplarını azaltma hususunda çok büyük önem arz etmektedirler. FMEA yöntemi ise, bir sistemde ya da tasarımda oluşabilecek hataları proaktif bir şekilde tespit ederek sistem emniyetine büyük katkı sağlayan bir yöntemdir. Çalışmada, mevcut bir deniz ambulans teknesi için risk analizi ve emniyet değerlendirmesi yapılmıştır. Bu kapsamda, FMEA tekniği kullanılmış, sistem üzerinde etkili olabilecek hata türleri tespit edilmiş, tüm hata türlerinin RPN değerleri hesaplanmış, potansiyel risklerin RPN değerlerini azaltacak önlemler alınmış ve risk tabanlı tasarlanan ambulans gemisi için RPN değerleri yeniden hesaplanmıştır. Çalışmada, daha güvenilir bir ambulans teknesi tasarımı gerçekleştirmiş ve bu sayede hasta ve personel emniyetinin iyileştirilmesine katkıda bulunulmuştur.

Türkiye’de Risk Tabanlı Gemi Tasarımın ve Amaç Tabanlı Düzenlemelerin akademik çevreye ve gemi endüstrisine kazandırılması ve etkin bir şekilde kullanılması, minimum risk maksimum fayda eksenini optimum seviyede tutan tasarımların gerçekleştirilmesine büyük bir katkı sağlayacaktır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, RPN hesaplamasında bulanık mantığı ve/veya farklı ağırlıklandırma prensiplerini ya da dayanıklılık mühendisliği prensiplerini (Principles of Resilience Engineering) içerisine katan yaklaşımlar kullanılarak sistem emniyetini yükselten tasarımlar elde edilmeye çalışılacaktır.

6. Kaynakça

- [1] Soares, C.G., Jasionowski, A., Jensen, J., Mc George, D., Papanikolaou, A., Poylio, E., Sames, P., Skjong, R., Skovbakke-Juhl, J., Vassalos, D., 2009. Papanikolaou, A. (Ed.), Risk-based Ship Design – Methods, Tools and Applications. Springer, ISBN: 978-3-540-89041-6.
- [2] Papanikolaou, A., Hamann R., Suk Lee, B., Mains, C., Olufsen, O., Vassalos, D. Ve Mains, C., 2013. GOALDS-Goal Based Ship Stability and Safety Standards. Accident Analysis and Prevention, 60, 353-365.
- [3] Vassalos, D., Kim, H.S., Christiansen G, Majumder, J., 2002. A Mesoscopic Model for Passenger Evacuation Simulation in a Virtual Ship-Sea Environment and Performance-Based Evaluation. Pedestrian and Evacuation Dynamics, Springer-Verlag, Berlin; Heidelberg; New York, 369–391.
- [4] Bainbridge, J. Christensen, H., Hensel, W., Sames P. C., Skjong R., Sobrino, M. Perez, Strang, T, Vassalos, D., 2004. Design, Operation and Regulation for Safety – SAFEDOR. Proceedings of PRADS 2004 Conference, Germany.
- [5] Otto, S., Pedersen, P.T., Samuelides, M., Sames, P.C, 2001. Elements of Risk Analysis for Collision and Grounding of a RoRo Passenger Ferry. Proceedings of the 2nd International Conference on Collision and Grounding of Ships, Copenhagen, Denmark.
- [6] Vanem, E., Skjong, R., 2004. Collision and Grounding of Passenger Ships – Risk Assessment and Emergency Evacuations. Proceedings of the 3rd International Conference on Collision and Grounding of Ships, Izu, Japan.
- [7] Chan, H. S., Incecik, A., 2000. Structural Integrity of a Damaged Ro-Ro Ship. Proceedings of the International Conference on Marine Design and Operations for Environmental Sustainability, Newcastle Upon Tyne, UK.
- [8] Vanem, E., Puisa, R., Skjong, R., 2009. Standardized Risk Models for Formal Safety Assessment of Maritime Transportation. Proceedings of the ASME 2009 28th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering OMAE2009, Hawaii, USA.
- [9] Papanikolaou, A., Zaraphonitis, G., Spanos, D., Boulougouris E, Eliopoulou, E, 2000. Investigation Roberts, S. E., Marlow, P. B., 2002. Casualties in dry bulk shipping (1963–1996). Marine Policy, 26, 437–450.
- [10] Dogliani, M., Vassalos, D., Strang, T., 2004. Evacuation Notation – A New Concept to Boost Passenger Evacuation Effectiveness in the Cruise Industry. Proceedings of the 3rd International Euro-Conference on Computer Applications and Information Technology in the Marine Industries, Parador Siguenza, Spain.

- [11] Papanikolaou, A., Eliopoulou, E., Mikelis, N., 2006. Impact of Hull Design on Tanker Pollution. Proceedings of the 9th International Marine Design Conference IMDC, Ann Arbor, Michigan, USA.
- [12] Breinholt, C., Hensel, W, Pavaut, C., Sames. P. C., Skjong, R., Strang, T., Vassalos, D., 2007. First Achievements of SAFEDOR. Proceedings of the International Design for Safety Conference Berkeley, California, USA.
- [13] Yoshida, K., 2007. 1st Workshop on Risk-Based Approaches in the Maritime Industry. National Maritime Research Institute, Tokyo, Japan.
- [14] Kaneko, F., 2007. Risk Modelling, First Workshop on Risk-Based Approaches in the Maritime Industry. National Maritime Research Institute, Tokyo, Japan, <http://www.nmri.go.jp/indexe.html>.
- [15] Menten, A., Ozen, E., 2015. A hybrid risk analysis method for a yacht fuel system safety. *Safety science*, 79, 94-104.
- [16] Wall, M., Pugh, H.R., Reay, A., Krol, J., 2002. Failure modes, reliability and integrity of floating storage unit (FPSO, FSU) turret and swivel systems. Sudbury: HSE Books, Great Britain.
- [17] Pillay A. and Wang J., 2003. Technology and Safety of Marine Systems. Elsevier Ocean Engineering Book Series, 7.
- [18] Wang, J. and Trbojevic, V., 2007. Design and safety of marine and offshore systems. London: IMarEST.
- [19] Vinnem, J.E., 2007. Offshore Risk Assessment, Principles, Modelling and Applications of QRA Studies. Springer-Verlag London.
- [20] Helvacioğlu, S. and Ozen, E., 2014. Fuzzy based failure modes and effect analysis for yacht system design. *Ocean Engineering*, 79, 131-141.
- [21] Kang, J., Sun, L., Sun, H., Wu, C., 2017. Risk assessment of floating offshore wind turbine based on correlation-FMEA. *Ocean Engineering*, 129, 382-388.
- [22] Yang, Z., Wang, J., 2015. Use of fuzzy risk assessment in FMEA of offshore engineering systems. *Ocean Engineering*, 95, 195-204.