



JEMS

JOURNAL OF ETA MARITIME SCIENCE



Olgun B. (2015) M/V Ocean Future, Cargo Loading, Pusan, South Korea



ISSN:2147-2955

Volume : 5
Issue : 1
Year : 2017

JOURNAL INFO

Publisher	: Feramuz AŞKIN <i>The Chamber of Marine Engineers Chairman of the Board</i>
Engagement Manager	: Alper KILIÇ
Typesetting	: Remzi FIŞKIN Emin Deniz ÖZKAN Burak KUNDAKÇI
Layout	: Remzi FIŞKIN
Cover Design	: Selçuk NAS Remzi FIŞKIN
Cover Photo	: Selçuk NAS
Publication Place and Date	:

The Chamber of Marine Engineers

Address	: <i>Caferağa Mah. Damga Sk. İffet Gülhan İş Merkezi No: 9/7 Kadıköy/İstanbul - Türkiye</i>
Tel	: +90 216 348 81 44
Fax	: +90 216 348 81 06

Online Publication : www.jemsjournal.org / 31.03.2017

ISSN : 2147-2955
e-ISSN : 2148-9386

Type of Publication: JEMS is a peer-reviewed journal and is published quarterly (March/June/September/December) period.

Responsibility in terms of language and content of articles published in the journal belongs to the authors.

JEMS JOURNAL

EDITORIAL BOARD

EXECUTIVE BOARD:

Editor in Chief

Prof. Dr. Selçuk NAS

Dokuz Eylül University, Maritime Faculty

Layout Editors

Res. Asst. Remzi FİŞKİN

Dokuz Eylül University, Maritime Faculty

Res. Asst. Emin Deniz ÖZKAN

Dokuz Eylül University, Maritime Faculty

Res. Asst. Burak KUNDAKÇI

Dokuz Eylül University, Maritime Faculty

Foreign Language Editors

Ceyhan Can YILDIZ

Dr. Berna GÜRYAY

Dokuz Eylül University, Buca Faculty of Education

Dr. Özlem KÖPRÜLÜ

Dokuz Eylül University, School of Foreign Languages

BOARD OF SECTION EDITORS:

Maritime Transportation Eng. Section Editors

Assoc. Prof. Dr. Serdar KUM

İstanbul Technical University, Maritime Faculty

Assoc. Prof. Dr. Özkan UĞURLU

Karadeniz Tech. Uni, Sürmene Fac. of Mar. Sciences

Res. Asst. Remzi FİŞKİN

Dokuz Eylül University, Maritime Faculty

Naval Architecture Section Editor

Dr. Rafet Emek KURT

University of Strathclyde, Ocean and Marine Engineer

Marine Engineering Section Editors

Asst. Prof. Dr. Alper KILIÇ

Bandırma Onyedi Eylül University, Maritime Faculty

Asst. Prof. Dr. Görkem KÖKKÜLÜNK

Yıldız Technical Un., Fac. of Nav. Arch. and Maritime

Maritime Business Admin. Section Editor

Asst. Prof. Dr. Çimen KARATAŞ ÇETİN

Dokuz Eylül University, Maritime Faculty

Coastal and Port Engineering Section Editor

Assoc. Prof. Dr. Kubilay CİHAN

Kırıkkale University, Engineering Faculty

EDITORIAL BOARD

MEMBERS OF EDITORIAL BOARD:

Prof. Dr. Selçuk NAS

Dokuz Eylül University, Maritime Faculty, TURKEY

Prof. Dr. Ender ASYALI

Dokuz Eylül University, Maritime Faculty, TURKEY

Prof. Dr. Masao FURUSHO

Kobe University, Faculty, Graduate School of Maritime Sciences, JAPAN

Prof. Dr. Nikitas NIKITAKOS

University of the Aegean, Dept. of Shipping Trade and Transport, GREECE

Assoc. Prof. Dr. Ghiorghe BATRINCA

Constanta Maritime University, ROMANIA

Assoc. Prof. Dr. Cengiz DENİZ

Istanbul Technical University, Maritime Faculty, TURKEY

Assoc. Prof. Dr. Ersan BAŞAR

Karadeniz Technical University, Sürmene Faculty of Marine Sciences, TURKEY

Assoc. Prof. Dr. Feiza MEMET

Constanta Maritime University, ROMANIA

Dr. Angelica M. BAYLON

Maritime Academy of Asia and the Pacific, PHILIPPINES

Dr. Iraklis LAZAKIS

University of Strathclyde, Naval Arch. Ocean and Marine Engineering, UNITED KINGDOM

Marcel·la Castells i SANABRA

Polytechnic University of Catalonia, Nautical Science and Engineering Department, SPAIN

Heikki KOIVISTO

Satakunta University of Applied Sciences, FINLAND

JEMS JOURNAL

MEMBERS OF ADVISORY BOARD:

Prof. Dr. A. Güldem CERİT

Dokuz Eylül University, Maritime Faculty, TURKEY

Prof. Dr. Mustafa ALTUNÇ

Girne University, Maritime Faculty, TRNC

Prof. Dr. Oğuz Salim SÖĞÜT

İstanbul Technical University, Maritime Faculty, TURKEY

Prof. Dr. Mehmet BİLGİN

İstanbul University, Faculty of Engineering, TURKEY

Prof. Dr. Muhammet BORAN

Karadeniz Technical University, Sürmene Faculty of Marine Sciences, TURKEY

Prof. Dr. Bahar TOKUR

Ordu University, Fatsa Faculty of Marine Sciences, TURKEY

Prof. Dr. Oral ERDOĞAN (President)

Piri Reis University, TURKEY

Prof. Dr. Temel ŞAHİN

Recep Tayyip Erdoğan University, Turgut Kıran Maritime School, TURKEY

Prof. Dr. Bahri ŞAHİN (President)

Yıldız Technical University, TURKEY

Prof. Irakli SHARABIDZE (President)

Batumi State Maritime Academy, GEORGIA

JEMS JOURNAL

JEMS SUBMISSION POLICY:

1. Submission of an article implies that the manuscript described has not been published previously in any journals or as a conference paper with DOI number.
2. Submissions should be original research papers about any maritime applications.
3. It will not be published elsewhere including electronic in the same form, in English, in Turkish or in any other language, without the written consent of the copyright-holder.
4. Articles must be written in proper English language or Turkish language.
5. It is important that the submission file to be saved in the native format of the template of word processor used.
6. References of information must be provided.
7. Note that source files of figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text.
8. To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.
9. JEMS operates the article evaluation process with "double blind" peer review policy. This means that the reviewers of the paper will not get to know the identity of the author(s), and the author(s) will not get to know the identity of the reviewer.
10. According to reviewers' reports, editor(s) will decide whether the submissions are eligible for publication.
11. Authors are liable for obeying the JEMS Submission Policy.
12. JEMS is published quarterly period (March, June, September, December).
13. JEMS does not charge any article submission or processing charges.

JEMS JOURNAL

CONTENTS

(ED)	Editorial	1
	<i>Selçuk NAS</i>	
(AR)	Investigation of Cylinder Pressure Variation Using Stochastic Reactor Model in a Biodiesel Pilot Injection Diesel Engine Operated with Natural Gas.	5
	<i>Enes Fatih PEHLİVAN, İsmail ALTIN</i>	
(AR)	Simulation-Based Analysis of Ship Motions in Short-Crested Irregular Seas.	19
	<i>Kıvanç Ali ANIL, Devrim Bülent DANIŞMAN, Kadir SARIÖZ</i>	
(AR)	A Study on Perception of Seafarers on Private Maritime Security Companies: Perspective of Turkey.	39
	<i>Taha Talip TÜRKİSTANLI, Barış KULEYİN</i>	
(AR)	Ship Engine Room Casualty Analysis by Using Decision Tree Method.	59
	<i>Ömür Yaşar SAATÇIOĞLU, Burak GÖKSU, Onur YÜKSEL, Yiğit GÜLMEZ</i>	
(AR)	A Practical Tool for Evaluating Refrigeration Systems Using R-134a.	69
	<i>Mehmet Turgay PAMUK, Atilla SAVAŞ</i>	
(RE)	The Exclusive Economic Zone in the Eastern Mediterranean: Delimitation Agreements, Stakeholders and Strategies.	81
	<i>Nur Jale ECE</i>	
(AR)	The Evaluation of Mathematical Models for Tankers' Maneuvering Motions.	95
	<i>Erhan AKSU, Ercan KÖSE</i>	
	Guide for Authors	I
	JEMS Ethics Statement	V
	Reviewer List of Volume 5 Issue 1 (2017)	IX
	Indexing	X

JEMS JOURNAL

İÇİNDEKİLER

(ED)	Editörden	3
	<i>Selçuk NAS</i>	
(AR)	Biyodizel Pilot Püskürtmeli Doğalgaz Yakıtıyla Çalışan Bir Dizel Motorda Silindir Basıncı Değişiminin Stokastik Reaktör Model Kullanılarak İncelenmesi.	5
	<i>Enes Fatih PEHLİVAN, İsmail ALTIN</i>	
(AR)	Kısa Dalga Tepeli Karışık Denizlerdeki Gemi Hareketlerinin Simülasyona Dayalı Analizi.	19
	<i>Kıvanç Ali ANIL, Devrim Bülent DANIŞMAN, Kadir SARIÖZ</i>	
(AR)	Gemiadamlarının Özel Deniz Güvenlik Şirketi Algıları Üzerine Bir Çalışma: Türkiye Perspektifi.	39
	<i>Taha Talip TÜRKİSTANLI, Barış KULEYİN</i>	
(AR)	Karar Ağacı Metodu ile Gemi Makine Dairesi Kazalarının Analizi.	59
	<i>Ömür Yaşar SAATÇIOĞLU, Burak GÖKSU, Onur YÜKSEL, Yiğit GÜLMEZ</i>	
(AR)	R-134 Kullanan Soğutma Sistemleri için Pratik Hesaplama Aracı.	69
	<i>Mehmet Turgay PAMUK, Atilla SAVAŞ</i>	
(RE)	Doğu Akdeniz’de Münhasır Ekonomik Bölge: Sınırlandırma Anlaşmaları, Paydaşlar ve Stratejiler.	81
	<i>Nur Jale ECE</i>	
(AR)	Tankerlerin Manevra Hareketleri için Matematiksel Modellerin Değerlendirilmesi.	95
	<i>Erhan AKSU, Ercan KÖSE</i>	
	Yazarlara Açıklama	III
	JEMS Etik Beyanı	VII
	Cilt 5 Sayı 1 (2017) Hakem Listesi	IX
	Dizinleme Bilgisi	X



Changes in Maritime Transportation

E-commerce and B2B applications, which have been developing rapidly around the world, have caused changes in purchasing behaviors of customers. These customers are experiencing an era in which they are directly reaching remote sellers and buying the goods they demand by removing intermediary companies from the market. In this era, e-commerce platforms those bring customers and sellers together and consolidate their demand for transportation have become such a big power that they have started to take over national and international freight transport. Foremost among those e-commerce platforms are Alibaba, Fedex and Amazon. The largest transportation fleets are competing intensely in order to take a share of the transportation of e-commerce platform companies. The agreement between Alibaba and CMA CGM may be shown as the best example for this. This change, changing of the captain in the logistic chain in other words, is the shift of center of the power in the international transport towards e-commerce platforms. The competitive advantage of these platforms is to be able to begin managing all transportation systems effectively by digitizing the trade. In short, success of digitized platforms is to transform digitalization into commoditization by creating change in trade.

This rapid transformation is expected to lead major changes by influencing the maritime transportation which is conducted in traditional methods. First of these changes is to increase efficiency by accelerating the maritime transport which is relatively slow against the speed of e-commerce. Second one are the efforts to unman the transport operations, carried out under shadow of human errors, as much as possible. Presently, change has entered into the process of abandoning the traditional maritime that is currently being preserved and leaving its place to digital platforms and systems.

The first target of the change process is identified as "ports and ship operations", which are the weakest links of the maritime transport chain. The change in these operations is the transformation of traditional methods to digitized systems in order to ensure efficiency and effectiveness. As a method, it is proposed to establish platforms to perform the functions of the land decision support and operation centers as in the air transportation. E-navigation concept has already been offered as an application of digitized platform for maritime transportation. The most important and crucial issue for completing the transformation of marine transportation is national and international regulations. The first question that comes to mind is "When will this change happen?" Answer to this question is the time when change supporters want to win the controversy between those who need to change and those who are resistant to change.

The change in ship operations is the transformation of conventional ship operations into a system in which digital platforms consisting of deck, engine and bridge devices that can work and communicate in harmony among themselves which can be accessed and communicated

remotely. The change process has already begun and it is now a matter of time that ship operations are becoming easily monitored from land. The first stage is the establishment of platforms that will be installed on the coast and reach and communicate with shipboard devices. This stage is called "Coast Decision Support Center". Decision and responsibility still lies with the ship captain. The role of ship master has changed. Ship master, in operations carried out by smart devices, has undergone a change of mission in which he can follow the data provided him and he can intervene when appropriate. The completion date of the first stage is predicted to be 2025.

Digitization will be completed (e-navigation) at the second stage. When national and international regulations related to the change begin to be implemented, the name of the platform on the coast will change to "Coast Operation Center". The development of unmanned ships has been completed and a change of mission has occurred in which ship operations are managed by programmed decisions and in which artificial intelligence is monitored by data sent to the coast. The completion date of the second stage is predicted to be 2035.

As a result, taking positions for adapting to and facing up to the change and being aware that the change will always win have become the priority subjects of survival at this stage.

Editor
Prof. Dr. Selçuk NAS



Deniz Ulaştırmasında Değişimler

Dünyada büyük bir hızla gelişen e-ticaret ve B2B uygulamaları müşterilerin satın alma davranışlarında değişiklikler yaratmıştır. Müşteriler aracı şirketleri ortadan kaldırarak doğrudan uzak satıcılara ulaşmış, talep ettiği malları doğrudan satın aldığı bir çağ yaşanmaktadır. Bu çağda müşteri ile satıcıyı buluşturan ve taşıma taleplerini konsolide eden e-ticaret platformları öyle bir büyük güç haline gelmiştir ki, ulusal ve uluslararası yük taşımacılığını da ele geçirmeye başlamıştır. Bu platformların başında, Alibaba, Fedex ve Amazon gelmektedir. En büyük taşıma filoları ise e-ticaret platformlarının taşıma kapasitelerinden pay kapabilmek amacıyla yoğun bir rekabet içine girmiştir. Buna en iyi örnek Alibaba ile CMA CGM arasındaki anlaşma gösterilebilir. Buradaki değişim, lojistik zincirindeki “kaptanın” değişmesi, uluslararası taşımalarda güç merkezinin e-ticaret platformlarına doğru kaymasıdır. Bu platformların rekabetçi üstünlüğü, ticareti sayısallaştırarak tüm taşıma sistemlerini efektif ve etkin bir şekilde yönetmeye başlamasıdır. Kısacası, sayısal platformların ticarete değişim yaratarak dijitalleşmeyi metalaştırmayadönüştürmeyi başarmalarıdır.

Bu hızlı dönüşümün geleneksel usullerde yapılmakta olan deniz taşımasını etkilemesi ve büyük değişimlere yol açması beklenmektedir. Bu değişimlerin başında, e-ticaretin hızı karşısında çok yavaş kalan deniz taşımasının hızlandırılarak verimliliğinin artırılması gelmektedir. İkinci olarak ise insan hatalarının gölgesinde yapılan bir taşıma operasyonunun mümkün olduğunca insansızlaştırma çabaları gelmektedir. Değişim, şu anda korunmaya çalışılan geleneksel denizcilik dönüşüme uğratarak ortadan kaldırmaya, yerini ise sayısal platformlara ve sistemlere bırakma sürecine girmiştir.

Değişim sürecinin ilk hedefi; deniz taşıma zincirinin en zayıf halkaları olan liman ve gemi operasyonları olarak belirlenmiştir. Bu operasyonlardaki değişim, verimliliğin ve etkinliğin sağlanması amacıyla geleneksel usullerin sayısallaştırılmış sistemlere dönüşmesidir. Yöntem olarak ise hava taşımacılığında olduğu gibi, yer karar destek ve operasyon merkezlerinin görevlerini yapacak platformların kurulması önerilmektedir. E-navigasyon kavramı, deniz taşıması için sayısallaştırılmış bir platform uygulaması olarak sunulmuştur. Deniz taşımasındaki değişimin tamamlanması için en önemli ve kritik konu, ulusal ve uluslararası düzenlemelerdir. Akla gelen ilk soru, “bu değişim ne zaman olacak?” sorusudur. Bunun cevabı, değişim ihtiyacı olanlar ile değişime direnenler arasındaki çekişmeyi, değişim yanlılarının ne zaman kazanmayı isteyecekleridir.

Gemi operasyonlarında yaşanacak değişim; geleneksel gemi operasyonlarının, kendi arasında uyumlu çalışabilen, konuşabilen güverte, makine ve köprüüstü aygıtlarının oluşturduğu sayısal platformların, uzaktan erişilebildiği, uzaktan konuşulabildiği bir sisteme dönüşmesidir. Değişim süreci hali hazırda başlamış olup, gemi operasyonlarının karadan da rahatlıkla izlenebilen bir hale dönüşmesi artık an meselesidir. İlk aşamada; sahilde kurulacak olan ve gemiye ulaşarak gemi aygıtları ile konuşabilecek platformların

kurulma aşamasıdır. Bu aşamaya “Sahil Karar Destek Merkezi” adı verilmektedir. Karar ve sorumluluk hala gemi kaptanıdır. Gemi kaptanının rolü değişmiştir. Gemi kaptanı, akıllı aygıtların yürüttüğü operasyonlarda, kendisine sunulan verileri takip ettiği ve yeri gediğinde de müdahale edebildiği bir görev değişimi geçirmiştir. İlk aşamanın tamamlanma tarihi için 2025 yılı öngörülmektedir.

İkinci aşamada sayısallaştırma tamamlanacaktır (e-navigation). Değişim ile ilgili ulusal ve uluslararası düzenlemeler uygulanmaya başlandığında sahildeki platformun adı “Sahil Operasyon Merkezi” olarak değişecektir. Artık gemilerde insansızlaştırma tamamlanmış, gemideki operasyonları programlanabilir kararlar ile yöneten, yapay zekâların sahile gönderdiği veriler ile takip edildiği bir görev değişimi gerçekleşmiştir. İkinci aşamanın tamamlanma tarihi için 2035 yılı öngörülmektedir.

Sonuç olarak bu aşamada, değişime uyum sağlamak için pozisyon almak ve değişim ile yüzleşmek, değişimin her zaman kazanacağını bilmek, hayatta kalmanın öncelikli konuları haline gelmiştir.

Editör
Prof. Dr. Selçuk NAS



Biyodizel Pilot Püskürtmeli Doğalgaz Yakıtıyla Çalışan Bir Dizel Motorda Silindir Basıncı Değişiminin Stokastik Reaktör Model Kullanılarak İncelenmesi

Enes Fatih PEHLİVAN¹, İsmail ALTIN²

¹Ordu Üniversitesi, Fatsa Deniz Bilimleri Fakültesi, Türkiye, enesfatih91@gmail.com

²Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi, Türkiye, ismail.altin@gmail.com

Öz

Denizcilik sektöründe enerjinin ekonomik ve ekolojik özelliklerini dikkate alan gemi makinelerinin üretilmesi için yapılan çalışmalardan birisi de çift yakıtlı motorlardır. Çift yakıtlı motorlarda, yanma odasındaki gaz yakıt-hava karışımı pilot yakıtla tutuşturulur. Bu motorlar çoğunlukla dizel motorların dönüştürülmesiyle üretilirler. Yanma karakteristikleri; genellikle basınç, ısı salınım oranı ve tutuşma gecikmesini kapsamaktadır. Bu karakteristikler, deneysel ölçümlerle ve teorik yaklaşımlarla elde edilmektedir. Kullanılan teorik yaklaşımlardan birisi de 0-boyutlu Stokastik Reaktör Model yaklaşımıdır. Bu yaklaşım, olasılık yoğunluk fonksiyonuyla sıkıştırma, yanma ve genişleme işlemlerini analiz eder. Bu yaklaşıma dayalı bir motor simülasyon yazılımı geliştirilmiştir ve yakıtların detaylı ve indirgenmiş kimyasal kinetik mekanizmalarıyla çalışmaktadır. Bu çalışmada, biyodizel pilot yakıtı ve doğalgaz gaz yakıtıyla çalışan çift yakıtlı motor en uygun iki pilot püskürtme parametresi ve farklı stokastik parçacık sayılarında simüle edilmiştir. Modelin geçerliliğini göstermek için bu motor üzerinde yapılan çalışmadan yararlanılmıştır. En uygun pilot püskürtme parametrelerinde simülasyon ve deneysel basınç değerlerinin belirli hata oranlarında uyumlu olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gemi Makineleri, Biyodizel Pilot Püskürtmeli Doğalgaz Yakıtıyla Çalışan Dizel Motorlar, Stokastik Reaktör Model, Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu.

Investigation of Cylinder Pressure Variation Using Stochastic Reactor Model in a Biodiesel Pilot Injection Diesel Engine Operated with Natural Gas

Abstract

In maritime sector one of the studies made in order to produce ship engines which consider economic and ecologic properties of energy is dual fuel engines. In dual fuel engines, gas fuel-air mixture is ignited with pilot fuel in the combustion chamber. These engines are mostly produced by transforming diesel engines. Combustion characteristics typically include cylinder pressure, heat release rate and ignition delay. These characteristics are acquired through experimental measurements and theoretical approaches. One of the theoretical approaches used is zero dimensional Stochastic Reactor Model. This approach analyzes compression, combustion and expansion processes using probability density function. An engine simulation software based on this approach has been developed and operates by using detailed and reduced chemical kinetic mechanisms of fuels. In this study, the dual fuel engine operated with biodiesel as a pilot fuel and natural gas as a gas fuel was simulated in two optimum pilot injection parameters and different stochastic particle numbers. It has drawn on the study performed on this engine to show the validity of the model. In the most proper pilot injection parameters, it was observed that simulation and experimental pressure values are compatible with each other in specific error rates.

Keywords: Marine Engines, Stochastic Reactor Model, Biodiesel Pilot Injection Diesel Engine operated with Natural Gas, Probability Density Function.

1. Giriş

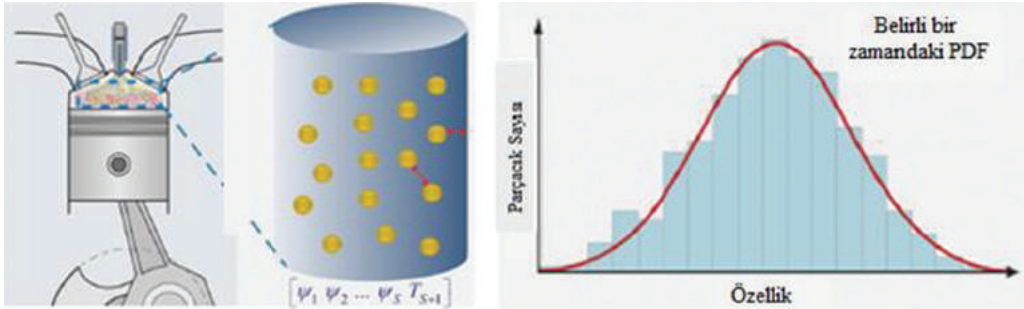
Günümüzde birçok alanda olduğu gibi denizcilik sektöründe de enerjinin kullanımı konusunda ekonomik ve ekolojik bakış açısı ile değerlendirmelerin yapılması ve buna uygun adımların atılması gerektiği konusunda güçlü bir fikir birliği oluşmuştur. Enerjinin ekonomik olması enerji üretiminin maliyeti ile ilgili iken, enerjinin ekolojik olması çevre üzerinde bıraktığı olumsuz izlerin en düşük düzeyde tutulmaya çalışılması şeklinde ifade edilmektedir [1]. Denizcilik sektöründe ekonomik ve ekolojik özellikleri içerisinde barındıran enerji kaynaklarının uygun şekilde adaptasyonu için gemi makineleri üzerinde çeşitli araştırmalar yapılmaktadır. Bu bağlamda, çift yakıtlı motor sistemleri önemli seçeneklerden biri olarak ön plana çıkmaktadır [2, 3]. Çift yakıtlı motor sistemleri; iki farklı yakıtın (gaz yakıt + sıvı yakıt) yanma odası içerisinde birlikte yakılması prensibine dayanmaktadır. Yakıt karışımı çeşitli pilot sıvı yakıtlar (dizel, biyodizel vb.) kullanılarak tutuşturulmaktadır. Çift yakıtlı motorlar; ilk etapta dizel motorlarına ilave donanımlar (ateşleme sistemi) eklenmesi veya mevcut donanımların (yakıt püskürtme sisteminin) çalışma ayarlarının değiştirilmesi ile gerçekleşen bir dönüştürme işlemi sonucunda elde edilmektedir. Mevcut durumda önemli gemi makine üreticileri hem gaz yakıt hem de dizel yakıtı ile çalışma özelliğine sahip makinelerini yeni gemi inşa uygulamalarında kullanıma sunmaktadırlar. Genel olarak bakıldığında ilk aşamada dönüştürme yolu ile hayata geçirilen çift yakıtlı motorların daha ekonomik bir seçenek olduğu söylenebilir. Bu tip motorlarda çeşitli gazlar (biyogaz, hava gazı, hidrojen vb.) gaz yakıt olarak kullanılmış olmasına rağmen, doğalgazın yüksek kendiliğinden tutuşma sıcaklığına (yüksek vuruntu dayanımına) sahip olması ve tedarikinin daha kolay olmasından dolayı tercih edilmektedir. Diğer taraftan,

doğalgazın karbon-hidrojen (C/H) oranı diğer hidrokarbon yakıtlara göre oldukça düşük bir değere sahip olması, karbondioksit emisyonu salımı miktarının düşük seviyelerde gerçekleşmesini sağlamaktadır. Doğalgazın düşük C/H oranı, güncel egzoz emisyon kısıtlamalarını karşılama potansiyeline sahip olduğunu açıkça göstermektedir [4]. Çift yakıtlı motorlarda pilot yakıt olarak saf dizel [5, 7], dizel-etanol karışımları [8, 9] ve dimetil eter (DME)[10, 11] kullanımı ile ilgili literatürde çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Yukarıda sıralanan pilot yakıt seçeneklerinden özellikle dizel yakıtı fosil kaynaklara dayalıdır ve zamanla tükenme tehlikesi ile karşı karşıyadır. Bu olumsuz durum, pilot yakıt olarak alternatif yakıtların kullanımı ile ilgili çalışmaları teşvik etmiştir. Biyodizel, yakıt özellikleri ile dizel yakıtına çok benzer özelliklere sahiptir ve çift yakıtlı motorlarda çok büyük değişikliklere gidilmeksizin kullanımında bir sakınca bulunmamaktadır [12]. Biyodizel, bitkisel ve hayvansal yağların esterleşme reaksiyonları sonucunda elde edilmektedir. Kimyasal yapısındaki oksijen ve dizel yakıtına göre daha yüksek setan sayısına sahip olması biyodizelin önemli üstünlükleri arasında sayılabilir. Bu avantajlarına karşın, biyodizelin özgül ağırlığı ve kinematik viskozitesi dizel yakıtına göre daha yüksek ve alt ısıl değeri ise daha düşüktür. Bunun sonucunda dizel motorlarında saf veya karışım yakıt şeklinde biyodizel kullanımı özgül yakıt tüketiminin artmasına neden olmaktadır. Biyodizelin pilot yakıt olarak kullanılması sırasında bu olumsuz durumlara pek rastlanmamaktadır. Çünkü yanma işlemi gaz yakıt ana yakıttır ve biyodizel pilot yakıtı sadece tutuşmayı sağlayacak minimum miktarda kullanılmaktadır. İçeriğindeki oksijen sayesinde; is, HC ve CO emisyonlarını azaltmakta, fakat NO_x emisyonlarını arttırmaktadır [13]. NO_x emisyonlarının artsa bile, sera etkisine

neden olan zararlı gazlar biyodizelin pilot yakıt olarak kullanılmasıyla azalacak ve bunun sonucunda çevre dostu motorların önemi artacaktır [13, 18]. Çift yakıtlı motor sistemleri dizel motora göre daha düşük performans karakteristiklerine sahiptir. Bunun nedeni silindir içerisindeki oksijen oranının azalması ve yanma işleminin güçleşmesidir. Çift yakıtlı motorlar vb. diğer motor tipleri ile ilgili araştırma faaliyetlerinde kullanılabilecek en güçlü araçların başında deneysel yöntemler gelmektedir. Ancak, ekonomiklik ve incelenebilecek parametrelerin sayısı açısından bazı kısıtlamaları içermektedir. Bu bağlamda sayısal akışkanlar dinamiği (CFD) esaslı yazılımlar büyük esneklik sağlamaktadır. CFD çalışmaları özellikle üç boyutlu (3D) çalışmalarda önemli hesap yükünü beraberinde getirmektedir. Bu noktada, hesap yükü daha az ve sağlıklı sonuçlar veren yazılım araçlarına gereksinim duyulmuştur. Bu kapsamda, 0-Boyutlu Stokastik Reaktör Model (SRM) yaklaşımına dayanan "SRM Engine Suite" yazılımı içten yanmalı motorlar ile ilgili araştırmalarda yaygın şekilde kullanılmaya başlanmıştır [19]. Stokastik kelimesinin kelime anlamı 'olasılıksal' olup, bu terim yanma işleminin olasılık dağılım fonksiyonundan rastsal bir örnek seçilen gözlemler dizisinin her birini kapsayan bir sürecin modellenmesini ifade etmektedir. Stokastik dalgalanmalar herhangi bir içten yanmalı motor

çalışmasında meydana gelebilir ve motorda meydana gelen bu dalgalanmalar kurulan modeller aracılığıyla açıklanabilmektedir. SRM Engine Suite yazılımı yanma odası içerisine rastgele bir biçimde dağılan parçacıkların olasılık yoğunluk fonksiyonu aracılığıyla sıkıştırma, yanma ve genişleme olaylarının analizini yapmaktadır. Şekil 1'de gösterildiği gibi rastgele dağılan bir stokastik parçacık sanal olarak bir yakıt-hava paketini temsil etmektedir. Stokastik parçacıkların oluşturduğu topluluk, kimyasal bileşenlerin yapısı ve sıcaklık gibi silindir içi özelliklerin dağılımlarını tahmin etmektedir. Sonrasında, motorda meydana gelen yakıt püskürtme, yanma kinetiği, türbülanslı karışma, piston hareketi ve taşınım ısı kaybı vb. süreçlerin çok boyutlu olasılıksal yoğunluk fonksiyonu üzerindeki etkisi model yardımıyla açıklanabilmekte ve çözümlenmektedir. Stokastik yaklaşım motor silindirindeki sıcaklık ve kimyasal yapının homojensizlik durumlarını incelemektedir [20, 21].

Biyodizel için kimyasal kinetik mekanizmaların gelişimi son yıllarda önem kazanmıştır. Her biyodizelin kendine özgü kimyasal kinetik mekanizması tam olarak geliştirilememiştir. Bu nedenle, belirli kabuller yapılarak bütün biyodizelleri kapsayan genelleştirilmiş, biyodizelin yerini tutan kimyasal kinetik mekanizmaları geliştirilmiş ve geliştirilmeye de devam edilmektedir. İlk olarak, biyodizel kimyasal kinetik mekanizması için metil bütanoat



Şekil 1. Stokastik Parçacıkların Gösterimi ve Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu [22].

(C₅H₁₀O₂) kullanımı önerilmiştir [23], ancak yapılan çalışmalarda metil bütanoat'ın tutuşma gecikmesi değerlerinin yüksek olduğu ve tam yanma bileşenlerinin yeterince oluşmadığı gözlemlenmiştir [24, 26]. Bu sorunun çözümü için, metil bütanoatın hacimce 1/3'ü ve n-heptanın (NC₇H₁₆) hacimce 2/3'ü oranında karışımı önerilmiştir [27]. Lawrance Livermore Ulusal Laboratuvarı (LLNL) biyodizelin yerini tutabilecek olan metil dekanat'ı (C₁₁H₂₂O₂) önermişlerdir. Bunun nedeni, metil dekanatın karbon zincirinin uzun olması ve bunun sonucunda tutuşma gecikme zamanlarının daha iyi tahmin edilmesi ve tam yanma ürünleri oluşumunun gözlemlenmesidir. Metil dekanat ile yapılmış çalışmalarda, çift bağların görünümü ve konumunun yakıtın kimyasal yapısı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu saptanmıştır [26, 27]. Genel olarak biyodizel çeşitli doymamış metil esterler (metil oleat, metil linoleat ve metil linolenat) içermektedir. Bu düşünceden yola çıkılarak, metil dekanat mekanizması metil-9-dekanoat'ı (C₁₁H₂₀O₂) kapsayacak şekilde genişletilmiş ve n-heptan bileşeni

ve mekanizmalarının eklenmesiyle metil dekanoat/metil-9-dekanoat/n-heptan detaylı kimyasal kinetik mekanizması elde edilmiştir. Bu mekanizma 3299 bileşen ve 12363 reaksiyon içermektedir. Mevcut çalışmalarda büyük molekülü bileşenleri içeren biyodizelin yerini tutan yakıtın kimyasal kinetik mekanizmasının gerçek biyodizel yakıtının tutuşma ve yanma karakteristiklerini iyi bir şekilde temsil edebildiği gözlemlenmiştir [28, 30]. Metil dekanoat, metil-9-dekanoat ve metil-5-dekanoat bileşenlerinin tutuşma gecikme zamanının deneysel olarak karşılaştırılması sonucunda metil-9-dekanoat ve metil dekanoat benzer reaksiyon özelliklerine sahip olmasından dolayı metil-9-dekanoat bileşeninin uygun olmadığı saptanmıştır [31].

1.1. Literatür Özeti

Literatürde biyodizelin pilot yakıt olarak kullanılmasıyla ilgili olarak sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu bölümde literatürde mevcut olan çalışmaların incelemesi Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Biyodizel Pilot Yakıtlı Çift Yakıtlı Motorlar için Literatür Özeti

Gaz yakıtın türü	Çalışma türü	Değişken	İncelenen parametre	Önemli bulgular	Referans
Hava gazı	Deneysel	Yakıt püskürtme parametreleri	Motor performansı ve egzoz emisyonu	Düşük efektif verim; is, NO _x ve CO ₂ emisyonlarında artma; CO ve HC emisyonlarında azalma	[32, 33]
Biyogaz	Deneysel	Motor yükü ve gaz yakıt akış debisi	Motor performansı ve egzoz emisyonu	Yüksek özgül yakıt tüketimi; yüksek CO ve NO _x emisyonları; düşük efektif verim	[34, 35, 36]
Hidrojen	Deneysel	Emilen hidrojen miktarı	Efektif verim, maksimum silindir basıncı ve ısı açığa çıkış oranı	Efektif verim, ve tutuşma gecikmesi değerlerinde artma; is, HC, CO ve NO _x emisyonlarında azalma; ve kısa yanma süresi	[37]
Hidrojen	Deneysel	Su emülsiyonlu biyodizel kullanımı	Efektif verim ve egzoz emisyonu	Özgül yakıt tüketiminde azalma; Hacimsel verimde azalma; NO _x ve CO ₂ emisyonlarında azalma; Su buharı emisyonunda artma; is, yanmamış HC ve CO emisyonlarının değişmemesi	[38]

./..

Tablo 1. Biyodizel Pilot Yakıtlı Çift Yakıtlı Motorlar için Literatür Özeti (Cont')

Gaz yakıtın türü	Çalışma türü	Değişken	İncelenen parametre	Önemli bulgular	Referans
LPG	Deneysel	Farklı motor yükleri	Motor performansı ve egzoz emisyonu	NO _x emisyonunda artış; CO ve HC emisyonlarında azalma	[39]
Doğal gaz	Deneysel	Farklı miktarda pilot yakıt ve motor yükleri	Motor performansı ve egzoz emisyonu	Dizele göre düşük motor performansı; HC, CO ve NO _x emisyonlarında azalma; çevrim farklılığında azalma	[40, 41]

Tablo 1'den de açıkça görüldüğü gibi, biyodizel pilot yakıtlı çift yakıtlı motorlar konusundaki çalışmalar daha çok yeni ve sınırlı sayıdadır. Tablo 1 incelendiğinde çalışmaların tamamının deneysel esaslı olduğu ve eldeki literatürde teorik temelli bir çalışmanın olmadığı tespit edilmiştir. Teorik çalışmalar için kullanılabilir çok çeşitli yazılım paketleri bulunmaktadır. Bunlardan, Bölüm 1'de gerekçeleri ile tanıtılan stokastik yaklaşım esaslı yazılım birçok çalışmada yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Stokastik Reaktör Model yazılımı genellikle HCCI (Homojen Dolgu Sıkıştırma Ateşlemeli) motorların modellenmesi, simülasyonu ve kurulan modellerin doğruluğunun gösterim işlemlerinde kullanılmaktadır. Bunun yanında, buji ateşlemeli (SI) [42, 43] ve sıkıştırma ateşlemeli (CI) [44] motorlarda kurulan modellerin doğruluğunu gösteren araştırmalar mevcuttur. Olasılık yoğunluk fonksiyonuna dayalı 0-Boyutlu Stokastik Reaktör Model yazılımıyla, 1-Boyutlu CFD [45] ve 3-Boyutlu CFD yazılımları [44] birleştirilerek egzoz emisyonu ve yanma karakteristikleri tahmin edilmiştir. Bu çalışmalarda, detaylı ve indirgenmiş mekanizmalar kullanılarak bu mekanizmaların yanma ve egzoz emisyonlarına etkileri incelenmiştir.

1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Literatür incelemesinden gaz yakıtlar (özellikle doğalgaz) ve biyodizel pilot yakıtı

kullanılan çift yakıtlı motorlar konusunda kapsamlı stokastik reaktör modeline dayalı teorik bir çalışmanın bulunmadığı belirlenmiştir. Bu çalışmada, stokastik reaktör model yaklaşımı ile biyodizel pilot yakıtlı doğal gaz motorunda silindir basıncı için teorik bir modelin kurulması amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında, "Kinetics & SRM Engine Suite" motor simülasyonu yazılımı kullanılmıştır [19]. Modelin sonuçları deneysel [13] veriler ile doğrulanmıştır. Deneysel verilerin elde edilmesinde kullanılan deney motorunun teknik özellikleri Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Deney Motorunun Teknik Özellikleri

Tanımlamalar	Teknik Özellik
Motor modeli	ND 130DI
Motor tipi	Tek silindirli direkt püskürtmeli (DI) motor
Çap × Strok (mm)	95 × 95
Strok hacmi (cm ³)	673
Sıkıştırma oranı	18
Emme supabının açılması	340° ÜÖNÖ (Üst Ölü Noktadan Önce)
Emme supabının kapanması	224° ÜÖNÖ (Üst Ölü Noktadan Önce)
Egzoz supabının açılması	224° ÜÖNS (Üst Ölü Noktadan Sonra)
Egzoz supabının kapanması	340° ÜÖNS (Üst Ölü Noktadan Sonra)
Yanma odası tipi	Açık yanma odalı
Maksimum güç değeri (Alman beygir gücü - dev/dak)	13 - 2400

/..

Tablo 2. Deneden Motorunun Teknik Özellikleri (Cont')

Tanımlamalar	Teknik Özellik
Maksimum döndürme momenti (N.m - dev/dak)	42 - 2000
Soğutma suyu sıcaklığı (°C)	70 ± 2

Kaynak: [13, 14]

2. Yöntem

2.1. Kimyasal Kinetik Model

"Kinetics & SRM Engine Suite" yazılımının çalışması için ilgili yakıtın kimyasal kinetik mekanizmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Kimyasal kinetik mekanizmalar ilk olarak detaylı kinetik mekanizmalar olarak geliştirilmiştir. Ancak, detaylı kimyasal kinetik mekanizmaların kullanılması çözüm süresinin artmasına neden olmaktadır. Bu problemi çözmek için yakıtların indirgenmiş kimyasal kinetik mekanizmaları bazı indirgeme yöntemleri kullanılarak elde edilmekte ve indirgenmiş kimyasal kinetik mekanizmalarıyla analiz yapılmaktadır. Bu çalışmada 'metil dekenoat/metil-9-dekenoat/n-heptan' indirgenmiş kimyasal kinetik mekanizması (ERC-MultiChem+Bio)[46] biyodizel ve doğalgaz yakıtlarını temsil etmek için seçilmiştir.

2.2. Stokastik Reaktör Model Yaklaşımı ve Çözüm Yöntemi

Stokastik Reaktör Model (SRM) gerçek akışkan parçacıkları ve silindir içerisindeki homojenlik kavramlarının yerine sanal stokastik parçacıklar ve istatistiksel homojenlik kavramlarının geçmesi düşüncesini temel alan uzaysal olarak sıfır boyutlu bir modeldir [47, 48]. Her bir sanal parçacık kütle, sıcaklık ve kimyasal bileşimi temsil etmektedir. Bunun yanında, bu parçacıklar silindir duvarlarına yakın olan diğer parçacıklarla karışabilme kabiliyetine de sahiptirler. Silindirin içindeki maddeler basınç ve hacim değişikliği, kimyasal reaksiyonlar, ısı transferi, türbülanslı

karışma ve yakıt püskürtme olaylarına bağlıdır. Bu olaylar konumdan bağımsızdır. İlgili bütün parametreler bu işlemlerden elde edilir. Bu parametreler genel ve yerel olarak alt bölümlere ayrılır ve Monte Carlo parçacık yöntemi kullanılarak SRM eşitliklerinin çözümlenmesiyle elde edilir [49]. Genel parametreler; toplam kütle, hacim, ortalama yoğunluk ve basınç değerlerini ifade ederler ve yanma odası içerisinde sabit değer alırlar. Bu parametrelerin yanma odası içerisinde uzaysalolaraksabitkaldığıvarsayılmaktadır. Yanma odası içerisinde değişen yerel parametreler; her bir bileşenin kütle oranlarını ve sıcaklıklarını ifade ederler. Yerel parametreler, silindir içerisindeki gaz karışımının içeriğini belirleyebilen ve yanma odası içerisinde değişebilen rassal değişkenler olarak varsayılmaktadırlar. Bu rassal değişkenler kütle yoğunluk fonksiyonu (MDF) yardımıyla açıklanabilir [19].

SRM olasılık yoğunluk fonksiyonunun (PDF) motor silindiri boyunca aynı olduğunu farzeden istatistiksel homojenliği esas almaktadır. Silindir boyunca silindir içerisindeki yoğunluğun değişmesinden dolayı, olasılık yoğunluk fonksiyonu yerine kütle yoğunluk fonksiyonu yazılımda işletilmektedir. Kütle yoğunluk fonksiyonu olasılık yoğunluk fonksiyonu ile yoğunluğun çarpılmasından elde edilir ve matematiksel ifadesi aşağıdaki gibidir [19]:

$$F(\psi; t) = \rho(\psi) f(\psi; t) \quad (1)$$

Bu eşitlikte ρ yoğunluğu, F kütle yoğunluk fonksiyonunu ve ψ kütle, sıcaklık, basınç gibi özellikleri temsil eden bir parametreyi ifade etmektedir. Kütle yoğunluk fonksiyonunun zamana göre değişimi aşağıdaki PDF eşitliği aracılığıyla tanımlanır [19]:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial}{\partial t} F(\psi; t) = & - \underbrace{\sum_{j=1}^{N_s+1} \frac{\partial}{\partial \psi_j} [G_j(\psi) F(\psi; t)]}_{\text{kimyasal reaksiyon}} + \underbrace{\sum_{j=1}^{N_s+1} \frac{\partial}{\partial \psi_j} [A(\psi) F(\psi; t)]}_{\text{türbülanslı karışma}} \\
& - \underbrace{\frac{1}{V} \frac{dV}{dt} F(\psi; t)}_{\text{piston hareketi}} - \underbrace{\frac{\partial}{\partial \psi_{N_s+1}} [U(\psi_{N_s+1}) F(\psi; t)]}_{\text{taşınımla ısı transferi}} + \underbrace{\frac{F_c(\psi; t)}{\tau_{crev}} - \frac{F(\psi; t)}{\tau_{cyl}}}_{\text{üst segman kenarı boşluk hacmi}} + \underbrace{\frac{F_f(\psi; t)}{\tau_f}}_{\text{yakıt enjeksiyonu}}
\end{aligned} \quad (2)$$

Bu eşitlikte N_s+1 rastsal skaler değişken sayısını, G_j kimyasal kinetik mekanizmaları tanımlayan çözüm fonksiyonu, $A(\psi)$ silindir içerisinde meydana gelen türbülans ile karışma işleminin belirten fonksiyonu, V strok hacmini, $U(\psi_{N_s+1})$ silindir dolgusuyla duvarlar arasındaki taşınımlı ısı transfer fonksiyonu, F_c ve F_f yakıt ve piston üstü ile silindir gömleği arasındaki dar boşluk içerisindeki gazın kütle yoğunluk fonksiyonu ve τ_{crev} , τ_{cyl} ve τ_f sırasıyla piston üstü ile silindir gömleği arasındaki dar boşluk içerisindeki gazın, silindir içerisindeki gazın ve yakıtın karakteristik kalma süreleridir. Kalma süresi, bir özel yapı (reaktör, motor, göl vb.) içerisinde bir akışkan parçacığının harcadığı zamanı veya ortalama zamanı ifade eder. Eşitlik (2)'de başlangıç şartları aşağıdaki gibi ifade edilmektedir [19]:

$$F(\psi; 0) = F_0(\psi) \quad (3)$$

Eşitlik (2)'nin sağ tarafındaki terimler silindir içinde meydana gelen fiziksel süreçleri ifade etmektedir. Bu eşitlik Monte Carlo stokastik parçacık yöntemi aracılığıyla çözümlenir [19, 49]. Grup ortalamalı olasılık yoğunluk fonksiyonu şu şekilde ifade edilir [19]:

$$f(\psi; t) \approx \frac{1}{N_{par}} \sum_{i=1}^{N_{par}} \delta(\psi - \psi^{(i)}(t)) \quad (4)$$

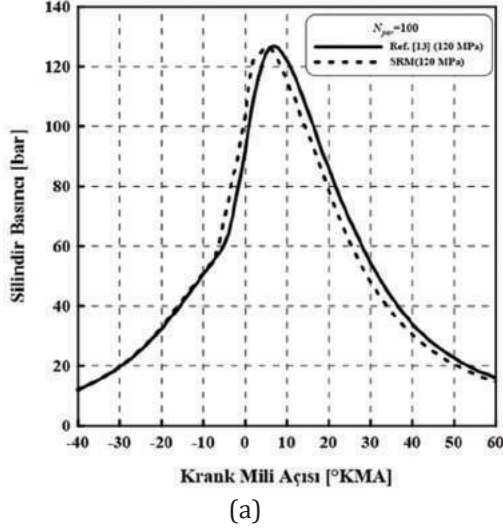
N_{par} stokastik parçacıkların bir grubu olasılık yoğunluk fonksiyonunun istatistiksel gösterimi ve δ (Dirac Delta), sürekli

olmayan dağılım fonksiyonuna (Heaviside fonksiyonu=Birim adım fonksiyonu) karşılık gelen olasılık yoğunluk fonksiyonudur. δ fonksiyonu birim adım fonksiyonunun türevidir [49]. Eşitlik (2)'yi çözmek için, her bir terimi ayrı olarak işleyen işlemci ayırma tekniği [47, 49, 50] uygulanır.

3. Bulgular ve Tartışma

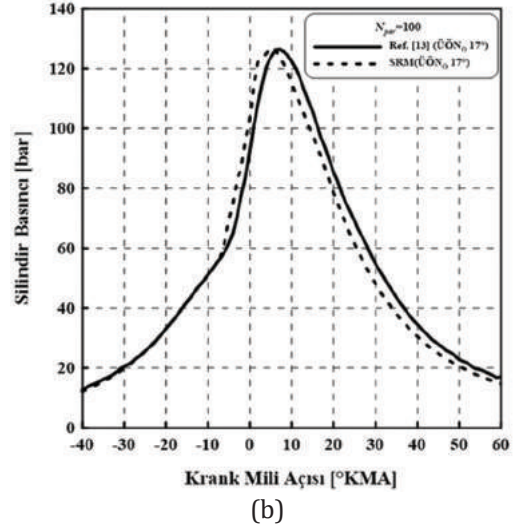
Bu çalışmada; silindir basınç değişimi, biyodizel pilot yakıtının en uygun püskürtme zamanlaması ve en uygun püskürtme basıncı için 'Kinetics & SRM Engine Suite' yazılımında en uygun stokastik parçacık sayısında ve farklı stokastik parçacık sayılarında modelleme ve simülasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmada sabit motor devir sayısında (1800 dev/dak) ve %75 yük değerinde basınç ve ısı salımı oranı değerlerinin krank açısına göre değişimi incelendiğinden dolayı [13] simülasyonlar da belirtilen bu koşullarda gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar 1800 dev/dak devir sayısında ve %75 yük değeri için Şekil 2-4'de sunulmuştur. En uygun biyodizel pilot yakıt püskürtme zamanlaması üst ölü noktadan önce ($\ddot{U}ÖN_0$) 17° KMA ve en uygun biyodizel pilot yakıt püskürtme basıncı (120 MPa) değerleri ortalama indike basınç (IMEP) yardımıyla belirlenmiştir. Modelin geçerliliğini göstermek için, en uygun iki durumun (120 MPa ve $\ddot{U}ÖN_0$ 17° KMA) silindir basıncının krank açısına göre değişim diyagramları Şekil 2'de gösterilmiştir. Şekil 2 (a)'da görüldüğü gibi, simülasyon basınç değerleri deneysel basınç değerlerine göre 120 MPa biyodizel pilot yakıt püskürtme

basıncı için yaklaşık %6.6 hata oranıyla doğrulanmıştır. Şekil 2 (b)'de görüldüğü gibi, $\dot{U}ÖN_0$ 17° KMA biyodizel pilot yakıt püskürtme zamanlaması için yaklaşık %7.3 hata oranıyla doğrulanmıştır [51].



faidalanılarak hesaplanmaktadır.

En uygun pilot yakıt püskürtme basıncı için elde edilen MAPE değerleri; 50 stokastik parçacık sayısında %6.96, 100 stokastik parçacık sayısında %6.65,

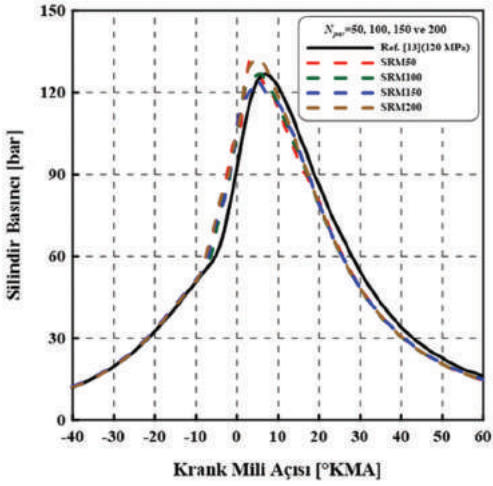


Şekil 2. (a) 120 MPa Pilot Yakıt Püskürtme Basıncı ve (b) 17° KMA Püskürtme Avansında Yapılan Pilot Yakıt Püskürtme için Silindir Basıncı Verileri ile Teorik Modelin Doğrulanması

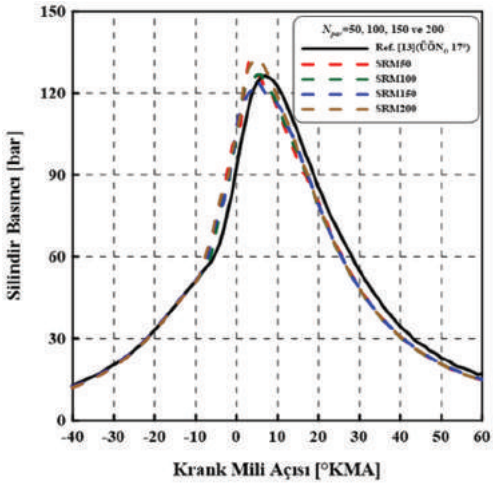
Şekil 3'te en uygun biyodizel pilot yakıt püskürtme basıncı (120 MPa) için farklı stokastik parçacık sayılarındaki silindir basıncının krank açısına göre değişimi gösterilmiştir. Şekil 3'te tüm parçacık sayılarında yaklaşık -10°KMA'dan 2°KMA'na kadar deneysel basınç verisinin üstünde değerler aldığı gözlemlenmiştir. Şekil 4'te en uygun biyodizel pilot yakıt püskürtme zamanlaması ($\dot{U}ÖN_0$ 17° KMA) için farklı stokastik parçacık sayılarındaki silindir basıncının krank açısına göre değişimi gösterilmiştir. Şekil 4'te bütün parçacık sayılarında yaklaşık -10°KMA'dan 6°KMA'na kadar deneysel basınç verisinin üstünde değerler aldığı gözlemlenmiştir. Her iki durum için deneysel ve simülasyon basınç eğrileri arasındaki yakınlık ilişkisi ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) ile ifade edilmiştir. MAPE değerlerini hesaplarken her bir krank açısındaki deneysel ve simülasyon basınç değerlerinden

150 stokastik parçacık sayısında %6.58 ve 200 stokastik parçacık sayısında %6.99 olarak elde edilmiştir. En uygun pilot yakıt püskürtme zamanlaması için elde edilen MAPE değerleri ise; 50 stokastik parçacık sayısında %7.64, 100 stokastik parçacık sayısında %7.31, 150 stokastik parçacık sayısında %7.29 ve 200 stokastik parçacık sayısında %7.74 olarak elde edilmiştir.

Bu iki en uygun durumda, MAPE değerlerine göre kıyaslama yapıldığında deneysel basınç verisine en yakın elde edilen stokastik parçacık 150 iken en uzak stokastik parçacık 200 olduğu görülmektedir. Ancak, bu yazılımda 100 stokastik parçacık sayısı varsayılan değer olarak belirlenmiştir. Bu parçacık sayısında simülasyon işlemi gerçekleştirilmiş sonraki adımlarda simülasyon girdi değerleri değiştirilmeksizin sadece stokastik parçacık sayıları değiştirilerek simülasyonlar yapılmıştır.



Şekil 3. En Uygun Pilot Yakıt Püskürtme Basıncı için Farklı Stokastik Parçacık Sayılarında Silindir Basıncının Krank Açısına Göre Değişimi



Şekil 4. En Uygun Pilot Yakıt Püskürtme Zamanlaması için Farklı Stokastik Parçacık Sayılarında Silindir Basıncının Krank Açısına Göre Değişimi

Simülasyon basınç değerlerinin sıkıştırma ve yanmanın başlangıç bölgelerinde deneysel basınç değerlerinden büyük olması ve genişleme bölgesinde deneysel basınç değerlerinden küçük olmasının nedenlerinden ilki dar boşluk akışını sağlayan hacmin (% cinsinden) yaklaşık olarak hesaplanması ve hesaplanan değerlerin simülasyonda

girdi değeri olarak girilmesidir. İkinci neden, sayısal çözümleme için gerekli olan başlangıç sınır şartı değerlerinin (başlangıç basıncı ve sıcaklığı) tam olarak bilinmemesi ve deneme yanılma yöntemiyle belirlenmesidir. Üçüncü neden, türbülans karışmayı modelleyebilmek için uygun karışma modelinin seçimi ve seçilen modele göre ilgili parametrelerin (girdap oranı, dönme oranı, vb.) varsayılan değer olarak kabul edilmesidir. Dördüncü neden, ısı transferinin modellenmesinde piston üstü-silindir kafası-silindir gömleği sıcaklık değerlerinin deneme yanılma yöntemi aracılığıyla yaklaşık olarak belirlenmesidir. Sonucu ve en önemli neden ise, alternatif yakıtlardan biri olan biyodizel için kimyasal kinetik mekanizmaların yeni geliştirilmeye başlanmış olması ve hesaplama süresini kısaltması açısından biyodizel için geliştirilmiş olan detaylı kimyasal kinetik mekanizmasının indirgenmiş sürümünün kullanılmış olmasıdır.

4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada, simülasyon işlemi sonucunda en uygun biyodizel pilot yakıt püskürtme basıncı (120 MPa) ve en uygun biyodizel pilot püskürtme zamanlaması (ÜÖN₀ 17° KMA) durumlarında farklı stokastik parçacıklar için simülasyon ve deneysel silindir basınç değerlerinin belirli hata oranlarında birbirleriyle uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Her iki durumda modelin geçerliliğini göstermek için, 100 stokastik parçacık sayısında gerçekleştirilen simülasyon işlemi sonucunda silindir basınç değerleriyle deneysel silindir basınç değerlerinin belirli hata oranlarında birbirleriyle uyumlu olduğu gözlemlenmiştir.

Bu çalışma ile biyodizel pilot yakıtlı doğalgaz motoru stokastik reaktör model yaklaşımıyla ilk kez incelenmiş ve bu yaklaşımın çift yakıtlı motorlarda uygulanabilirliği gösterilmiştir. Mevcut olan her bir biyodizelin kendisine özgü kimyasal

kinetik mekanizması geliştirilebilir ve bu kimyasal kinetik mekanizmalar ile simülasyonlar gerçekleştirilebilirse deneysel ve simülasyon yanma, motor performansı ve egzoz emisyon karakteristikleri incelenebilir. Bu yöntemin deneysel verileri belirli hata oranıyla doğrulama işleminin sonrasında; farklı motor parametrelerinin (motor devir sayısı, gaz ve sıvı yakıtın kimyasal bileşenleri, pilot yakıt püskürtme miktarları gibi...) ve Homojen Dolgulu Sıkıştırma Ateşlemeli (HCCI), buji ateşlemeli (SI), direkt benzin püskürtmeli (GDI) motorlar gibi farklı motor çalışma yöntemlerinin yanma, motor performansı ve egzoz emisyon karakteristikleri incelenebilir. Yazılımda tanımlanan kullanıcıya kapalı parametreler (dar boşluk akışını sağlayan hacim oranı, kütle ve zaman faktörleri) iyileştirilebilirse özellikle sıkıştırma sonu ve yanmanın başladığı bölgede simülasyon sonuçları deneysel sonuçlara yaklaşabilir. Son olarak, pilot yakıtı değiştirmeksizin ana yakıtlar biyogaz, hava gazı ve LPG olan çift yakıtlı gemi makinelerinin tasarlanması için bu yakıtları içeren kimyasal kinetik mekanizmalar geliştirilebilirse modelleme ve simülasyon işlemleri yapılarak deneysel ve simülasyon yanma karakteristikleri belirlenebilir ve çevre dostu gemi makineleri üretilebilir.

Kaynakça

- [1] Doğan, H. E., Arslan, H. and Mehdiyev, R. (2013). Theoretical and Experimental Analysis of Nitrogen Oxide Formation in A Diesel Engine Converted to LPG. *Journal of ETA Maritime Science*, 1(2):27-38.
- [2] Smart, I. (1991). Natural Gas as a Dual Fuel in Marine Engines – An Operational Study. SAE Technical Paper, Paper No. 911662.
- [3] Aabo, K. and Laursen, R. S. (2009). New Optimization of ME-GI Dual Fuel Engines for LNG Carriers and Marine Vessels in General. *Journal of the JIME*, 44(6):25-36.
- [4] Hodgins, K., Hill, P., Ouellette, P. and Hung, P. (1996). Directly Injected Natural Gas Fueling of Diesel Engines. SAE Technical Paper, Paper No. 961671.
- [5] Karim, G. A. (1980). A review of combustion processes in the dual fuel engine – the gas diesel engine. *Progress in Energy and Combustion Science*, 6(3):277-285.
- [6] Abd Alla, G. H., Soliman, H. A., Badr, O. A. and Abd Rabbo, M. F. (2002). Effect of injection timing on the performance of a dual fuel engine. *Energy Conversion and Management*, 43(2):269-277.
- [7] Papagiannakis, R. G. and Hountalas, D. T. (2004). Combustion and exhaust emission characteristics of a dual fuel compression ignition engine operated with pilot diesel fuel and natural gas. *Energy Conversion and Management*, 45(18): 2971-2987.
- [8] Paul, A., Bose, P. K., Panua, R. S. and Banerjee, R. (2013). An experimental investigation of performance-emission trade off of a CI engine fueled by diesel-compressed natural gas (CNG) combination and diesel-ethanol blends with CNG enrichment. *Energy*, 55:787-802.
- [9] Britto Jr., R. F. and Martins, C. A. (2014). Experimental analysis of a diesel engine operating in Diesel-Ethanol Dual Fuel mode. *Fuel*, 134:140-150.
- [10] Karim, G. A. (1968). The ignition of a premixed fuel and air charge by pilot fuel spray injection with reference to dual-fuel combustion, SAE Technical Paper, Paper No. 680768.
- [11] Namasivayam, A. M., Crookes, R. J., Korakianitis, T. and Olsen, J. (2009). Assessment of combustion in natural gas dual-fuelled compression ignition engines with dimethyl ether and rapeseed methyl ester pilot ignition.

- International Journal of Engine Research, 10(3):165-174.
- [12] Hoekman, S. K., Broch, A., Robbins, C., Cenicerros, E. and Natarajan, M. (2012). Review of biodiesel composition, properties and specifications. Review of biodiesel composition, properties, and specifications, 16(1):143-169.
- [13] Ryu, K. (2013a). Effects of pilot injection timing on the combustion and emissions characteristics in a diesel engine using biodiesel-CNG dual fuel. Applied Energy, 111:721-730.
- [14] Ryu, K. (2013b). Effects of pilot injection pressure on the combustion and emissions characteristics in a diesel engine using biodiesel-CNG dual fuel. Energy Conversion and Management, 76:506-516.
- [15] Korakianitis, T., Namasivayam, A. M. and Crookes, R. J. (2011). Diesel and rapeseed methyl ester (RME) pilot fuels for hydrogen and natural gas dual-fuel combustion in compression-ignition engines. Fuel, 90(7):2384-2395.
- [16] Paul, A., Panua, R. S., Debroy, D. and Bose, P. K. (2014). Effect of compressed natural gas dual fuel operation with diesel and Pongamia pinnata methyl ester (PPME) as pilot fuels on performance and emission characteristics of a CI (compression ignition) engine. Energy, 68:495-509.
- [17] Tarabet, L., Loubar, K., Lounici, M. S., Khiari, K., Belmrabet, T. and Tazerout, M. (2014). Experimental investigation of DI diesel engine operating with eucalyptus biodiesel/natural gas under dual fuel mode. Fuel, 133:129-138.
- [18] Bora, B. J. and Saha, U. K. (2016). Experimental evaluation of a rice bran biodiesel – biogas run dual fuel diesel engine at varying compression ratios. Renewable Energy, 87:782-790.
- [19] CMCL User Manual (2014). kinetics & srm engine suite, cmcl innovations. Cambridge, United Kingdoms.
- [20] Boretti, A. (2012). Stochastic reactor modelling of multi modes combustion with diesel direct injection or hydrogen jet ignition start of combustion. International Journal of Hydrogen Energy, 37(18):13555-13563.
- [21] Tunér, M. (2008). Stochastic Reactor Models for Engine simulations, Doctoral Thesis (Ph.D), Lund University, Faculty of Engineering, Lund.
- [22] Altair Hyperworks. (2016). Stokastik Parçacıklar. Erişim Tarihi: 7 Nisan 2016, <http://www.altairhyperworks.com/ResourceLibrary.aspx?title=Gasoline+engine+development+using++LOGEngine>
- [23] Fisher, E. M., Pitz, W. J., Curran, H. J. and Westbrook, C. K. (2000). Detailed chemical kinetic mechanisms for combustion of oxygenated fuels. Proceedings of the Combustion Institute, 28(2):1579-1586.
- [24] Gail, S., Thomson, M. J., Sarathy, S. M., Syed, S. A., Dagaut, P., Diévar, P., Marchese, A. J. and Dryer, F. L. (2007). A wide-ranging kinetic modeling study of methyl butanoate combustion. Proceedings of the Combustion Institute, 31(1):305-311.
- [25] Hakka, M. H., Glaude, P. A., Herbinet, O. and Battin-Leclerc, F. (2009). Experimental study of the oxidation of large surrogates for diesel and biodiesel fuels. Combustion and Flame, 156(11):2129-2144.
- [26] Herbinet, O., Pitz, W. J. and Westbrook, C. K. (2010). Detailed chemical kinetic mechanism for the oxidation of biodiesel fuels blend surrogate. Combustion and Flame, 157(5):893-908.
- [27] Sarathy, S. M., Gail, S., Syed, S. A.,

- Thomson, M. J. and Dagaut, P. (2007). A comparison of saturated and unsaturated C4 fatty acid methyl esters in an opposed flow diffusion flame and a jet stirred reactor. *Proceedings of the Combustion Institute*, 31(1):1015-1022.
- [28] Brakora, J. L., Ra, Y. and Reitz, R. D. (2011). Combustion Model for Biodiesel-Fueled Engine Simulations using Realistic Chemistry and Physical Properties. *SAE International Journal of Engines*, 4(1):931-947.
- [29] Luo, Z., Lu, T., Maciaszek, M. J., Som, S. and Longman, D. E. (2010). A reduced mechanism for high-temperature oxidation of biodiesel surrogates. *Energy & Fuels*, 24(12):6283-6293.
- [30] Luo, Z., Plomer, M., Lu, T., Som, S., Longman, D. E., Sarathy, S. M. and Pitz, W. J. (2012). A reduced mechanism for biodiesel surrogates for compression ignition engine applications. *Fuel*, 99:143-153.
- [31] Wang, W., Gowdagiri, S. and Oehlschlaeger, M. A. (2013). Comparative study of the autoignition of methyl decanoates, unsaturated biodiesel fuel surrogates. *Energy & Fuels*, 27(9):5527-5532.
- [32] Banapurmath, N. R., Tewari, P. G. and Hosmath, R. S. (2008). Experimental investigations of a four-stroke single cylinder direct injection diesel engine operated on dual fuel mode with producer gas as inducted fuel and Honge oil and its methyl ester (HOME) as injected fuels. *Renewable Energy*, 33(9):2007-2018.
- [33] Carlucci, A. P., Ficarella, A. and Laforgia, D. (2014). Potentialities of a Common Rail Injection System for the Control of Dual Fuel Biodiesel-Producer Gas Combustion and Emissions. *Journal of Energy Engineering*, 1-8.
- [34] Yoon, S. H. and Lee, C. S. (2011). Experimental investigation on the combustion and exhaust emission characteristics of biogas – biodiesel dual-fuel combustion in a CI engine. *Fuel Processing Technology*, 92(5):992-1000.
- [35] Pattanaik, B. P., Nayak, C. and Nanda, B. K. (2013). Investigation on utilization of biogas & Karanja oil biodiesel in dual fuel mode in a single cylinder DI diesel engine. *International Journal of Energy and Environment*, 4(2):279-290.
- [36] Barik, D. and Murugan, S. (2014). Simultaneous reduction of NOX and smoke in a dual fuel DI diesel engine. *Energy Conversion and Management*, 84:217-226.
- [37] Geo, V. E., Nagarajan, G. and Nagalingam, B. (2008). Studies on dual fuel operation of rubber seed oil and its bio-diesel with hydrogen as the inducted fuel. *International Journal of Hydrogen Energy*, 33(21):6357-6367.
- [38] Korakianitis, T., Namasivayam, A. M. and Crookes, R. J. (2010). Hydrogen dual-fuelling of compression ignition engines with emulsified biodiesel as pilot fuel. *International Journal of Hydrogen Energy*, 35(24):13329-13344.
- [39] Sigar, C. P., Soni, S. L., Sharma, D. and Mathur, J. (2008). Effect of LPG induction on performance and emission characteristics of biodiesel in a CI engine. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, 30(16):1451-1459.
- [40] Doijode, E. D., Tewari, P., Basavarajappa, Y. H., Banapurmath, N. R. and Yaliwal, W. S. (2013). Experimental studies on manifold injected CNG – biodiesel dual fuel engine. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 3(3):77-83.
- [41] Ghareghani, A., Hosseini, R., Mirsalim, M., Jazayeri, S. A. and Yusaf, T. (2015).

- An experimental study on reactivity controlled compression ignition engine fueled with biodiesel/natural gas. *Energy*, 89:558-567.
- [42] Lauer, T., Heiss, M., Bobicic, N., Holly, W. and Pritze, S. (2014). A comprehensive simulation approach to irregular combustion. SAE Technical Paper, Paper No. 2014-01-1214.
- [43] Pasternak, M., Mauss, F., Sens, M., Riess, M., Benz, A. and Stapf, K. G. (2016). Gasoline engine simulations using zero-dimensional spark ignition stochastic reactor model and three-dimensional computational fluid dynamics engine model. *International Journal of Engine Research*, 17(1):76-85.
- [44] Pasternak, M., Mauss, F., Perlman, C. and Lehtiniemi, H. (2014). Aspects of 0D and 3D modeling of soot formation for diesel engines. *Combustion Science and Technology*, 186(10-11):1517-1535.
- [45] Bhawe, A., Kraft, M., Montorsi, L. and Mauss, F. (2004). Modelling a dual-fuelled multi-cylinder HCCI engine using a PDF based engine cycle simulator. SAE Technical Paper, Paper No. 2004-01-0561.
- [46] Brakora, J. L. (2012). A comprehensive combustion model for biodiesel-fueled engine simulations, Doctoral Thesis (Ph. D), University of Wisconsin, Mechanical Engineering, Madison, WI.
- [47] Ahmedi, A., Ahmed, S. S. and Kalghatgi, G. T. (2015). Simulating combustion in a PCI (premixed compression ignition) engine using DI-SRM and 3 components surrogate model. *Combustion and Flame*, 162(10):3728-3739.
- [48] Maurya, R. K. and Akhil, N. (2016). Numerical investigation of ethanol fueled HCCI engine using stochastic reactor model. Part 2: Parametric Study of Performance and emissions characteristics using new reduced ethanol oxidation mechanism. *Energy Conversion and Management*, 121:55-70.
- [49] Pope, S. B. (1985). PDF Methods for Turbulent Reactive Flows. *Progress in Energy and Combustion Science*, 11:119-192.
- [50] Strang, G. (1968). On the construction and comparison of difference schemes. *SIAM Journal on Numerical Analysis*, 5(3):506-517.
- [51] Pehlivan, E. F. (2016). Stokastik Reaktör Model yaklaşımı ile biyodizel pilot yakıtlı doğalgaz motoru simülasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

This Page Intentionally Left Blank



Simulation-Based Analysis of Ship Motions in Short-Crested Irregular Seas

Kivanç Ali ANIL¹, Devrim Bülent DANIŞMAN¹, Kadir SARIOZ¹

¹Istanbul Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi, anil@itu.edu.tr; bulent.danisman@itu.edu.tr; sarioz@itu.edu.tr

Abstract

Demonstration of the seakeeping calculation results other than polar diagrams and Cartesian plots is important during the initial and detail design stages of naval platforms due to the necessity of numerical simulations (time series data) for the design and validation of the systems on board. These time series simulations are called as "real time computer experiments". Similar simulation algorithms for ship motions and wave elevation are also used by ship-handling simulators for realistic visualization. The goal of this paper is to create a basis for the simulation-based analysis of ship motions and wave elevation for future design and validation studies for both the naval platform itself and the systems on board. The focus of this paper is the clarification of the theoretical background of this process, i.e. all formulations required to create and validate a ship motion and wave surface simulation are given in detail. The results of this study may also be used in ship-handling simulators or helicopter landing on ship simulations.

Keywords: Seakeeping Simulation, Ship Motions, Short-Crested Irregular Seas.

Kısa Dalga Tepeli Karışık Denizlerdeki Gemi Hareketlerinin Simülasyona Dayalı Analizi

Öz

Denizcilik hesap sonuçlarının polar diyagramlar ve Kartezyen grafikler dışında gösterimi, deniz platformlarının başlangıç ve detay tasarım aşamalarında gemideki sistemlerin tasarımı ve doğrulaması için sayısal simülasyonların (zaman serisi veri) gerekliliği nedeniyle önem arz etmektedir. Bahse konu zaman serisi simülasyonları "gerçek zamanlı bilgisayar deneyleri" olarak adlandırılmaktadır. Gemi hareketleri ve dalga yüksekliği için benzer simülasyon algoritmaları, gemi kullanma simütörleri tarafından gerçekçi görselleştirme için de kullanılmaktadır. Bu makalenin amacı, deniz platformunun kendisi ve üzerindeki sistemler için gelecekteki tasarım ve doğrulama çalışmalarında kullanılmak üzere, gemi hareketlerinin ve dalga yüksekliğinin simülasyona dayalı analizi için bir temel oluşturmaktır. Makalenin odak noktası bu sürecin teorik altyapısının açıklığa kavuşturulması olup, bir gemi hareketini ve dalga yüzey simülasyonunu oluşturmak ve doğrulamak için gerekli tüm formülasyonlar ayrıntılı olarak verilmektedir. Çalışmanın sonuçları gemi kullanma simütörlerinde veya gemiye konuşlu helikopter simülasyonlarında da kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Denizcilik Simülasyonu, Gemi Hareketleri, Kısa Dalga Tepeli Karışık Deniz.

1. Introduction

Demonstration of the seakeeping calculation results is important during the initial and detail design stages of naval platforms. In order to confirm the fulfillment of the mission criteria sets for the platform, polar diagrams and Cartesian plots of root mean square (rms) or significant values of responses are commonly used, but numerical simulations (time series data, time history) are also needed for the design and validation of the systems on board. These systems mainly include active roll stabilizer fins, active motion interceptors, rudder roll stabilization, helicopter securing & traversing, helicopter visual landing aid, and all sensors & weapons. The simulated time series of ship motions and wave elevation may also be used for the naval platform itself to derive the shear force and bending moment distribution of ship sections using ship hydroelasticity theory, as investigated by Belik [1]. These time series simulations are called as “real time computer experiments” [2, 3]. Similar simulation algorithms for ship motions and wave elevation are also used by ship-handling simulators for realistic visualization, as presented by Yeo et al. [4]. The results of this study may also be used in mooring simulations [5] or helicopter landing on ship simulations [6].

2. Methodology

An in-house ship motion and wave surface simulation (in short-crested irregular seas) code is developed in a C++ programming language which can be controlled by the user in real time on screen. The visualization is achieved using Object-Oriented Graphics Rendering Engine (OGRE) Software Development Kit [7], as shown in Figure 1. The simulation uses the basic methodology of the real time uncontrollable ship motion simulation (in long-crested irregular seas) which was written in Virtual Reality Modelling

Language (VRML) by Adanır et al. [8].

The current simulation works real time and has no time limitation (infinite simulation duration). Time step of the “real time simulation” is the time passed since the last frame rendered, i.e. depends on the frame rate. The simulation can be accelerated or decelerated using predefined large or small fixed time steps for analysis purpose. The simulation has also real time controllable parameters for the ship and the environment. The controllable ship parameters are the speed and rudder angle. The controllable environment parameters are the sea area, sea-state and wave direction. Sea areas are defined by appropriate sea-spectra. Sea-states are defined by the World Meteorological Organization (WMO) standard sea-state code (Douglas Scale).

Ship responses in short-crested irregular seas are calculated for the selected sea-state and sea-spectrum (sea area). There is also a long-crested irregular seas option for the analysis purpose. Generation of the time series data for the seakeeping simulation (ship responses) is performed by the similar superposition algorithm indicated by Perez [9], using pre-calculated frequency domain Response Amplitude Operators (RAOs) for the selected sea-state and sea-spectrum. The algorithm is based on the St. Denis and Pierson's [10] application of the principle of superposition to the ship motion problem.

The three Cartesian coordinate systems defined by Beck et al. [11] are used to determine the ship motions for the seakeeping simulation. These are the earth-fixed (x_0, y_0, z_0) , moving(inertial) (x, y, z) , and the body-fixed $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$ system. The $x_0 - y_0$ plane of the earth-fixed system and the $x - y$ plane of inertial system coincide with the calm water level. For the body-fixed coordinate system which moves with all the motions of the ship, the $\bar{x} - \bar{y}$ plane coincides with the ship's calm water-plane, with \bar{z} axis normal to it upwards, i.e. the



Figure 1. Ship Motion and Wave Surface Simulation

origin is in the calm water-plane at any convenient point between fore and aft in the center plane, such as amidships. In this study the \bar{z} axis is through the center of gravity of the ship, as Salvesen, Tuck and Faltinsen [12] specified. The orientation of the body-fixed system relative to the inertial system gives the translational and rotational motions of the ship. The inertial to earth-fixed system transformation is given by:

$$\begin{aligned} x_0 &= x + V_s t \\ y_0 &= y \\ z_0 &= z \end{aligned} \quad (1)$$

where V_s , and t represents the ship speed and time respectively. There are several cameras (views) in the simulation located on all coordinate systems, which makes analysis of ship motions possible from different angles. The bridge view of the body-fixed system can be used for a ship-handling simulator.

The time series data for the short-crested irregular sea surface is generated by the well-known superposition algorithm that follows St. Denis and Pierson [10], for the selected sea-state and sea-spectrum. There is also a long-crested option for analysis

purpose. The wave surface is defined in the earth-fixed coordinate system. The wave visualization is performed using the add-on library of OGRE Software Development Kit named "Hydrax Version 0.5.1" [13]. In order to create an infinite wave surface, "Projected Grid" option of Hydrax based on Johanson [14] thesis is used. New Hydrax subroutines are written for the desired sea-spectra.

As a beginning of a future maneuvering simulation study, smooth turning of the ship is achieved by using the interpolated values of tactical diameter with respect to the rudder angle and ship speed. The heading angle and the orientation of the earth-fixed and inertial coordinate system are updated when the rudder angle is changed. Coordinate system transformation for the maneuvering simulation is not in the scope of this study.

The current simulation does not fit simulation interoperability standards like High Level Architecture (HLA).

3. Theoretical Background

The focus of this paper is the explaining of the theoretical background of a ship motion and wave surface simulation.

Although the readers are aware of most the formulations given in this paper, all formulations including Sea-State, Sea-Spectra, Directional Spectrum, Derived Responses which are required to create such a simulation are given in the following subsections.

3.1. Sea-State

Sea-states are defined by the WMO standard sea-state code (Douglas Scale) i.e. in the WMO Code Table 3700 [15]. This code table is used for recording the sea-state by an observer. The wave height values recorded by the observer refer to the well-formed wind waves of the open sea [15]. On the other hand, the definition of the “significant wave height” according to STANAG 4154 [16] is as follows: “If all the wave heights (peak to trough) of a wave record are measured, the significant wave height is the mean value of the highest one-third of all the wave heights. It is approximately equal to the wave height estimated by an observer”. The statistical term “significant waves” is first introduced by Sverdrup and Munk [17] as “the mean height of the highest one-third of all the waves” (cited by Longuet-Higgins [18]). Sverdrup and Munk [17] implied that “a careful observer who attempts to establish the character of the higher waves will tend to record the significant waves”. Therefore the wave height range of this sea-state code (WMO Code Table 3700) can be regarded as significant wave height range for the naval engineering purpose, as shown in Table 1.

3.2. Sea-Spectra

The random nature of an irregular sea can be described mathematically by the sea-spectrum formulas. 12th International Towing Tank Conference (ITTC) [19] recommended the following spectral formulation for open ocean wave conditions;

$$S(\omega) = \frac{A}{\omega^5} \exp\left(-\frac{B}{\omega^4}\right) \quad (2)$$

Table 1. Sea-States, after [15] & [27]

Sea-State	Significant Wave Height Range (in meters)	Mean Values of Significant Wave Height Range (in meters)
0-1	0,00 - 0,10	0,05
2	0,10 - 0,50	0,30
3	0,50 - 1,25	0,88
4	1,25 - 2,50	1,88
5	2,50 - 4,00	3,25
6	4,00 - 6,00	5,00
7	6,00 - 9,00	7,50
8	9,00 - 14,00	11,50
9	≥ 14,00	≥ 14,00

where ω is the circular wave frequency in radians per second, A and B are constants. If no information except the significant wave height $H_{1/3}$ is available about the sea area then,

$$A = 0.0081g^2, \quad B = \frac{3.11}{H_{1/3}^2} \quad (3)$$

Here, g is the acceleration of gravity. If average period T_1 is also known then,

$$A = 173 \frac{H_{1/3}^2}{T_1^4}, \quad B = \frac{691}{T_1^4} \quad (4)$$

Equation (2) along with Equation (3) is a form of the “Pierson-Moskowitz Spectrum” which was first introduced by Pierson and Moskowitz [20] in 1964 and called as “ITTC One Parameter Spectrum”. Equation (2) along with Equation (4) is a form of the “Bretschneider Spectrum” which was first introduced by Bretschneider [21] in 1959 and called as “ITTC Two-Parameter Spectrum”. This spectrum is also called as “The Modified Pierson-Moskowitz Spectrum”, but the reason is not clear since the Bretschneider Spectrum is devised before the Pierson-Moskowitz Spectrum [22].

15th ITTC [23] made an amendment to the above spectral formulation and

recommended the use of only Equation (2) along with Equation (4) as a standard spectral formulation for open ocean wave conditions. 15th ITTC recommended the following spectral formulation which is a form of the “Joint North Sea Wave Project (JONSWAP) Spectrum [24]” for fetch-limited situations;

$$S_j(\omega) = 0.658 S(\omega) 3.3 \exp\left(-\frac{0.206\omega T_1 - 1}{\sqrt{2}\sigma}\right)^2 \quad (5)$$

where,

$$\begin{aligned} \sigma &= 0.07 \quad \text{for } \omega \leq \frac{4.85}{T_1} \\ \sigma &= 0.09 \quad \text{for } \omega > \frac{4.85}{T_1} \end{aligned} \quad (6)$$

Here $S(\omega)$ is the “ITTC Two-Parameter Spectrum” which was defined by Equation (2) along with Equation (4). 17th ITTC [25] made a replacement for the above fetch-limited spectral formulation as a draft recommendation, but it was not adopted as a final recommendation by the 17th ITTC seakeeping committee.

The significant wave height $H_{1/3}$ and average period T_1 are the main input of the above recommended spectra. On the other hand, STANAG 4154 [16] recommended to use the significant wave height and the modal wave period T_m to characterize the nature of the seaway. The modal wave period corresponds to the maximum wave energy, i.e. the peak frequency (modal wave frequency) of the spectrum curve [16, 26]. The relation between the average and the modal wave period is as follows [26];

$$T_m = 1.296 T_1 \quad (7)$$

The constants (4) become as follows, using Equation (7);

$$A = 488 \frac{H_{1/3}^2}{T_m^4}, \quad B = \frac{1949}{T_m^4} \quad (8)$$

The JONSWAP Spectrum in terms of modal wave period is as follows [26];

$$S_j(\omega) = 0.658 S(\omega) 3.3 \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2} \left(\frac{\omega T_m - 1}{2\pi}\right)^2\right) \quad (9)$$

where,

$$\begin{aligned} \sigma &= 0.07 \quad \text{for } \omega \leq \frac{2\pi}{T_m} \\ \sigma &= 0.09 \quad \text{for } \omega > \frac{2\pi}{T_m} \end{aligned} \quad (10)$$

The mean values of the significant wave height range can be used to define the sea-state as shown in Table 1, but the corresponding modal wave periods for each sea-state should be known to define the sea area. 18th ITTC [27] gives the range and most probable modal wave periods of North Atlantic, North Pacific, and Northern Hemisphere for each sea-state.

ITTC One-, ITTC Two-Parameter and JONSWAP sea-spectra at “sea-state 6” for the Northern Hemisphere are shown in Figure 2. The dimension of the sea-spectra is “squared length multiplied by time”, since the spectral ordinates are the measure of the average squared value of the wave amplitude of the corresponding frequency abscissa [10]. The area under the spectrum curve is equal to the “variance” of the large irregular wave time history which has a zero mean [26];

$$m_0 = \int_0^\infty S(\omega) d\omega \quad (11)$$

This is why the sea-spectrum is also named as “variance spectrum” by Beck et al. [11]. Since the irregular wave time history has been agreed to hold a zero mean, variance is equal to the “mean square value” [28].

The “standard deviation” or “rms value” is equal to the square root of variance [28]. The significant wave amplitude $\zeta_{1/3}$ is

equal to the double rms amplitude. Hence the following equation is valid for the significant wave height [26];

$$H_{1/3} = 2\zeta_{1/3} = 2 \times 2\sqrt{m_0} = 4\sqrt{m_0} \quad (12)$$

The peak frequency of the spectrum curve equal to the modal wave frequency ω_m , as mentioned before and therefore the modal wave period is as follows;

$$T_m = \frac{2\pi}{\omega_m} \quad (13)$$

It is obvious that one can derive the same values of the significant wave height and modal wave period from a sea-spectrum curve, which has been calculated using above spectral formulas in terms of the significant wave height and modal wave period.

3.3. Directional Spectrum

The sea-spectra described above is unidirectional, i.e. can be used for a description of a long-crested irregular sea. In order to describe a short-crested irregular sea it is required to have a multi-directional spectrum. Multi-directional or shortly "directional" spectrum can be

defined as follows [9];

$$S(\omega, \nu) = M(\nu - \mu) S(\omega) \quad (14)$$

where $M(\nu - \mu)$ is the spreading function and $S(\omega)$ is the unidirectional spectrum. Here μ is the primary (dominant) and ν is the secondary wave direction relative to the earth-fixed coordinate system. The range of the secondary wave directions is defined as follows [26];

$$-\nu_{\max} \leq \nu - \mu \leq \nu_{\max} \quad (15)$$

where ν_{\max} is the wave spreading angle. The spreading function distributes the total energy of the unidirectional spectrum over the range of secondary wave directions from $-\nu_{\max}$ to ν_{\max} [26]. Therefore, the variance of the irregular wave time history (11) becomes as follows [10] (cited by Perez [9]);

$$m_0 = \int_0^\infty S(\omega) d\omega = \int_0^\infty \int_{-\nu_{\max} + \mu}^{\nu_{\max} + \mu} S(\omega, \nu) d\nu d\omega \quad (16)$$

This equation means that volume under the directional spectrum surface is equal to the variance of the irregular wave time history with has a zero mean. The volume under the directional spectrum surface is also equal to the area under the

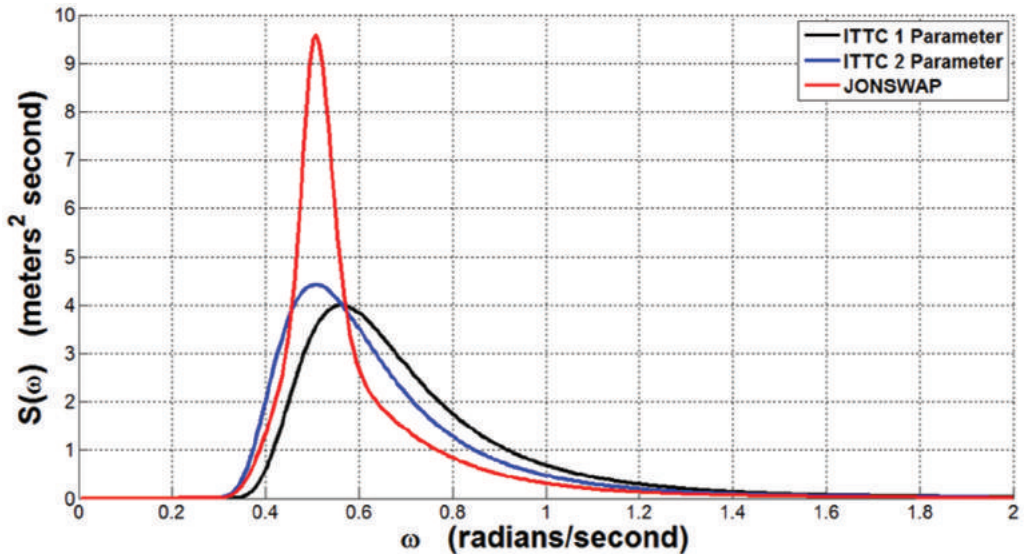


Figure 2. Sea-Spectra at "Sea-State 6" for the Northern Hemisphere

corresponding spectrum curve. Following equation can be written from Equation (16);

$$S(\omega) = \int_{-v_{\max}+\mu}^{v_{\max}+\mu} S(\omega, v) dv = \int_{-v_{\max}+\mu}^{v_{\max}+\mu} M(v-\mu) S(\omega) dv \quad (17)$$

The above equation can be rewritten as;

$$S(\omega) = \int_{-v_{\max}}^{v_{\max}} M(v-\mu) S(\omega) d(v-\mu) \quad (18)$$

The spreading function is defined as follows [26];

$$M(v-\mu) = D \cos^m \left(\frac{\pi}{2v_{\max}} (v-\mu) \right) \quad (19)$$

where D is a constant and m is the spreading index (a positive integer). If we set;

$$v' = \frac{\pi}{2v_{\max}} (v-\mu) \Rightarrow dv' = \frac{\pi}{2v_{\max}} d(v-\mu) \quad (20)$$

Equation (18) becomes [26];

$$S(\omega) = \frac{2v_{\max}}{\pi} \int_{\frac{\pi}{2v_{\max}}(-v_{\max})}^{\frac{\pi}{2v_{\max}}v_{\max}} D \cos^m(v') S(\omega) dv' \quad (21)$$

The constant D can be written from the above equation as follows [26];

$$D = \frac{\pi}{2v_{\max}} \frac{1}{\int_{-\pi/2}^{\pi/2} \cos^m(v') dv'} = \frac{\pi}{4v_{\max}} \frac{1}{\int_0^{\pi/2} \cos^m(v') dv'} \quad (22)$$

Integration of the above equation for different values of m yields;

$$D = \begin{cases} \frac{1}{2v_{\max}} & \text{for } m = 0 \\ \frac{\pi}{4v_{\max}} & \text{for } m = 1 \\ \frac{1 \cdot 3 \cdot 5 \cdots m}{2 \cdot 4 \cdot 6 \cdots (m-1)} \frac{\pi}{4v_{\max}} & \text{for } m \text{ odd } > 1 \\ \frac{2 \cdot 4 \cdot 6 \cdots m}{1 \cdot 3 \cdot 5 \cdots (m-1)} \frac{1}{2v_{\max}} & \text{for } m \text{ even } > 0 \end{cases} \quad (23)$$

Following equation is also valid for even values of m other than zero, where $n = m/2$ [9];

$$M(v-\mu) = \frac{2^{(2n-1)} n!(n-1)!}{\pi(2n-1)!} \cos^{2n}(v-\mu) \text{ for } -\frac{\pi}{2} \leq v-\mu \leq \frac{\pi}{2} \quad (24)$$

In this study, spreading index m is 2, and the spreading angle v_{\max} is $\pi/2$, which is the most common practice to represent short-crested seas for ship design purposes. Therefore, Equation (14) becomes as follows [26];

$$S(\omega, v) = \frac{2}{\pi} \cos^2(v-\mu) S(\omega) \quad (25)$$

The directional ITTC Two-Parameter sea-spectrum derived from Equation (25) at “sea-state 6” for the Northern Hemisphere is shown in Figure 3.

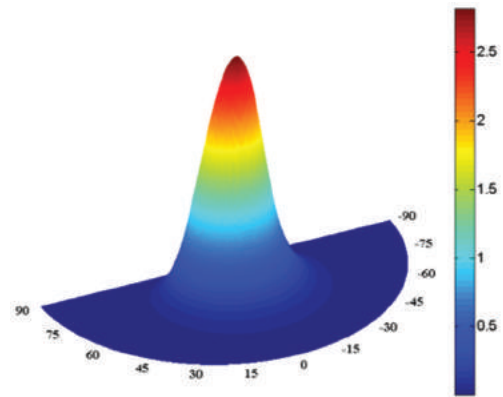


Figure 3. Directional ITTC Two-Parameter Spectrum at “sea-state 6” for the Northern Hemisphere

3.4. Generation of the Time Series

So far it has been shown that the sea-spectrum formulas can be used to define the random characteristics of an irregular sea. A similar spectral formulation can be used to investigate ship responses to irregular waves since both are random processes. Under the assumption of linearity for the ship motions, St. Denis and Pierson [10] used the linear superposition theory and the spectral analysis techniques developed in other disciplines and introduced an innovative method which associates the spectral density of ship responses to the input sea-spectrum to determine the statistics of the ship motions in irregular seas. In this method, the principle of superposition allows the

ship responses in irregular waves to be the sum of the responses to regular waves of all frequencies of the input sea-spectrum. Therefore, responses can be represented by the spectral density functions (motion or response spectra) similar to the sea-spectra and the area under these motion spectra gives the variance of the corresponding response amplitude [11, 12, 29]. Price and Bishop [28] described further developments and details about St. Denis and Pierson's [10] approach [11, 30].

Following these studies, generation of the time series of numerical simulations can be performed. Based on this method, from any irregular wave time history, resultant sea-spectrum can be derived. The inverse of this procedure is also available, i.e. superposition of a large number of sine or cosine wave components assumed to have a definite frequency and a random phase-shift angle produces an irregular wave time history [26, 11]. The same back and forth process is also valid in the ship responses.

The time series data for a long-crested irregular wave surface defined in the earth-fixed coordinate system can be generated with the following algorithm as indicated by Perez [9];

$$\zeta(x_0, y_0, t) = \sum_{n=1}^N \bar{\zeta}_n \cos(\omega_n t + \varepsilon_n - k_n(x_0 \cos \mu - y_0 \sin \mu)) \quad (26)$$

Here $\bar{\zeta}_n$, ε_n , k_n are the wave amplitude, random phase-shift angle, and the wave number of each component respectively, and μ is the wave direction relative to the earth-fixed coordinate system. Following equation is valid for the amplitudes of the wave components in the limit as $\delta\omega$

approaches zero [11];

$$\frac{1}{2} \bar{\zeta}_n^2 = S(\omega_n) \delta\omega \quad (27)$$

Therefore, each component amplitude can be found as follows if $\delta\omega$ is small enough [11];

$$\bar{\zeta}_n = \sqrt{2S(\omega_n) \delta\omega} \quad (28)$$

The time series data for a short-crested irregular wave surface can be generated with the following algorithm as indicated by Perez [9];

$$\zeta(x_0, y_0, t) = \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M \bar{\zeta}_{n,m} \cos(\omega_n t + \varepsilon_{n,m} - k_n(x_0 \cos \nu_m - y_0 \sin \nu_m)) \quad (29)$$

Here ν_m is the each secondary wave direction relative to the earth-fixed coordinate system;

$$\mu - \nu_{\max} \leq \nu_m \leq \mu + \nu_{\max} \quad (30)$$

where, if $\nu_m < 0$, then $\nu_m = \nu_m + 2\pi$.

For a directional spectrum (14), component amplitude can be found as follows [11];

$$\bar{\zeta}_{n,m} = \sqrt{2S(\omega_n, \nu_m) \delta\omega \delta\nu} \quad (31)$$

Long- and short-crested irregular wave surfaces derived from above formulations at a time are shown in Figure 4.

The time series data for the ship responses is also calculated based on the St. Denis and Pierson [10]. The input wave spectrum and the RAOs for the ship are required for this purpose [29]. St. Denis and Pierson [10] defined the RAO as "the amplitude of the response to the wave amplitude of unity". In other words, RAO is the non-dimensional motion amplitude. Linear motion (surge, sway, heave) amplitudes are divided by the wave

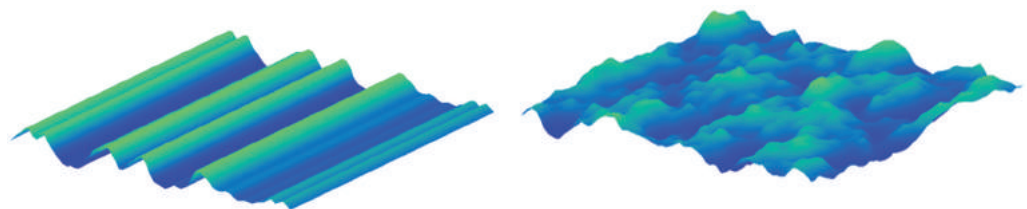


Figure 4. Long-Crested (Left), Short-Crested (Right) Irregular Wave Surface

amplitude $\bar{\zeta}$, angular motion (roll, pitch, yaw) amplitudes are divided by the wave slope amplitude $k\bar{\zeta}$. The RAO is also named as “transfer function” in other disciplines. It is the ratio of wave amplitude or wave slope amplitude “transferred” to the response amplitude by the ship which is supposed to be a “system” [26]. Essentially, the modulus (absolute value) of the complex transfer function (non-dimensional complex motion amplitude) is defined as the RAO [11]. Consequently, the argument of the complex transfer function is the phase-shift angle of the response. However, sometimes the term RAO is used for the complex transfer function itself.

On a moving ship, the responses are experienced at the encounter frequency, not the wave frequency. In deep water following equation is valid for the encounter frequency [26];

$$\omega_e = \omega - \frac{\omega^2 V_s}{g} \cos \chi \quad (32)$$

Here, g is the acceleration of gravity, V_s is the ship speed and χ is the “heading angle” or “encounter angle” which is the ship course relative to the primary wave direction;

$$\chi = \text{course} - \mu \quad (33)$$

where, if $\chi < 0$, then $\chi = \chi + 2\pi$.

Since 9th ITTC [31] it has been agreed that heading angle of 0° represents following seas and 180° represents the head seas. The sea-spectrum should be also transformed into the “encounter spectrum”, which has the same area under the spectrum curve, to cover the range of encounter frequencies on board. The encounter spectrum can be calculated as follows [26];

$$S(\omega_e) = S(\omega) \frac{g}{g - 2\omega V_s \cos \chi} \quad (34)$$

The product of the encounter spectrum with the square of the RAO of the desired response gives the corresponding motion (response) spectrum [29];

$$S_{\eta_i}(\omega_e) = |H_i(\omega_e)|^2 S(\omega_e) \quad \text{for } i=1,2,\dots,6 \quad (35)$$

Here i is the motion index for surge, sway, heave, roll, pitch yaw respectively. Similar to the sea-spectra, the area under these motion spectra gives the corresponding motion amplitude variance [26];

$$m_{i0} = \int_0^\infty S_{\eta_i}(\omega_e) d\omega_e \quad (36)$$

Alternative formulation for the motion spectra in wave frequency domain is as follows [26];

$$S_{\eta_i}(\omega) = |H_i(\omega, V_s, \chi)|^2 S(\omega) \quad \text{for } i=1,2,\dots,6 \quad (37)$$

Note that, the RAO in Equation (37) is equal to the RAO in Equation (35), which is just for the demonstration of the domain;

$$H_i(\omega, V_s, \chi) = H_i(\omega_e) \quad (38)$$

The ordinates of motion spectrum in the wave frequency domain (37) have no physical meaning, but the areas under both motion spectra, i.e. the motion amplitude variances are equal [26];

$$m_{i0} = \int_0^\infty S_{\eta_i}(\omega) d\omega = \int_0^\infty S_{\eta_i}(\omega_e) d\omega_e \quad (39)$$

Similar to (27), the following equation can be written for the motion amplitude in the limit as $\delta\omega$ approaches zero;

$$\frac{1}{2} |\bar{\eta}_{i,n}|^2 = S_{\eta_i}(\omega_n) \delta\omega \quad (40)$$

Therefore, motion amplitudes for each component can be found as follows if $\delta\omega$ is small enough;

$$|\bar{\eta}_{i,n}| = \sqrt{2 S_{\eta_i}(\omega_n) \delta\omega} \quad (41)$$

In short-crested seas, component amplitude can be found as follows, similar to Equation (31);

$$|\bar{\eta}_{i,n,m}| = \sqrt{2 S_{\eta_i}(\omega_n, \nu_m) \delta\omega \delta\nu} \quad (42)$$

where;

$$S_{\eta_i}(\omega_n, \nu_m) = |H_i(\omega_n, V_s, \chi_m)|^2 S(\omega_n, \nu_m) \quad (43)$$

Here χ_m is the heading angle, i.e. the ship course relative to the each secondary wave direction v_m ;

$$\chi_m = \text{course} - v_m \quad (44)$$

where, if $\chi_m < 0$, then $\chi_m = \chi_m + 2\pi$.

From (31) and (43), Equation (42) can be rewritten as follows;

$$|\bar{\eta}_{i,n,m}| = \bar{\zeta}_{n,m} |H_i(\omega_n, V_S, \chi_m)| \quad (45)$$

The time series data for the seakeeping simulation (ship responses) in short-crested seas can be generated with the similar algorithm as indicated by Perez [9], using pre-calculated frequency domain RAOs for the selected sea-state and sea-spectrum;

$$\eta_i(t) = \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M |\bar{\eta}_{i,n,m}| \cos(\omega_{e,n,m}t + \sigma_{i,n,m} + \varepsilon_{n,m}) \quad \text{for } i=1,2,3 \quad (46)$$

$$\eta_i(t) = \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M |\bar{\eta}_{i,n,m}| k_n \cos(\omega_{e,n,m}t + \sigma_{i,n,m} + \varepsilon_{n,m}) \quad \text{for } i=4,5,6$$

Here $\sigma_{i,n,m}$ is the component phase-shift angle of the response. Encounter frequency for each heading angle (44) is as follows

$$\omega_{e,n,m} = \omega_n - \frac{\omega_n^2 V_S}{g} \cos \chi_m \quad (47)$$

The time series data for the seakeeping simulation (ship responses) in long-crested seas can be also generated by the above formula with $M = 1$ and $dV = 1$ [9].

3.5. Derived Responses

The time series of the derived responses like absolute or relative motions, accelerations; vertical distortion, shear force and bending moment distribution of ship sections can be obtained by the “real time computer experiments”. The excessive motions, deck wetness, slamming or emergence at any location can be observed and analyzed from the relative motion time history.

As an example, the absolute vertical motion involves heave and pitch motions only for the ships in long-crested irregular head seas. The time series data for the absolute vertical motion at any point of the

ship can be generated as follows;

$$\eta_{AV}(t) = \eta_3(t) - \bar{x} \sin(\eta_5(t)) \quad (48)$$

where \bar{x} is the distance from the center of the body-fixed coordinate system. Note that sine of a small angle is equal to the angle itself in radians. Therefore, the above equation becomes as follows;

$$\eta_{AV}(t) = \eta_3(t) - \bar{x} \eta_5(t) \quad (49)$$

Likewise, the vertical component of the angular pitch motion RAO at any point of the ship becomes as follows;

$$|H_{SV}(\omega_e)| = \bar{x} k |H_5(\omega_e)| \quad (50)$$

where k is the wave number.

Superposition of the amplitudes of two simple harmonic motions, acting in the “same” direction is given by the following equation [33];

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\theta_1 - \theta_2)} \quad (51)$$

where A_1, θ_1 and A_2, θ_2 are the amplitudes and phases respectively. The resultant phase is given by the following equation [33];

$$\theta = \arctan\left(\frac{A_1 \sin \theta_1 + A_2 \sin \theta_2}{A_1 \cos \theta_1 + A_2 \cos \theta_2}\right) \quad (52)$$

Since RAO is the non-dimensional motion amplitude, the superposition of heave and vertical component of pitch RAOs acting in the “opposite” direction becomes as follows;

$$|H_{AV}(\omega_e)| = \sqrt{|H_3|^2 + |H_{SV}|^2 - 2|H_3||H_{SV}|\cos(\sigma_3 - \sigma_5)} \quad (53)$$

The above equation is for the RAO of the absolute vertical motion at any point of the ship in long-crested irregular head seas. The resultant phase becomes;

$$\sigma_{AV} = \arctan\left(\frac{|H_3| \sin \sigma_3 - |H_{SV}| \sin \sigma_5}{|H_3| \cos \sigma_3 - |H_{SV}| \cos \sigma_5}\right) \quad (54)$$

The absolute longitudinal, lateral and vertical motion formulations for six degrees of freedom are given by Lloyd [26]. For example, the RAO and the phase of the absolute vertical motion which involves

heave, pitch and roll motions are given by following equations;

$$|H_{AV}(\omega_e)| = \sqrt{P_{11}^2 + P_{12}^2} \quad (55)$$

$$\sigma_{AV} = \arctan\left(\frac{P_{12}}{P_{11}}\right) \quad (56)$$

where;

$$P_{11} = |H_3| \cos \sigma_3 + |H_{4V}| \cos \sigma_4 - |H_{5V}| \cos \sigma_5 \quad (57)$$

$$P_{12} = |H_3| \sin \sigma_3 + |H_{4V}| \sin \sigma_4 - |H_{5V}| \sin \sigma_5$$

If there is no roll motion, the above six degrees of freedom formulation yields to the Equation (53) and (54) using appropriate trigonometric identities. The corresponding absolute motion spectrum can be found similar to Equation (35);

$$S_{AV}(\omega_e) = |H_{AV}(\omega_e)|^2 S(\omega_e) \quad (58)$$

The absolute vertical velocity and acceleration RAOs can be written as follows;

$$|H'_{AV}(\omega_e)| = \omega_e |H_{AV}(\omega_e)| \quad (59)$$

$$|H''_{AV}(\omega_e)| = \omega_e^2 |H_{AV}(\omega_e)|$$

The relative motion RAO and phase formulation is also given by Lloyd [26]. For instance, the RAO of the relative vertical motion is as follows;

$$|H_{RV}(\omega_e)| = \sqrt{|H_{AV}|^2 - 2|H_{AV}|\bar{\zeta} \cos(\sigma_{AV} + Q) + \bar{\zeta}^2} \quad (60)$$

where $Q = k \bar{x} \cos \mu$. For the ships in head seas $Q = -k \bar{x}$. The phase of the relative vertical motion is given by the following equation.

$$\sigma_{RV} = \arctan\left(\frac{|H_{AV}| \sin \sigma_{AV} + \bar{\zeta} \sin Q}{|H_{AV}| \cos \sigma_{AV} + \bar{\zeta} \cos Q}\right) \quad (61)$$

The time series data for the relative vertical motion at any point of the ship can be generated as follows;

$$\eta_{RV}(t) = \eta_3(t) - \bar{x} \eta_5(t) - \zeta(\bar{x}, t) \quad (62)$$

The time series data for the absolute and relative vertical motion velocity and acceleration at any point (bow, midships or stern) can be derived by differentiating

the absolute and relative vertical motion time series data (49)&(62) once and twice respectively.

The expressions are slightly different for the hydroelasticity theory [32], as investigated by Belik [1]. For the symmetric response of ships in long-crested irregular head seas, the RAO for the vertical distortions of a ship section is expressed as follows [1, 3];

$$|w(x)| = \left| \sum_{r=0}^n p_r w_r(x) \right| \quad (63)$$

where x is the distance from the aft perpendicular of the ship, p_r represents the complex quantities called "principle coordinates" and $w_r(x)$ represents the "principle mode shapes" of the symmetric vibration. The above superposition algorithm needs care similar to Equation (51) and (53), since the polar form of complex quantities has amplitudes and phases.

The principle coordinates consist of "rigid body" modes ($r = 0, 1$) and the distortion modes ($r = 2, 3, \dots, n$) [32]. The bodily principal coordinates for the rigid modes are the heave and pitch motions of the ship respectively;

$$|p_0| = |H_3(\omega_e)| \quad (64)$$

$$|p_1| = \frac{L_{BP}}{2} \sin(k |H_5(\omega_e)|)$$

where L_{BP} is the ship's between perpendiculars and k is the wave number. The principle mode shapes for the rigid modes ($r = 0, 1$) are shown in References [1, 2, 3, 32]. Since mode shapes are a function of x/L_{BP} , for the rigid body modes only, Equation (63) becomes the absolute vertical motion similar to Equation (53).

Similar to Equation (46), the time series data for the principle coordinates can be generated by the following algorithm [2];

$$w(x, t) = \sum_{j=1}^m \sum_{r=0}^n \bar{\zeta}_j |p_{r,j}| w_r(x) \cos(\omega_e j t + \arg(p_{r,j}) + \varepsilon_j) \quad (65)$$

4. Validation

Validation of the time series of wave elevation and all responses, including the derived ones can be performed using the spectral analysis technique which includes discrete Fourier transform (DFT), and smoothing algorithms, as explained by Belik [1] and Newland [34].

For the spectral analysis, the time step of the simulation should be selected as follows [1, 34];

$$\Delta t = \frac{\pi}{\omega^*} \tag{66}$$

Here ω^* is the “Nyquist frequency” in radians per second, which is the highest wave or encounter frequency used for the generation of the time series. The time length of the simulation with N discrete data points becomes as follows [1];

$$T_N = N \Delta t \tag{67}$$

The number of discrete data points should be a power of two as a condition of the fast Fourier transform (FFT) algorithm. Therefore the time series data must be extended by adding L additional zeros as amplitude [1, 34];

$$N + L = 2^p \tag{68}$$

where p is a positive integer. The extended time length of the discrete data points with the additional zeros becomes as follows;

$$T_L = (N + L) \Delta t \tag{69}$$

The DFT algorithm for the $N + L$ data points is defined as follows [1, 34];

$$X_k = \frac{1}{N+L} \sum_n^{N+L-1} x_n \exp\left(-i \frac{2\pi nk}{N+L}\right) \text{ for } k=0,1,\dots,N+L-1 \tag{70}$$

Here X_k is the k^{th} complex Fourier coefficient, x_n is the n^{th} discrete data point of the time series, including the additional zeros, and i is the imaginary unit of a complex number. The above algorithm (70) can also be performed using the built in MATLAB commands “nextpow2” and “fft”;

$$X_k = (1/2 \wedge \text{nextpow2}(N)) * \text{fft}(x_n) \tag{71}$$

The corresponding circular frequency in radians per second for the k^{th} coefficient is as follows [1, 34];

$$\omega_k = \frac{2\pi k}{T_L} \tag{72}$$

The DFT is valid for frequency up to the Nyquist frequency. From Equation (66) and (69) following relation can be written to find the maximum value of the k [34];

$$\omega^* = \frac{2\pi k_{\text{max}}}{(N+L)\Delta t} = \frac{\pi}{\Delta t} \tag{73}$$

As shown in the above equation, the maximum value of the k for the validation should be as follows;

$$k_{\text{max}} = \frac{N+L}{2} \tag{74}$$

Therefore, the DFT algorithm for the validation is defined as follows [1, 34];

$$X_k = \frac{1}{N+L} \sum_n^{N+L-1} x_n \exp\left(-i \frac{2\pi nk}{N+L}\right) \text{ for } k=0,1,\dots,\frac{N+L}{2} \tag{75}$$

The k^{th} real Fourier coefficient is given as follows [1, 34];

$$S_k = X_k^* X_k = |X_k|^2 \tag{76}$$

where X_k^* is the complex conjugate of the X_k . The ordinates of the continuous spectral estimate are given as follows [1, 34];

$$S'(\omega_k) = \frac{N+L}{N} \frac{T_L}{2\pi} S_k \tag{77}$$

Here $(N+L)/N$ is the correction factor for the additional zeros. The smoothing of the spectral estimate ordinates “to increase their statistical reliability” can be performed with the following algorithm [1, 34];

$$\bar{S}(\omega_k) = \frac{1}{2s+1} \sum_{q=-s}^s S'(\omega_{k+q}) \text{ for } k=0,1,\dots,\frac{N+L}{2} \tag{78}$$

where $2s+1$ is the span of the smoothing process;

$$2s+1 = \frac{N+L}{N} T_N \beta_e = T_L \beta_e \tag{79}$$

Here β_e is the “effective bandwidth”, i.e. the frequency interval for the smoothing

$$\beta_e = \frac{2s+1}{T_L} \quad (80)$$

The dimension of the effective bandwidth is Hertz (Hz), since the frequency step for the spectral estimates in Equation (78) is $2\pi/T_L$ in radians per second, as shown by Equation (72). Belik [1] expressed the effective bandwidth as the following;

$$\beta_e = \frac{2\pi}{\alpha^2 T_N} \quad (0 < \alpha < 1) \quad (81)$$

Here as α tends to zero the precision of the spectral estimate in the effective bandwidth increases. The above algorithm (78) can also be performed using the built in the MATLAB command “smooth with default “moving” method”;

$$\bar{S}(\omega) = \text{smooth}(S'(\omega), 2s+1, \text{'moving'}) \quad (82)$$

In conclusion, according to Price and Bishop [28] (cited by Belik [1]) the “physically realizable one sided spectral density function” is as follows;

$$\phi(\omega) = 2\bar{S}(\omega) \quad (83)$$

For the validation, the spectral density functions derived from time series data with above process were compared to the original pre-calculated spectra which were used for the generation of the time series at 350 frequency abscissae. The time series were generated using ITTC Two-Parameter Spectrum at “sea-state 6” for the Northern Hemisphere.

The long-crested irregular wave elevation time histories generated by Equation (26) at a fixed point and the corresponding spectral validations are shown in Figure 5 and Figure 6. The maximum wave frequency, i.e. the Nyquist frequency is 1.60 radians per second. The length of the first time series is 5400 seconds and $\alpha = 0.26$. The length of the second time series is 1800 seconds and $\alpha = 0.45$. The length of the time series and the effective bandwidth changes the

accuracy of the derived spectral density function as Newland [34] stated. For the further validation studies the length of each time series is 1800 seconds and $\alpha = 0.45$. For the short-crested wave data, the spectral validation can be performed separately for each secondary wave direction component. For example, the component series for $\nu - \mu = 0^\circ$ and $\nu - \mu = 75^\circ$ with $\delta\nu = 15^\circ$ and the corresponding spectral validations are shown in Figure 7 and Figure 8 respectively.

Heave and pitch motion time history (in long-crested seas) of a DTMB Model 5415 representing the preliminary design of the DDG-51 hull form [35] (in forward motion with the Froude number of 0.41), derived from Equation (46), shown in Figure 9 and Figure 10 was validated like the wave time history. The maximum encounter frequency, i.e. the Nyquist frequency is 2.50 radians per second. The motion time series in short-crested seas can also be validated separately for each secondary wave direction component.

The absolute vertical motion time histories at bow and stern of a frigate generated by Equation (49) and the spectral validations are shown in Figure 11 and Figure 12.

5. Summary and Conclusions

In this study, the simulation-based analysis method (a.k.a. the real time computer experiment method) of ship motions and wave elevation was discussed with the procedure of spectral validation. For this purpose, visually simulated time series of ship motions and wave elevation were generated for the demonstration and analysis of the pre-calculated seakeeping results. Validation of the time series of wave elevation and all responses, including the derived ones were performed using the spectral analysis technique which includes discrete Fourier transform (DFT), and smoothing algorithms. It is found that this analysis method can be adapted

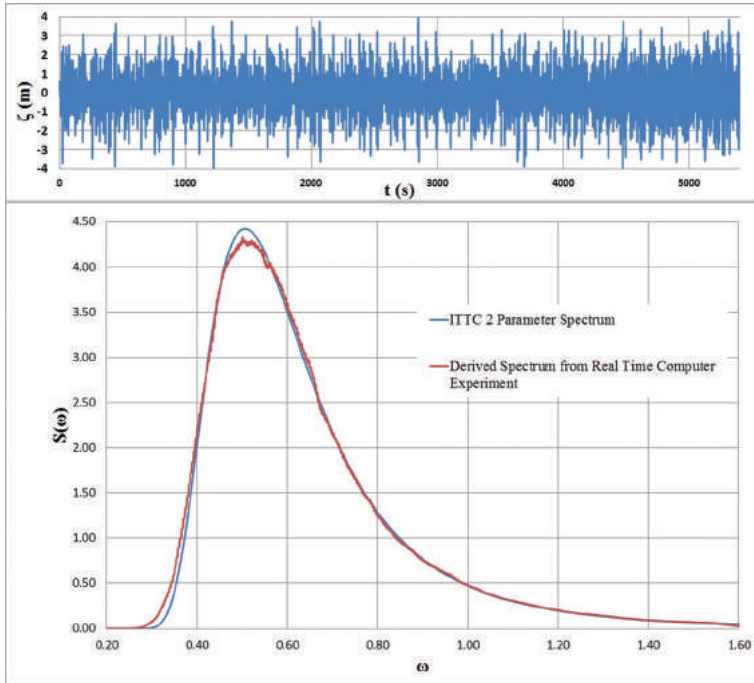


Figure 5. Long-Crested Irregular Wave Time History (5400 seconds) and Spectral Validation (RMS Amplitude = 1.25 m, Significant Amplitude = 2.5 m)

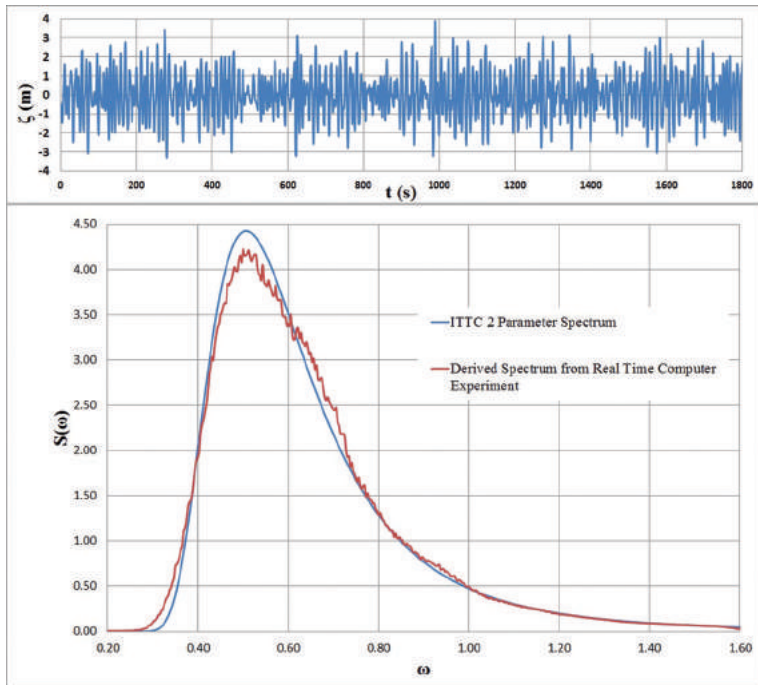


Figure 6. Long-Crested Irregular Wave Time History (1800 seconds) and Spectral Validation (RMS Amplitude = 1.25 m, Significant Amplitude = 2.5 m)

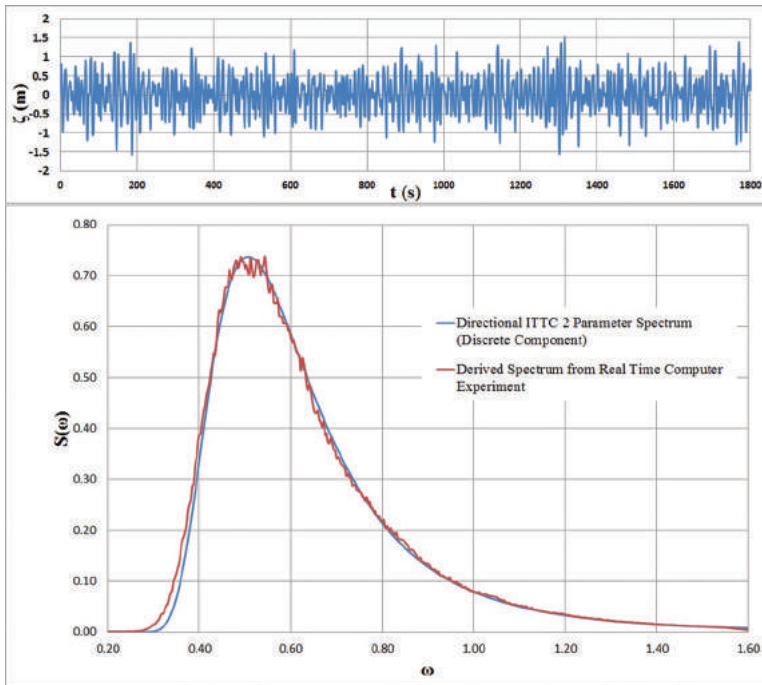


Figure 7. Short Crested Irregular Wave Time History Component (for $\nu - \mu = 0^\circ$ and $\delta\nu = 15^\circ$) and Spectral Validation

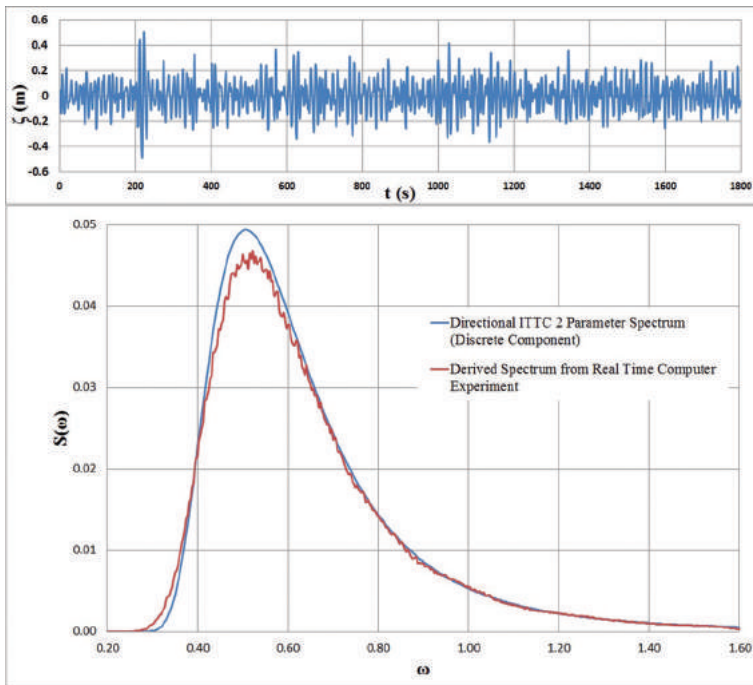


Figure 8. Short Crested Irregular Wave Time History Component (for $\nu - \mu = 75^\circ$ and $\delta\nu = 15^\circ$) and Spectral Validation

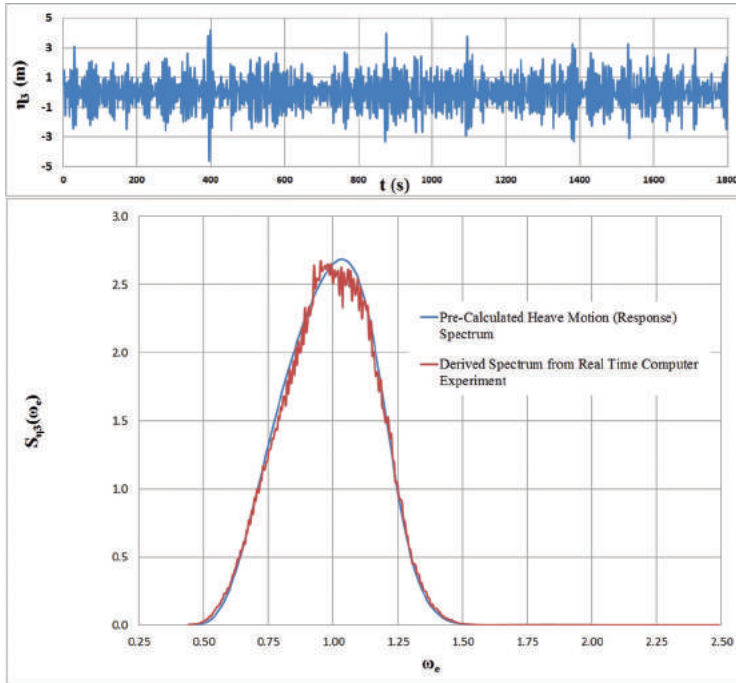


Figure 9. The Heave Motion Time History (In Long-Crested Seas) and Spectral Validation (RMS Amplitude = 1.12 m, Significant Amplitude = 2.24 m)

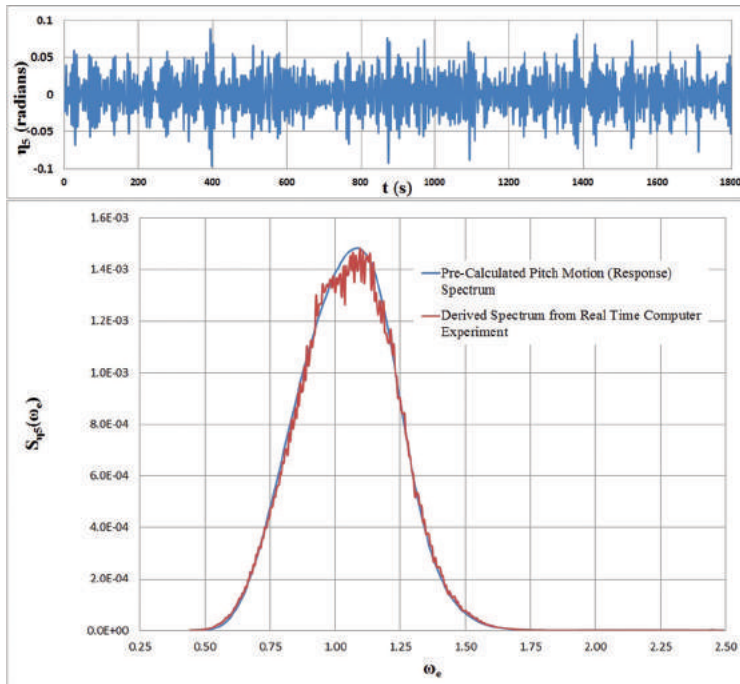


Figure 10. The Pitch Motion Time History (In Long-Crested Seas) and Spectral Validation (RMS Amplitude = 0.0266 radians, Significant Amplitude = 0.0532 radians)

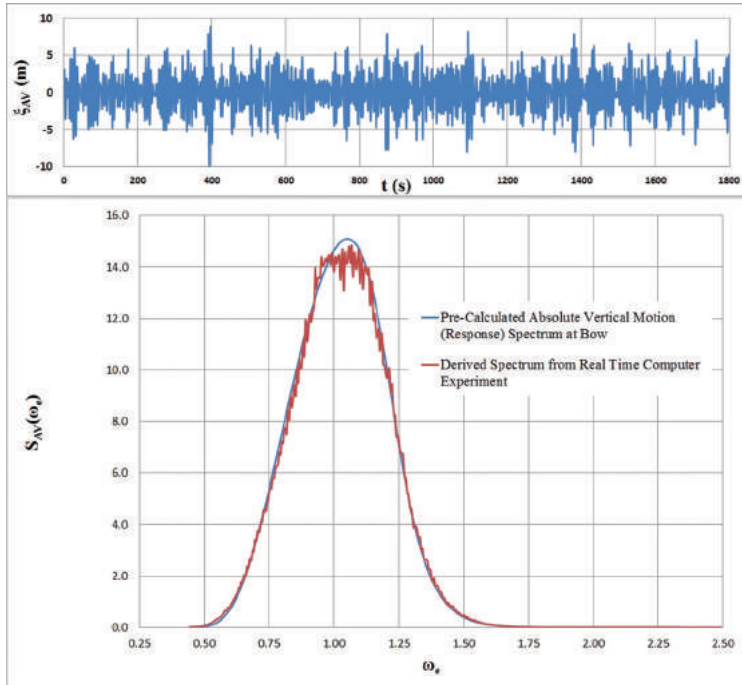


Figure 11. The Absolute Vertical Motion Time History at Bow (In Long-Crested Seas) and Spectral Validation (RMS Amplitude = 2.63 m, Significant Amplitude = 5.26 m)

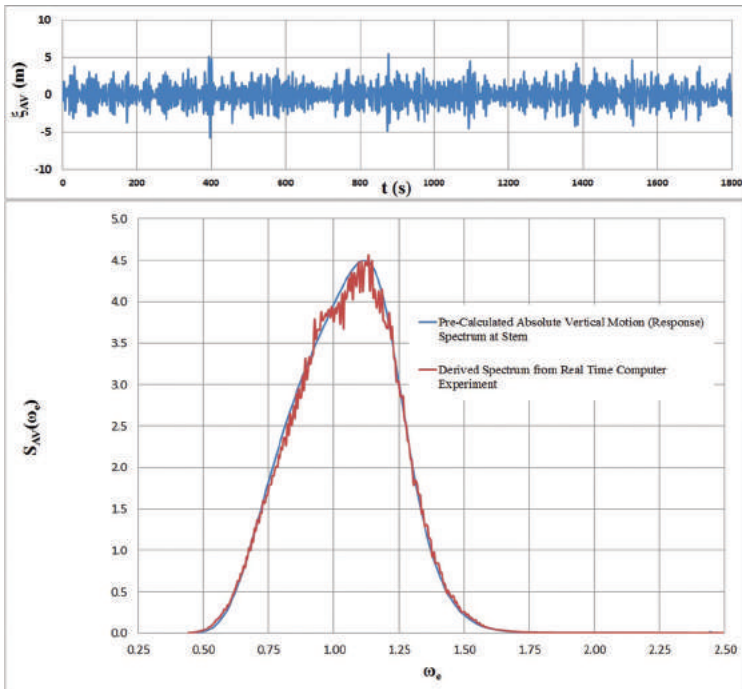


Figure 12. The Absolute Vertical Motion Time History at Stern (In Long-Crested Seas) and Spectral Validation (RMS Amplitude = 1.50 m, Significant Amplitude = 3.00 m)

to design and validation studies for both the naval platform itself and the systems on board effectively. The analysis of the simulation results provides sufficient information about the extreme motions and accelerations. Observation of the deck wetness, slamming or emergence at any location is also feasible from the relative motion time history. Utilizing the ship hydroelasticity theory [32], the vertical distortion, shear force and bending moment distribution of ship sections can be acquired by these computer experiments. Furthermore, the results of this study may also be suitable for the ship-handling simulators or helicopter landing on ship simulations for more realistic visualization.

As indicated by Belik and Gökmen [2] the importance of the simulation-based analysis is its practical and innovative nature. The desired length of time series data for any ship response, including the derived ones can be generated without any cost and restrictions except the computer performance. Comparison of the performance of different hull forms in the same irregular sea condition is possible with this simulation technique. If supported by experimental results, a database of the responses from the different type of hull forms can also be generated. Moreover, the real time simulation-based analysis method may prevent the over-design issues and allow the refinement of the design criteria for both the naval platform itself and the systems on board.

References

- [1] Belik, M.Ö. (1982). Symmetric Response of Ships in Regular and Irregular Waves, Doctoral thesis, University College London.
- [2] Belik, M.Ö. and Gökmen, M. (1995). Gemilerin Aşırı Deniz Şartlarında Davranışının Bilgisayarla Simülasyonu. Deniz Kuvvetleri Komutanlığı, 2inci Teknik Sempozyumu, İstanbul, 1995.
- [3] Başaran, İ. (2005). Responses of Ships in Extreme Sea Conditions, Thesis (M.Sc.), İstanbul Technical University, Institute of Science and Technology, İstanbul. Retrieved: 12 March 2016, from: <http://hdl.handle.net/11527/11939>.
- [4] Yeo, D.J., Cha, M. and Mun, D. (2012). Simulating ship and buoy motions arising from ocean waves in a ship handling simulator. Simulation: Transactions of the Society for Modeling and Simulation International, 2012:88(12):1407-1419. Retrieved: 07 June 2013, from: <http://sim.sagepub.com/content/88/12/1407.full.pdf+html>.
- [5] Menteş, A., Yetkin, M., Türkoğlu N., Yalçın, İ., Akyıldız, H. and Helvacıoğlu, İ.H. (2013). Açık Deniz Petrol Platformu Modellemesinde Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı. Journal of ETA Maritime Science, 2013:1(2):1-8.
- [6] He, B., Wang, W., Zhang, Y. and Liu, L. (2016) A Simulation Model of a Helicopter Landing on a Ship. International Journal of Simulation Systems, Science & Technology, 2016:17(25):5.1-5.7.
- [7] OGRE3D (2013). Open Source 3D Graphics Engine. Retrieved: 04 February 2013, from: <http://www.ogre3d.org/>.
- [8] Adanır, İ.R., Schoenwaelder, B. and Schumann, L. (2002). Ship Motion Simulation., Project. The University of Michigan Virtual Reality Laboratory (VRL) at the College of Engineering, Ann Arbor. Retrieved: 05 May 2012, from: http://www-vrl.umich.edu/sel_prj/wave_ship/.
- [9] Perez, T. (2005). Ship Motion Control, Course Keeping and Roll Stabilisation Using Rudder and Fins. London: Springer-Verlag.
- [10] St. Denis, M. and Pierson, W.J. (1953). On the Motions of Ships in Confused

- Seas. Transactions, Society of Naval Architects and Marine Engineers, 1953:61:280-357.
- [11] Beck, R.F., Cummins, W.E., Dalzell, J.F., Mandel, P. and Webster, W.C. (1989). Motion in Waves. In E.V. Lewis, (Ed.), Principles of Naval Architecture (2nd revision, Vol. 3) (pp. 1-190). Jersey City, NJ: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- [12] Salvesen, N., Tuck, E.O. and Falinsen, O. (1970). Ship Motions and Sea Loads. Transactions, Society of Naval Architects and Marine Engineers, 1970:78:250-279.
- [13] González, X.V. (2008). Hydrax. Version 0.5.1. Ogre3D add-on library. Retrieved: 04 February 2013, from: <http://www.ogre3d.org/tikiwiki/Hydrax>.
- [14] Johanson, C. (2004). Real-time water rendering, Introducing the projected grid concept, Thesis (M.Sc.), Department of Computer Science, Lund University, Lund Sweden. Retrieved: 29 May 2013, from: <http://fileadmin.cs.lth.se/graphics/theses/projects/projgrid/projgrid-lq.pdf>.
- [15] WMO Manual on Codes (Publication No.306) (2015). International Codes, Volume I.1, Annex II to the WMO Technical Regulations, Part A - Alphanumeric Codes, 2011 ed., Updated in 2015. Retrieved: 02 June 2016, from: http://www.wmo.int/pages/prog/www/WMOCodes/WMO306_v11/Volumel.1.html.
- [16] STANAG 4154 (2000). Common Procedures for Seakeeping in the Ship Design Process (3rd Ed.), NATO Military Agency for Standardisation.
- [17] Sverdrup, H. U. and Munk, W. H. (1947). Wind, Sea and Swell: Theory of Relations for Forecasting (H.O.Pub. No. 601). U.S.Navy Department Hydrographic Office. Retrieved: 13 June 2016, from: <http://archive.org>.
- [18] Longuet-Higgins, M.S. (1952). On the Statistical Distribution of the Heights of Sea Waves. Journal of Marine Research, 1952:11(3):245-266.
- [19] 12th International Towing Tank Conference (1969). Technical Decisions and Recommendations. Rome, Italy.
- [20] Pierson, W.J. and Moskowitz, L. (1964). A Proposed Spectral Form for Fully Developed Wind Seas Based on the Similarity Theory of S. A. Kitaigorodski. Journal of Geophysical Research, 1964:69(24):5181-5190.
- [21] Bretschneider, C.L. (Ed.). (1959). Wave Variability and Wave Spectra for Wind Generated Gravity Waves (Technical Memorandum No.118). Beach Erosion Board, US Army Corps of Engineers.
- [22] Michel, W.H. (1999). Sea Spectra Revisited. Marine Technology, 1999:36(4):211-227.
- [23] 15th International Towing Tank Conference (1978). Recommendations of the Executive Committee and the Technical Committee and Panels. Hague, Netherlands.
- [24] Hasselmann, K., Barnett, T.P., Bouws, E., Carlson, H., Cartwright, D.E., Enke, K., Ewing, J.A., Gienapp, H., Hasselmann, D.E., Kruseman, P., Meerburg, A., Müller, P., Olbers, D.J., Richter, K., Sell, W., Walden, H. (1973). Measurements of Wind-Wave Growth and Swell Decay During the Joint North Sea Wave Project (JONSWAP). Ergänzungsheft zur Deutschen Hydrographischen Zeitschrift, Reihe A(80), Nr. 12. Retrieved: 05 June 2016, from: TU Delft Institutional Repository, <http://repository.tudelft.nl>.
- [25] 17th International Towing Tank Conference (1984). Report of Seakeeping Committee, Recommendations Concerning the Work of the Information Group and

- the Technical Committees Adopted by the 17th ITTC. Göteborg, Sweden.
- [26] Lloyd, A.R.J.M. (1989). *Seakeeping: Ship Behaviour In Rough Weather*. Chichester, West Sussex: Ellis Horwood Limited.
- [27] 18th International Towing Tank Conference (1987). Report of Seakeeping Committee. Kobe, Japan.
- [28] Price, W.G. and Bishop, R.E.D. (1974). *Probabilistic Theory of Ship Dynamics*. London: Chapman and Hall.
- [29] Beck, R.F. and Reed, A.M. (2001). *Modern Computational Methods for Ships in a Seaway*. Updated version of a paper prepared as an invited lecture for the Twenty-third Symposium on Naval Hydrodynamic.
- [30] Newman, J.N. (1978). *Theory of Ship Motions*. *Advances in Applied Mechanics*, 1978:18:221-283.
- [31] 9th International Towing Tank Conference (1960). *Seagoing Qualities of Ships*. Paris, France.
- [32] Bishop, R.E.D. and Price, W.G. (1979). *Hydroelasticity of Ships*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [33] *Flexible Learning Approach to Physics (1994) Physics Module P5.1, Simple Harmonic Motion, The Open University*. Retrieved: 22 May 2016, from: <http://www.physics.ox.ac.uk/teach/FLAP/FLAP/P5.1.pdf>.
- [34] Newland, D.E. (1993). *An Introduction to Random Vibrations, Spectral and Wavelet Analysis (3rd ed.)*. New York: John Wiley & Sons.
- [35] Ratcliffe, T.J., Mutnick, I. and Rice, J. (2001). *Stern Wave Topography and Longitudinal Wave Cuts Obtained on Model 5415, With and Without Propulsion (NSWCCD-50-TR-2000/028)*. West Bethesda, Maryland: David Taylor Model Basin Naval Surface Warfare Center, Carderock Division.



Gemiadamlarının Özel Deniz Güvenlik Şirketi Algıları Üzerine Bir Çalışma: Türkiye Perspektifi

Taha Talip TÜRKİSTANLI¹, Barış KULEYİN¹

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Türkiye, t.turkistanli@hotmail.com; baris.kuleyin@deu.edu.tr

Öz

Son yıllarda asimetrik bir tehdit olarak gündeme gelen deniz haydutluğu denizcilik sektörünü bir anlamda hazırlıksız yakalamıştır. Deniz haydutluğuna karşı alınan önlemlerin sektör tarafından aranan güvenlik ihtiyacını karşılayamaması, yeni bir olgu olarak, özel deniz güvenlik şirketlerini öne çıkarmıştır. Bu bilgiler ışığında, deniz haydutluğuna karşı gemilerde silahlı özel gemi güvenlik personeli bulundurulması ve Türk gemiadamlarının bu konuya bakış açısının tespit edilmesi amacıyla, tanımlayıcı ve kısmen de keşifsel bir araştırma gerçekleştirilmiştir. Öncelikle özel deniz güvenlik şirketleri konusunda gerçekleştirilen literatür taramasıyla özel deniz güvenlik şirketi kullanımındaki faktörler tespit edilmiştir. Belirlenen faktörler doğrultusunda bir veri toplama aracı (anket) geliştirilmiş ve saha araştırmasıyla hipotez testlerinde kullanılacak verilere ulaşılmıştır. Türk gemiadamlarına (n=125) ait bu veriler, t-testi ve frekans analizi gibi çeşitli istatistiksel yöntemlerle analiz edilmiştir. Sonuç olarak gemiadamlarının silahlı özel gemi güvenlik personelinin ilave bir önlem olarak gördüğü, bu personelin gemilerde bulunmasının şiddeti arttırmayacağını düşündüğü saptanmıştır. Ayrıca silahlı özel gemi güvenlik personeli ile aynı gemide bulunan ve bulunmayan gemiadamlarının bu personele bakışında ciddi farklılıklar olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Özel Deniz Güvenlik Şirketleri, Silahlı Özel Gemi Güvenlik Personeli, Gemiadamları, Deniz haydutluğu.

A Study on Perception of Seafarers on Private Maritime Security Companies: Perspective of Turkey

Abstract

Maritime piracy, as an asymmetric threat, has caught the whole maritime industry off guard. As anti-piracy measures failed to meet the maritime industry's desired security requirements, private maritime security companies has risen as a new phenomenon. Noting the mentioned developments, a descriptive and partially exploratory research conducted with the purpose of defining the use of privately contracted armed security personnel and discovering the perceptions of Turkish seafarers on this case. Main factors regarding the use of private maritime security companies identified with the literature review. A data collection instrument (questionnaire) constructed and research data gathered by conducting a field research. Data gathered from the Turkish seafarers (n=125) analyzed by various statistical methods such as t-test and frequency analysis. In conclusion, it has been determined that the seafarers think that the privately contracted armed security personnel is an additional measure and will not escalate the violence onboard. It is also noted that there are serious perception differences of seafarers who worked with privately armed security personnel and those who didn't.

Keywords: Private Maritime Security Companies, Privately Contracted Armed Security Personnel, Seafarers, Maritime Piracy.

1. Giriş

Modern dünyada görülen deniz haydutluğu olaylarının uluslararası boyutta endişe yaratması sonucu ticari gemilerce çeşitli güvenlik önlemleri alınmaya başlanmıştır. Özellikle Somali bazlı deniz haydutluğu ile birlikte Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) Deniz Emniyeti Komitesi'nin (MSC) deniz haydutluğu ile mücadele kapsamında yayımlanmış olduğu 14 Eylül 2011 tarihli "Somali Açıklarında Seyreden Gemilere Karşı Girişilen Silahlı Soygun ve Deniz Haydutluğu Hakkında 1339 Numaralı Sirküler" in ("MSC.1/Circ.1339-Piracy and Armed Robbery Against Ships In Waters Off The Coast of Somalia") ekinde yer alan ve Yüksek Riskli Bölgeden geçiş yapan gemilerin işleticileri ve kaptanları için planlama ve operasyonel uygulamalar hakkındaki tavsiyeleri içeren BMP4 (Best Management Practices Against Somali Based Piracy-Version 4 August 2011), askeri deniz harekâtları, deniz haydutluğuna karşı bilgilendirme ve raporlama sistemleri gibi birçok önlem sektör tarafından benimsenmiştir. Deniz haydutluğuna karşı alınan bu önlemlerin deniz haydutluğu olaylarını azaltmakla birlikte durdurmaya yetecek güçte etki sağlayamadığı görülmüştür [1]. Kaçırılan, saldırıya uğrayan gemi sayısı ve deniz ticaret maliyetlerinin giderek artması ise gemi sahiplerinde ek güvenlik ihtiyacı oluşturmuştur [2, 25]. Yaşanan bu gelişmeler ışığında güvenlik algısı küresel çapta değişmiş ve deniz haydutluğuna karşı ek bir önlem olarak "Özel Deniz Güvenlik Şirketleri" (ÖDGŞ) ortaya çıkmıştır. Böylece büyük deniz alanlarına yayılan deniz haydutluğu saldırılarına karşı özel deniz güvenlik şirketleri tarafından ticari gemilere Silahlı Özel Gemi Güvenlik Personeli (SÖGGP) konuşlandırılmaya başlanmıştır. Başta uluslararası örgütlerce ve ülkelerce gemilerde silahlı personel bulundurulmasına karşı çıkılsa da devletlerin hüküm yetkisinden uzak

deniz alanlardaki gemilerin özel güvenlik şirketlerince korunması devletler üzerindeki yükleri azaltırken gemi sahiplerinin de güvenlik ihtiyacını karşılamıştır [3, 4].

Özel Deniz Güvenlik Şirketi (Private Maritime Security Company - PMSC) kavramı deniz alanlarında güvenlik hizmeti vermeye yoğunlaşmış ve özel güvenlik şirketlerinin alt kümesinde yer alan şirketleri tanımlamaktadır. Özel güvenlik şirketleri (private security company) şeklinde tanımlanan şirketler ise, silahlı ya da silahsız şekilde, çeşitli alanlarda özel güvenlik ve koruma faaliyetlerinin genel kolluktan farklı olarak kendi özel yasalarıyla gerçekleştiren kuruluşlardır [5]. Özel deniz güvenlik şirketlerinin çalışma alanları olan farklı devlet karasuları ya da açık deniz alanları göz önünde bulundurulduğunda, mevcut özel güvenlik yasalarının olmadığı ya da bu yasaların uygulanabilir olmadığı görülmektedir. Bu nedenle ticari gemilerde ÖDGŞ hizmetlerinden yararlanılması ve gemi bünyesinde SÖGGP bulundurulmasına yönelik uluslararası düzenlemeler oluşturulmuştur. Ancak bu düzenlemelerin yasal anlamda bir bağlayıcılığı olmamış ve ÖDGŞ hizmetlerine dair yasaların geliştirilmesi bayrak devletlerine bırakılmıştır. Bu nedenle uluslararası alanlarda ÖDGŞ hizmetlerine dair görülen kurallar yumuşak hukuk kapsamında bağlayıcılığı olmayan araçlar şeklinde ortaya çıkmıştır [6]. Bunun ardından ABD, Almanya, İspanya, İngiltere gibi ülkeler gemilerde SÖGGP kullanımını kabul ederek bu uygulamayı ülke yasalarına dâhil etmişlerdir. Durum Türkiye açısından değerlendirildiğindeyse bu konuya ilişkin düzenlemeler konusunda diğer ülkelere göre geride kaldığı görülmektedir. Nitekim Türk yasalarında ticari gemilerin bünyelerinde ÖDGŞ'lere bağlı SÖGGP bulundurulmasına dair bir düzenleme bulunmadığı görülmektedir. Bu durum Türk bayraklı gemileri

SÖGGP kullanımına bağlı yaşanabilecek olumsuzluklara açık bırakmakla birlikte, gemi sahiplerini ek güvenlik önlemleri ile hukuksal belirsizlik arasında bir tercih yapmaya zorlamıştır. Literatürde sıkça bahsedilen SÖGGP kullanımının denizlerdeki şiddeti arttırması ve özellikle denetimsiz SÖGGP'lerin gemiadamlarını daha büyük tehlikeye sokması konusu da burada gündeme gelmiştir. Bu nedenle hali hazırda deniz haydutluğu tehlikesiyle karşı karşıya olan gemiadamlarının Türk ticaret gemilerinde, ülke denetiminden uzak SÖGGP'ler ile çalışmasının nasıl bir etki yarattığı sorusu araştırılmak istenmiştir.

2. Literatür Taraması

Ulusal literatürde deniz haydutluğu konusunun sıkça işlendiği ancak özel deniz güvenlik şirketlerine dair detaylı araştırmaların kısıtlı kaldığı görülmüştür. Bu nedenle deniz haydutluğu ana konusu altında bir bölüm olarak ÖDGŞ konusunun işlendiği araştırmalar literatür taramasına dahil edilmemiştir. Uluslararası literatürde ise özel deniz güvenlik şirketlerinin farklı boyutlardan incelendiği görülmektedir.

Berndtsson ve Østensen (2015), Danimarka, Norveç ve İsveç örnekleri üzerinden giderek İskandinav ülkelerinin özel deniz güvenliğine bakış açısını incelemişlerdir. Bu incelemeyi devletlerin güç kullanma yetkisini devretmesi ve güvenliğin dış kaynaklar ile sağlanması sonucu oluşabilecek aşırı güç kullanımı gibi olumsuzların üzerinde durarak geliştirmişlerdir. Buna ek olarak İskandinav ülkelerinin özel güvenlik politikaları ile özel deniz güvenlik konusunda izledikleri tutumları karşılaştırarak ÖDGŞ yasaları konusunda atılan adımlar araştırma kapsamında görülmektedir [7]. Bürgin (2014) ise, İspanya'nın deniz haydutluğu mücadelesini ve ÖDGŞ konusunda izlediği özgün yöntemin yasal dayanaklarını inceleyerek, ticari gemilerde SÖGGP bulunması konusu üzerinde durmuştur.

Çalışmada özellikle gemi sahiplerinden gelen SÖGGP kullanımı talepleri üzerinde de durulmuştur [8]. Yapılan çalışmaların bir kısmı bu açıdan ülkelerin ÖDGŞ tutumlarına ve yasalarına odaklanmıştır. Struwe (2012) tarafından yapılan çalışmada ise, ÖDGŞ'lerin verdikleri hizmetler incelenerek gemi sahiplerine sunulan güvenlik önlemleri tartışılmış ve özel deniz güvenliğinin deniz haydutluğuna karşı mücadelede bulunduğu yer araştırılmıştır. Buna göre özel deniz güvenliğinin etkililiği sorgulanmış ve deniz haydutluğuna karşı uzun süreli bir çözüm olmadığı ifade edilmiştir [9]. Yapılan detaylı tarama sonucu ÖDGŞ konusunda uluslararası literatürde tartışılan konulardan bazıları Tablo 1'de verilmektedir.

Genel olarak bakıldığında ise özel deniz güvenliği literatürünün ÖDGŞ teknik yapısına ya da deniz haydutluğuna karşı verilen mücadeleye odaklandığı [10, 11, 12] ülke bazında karşılaştırmalarla ÖDGŞ yasalarının tartışıldığı [13, 14, 15] veya sorunun uluslararası boyutunun araştırıldığı [3, 16, 1] çalışmalar şeklinde geliştiği görülmektedir. Bununla birlikte çeşitli çalışmalarda gemi sahiplerinden taleplerden bahsedilmekle birlikte ÖDGŞ konusunun gemi sahipleri ya da gemiadamları açısından değerlendirildiği bir çalışma bulunmamaktadır. Ayrıca SÖGGP hizmetinin artmasıyla birlikte zaten deniz haydutluğu nedeniyle tehlikede olan gemiadamlarının daha da tehlikede kalacağı ifade edilmektedir. Ancak bu görüş şimdiye kadar herhangi bir kanıtla desteklenmemiş olmakla birlikte SÖGGP ile doğrudan aynı gemide çalışan gemiadamlarının bu uygulamaya bakış açılarına dair de bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle çalışmada, literatürde tartışılan konular üzerinden bir anket geliştirilerek, gemiadamlarının ÖDGŞ konusuna bakış açılarının tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Tablo 1. Özel Deniz Güvenlik Şirketlerinin Uluslararası Literatüre Yansıması

Kaynak Çalışmalar	Değişkenler	Savunmaya yönelik yapı	Güç kullanımını -Aşırı güç kullanımını	İnsan haklarının gözetilmesi	Müşteri odaklı yapı	ÖDĞŞ yasaları/regülasyonları	BMP 4 ile uyum	Dış kaynak kullanımını Güç kullanımının özelleşmesi	Şiddetin ve tehlikenin artması	ÖDĞŞ etkililiği	Raporlama eksikliği	Gemi kaptanının yetkisi	Silahların kontrolü	Davranış kuralları	Olay yerinde koruma	Denizcilik endüstrisinden gelen ÖDĞŞ talepleri
Berndtsson ve Østensen 2015 [7]		x	x		x	x	x	x	x	x	x		x			x
Bürgin 2014 [8]		x	x		x			x			x	x	x			x
Bürgin ve Schneider 2015 [13]	x	x			x					x	x			x	x	x
Coito 2013 [16]	x	x	x	x		x	x	x	x					x	x	
Cusumano ve Ruzza 2015 [15]	x	x			x	x	x	x	x			x	x			x
Fitzsimmons 2013 [1]	x	x		x		x			x	x					x	
Liss 2015 [3]		x			x					x	x		x			
Mahard 2014 [14]		x	x	x	x	x			x		x	x	x	x	x	
Nevers 2015 [19]	x	x	x		x			x	x	x	x	x	x			x
Petrig 2013 [11]	x	x	x			x					x	x		x	x	
Pizor 2012 [12]	x	x	x			x			x	x			x			
Spearin 2014 [10]	x	x		x	x	x			x	x		x			x	
Struwe 2012 [9]			x			x				x	x	x	x	x		x

3. Araştırmanın Amacı

Bu çalışmada deniz haydutluğu önlemlerinden biri olan ÖDĞŞ hizmetlerinden biri olan SÖGGP uygulamasının Türk gemiadamları tarafından incelenmesi ve Türk gemiadamlarının bu konuya karşı olan bakış açılarının ortaya konulması hedeflenmiştir. Bu kapsamda deniz haydutluğuna karşı önlem olarak ÖDĞŞ'ler tarafından ticari gemilere konuşlandırılan SÖGGP ile aynı gemide bulunmuş ve bulunmamış Türk gemiadamları arasındaki algı farklılığının incelenmesi hedeflenmiştir. Özel deniz güvenlik şirketleri konusunda öne çıkan endişelerin Türk gemiadamlarına ne ölçüde yansıdığı, Türk gemiadamlarının özel deniz güvenliğini ne derece güvenli ve etkili bulduğu araştırma kapsamında tartışılmıştır. Son olarak SÖGGP ile aynı

gemide bulunmuş Türk gemiadamlarının yaşadıkları tecrübeler sorgulanmış ve gemilerde SÖGGP bulunmasının yaratabileceği olumsuzlukların ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

4. Araştırmanın Yöntemi

Araştırmanın yöntemi; veri toplama aracı, örneklem ve kısıtlar olmak üzere üç bölümde incelenmektedir.

4.1. Veri Toplama Aracı

Bu çalışmada veri toplama aracı olarak; özel deniz güvenlik şirketleri ve silahlı özel gemi güvenlik personeli konularının gemiadamlarına yansıyan boyutlarını içerdiği düşünülen değişkenlerin bulunduğu "ÖDĞŞ ile ilgili genel algı" ve "profil bilgisi" olmak üzere iki bölümden oluşan bir veri toplama aracı kullanılmıştır.

Literatür taraması sonucunda özel deniz güvenlik şirketi algısının değerlendirilmesine yönelik geliştirilmiş bir veri toplama aracına ulaşılammıştır. Bu nedenle, Türk gemiadamlarının özel deniz güvenlik şirketi algılarının tespit edilmesi ve tecrübelerin ortaya konmasına yönelik bir veri toplama aracı geliştirme ihtiyacı doğmuştur. Evrenin ve incelenmek istenen konunun yapısı değerlendirildiğinde en uygun veri toplama aracının anket formu olacağı sonucuna varılmıştır.

Sürecin ilk aşamasında, araştırmanın amacı doğrultusunda belirlenen “Deniz haydutluğuna karşı neden ÖDGŞ kullanımı tercih ediliyor?”, “Türk gemiadamlarının ÖDGŞ'lere bakış açısı nasıldır?”, “SÖGGP ile çalışmış ve çalışmamış gemiadamları arasında bir algı farklılığı var mıdır?”, “SÖGGP ile çalışmış gemiadamlarının tecrübeleri ne yönde olmuştur?” araştırma soruları kullanılarak madde havuzu oluşturulmuştur. Alt soruların listelenmesi sırasında, yapılan kapsamlı literatür taraması sonucunda elde edilen başlıklar kullanılmıştır. Literatürde ÖDGŞ kullanımıyla ilgili devamlı tartışılan ve uluslararası yumuşak hukukta sürekli tekrarlanan konuların tespit edilmesiyle alt araştırma soruları tespit edilmiştir.

İkinci adımda, ÖDGŞ kullanımında öne çıkan faktörlerin Türk gemiadamları tarafından nasıl algılandığını incelemek adına anket ifadeleri oluşturulmuştur. Oluşturulan ifade havuzundan, araştırma sorularının cevaplanmasına yardımcı olmayacak ve gemiadamları tarafından algılanması mümkün olmayan olgulara ait ifadeler elenmiştir. Bu aşamada anket geliştirme sürecinin kolaylaştırılması adına, deniz güvenliği, özel güvenlik ve özel askeri şirketler konusu üzerine gerçekleştirilmiş ve veri toplama yöntemi olarak anket formu kullanılmış çalışmalar incelenmiştir. Bu çalışmalarda kullanılan anket formları, ölçülmeye çalışılan değerlere uyarlanarak referans olarak kullanılmıştır. Kullanılan

ifadelerin yapıları ve ölçmeye çalıştığı değerlerin mevcut araştırma ile benzer yapıda olması, oluşturulacak ölçeğin hazırlanmasında kolaylık sağlamıştır.

Bu kapsamda, Schaub ve Franke'nin (2010) anket yöntemini kullanarak özel anlaşmalı askeri personel üzerine yaptığı çalışma, “Bu personelin kişisel özellikleri, motivasyonları nelerdir?”, “Geleneksel askeri personel ile aralarındaki ilişki nasıldır?” ve “Geleneksel askeri personelin özel anlaşması askeri personele bakış açısı nasıldır?” sorularını cevaplamayı hedeflemektedir. Çalışmanın örneklemini asker personel ve özel askeri personelden oluşmaktadır [21]. Çalışmadaki özel askeri personelin özelliklerinin sorgulandığı ifadelerle birlikte geleneksel askeri personelin özel askeri personeli nasıl algıladığına dair olan ifadelerden yararlanılmıştır.

Cotton ve diğerleri (2010) tarafından, ABD adına Irak'ta operasyon yürüten silahlı özel askeri personel hakkındaki araştırma, madde havuzunu oluşturacak ifadelerin yazımında kaynak olarak kullanılmıştır. Bu çalışmanın örneklemini ABD Dışişleri Bakanlığı personeli ve askeri personelden oluşturmaktadır. Çalışmada örneklemin Irak'ta görev yapmış özel askeri personel ile yaşadığı tecrübeleri tespit etmeye yönelik ifadeler içeren bir anket kullanılmıştır [22]. Türk gemiadamlarının SÖGGP ile yaşadığı tecrübelerle ilgili ifadeler oluşturulurken bu çalışmadan faydalanılmıştır.

UNDP (2009) kapsamında gerçekleştirilen “Hırvatistan vatandaşlarının emniyet ve güvenlik algıları” isimli çalışmanın araştırma soruları, vatandaşların emniyet ve güvenlik algılarını, polis davranışlarına bakış açılarını ve polisin vatandaşı korumasındaki etkisinin halk tarafından nasıl algılandığını ölçmektedir. UNDP (2009) tarafından yürütülen çalışma ile mevcut araştırmanın ölçmek istediği değerlerin benzerlik göstermesinden dolayı, çalışmadaki

polisin vatandaşı korumasındaki etkinliği algısı ve polise yönelik güven algısı Türk gemiadamları ve SÖGGP'ye uygun şekilde uyarlanarak anketin ifadelerini oluşturmada kaynak olarak kullanılmıştır [23].

Zogo (2009) tarafından Trakya Bölgesi'nde faaliyet gösteren özel güvenlik şirketleri ve bu hizmeti alan kurumların birbirlerine bakış açılarının ve memnuniyetlerinin belirlenmesi adına yapılan çalışmada anket yoluyla tanımlayıcı veri analizi yöntemi izlenmiştir [24]. Mevcut araştırmada ölçülmek istenen değerlerin Zogo'nun (2009) çalışmasıyla benzerlik göstermesinden dolayı, ÖDGŞ ile ilgili memnuniyet ve gemiadamlarının ÖDGŞ'ye bakış açılarını ölçmek için oluşturulan ifadelerde bu kaynaktan faydalanılmıştır.

Oluşturulan anket formu ifade havuzundan anlaşılmasında güçlük çekilecek ve gemiadamları tarafından yanıtlanamayacak ifadeler elenerek anket formunda kullanılacak başlıca ifadeler tespit edilmiş ve taslak anket formu geliştirilmiştir. Oluşturulan taslak anket formu, sunuş yazısı, profil bilgisi ve genel algısı ÖDGŞ ile ilgili genel algısı olmak üzere iki bölüm içermektedir. Birinci bölümde SÖGGP ile çalışmış ya da çalışmamış farketmezsiniz ankete katılan cevaplayıcıların demografik özelliklerini ve ÖDGŞ'ye karşı bakış açılarını ölçen ifadeler bulunmaktadır. Taslak anket formunun ikinci bölümü ÖDGŞ ile ilgili genel algıyı ölçmeye yönelik ifadelerle yer verilmiştir. İkinci bölümde kullanılan ifadeler kapalı uçlu sorulardır. Kapalı uçlu sorulara aranan yanıtlar anket formunda dereceleme yöntemine göre verilmiştir. İkinci bölümde, daha çok tutum gibi psikolojik özelliği ve belirli bir konudaki görüşü ortaya çıkarmada kullanılan likert tipi derecelendirme ölçeğinde cevapları aranan ifadelerle yer verilmiştir. Kullanılan likert ölçeği, "1:Hiç Katılmıyorum, 5:Tamamen Katılıyorum" şeklinde olmak üzere beş

ölçek noktasından oluşmaktadır.

Taslak anket formunun oluşturulmasıyla, formun kapsam ve geçerlilik açısından değerlendirilmesi adına uzman görüşüne başvurulmuştur. Bu amaçla Dokuz Eylül Üniversitesi (DEÜ), Denizcilik Fakültesi'nde (DF) görevli olan beş öğretim üyesinin görüşleri alınmıştır. Uzmanlardan ankette bulunan ifadelerin uygunluğunu ve geçerliliğini değerlendirilmeleri istenmiştir. Uzman değerlendirmesi sonucunda taslak anket formunun kuram ve kapsam olarak uygun olduğu ifade edilmiştir. Buna ek olarak taslak anket formunda varsayım ya da belirsizlik içeren ifadeler uzmanlar tarafından tespit edilmiştir. Uzmanların çoğunun üzerinde durduğu belirli ifadeler anket formundan çıkarılmış ve ek ifadeler eklenerek varsayım içeren ifadelerin önüne geçilmiştir.

Çalışmanın geçerlilik ve güvenilirliğini gözleme dayalı sonuçlarla test etmek amacıyla bir pilot çalışma yapılmasına karar verilmiştir. Bu kapsamda, pilot çalışması için; DEÜ-DF Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Bölümü son sınıf öğrencileri seçilmiş ve cevaplayıcı sayısının 44'e ulaşması ile pilot çalışmanın veri toplama aşaması sonlandırılmıştır. Seçilen grubun örneklem ile yakından ilişki göstermesi, ön uygulama çalışmasından geçerli ve güvenilir sonuçlar elde etme olasılığını arttırmıştır. Pilot çalışmadan elde edilen geçerlilik ve güvenilirlik çalışmaları ışığında, ikinci bölümden bir ifade çıkarılmıştır. Anket formunun biçim ve içerik yönünden değerlendirilmesinden sonra forma son hali verilmiştir.

4.2. Örneklem

Çalışmanın evreni, Türk uzakyol yeterliliğine sahip gemiadamlarıdır. Yapılan incelemelerde Türk bayraklı veya Türkiye bağlantılı gemilerde aktif olarak çalışan uzakyol yeterliliğine sahip gemiadamlarının tam sayısına ulaşılamamıştır. Buna ek bu Türk uzakyol yeterliliğine sahip

gemiadamlarından kaçının deniz haydutluğu açısından yüksek riskli bölgede sefer yaptığı ya da yapacağı da net olarak görülememektedir. Bu aşamada Sertkaya (2015) tarafından verilen Türk uzakyol yeterliliğine sahip aktif tahmini gemiadamı sayısı (10.000), UDHB, (2016) tarafından verilen yüksek riskli bölgeden yıllık geçiş yapan Türk bayraklı veya Türkiye bağlantılı gemi sayısı (500) ve Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı (UDHB) (2016) tarafından öngörülen Türk gemilerinin ÖDGS hizmetlerinden yararlanma oranı (%25) kabulleri araştırmada ortalama değerler şeklinde kullanılmıştır [17, 18]. Bu nedenle evreni temsil gücü yüksek örnek kütleli belirlemek amacıyla yargısal örnekleme metodunun kullanılmasına karar verilmiştir. Yargısal örnekleme yöntemi kullanılarak en az üniversite mezunu ve uzakyol yeterliliğine sahip gemiadamlarına ulaşılması, deniz haydutluğu bölgesinde sefer yapmış veya gelecekte sefer yapabilecek, doğrudan SÖGGP ile temas halinde bulunmuş kitleye ulaşılmasını kolaylaştırmış ve kitle içinden seçilen örneklemin temsilci olma niteliğinin arttırmıştır.

Anket formları, öncelikle internet ortamından belirli üniversitelerin denizcilik fakülteleri mezunlarına ulaştırılmıştır. Buna ek olarak gemilerde aktif olarak çalışan ve internet erişimi bulunmayan gemiadamlarına ulaşmak için denizcilik firmaları ile irtibata geçilmiştir. Türk denizcilik sektöründe önde gelen, gemi sahibi ve işletmecisi firmaların ilgili bölümlerinden alınan yardımlar ile anket formu ilgili gemiadamlarına ulaştırılmıştır. Katılımcılardan gelen geri dönüşler günlük olarak kontrol edilmiş ve gruplar arası homojenliğin sağlanması adına, yargısal örnekleme kriterleri dikkate alınarak, elden

birakma ve e-posta yöntemleri ile belirtilen gruplara erişimi olmayan gemiadamlarına anket formu gönderilmiştir. 139 katılımcıdan geri dönüş alınmasıyla uygulama aşaması sonlandırılmıştır. Anketler üzerinde yapılan kontroller neticesinde, 139 anketten 14'ünün aşırı miktarda eksik bilgi içerdiği tespit edilmiş ve analizlerde kullanılması uygun görülmemiştir. Örneklem büyüklüğü hesaplanırken nitel değişken normal yaklaşım örneklem büyüklüğü saptama formülü kullanılmıştır.

$$\text{Formül} \quad n = \frac{N \cdot P \cdot Q \cdot Z\alpha^2}{(N-1) \cdot d^2} \quad [1]$$

N: evren birim sayısı, n: örneklem büyüklüğü, P: evrendeki X'in gözlenme oranı, Q: (1-P), X'in gözlenmeme oranı, Z α : α =0,05, α =0,01 ve α =0,001 için sırasıyla 1,96, 2,58 ve 3,28 değerleri ve d: örneklem hatası olarak verilmektedir. Tüm koşullar dikkate alındığında, analizlerde kullanılan 125 anket, p= evrende SÖGGP ile çalışan uzakyol zabıt oranı 0,5 ve α = 0,05 için % 8,71 örnekleme hatası ile 10.000 kişilik evreni temsil etmektedir. Deniz haydutluğu bölgesinden geçiş yapan 500 geminin 125'inin ÖDGS hizmetinden faydalandığı ve her gemide ortalama dört uzakyol vardiya zabiti ve üç uzakyol mühendisi olduğu kabulünden evrendeki SÖGGP ile çalışan uzakyol zabıt oranı, p= 0,087 olarak tahmin edilmektedir. Tüm bu bilgiler ışığında, SÖGGP ile aynı gemide bulunmuş 66 gemi adamının p= %8,7 ve α = 0,05 için 10.000 kişilik evreni % 6,14 hata ile temsil ettiği söylenebilir. Örneklem yöntemi ve tecrübe sayısı göz önünde bulundurulduğunda bu sayının gerçekleştirilecek analizler açısından yeterli olduğu kanısına varılmıştır. Söz konusu katılımcıların temel profil bilgileri Tablo 2'de ifade edilmektedir.

Tablo 2. Gemiadamlarının Temel Profil Bilgileri

Sayı (n)	Ortalama Yaş (yıl)	Ortalama Deniz Tecrübesi (ay)	SÖGGP ile aynı gemide bulunma durumu		Katılımcıların toplam ÖDGS tecrübesi
			Bulunmuş	Bulunmamış	
125	30,68	48,50	66	59	247*

* SÖGGP ile aynı gemide bulunmuş gemiadamı sayısı 66 olmasına rağmen aynı kişilerin farklı zamanlarda farklı gemilerle birden fazla kez SÖGGP ile aynı gemide bulunmuş olmaları nedeniyle örneklem 247 seferlik tecrübeyi göstermektedir.

4.3. Kısıtlar

Yapılan araştırmanın en önemli kısıtı; evreni oluşturan kütle içerisinde deniz haydutluğu bölgesinde seyir yapan gemiadamlarının sayısının bilinmemesidir. Buna bağlı olarak evrende silahlı özel gemi güvenlik personeliyle tecrübe yaşamış gemiadamı sayısı da tespit edilememektedir. Bu çerçevede; ana kütleyle temsil ettiği düşünülen ve yargısal örnekleme yöntemiyle belirlenmiş olan gemiadamlarından geri dönüş alınmaya çalışılmıştır. Dolayısıyla analizler ve araştırma bulguları verilerin toplandığı örneklem grubuyla sınırlıdır. Söz konusu geri dönüş sayısı, gerekli analizlerin yapılabilmesi için yeterli olmasına rağmen, kullanılabilir anket sayısının daha yüksek olması çalışmanın güvenilirliğini artıracaktır. Buna ek olarak literatürde özel deniz güvenlik şirketlerinin gemiadamlarına yansıyan boyutunu inceleyen bir çalışma bulunmaması sonuçların doğrudan karşılaştırılabileceği bir uygulama olmaması anlamına gelmektedir. Bu nedenle bu kısıtlılığın etkisini en aza indirmek için derinlemesine literatür taraması ve içerik analizi yöntemine gidilmiş ve elde edilen sonuçlar literatürdeki uygulamaya dayanmayan varsayımsal görüşler ile karşılaştırılmıştır. Bununla birlikte ÖDGŞ'lerin hizmet verdiği alanların devletlerin yetki alanlarının dışında olması farklı kısıtları da beraberinde getirmiştir. Yaşanabilecek olası kazalar ve olumsuzlukların raporlanmaması veya tespit edilememesi bu kısıtlardan biri olarak değerlendirilmiştir. Oluşturulan anket formuyla SÖGGP ile doğrudan iletişimde bulunmuş personelin yaşadığı tecrübelerin elde edileceği düşünülse de gemiadamlarının kişisel endişelerden dolayı olumsuz tecrübeleri bildirmekten kaçınabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Sözü edilen kısıtların bu tür çalışmalar için genel bir kısıt olduğu açıktır. Gemiadamlarının SÖGGP ile aynı gemide bulunduğu zaman araştırma

kapsamına dâhil edilmemiştir. Söz konusu saha araştırması, 18 Aralık 2015 - 5 Şubat 2016 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir.

5. Verilerin Analizi ve Bulgular

Araştırmanın güvenilirlik analizi, frekans tabloları, tanımlayıcı istatistik ve bağımsız t-testleri SPSS 21 paket programından faydalanılarak gerçekleştirilmiştir.

5.1. Güvenilirlik Analizi

Araştırmada kullanılan ölçeğin güvenilirlik analizleri için farklı yöntemler kullanılmıştır. (25 adet değişken içeren) Genel ÖDGŞ algısı ölçeğine ilişkin güvenilirlik katsayıları; iç tutarlılık katsayısı α : 0,807, Guttman: 0,880, Spearman-Brown: 0,757 olarak tespit edilmiştir. Ölçeğe ait güvenilirlik katsayıları ($\alpha > 0,7$ olmalı) sosyal bilimler için kabul edilir düzeydedir. Araştırma kullanılan ölçeğin bu kabulden yüksek oluşu ($\alpha=0,807$), araştırmada yapılan ölçmenin tutarlı sonuçlar vereceği beklentisini güçlendirmektedir.

5.2. Katılımcıların Özellikleri

Ankette yer alan ifadeleri yanıtlayan katılımcıların gemide çalıştıkları pozisyonları, ağırlıklı olarak çalıştıkları gemi tipi ve bölümleri Tablo 3'te gösterilmektedir. Tablo 3'te de görüldüğü gibi, anketi yanıtlayanların ağırlıklı olarak çalıştıkları gemi tipi % 53,6 ile ($n=67$) tanker; % 38,4'lük ($n=48$) dilim ile de dökme yük gemiler olarak görülmektedir. Bununla birlikte katılımcıların % 68'i ($n=85$) gemilerin güverte bölümünde görev aldığı, % 32'sinin ise ($n=40$) makine bölümlerinde görev yaptığı görülmektedir. Gemi tipini ve çalıştığı bölümü belirtmeyen gemiadamı bulunmamaktadır. Ayrıca söz konusu gemiadamlarının % 16,7'si ($n=21$) kaptan ve % 4'ü ($n=5$) başmühendis olmak üzere uzakyol yeterliliğine sahip zabitanlardan oluştuğu görülmektedir.

Anket formunun birinci bölümünde sadece SÖGGP ile çalışmış gemiadamları

Tablo 3. Katılımcı Gemiadamlarının Demografik Özellikleri

Gemideki Pozisyonu	ÖDGŞ ile çalışmış		ÖDGŞ ile çalışmamış		Toplam	
	n	Yüzde,%	n	Yüzde,%	n	Yüzde,%
• Kaptan	16	24,2	5	8,5	21	16,7
• Baş Mühendis	5	7,6	-	-	5	4
• Güverte Zabiti	31	46,9	36	61,1	67	53,6
• Makine Zabiti	14	21,2	18	30,5	32	25,6
Toplam	66	100	59	100	125	100
Ağırlıklı Çalışılan Gemi Tipi	n	Yüzde,%	n	Yüzde,%	n	Yüzde,%
• Dökme Yük	31	47	17	28,9	48	38,4
• Konteyner	-	-	8	13,5	8	6,4
• Ro-ro	-	-	1	1,7	1	0,8
• Tanker	35	53	32	54,2	67	53,6
• Yolcu gemisi	-	-	1	1,7	1	0,8
Toplam	66	100	59	100	125	100
Bölüm	n	Yüzde,%	n	Yüzde,%	n	Yüzde,%
• Güverte	47	71,2	38	64,4	85	68
• Makine	19	28,8	21	35,6	40	32
Toplam	66	100	59	100	125	100

tarafından cevaplanması istenen özel deniz güvenlik şirketleri ile çalışılan bölgeler ve gemilerin bayraklarını inceleyen ifadeler yer almaktadır. Tablo 4'te ÖDGŞ ile çalışmış gemiadamlarının ÖDGŞ ile çalıştığı bölgeler ve gemilere ait veriler gösterilmiştir. Anket formunda Doğu Afrika Bölgesi; Afrika Boynuzu, Somali kıyıları ve Aden Körfezi olarak tanımlanmıştır. Aynı şekilde Güneydoğu Asya bölgesi; Güney Çin

Denizi ve Malakka Boğazı'na ait tecrübeleri göstermektedir.

Araştırmaya katılan 66 gemiadamı tarafından sağlanan veriler toplamda 247 tecrübelik bir veri oluşturmaktadır. Doğu Afrika bölgesinde SÖGGP ile çalışmış gemiadamlarının tecrübesi toplam tecrübenin % 86,3'ünü (n=213) oluşturmaktadır. Batı Afrika bölgesinde SÖGGP ile çalışmış gemiadamı sayısı ise

Tablo 4. Katılımcı Gemiadamlarının ÖDGŞ Tecrübelerinin Bölge ve Bayrak Frekansı

Bölgeler	n	Yüzde,%	Bayrak	n	Yüzde,%
Doğu Afrika	213	86,3	Türk	28	11,3
Batı Afrika	20	8,1	Malta	98	39,8
Güneydoğu Asya	10	4	Panama	17	6,9
Diğer	4	1,6	Liberya	10	4
			Marshall Adaları	25	10,1
			Belirtilmeyen	61	24,7
Toplam Tecrübe*	247	100	Toplam Tecrübe*	247	100

* SÖGGP ile aynı gemide bulunmuş katılımcı sayısı 66 olmasına rağmen aynı kişilerin farklı zamanlarda farklı gemilerle birden fazla tecrübeye sahip olması nedeniyle toplam tecrübe sayısı artış göstermiştir.

% 8,1'lik (n=20) dilime denk gelmektedir. SÖGGP ile çalışılan en fazla gemi bayrağının % 39,8 (n=98) ile Malta bayrağı olduğu görülmektedir. Türk bayrağı ise % 11,3'lük

bölümü (n=28) oluşturmaktadır. % 27,7'lik bölüm SÖGGP ile çalıştığı gemi bayrağını belirtmemiştir.

Tablo 5. ÖDGŞ Algısı İfadelerine İlişkin Frekans Dağılımı ve Tanımlayıcı İstatistikler

ÖDGŞ ile İlgili Genel Algı İfadeleri	ÖDGŞ ile Çalışmış			ÖDGŞ ile Çalışmamış			Toplam		
	n	Ort*	SS	n	Ort*	SS	n	Ort*	SS
Deniz haydutluğu açısından yüksek riskli bölgede seyir yaparken gemide SÖGGP olmasını tercih ederim.	66	4,5	0,749	59	4,07	1,048	125	4,3	0,925
Özel deniz güvenlik şirketi tanımını duyunca aklıma silahlı koruma personeli gelir.	66	4,27	0,985	59	4,27	1,031	125	4,27	1,003
SÖGGP'nin bulunduğu geminin ele geçirilme ihtimali azdır.	66	4,24	0,946	59	3,86	0,926	125	4,06	0,952
SÖGGP tehlikeleri atlama gemi personeli ile birlikte çalışır.	66	4,11	0,099	59	3,81	1,058	125	3,97	1,031
SÖGGP kaptanın emrindedir.	66	4,18	1,066	59	3,68	1,224	125	3,94	1,166
SÖGGP gemiyi korumada başarılıdır.	66	3,94	0,975	59	3,46	0,953	125	3,71	0,99
SÖGGP yasalar çerçevesinde hareket eder.	66	3,95	0,092	59	3,42	1,021	125	3,7	1,004
SÖGGP gemi personelini korumada başarılıdır.	66	3,82	0,927	59	3,47	0,971	125	3,66	0,96
ÖDGŞ'nin sağladığı güvenlik bayrak devletinin sağladığından daha etkilidir.	66	3,68	1,279	59	3,46	1,072	125	3,58	1,186
SÖGGP insan haklarına saygılıdır.	66	3,74	1,042	59	3,41	1,036	125	3,58	1,049
ÖDGŞ deniz haydutluğuna karşı etkili bir çözümdür.	66	3,59	1,324	59	3,39	1,114	125	3,5	1,229
SÖGGP gemideyken yaşanan silahlı yaralanmadan güvenlik şirketi sorumludur.	66	3,21	1,376	59	3,51	1,237	125	3,35	1,315
Deniz haydutluğu tehlikesi ÖDGŞ'ye ihtiyaç duyulmadan çözülebilir.	66	3,39	1,238	59	3,16	1,219	125	3,28	1,23
ÖDGŞ'lerinin yaygınlaşması deniz haydutluğunu azaltmıştır.	66	3,27	1,307	59	3,08	1,149	125	3,18	1,234
SÖGGP üniformalı olmalıdır.	66	3,02	1,452	59	3,31	1,221	125	3,15	1,35
SÖGGP'nin askeri personelden farkı yoktur.	66	3,03	1,289	59	3,03	1,082	125	3,03	1,191
Beraber çalışacağım SÖGGP Türk asıllı olmalıdır.	66	2,62	1,283	59	3,42	1,303	125	3	1,349
SÖGGP emekli asker olmalıdır.	66	2,82	1,211	59	3,03	1,189	125	2,92	1,2
SÖGGP'nin bulunduğu gemide silahlı yaralanma ihtimali daha yüksektir.	66	2,59	1,215	59	3,2	1,256	125	2,88	1,267
SÖGGP'nin bulunduğu gemiye deniz haydutlarınca ateş açılma ihtimali daha yüksektir.	66	2,24	1,241	59	2,86	1,344	125	2,53	1,323
ÖDGŞ bağlı olduğu devleti temsil eder.	66	2,21	1,234	59	2,73	1,157	125	2,46	1,221
SÖGGP'nin silah kullanması tehlikeyi artırır.	66	2,18	1,188	59	2,66	1,346	125	2,4	1,283

./..

Tablo 5. ÖDGS Algısı İfadelerine İlişkin Frekans Dağılımı ve Tanımlayıcı İstatistikler (Cont')

ÖDGS ile İlgili Genel Algı İfadeleri	ÖDGS ile Çalışmış			ÖDGS ile Çalışmamış			Toplam		
	n	Ort*	SS	n	Ort*	SS	n	Ort*	SS
SÖGGP deniz haydutlarına karşı gereğinden fazla güç kullanmaktadır.	66	2,24	1,124	59	2,52	1,104	125	2,37	1,119
Gemide silahlı personel olması beni rahatsız eder.	66	2,01	1,129	59	2,74	1,396	125	2,36	1,31
Gemide SÖGGP varken başka güvenlik önlemi almaya gerek yoktur.	66	2,08	1,281	59	2,1	1,213	125	2,09	1,244

*5-aralıklı Likert ölçeği- 1:Kesinlikle Katılmıyorum, 5:Kesinlikle Katılıyorum

5.3. Değişkenlerin Frekans Dağılımı ve Tanımlayıcı İstatistikler

Anket formunun ikinci bölümünde yer alan ifadelerin tüm katılımcılar tarafından yanıtlanması istenmiştir. Bölüm, özel deniz güvenlik şirketi ile ilgili genel algıyı ölçmeye yönelik ifadeler içermektedir. 25 ifadeden oluşan ölçeğin, ortalama (ort.) ve standart sapma (SS) değerleri ortalama sıralamasına göre Tablo 5'te gösterilmiştir.

Cevaplayıcıların en fazla katılım (Ort=4,3) gösterdikleri ifade "Deniz haydutluğu açısından yüksek riskli bölgede seyir yaparken gemide SÖGGP olmasını tercih ederim." ifadesi olmuştur. ÖDGS ile çalışmış gemiadamlarının en fazla katılım gösterdiği ifade de aynı ifadedir (Ort=4,5). ÖDGS ile çalışmamış gemiadamlarının en yüksek katılım oranı (Ort=4,27) gösterdiği ifade ise "Özel deniz güvenlik şirketi tanımını duyunca aklıma silahlı koruma personeli gelir." ifadesi olmuştur. Cevaplayıcıların en düşük katılım (Ort=2,09) gösterdikleri ifade "Gemide SÖGGP varken başka güvenlik önlemi almaya gerek yoktur." ifadesi olmuştur. ÖDGS ile çalışmamış gemiadamları en düşük katılım gösterdiği ifade "Gemide SÖGGP varken başka güvenlik önlemi almaya gerek yoktur." iken (Ort=2,01), ÖDGS ile çalışmış personelin en düşük katılım oranı (Ort=2,01) gösterdiği ifade "Gemide silahlı personel olması beni rahatsız eder." olmuştur.

5.4. Hipotez Testleri

Ankette yer alan 25 ifadeye uygulanan analizler sonucunda aşağıdaki üç ana hipotez test edilmiştir:

- H_1 : Özel deniz güvenlik şirketi ile çalışmış ve çalışmamış Türk gemiadamlarının, özel deniz güvenlik şirketi algıları arasında anlamlı bir farklılık vardır.
- H_2 : Ağırlıklı olarak dökme yük tipi gemi ile tanker tipi gemilerde çalışan Türk gemiadamlarının, özel deniz güvenlik şirketi algıları arasında anlamlı bir farklılık vardır.
- H_3 : Gemilerin güverte bölümünde çalışan Türk gemiadamları ile gemilerin makine bölümünde çalışan gemiadamlarının, özel deniz güvenlik şirketi algıları arasında anlamlı bir farklılık vardır.

H_1 , H_2 ve H_3 hipotezlerinin test edilmesi amacıyla anket formunun ikinci bölümünde yer alan ölçek şeklindeki değişkenler kullanılmıştır. Bu bağlamda, H_1 , H_2 , H_3 hipotezlerinin test edilmesi amacıyla bağımsız gruplarda t-testi analizi gerçekleştirilmiştir.

T-testi sosyal bilimlerin birçok alanında; bağımsız iki grup arasında anlamlı bir farklılığın olup olmadığını, incelenen bir değişken açısından bir gruba ait ortalama değerlerin öngörülen değerden farklı olup olmadığını test etmeyi amaçlayan bir analiz yöntemidir [20]. T-testi ile gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı ya da rastlantısal olduğunu tespit etmekte mümkün olmaktadır. Bununla

birlikte t-testi hesaplamalarında bağımsız iki grubun arasında varyans farkının olup olmadığına da dikkat edilmektedir [20]. Bu nedenle test grupları arasında Levene testi ile varyans eşitliği hesaplamaları gerçekleştirilmiştir.

Bu bilgiler ışığında gerçekleştirilen t-testi ile analiz edilen H_1 , H_2 ve H_3 hipotezleri iki bağımsız grup arasındaki, özel deniz güvenlik şirketi algısını ölçen, ölçek tipindeki (5-aralıklı Likert ölçeği-1:Kesinlikle Katılmıyorum, 5:Kesinlikle Katılıyorum) değişkenlere verilen yanıtların ortalamaları arasındaki anlamlı farklılıklar üzerine kurulmuştur. Yürütülen araştırma çerçevesinde sıfır hipotezlerinin kabul ve reddedilmesi aşamasında anlamlılık düzeyi 0,05 olarak kabul edilmiştir. Bu anlamlılık düzeyi, analiz sonucunda bulunan ortalama değerlerin % 95 olasılıkla evrene ait ortalama değer aralığını temsil ettiğini göstermektedir. Analiz sonucunda elden edilen P değerine bağlı olarak, anlamlılık düzeyinin (Asymptotic Significance) $P < 0,05$ olduğu durumlarda H_0 hipotezi reddedilmiştir. Anlamlılık düzeyinin $P > 0,05$ olduğu durumlar da ise H_0 hipotezi kabul edilmiştir.

Bağımsız t-testi sonuçlarına göre; ÖDGŞ ile çalışmış ve ÖDGŞ ile çalışmamış Türk gemiadamlarının ÖDGŞ algıları açısından anlamlı farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu hipotezi (H_1 hipotezi) desteklemek amacıyla toplam 25

ifade belirlenmiş ve karşılaştırmalar “ÖDGŞ ile çalışmış” ile “ÖDGŞ ile çalışmamış” arasında gerçekleştirilmiştir. Söz konusu gruplar arasında, anlamlı farklılık tespit edilmiş ve desteklenmiş ifadeler Tablo 6’da verilmektedir.

Buna göre; 2 numaralı ifade için Levene testi anlamlılık düzeyinin (sig.) 0,05 değerinin altında olduğu (0,004) ve bu iki grubun varyanslarının farklı olduğu tespit edilmiştir. Varyansların denk olmaması durumunda t-testi anlamlılık düzeyinin kabul edilen anlamlılık düzeyinden (0,05) küçük olduğu görülmektedir ($p=0,002$). Bu nedenle “Özel deniz güvenlik şirketi ile çalışmış ve çalışmamış Türk gemiadamlarının, gemide silahlı personel olmasından duydukları rahatsızlık algılarının ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık vardır.” ifadesi kabul edilmiştir.

8 numaralı ifade için Levene testi anlamlılık düzeyinin (sig.) 0,05 değerinin üzerinde olduğu (0,819) ve bu iki grubun varyanslarının denk olduğu tespit edilmiştir. Varyansların denk olması durumunda t-testi anlamlılık düzeyinin kabul edilen anlamlılık düzeyinden (0,05) küçük olduğu görülmektedir ($p=0,006$). Bu nedenle “Özel deniz güvenlik şirketi ile çalışmış ve çalışmamış Türk gemiadamlarının, SÖGGP’nin gemiyi korumadaki başarı algıları arasında anlamlı bir farklılık vardır.” ifadesi kabul edilmiştir.

Tablo 6. H_1 Hipotezini Destekleyen İfadeler

İfade No	Değişkenler	Gruplar	n	Ort.*	Levene (Sig.)	F	P (Sig.)
2	Gemide silahlı personel bulunmasından duyulan rahatsızlık	ÖDGŞ ile çalışmış	66	2,01	0,004	8,535	0,002
		ÖDGŞ ile çalışmamış	59	2,74			
8	SÖGGP’nin gemiyi koruma başarısı	ÖDGŞ ile çalışmış	66	3,94	0,819	0,53	0,006
		ÖDGŞ ile çalışmamış	59	3,46			
9	SÖGGP’nin gemi personelini koruma başarısı	ÖDGŞ ile çalışmış	66	3,82	0,790	0,71	0,045
		ÖDGŞ ile çalışmamış	59	3,47			
10	Deniz haydutluğu bölgesinde SÖGGP ile birlikte çalışma tercihi	ÖDGŞ ile çalışmış	66	4,50	0,148	2,11	0,009
		ÖDGŞ ile çalışmamış	59	4,07			

./..

Tablo 6. H₁ Hipotezini Destekleyen İfadeler (Cont')

İfade No	Değişkenler	Gruplar	n	Ort.*	Levene (Sig.)	F	p (Sig.)
12	ÖDGŞ'nin bağlı olduğu devleti temsil etmesi	ÖDGŞ ile çalışmış	66	2,21	0,736	0,11	0,018
		ÖDGŞ ile çalışmamış	59	2,73			
14	Beraber çalışılan SÖGGP'nin Türk asıllı olması	ÖDGŞ ile çalışmış	66	2,62	0,932	0,007	0,001
		ÖDGŞ ile çalışmamış	59	3,42			
17	SÖGGP'nin yasalar çerçevesinde hareket etmesi	ÖDGŞ ile çalışmış	66	3,95	0,071	3,32	0,003
		ÖDGŞ ile çalışmamış	59	3,42			
18	SÖGGP'nin kaptanın emrinde olması	ÖDGŞ ile çalışmış	66	4,18	0,128	2,34	0,015
		ÖDGŞ ile çalışmamış	59	3,68			
21	SÖGGP'nin silah kullanmasının tehlikeyi artırması	ÖDGŞ ile çalışmış	66	2,18	0,057	3,68	0,037
		ÖDGŞ ile çalışmamış	59	2,66			
22	SÖGGP'nin bulunduğu gemide silahlı yaralanma ihtimali fazla olması	ÖDGŞ ile çalışmış	66	2,59	0,905	0,014	0,007
		ÖDGŞ ile çalışmamış	59	3,20			
24	SÖGGP'nin bulunduğu gemiye deniz haydutlarınca ateş açılma ihtimalinin daha yüksek olması	ÖDGŞ ile çalışmış	66	2,24	0,799	0,065	0,008
		ÖDGŞ ile çalışmamış	59	2,86			
25	SÖGGP'nin bulunduğu geminin ele geçirilme ihtimalinin az olması	ÖDGŞ ile çalışmış	66	4,24	0,632	0,230	0,026
		ÖDGŞ ile çalışmamış	59	3,86			

*5-aralıklı Likert ölçeği- 1:Kesinlikle Katılmıyorum, 5:Kesinlikle Katılıyorum

9 numaralı ifade için Levene testi anlamlılık düzeyinin (sig.) 0,05 değerinin üzerinde olduğu (0,790) ve bu iki grubun varyanslarının denk olduğu tespit edilmiştir. Varyansların denk olması durumunda t-testi anlamlılık düzeyinin kabul edilen anlamlılık düzeyinden (0,05) küçük olduğu görülmektedir (p=0,045). Bu nedenle "Özel deniz güvenlik şirketi ile çalışmış ve çalışmamış Türk gemiadamlarının, SÖGGP'nin gemi personelini korumadaki başarı algıları arasında anlamlı bir farklılık vardır." ifadesi kabul edilmiştir.

10 numaralı ifade için Levene testi anlamlılık düzeyinin (sig.) 0,05 değerinin üzerinde olduğu (0,148) ve bu iki grubun varyanslarının denk olduğu tespit edilmiştir. Varyansların denk olması durumunda t-testi anlamlılık düzeyinin kabul edilen anlamlılık düzeyinden (0,05) küçük olduğu görülmektedir (p=0,009). Bu nedenle "Özel deniz güvenlik şirketi ile çalışmış ve çalışmamış Türk gemiadamlarının, deniz

haydutluğu açısından yüksek riskli bölgede seyir yaparken gemide SÖGGP bulunması tercihleri arasında anlamlı bir farklılık vardır." ifadesi kabul edilmiştir.

12 numaralı ifade için Levene testi anlamlılık düzeyinin (sig.) 0,05 değerinin üzerinde olduğu (0,736) ve bu iki grubun varyanslarının denk olduğu tespit edilmiştir. Varyansların denk olması durumunda t-testi anlamlılık düzeyinin kabul edilen anlamlılık düzeyinden (0,05) küçük olduğu görülmektedir (p=0,018). Bu nedenle "Özel deniz güvenlik şirketi ile çalışmış ve çalışmamış Türk gemiadamlarının, ÖDGŞ'nin bağlı olduğu devleti temsil etmesi yönündeki algıları arasında anlamlı bir farklılık vardır." ifadesi kabul edilmiştir.

14 numaralı ifade için Levene testi anlamlılık düzeyinin (sig.) 0,05 değerinin üzerinde olduğu (0,932) ve bu iki grubun varyanslarının denk olduğu tespit edilmiştir. Varyansların denk olması durumunda t-testi anlamlılık düzeyinin kabul edilen

anlamlılık düzeyinden (0,05) küçük olduğu görülmektedir ($p=0,001$). Bu nedenle “Özel deniz güvenlik şirketi ile çalışmış ve çalışmamış Türk gemiadamlarının, beraber çalışacakları SÖGGP’nin Türk asıllı olması yönündeki algıları arasında bir farklılık vardır.” ifadesi kabul edilmiştir.

17 numaralı ifade için Levene testi anlamlılık düzeyinin (sig.) 0,05 değerinin üzerinde olduğu (0,071) ve bu iki grubun varyanslarının denk olduğu tespit edilmiştir. Varyansların denk olması durumunda t-testi anlamlılık düzeyinin kabul edilen anlamlılık düzeyinden (0,05) küçük olduğu görülmektedir ($p=0,003$). Bu nedenle “Özel deniz güvenlik şirketi ile çalışmış ve çalışmamış Türk gemiadamlarının, SÖGGP’nin yasalar çerçevesinde hareket ettiği yönündeki algıları arasında bir farklılık vardır.” ifadesi kabul edilmiştir.

18 numaralı ifade için Levene testi anlamlılık düzeyinin (sig.) 0,05 değerinin üzerinde olduğu (0,128) ve bu iki grubun varyanslarının denk olduğu tespit edilmiştir. Varyansların denk olması durumunda t-testi anlamlılık düzeyinin kabul edilen anlamlılık düzeyinden (0,05) küçük olduğu görülmektedir ($p=0,015$). Bu nedenle “Özel deniz güvenlik şirketi ile çalışmış ve çalışmamış Türk gemiadamlarının, SÖGGP’nin gemi kaptanının emrinde olduğu yönündeki algıları arasında bir farklılık vardır.” ifadesi kabul edilmiştir.

21 numaralı ifade için Levene testi anlamlılık düzeyinin (sig.) 0,05 değerinin üzerinde olduğu (0,057) ve bu iki grubun varyanslarının denk olduğu tespit edilmiştir. Varyansların denk olması durumunda t-testi anlamlılık düzeyinin kabul edilen anlamlılık düzeyinden (0,05) küçük olduğu görülmektedir ($p=0,037$). Bu nedenle “Özel deniz güvenlik şirketi ile çalışmış ve çalışmamış Türk gemiadamlarının, SÖGGP’nin silah kullanmasının tehlikeyi arttırdığı yönündeki algıları arasında bir farklılık vardır.” ifadesi kabul edilmiştir.

22 numaralı ifade için Levene testi

anlamlılık düzeyinin (sig.) 0,05 değerinin üzerinde olduğu (0,905) ve bu iki grubun varyanslarının denk olduğu tespit edilmiştir. Varyansların denk olması durumunda t-testi anlamlılık düzeyinin kabul edilen anlamlılık düzeyinden (0,05) küçük olduğu görülmektedir ($p=0,007$). Bu nedenle “Özel deniz güvenlik şirketi ile çalışmış ve çalışmamış Türk gemiadamlarının, SÖGGP’nin bulunduğu gemideki silahlı yaralanma ihtimalinin artması yönündeki algıları arasında bir farklılık vardır.” ifadesi kabul edilmiştir.

24 numaralı ifade için Levene testi anlamlılık düzeyinin (sig.) 0,05 değerinin üzerinde olduğu (0,799) ve bu iki grubun varyanslarının denk olduğu tespit edilmiştir. Varyansların denk olması durumunda t-testi anlamlılık düzeyinin kabul edilen anlamlılık düzeyinden (0,05) küçük olduğu görülmektedir ($p=0,008$). Bu nedenle “Özel deniz güvenlik şirketi ile çalışmış ve çalışmamış Türk gemiadamlarının, SÖGGP’nin bulunduğu gemiye deniz haydutları tarafından ateş açılma ihtimali daha yüksek olması yönündeki algıları arasında bir farklılık vardır.” ifadesi kabul edilmiştir.

25 numaralı ifade için Levene testi anlamlılık düzeyinin (sig.) 0,05 değerinin üzerinde olduğu (0,632) ve bu iki grubun varyanslarının denk olduğu tespit edilmiştir. Varyansların denk olması durumunda t-testi anlamlılık düzeyinin kabul edilen anlamlılık düzeyinden (0,05) küçük olduğu görülmektedir ($p=0,026$). Bu nedenle “Özel deniz güvenlik şirketi ile çalışmış ve çalışmamış Türk gemiadamlarının, SÖGGP’nin bulunduğu geminin ele geçirilme ihtimalinin az olması yönündeki algıları arasında bir farklılık vardır.” ifadesi kabul edilmiştir.

Bağımsız t-testi sonuçlarına göre; ağırlıklı olarak dökme yük tipi gemide çalışan Türk gemiadamları ile ağırlıklı olarak tanker tipi gemide çalışan Türk gemiadamlarının özel deniz güvenlik şirketi

algıları arasında anlamlı farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu hipotezi (H_2 hipotezi) desteklemek amacıyla toplam 25 ifade belirlenmiş ve karşılaştırmalar “ağırlıklı olarak dökme yük tipi gemide çalışan” ile “ağırlıklı olarak tanker tipi gemide çalışan” Türk gemiadamları arasında gerçekleştirilmiştir. Söz konusu gruplar arasında, anlamlı farklılık tespit edilmiş ifadeler Tablo 7’de verilmektedir.

Buna göre; 1 numaralı ifade için Levene testi anlamlılık düzeyinin (sig.) 0,05 değerinin altında olduğu (0,018) ve bu iki grubun varyanslarının farklı olduğu tespit edilmiştir. Varyansların denk olmaması durumunda t-testi anlamlılık düzeyinin kabul edilen anlamlılık düzeyinden (0,05) küçük olduğu görülmektedir ($p=0,004$). Bu nedenle “Dökme yük tipi gemi ile tanker tipi gemilerde çalışan Türk gemiadamlarının, özel deniz güvenlik şirketi tanınımı silahlı güvenlik personeli ile ilişkilendirmeleri arasında anlamlı bir farklılık vardır.” ifadesi kabul edilmiştir.

4 numaralı ifade için Levene testi anlamlılık düzeyinin (sig.) 0,05 değerinin üzerinde olduğu (0,561) ve bu iki grubun varyanslarının denk olduğu tespit edilmiştir. Varyansların denk olması durumunda t-testi anlamlılık düzeyinin kabul edilen anlamlılık düzeyinden (0,05) küçük olduğu görülmektedir ($p=0,035$). Bu nedenle “Dökme yük tipi gemi ile tanker tipi

gemilerde çalışan Türk gemiadamlarının, ÖDGŞ tarafından sağlanan güvenliği, bayrak devletinin sağladığından daha etkili olarak algılamaları arasında anlamlı bir farklılık vardır.” ifadesi kabul edilmiştir.

12 numaralı ifade için Levene testi anlamlılık düzeyinin (sig.) 0,05 değerinin altında olduğu (0,006) ve bu iki grubun varyanslarının farklı olduğu tespit edilmiştir. Varyansların denk olmaması durumunda t-testi anlamlılık düzeyinin kabul edilen anlamlılık düzeyinden (0,05) küçük olduğu görülmektedir ($p=0,003$). Bu nedenle “Dökme yük tipi gemi ile tanker tipi gemilerde çalışan Türk gemiadamlarının, ÖDGŞ’nin bağlı olduğu devleti temsil etmesi yönündeki algıları arasında anlamlı bir farklılık vardır.” kabul edilmiştir.

14 numaralı ifade için Levene testi anlamlılık düzeyinin (sig.) 0,05 değerinin üzerinde olduğu (0,195) ve bu iki grubun varyanslarının denk olduğu tespit edilmiştir. Varyansların denk olması durumunda t-testi anlamlılık düzeyinin kabul edilen anlamlılık düzeyinden (0,05) küçük olduğu görülmektedir ($p=0,002$). Bu nedenle “Dökme yük tipi gemi ile tanker tipi gemilerde çalışan Türk gemiadamlarının, beraber çalışacakları SÖGGP’nin Türk asıllı olması yönündeki algıları arasında bir farklılık vardır.” ifadesi kabul edilmiştir.

Bağımsız t-testi sonuçlarına göre; gemilerin güverte bölümünde çalışan

Tablo 7. H_2 Hipotezini Destekleyen İfadeler

İfade No	Değişkenler	Gruplar	n	Ort.*	Levene (Sig.)	F	P (Sig.)
1	Özel deniz güvenlik şirketi tanınımının silahlı güvenlik personeli ile ilişkilendirilmesi	Dökme Yük	48	4,60	0,018	5,77	0,004
		Tanker	67	4,13			
4	ÖDGŞ’nin sağladığı güvenlik bayrak devletinin sağladığından daha etkili olması	Dökme Yük	48	3,90	0,561	0,34	0,035
		Tanker	67	3,43			
12	ÖDGŞ’nin bağlı olduğu devleti temsil etmesi	Dökme Yük	48	2,00	0,006	7,93	0,003
		Tanker	67	2,66			
14	Beraber çalışılan SÖGGP’nin Türk asıllı olması	Dökme Yük	48	2,52	0,195	1,69	0,002
		Tanker	67	3,30			

*5-aralıklı Likert ölçeği- 1:Kesinlikle Katılmıyorum, 5:Kesinlikle Katılıyorum

gemiadamları ile gemilerin makine bölümünde çalışan gemiadamlarının, özel deniz güvenlik şirketi algıları arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Söz konusu hipotezi (H3 hipotezi) desteklemek amacıyla toplam 25 ifade belirlenmiş ve karşılaştırmalar “güverte” ile “makine” bölümlerinde çalışan gemiadamları arasında gerçekleştirilmiştir. Söz konusu gruplar arasında, anlamlı farklılık tespit edilmiş ifadeler Tablo 8’de verilmiştir.

7 numaralı ifade için Levene testi anlamlılık düzeyinin (sig.) 0,05 değerinin üzerinde olduğu (0,339) ve bu iki grubun varyanslarının denk olduğu tespit edilmiştir. Varyansların denk olması durumunda t-testi anlamlılık düzeyinin kabul edilen anlamlılık düzeyinden (0,05) küçük olduğu görülmektedir (p=0,006). Bu nedenle “Gemilerin güverte departmanında çalışan Türk gemiadamları ile gemilerin makine departmanında çalışan gemiadamlarının ÖDGŞ’lerin yaygınlaşmasının deniz haydutluğunu azalttığı yönündeki algıları arasında anlamlı bir farklılık vardır.” ifadesi kabul edilmiştir.

8 numaralı ifade için Levene testi anlamlılık düzeyinin (sig.) 0,05 değerinin üzerinde olduğu (0,225) ve bu iki grubun varyanslarının denk olduğu tespit edilmiştir. Varyansların denk olması durumunda t-testi anlamlılık düzeyinin kabul edilen anlamlılık düzeyinden (0,05) küçük olduğu

görülmektedir (p=0,013). Bu nedenle “Gemilerin güverte departmanında çalışan Türk gemiadamları ile gemilerin makine departmanında çalışan gemiadamlarının SÖGGP’nin gemiyi korumadaki başarısı algıları arasında anlamlı bir farklılık vardır.” ifadesi kabul edilmiştir.

10 numaralı ifade için Levene testi anlamlılık düzeyinin (sig.) 0,05 değerinin üzerinde olduğu (0,814) ve bu iki grubun varyanslarının denk olduğu tespit edilmiştir. Varyansların denk olması durumunda t-testi anlamlılık düzeyinin kabul edilen anlamlılık düzeyinden (0,05) küçük olduğu görülmektedir (p=0,041). Bu nedenle “Gemilerin güverte departmanında çalışan Türk gemiadamları ile gemilerin makine departmanında çalışan gemiadamlarının deniz haydutluğu açısından yüksek riskli bölgede seyir yaparken gemide SÖGGP bulunması tercihleri arasında anlamlı bir farklılık vardır.” ifadesi kabul edilmiştir.

18 numaralı ifade için Levene testi anlamlılık düzeyinin (sig.) 0,05 değerinin üzerinde olduğu (0,817) ve bu iki grubun varyanslarının denk olduğu tespit edilmiştir. Varyansların denk olması durumunda t-testi anlamlılık düzeyinin kabul edilen anlamlılık düzeyinden (0,05) küçük olduğu görülmektedir (p=0,007). Bu nedenle “Gemilerin güverte departmanında çalışan Türk gemiadamları ile gemilerin makine departmanında çalışan gemiadamlarının

Tablo 8. H_3 Hipotezini Destekleyen İfadeler

İfade No	Değişkenler	Gruplar	n	Ort.*	Levene (Sig.)	F	p (Sig.)
7	ÖDGŞ’lerinin yaygınlaşmasının deniz haydutluğunu azaltması	Güverte	85	3,39	0,339	0,92	0,006
		Makine	40	2,75			
8	SÖGGP’nin gemiyi koruma başarısı	Güverte	85	3,87	0,255	1,30	0,013
		Makine	40	3,38			
10	Deniz haydutluğu bölgesinde SÖGGP ile birlikte çalışma tercihi	Güverte	85	4,41	0,814	0,05	0,041
		Makine	40	4,05			
18	SÖGGP’nin kaptanın emrinde olması	Güverte	85	4,14	0,817	0,54	0,007
		Makine	40	3,52			

*5-aralıklı Likert ölçeği- 1:Kesinlikle Katılmıyorum, 5:Kesinlikle Katılıyorum

SÖGGP'nin kaptanın emrinde olması algıları arasında anlamlı bir farklılık vardır." ifadesi kabul edilmiştir.

6. Sonuçlar

ÖDGŞ üzerine yapılan literatür taraması bu şirketler tarafından sunulan SÖGGP uygulamasının en çok tercih edilen önlem olduğunu ortaya çıkarmıştır. Öyle ki, günümüz dünyasında, ÖDGŞ kavramı neredeyse SÖGGP uygulaması ile anılmaya başlamıştır. Ancak bu uygulamanın bir açıdan gemilerin silahlandırılması anlamına gelmesi, denizcilik sektöründe kaygıların oluşmasına neden olmuştur. ÖDGŞ'lerin denizcilik sektörüne hızlı girişi ve sundukları hizmet konusunda yasal dayanakların bulunmaması da bu endişelerin artmasına yol açmıştır. Bu endişeler genel olarak, gemilerin SÖGGP personeli ile konuşlandırılması sonucu denizlerde şiddetin artması, insan hakları ve yasa ihlallerinin artması, yetkilerin ve güç kullanma tekelinin özel kurumlara devredilmesi, silahların ülkeler arası dolaşımı ve bu uygulamanın deniz haydutluğunu bastırmadaki etkililiği konularında yoğunlaşmıştır. Tüm bu kaygılar özel deniz güvenliği konusunda olumsuz bir algının oluşmasına neden olmuştur. Buna rağmen ÖDGŞ'lerin Türk denizcilik şirketlerince tercih edildiği, Türk bayraklı veya Türkiye bağlantılı gemilerde deniz haydutluğuna karşı bir önlem olarak yer almaya devam ettiği görülmüştür.

Bulgular kapsamında ilk öne çıkan durum, SÖGGP ile ağırlıklı olarak çalışılan bölgenin Doğu Afrika olduğudur. Bu durum, ÖDGŞ'lerin Somali bazlı deniz haydutluğuyla yükseldiğini doğrular niteliktedir. Batı Hint Okyanusu'ndan sonra SÖGGP ile en çok çalışılan bölgeler Batı Afrika ve Güneydoğu Asya olarak görülmektedir. Bu bulgu, ÖDGŞ'lerin, deniz haydutluğu saldırılarının daha sık yaşandığı bölgelerde tercih edildiğini göstermektedir.

Frekans analizlerinde en yüksek

ortalama değerine sahip değişken, "Deniz haydutluğu açısından yüksek riskli bölgede seyir yaparken gemide SÖGGP olmasını tercih ederim." ifadesi olmuştur. SÖGGP ile çalışmış veya çalışmamış olsun her iki grup tarafından da bu ifadeye yüksek katılım gösterilmesi Türk gemiadamlarının, özel deniz güvenliğini deniz haydutluğu saldırılarına karşı etkili bulduğunu göstermektedir. Daha sonraki yüksek katılımın gözlemlendiği diğer ifade ise literatürde de göze çarpan bir unsur olan ÖDGŞ'lerin SÖGGP hizmeti ile anılması konusunda görülmüştür. Gemiadamları "*Özel deniz güvenlik şirketi tanımını duyunca aklıma silahlı koruma personeli gelir.*" ifadesine yüksek katılım göstererek bu konudaki algıyı doğrulamışlardır. En düşük katılım gösterilen değişken ise "*Gemide SÖGGP varken başka güvenlik önlemi almaya gerek yoktur.*" ifadesi olmuştur. Bu bulgu, uluslararası örgütlerin devamlı üzerinde durduğu, ticari gemilerde SÖGGP kullanımının ancak tüm güvenlik önlemleri alındıktan sonra değerlendirilmesi görüşü ile örtüşmektedir. Bu açıdan Türk gemiadamlarının ÖDGŞ'leri ek bir önlem olarak gördüğü savunulabilir.

Literatürde devamlı olarak tartışılmış olan, SÖGGP'nin şiddeti ve tehlikeyi artırması konusunda da gemiadamlarından değerlendirme yapmaları istenmiştir. Bu kapsamda sunulan "*SÖGGP'nin bulunduğu gemide silahlı yaralanma ihtimali daha yüksektir*" "*SÖGGP'nin bulunduğu gemiye deniz haydutlarınca ateş açılma ihtimali daha yüksektir.*" "*SÖGGP'nin silah kullanması tehlikeyi arttırır.*" "*SÖGGP deniz haydutlarına karşı gereğinden fazla güç kullanmaktadır.*" ifadelerine Türk gemiadamlarının düşük katılım gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu bulgu, gemiadamlarının "SÖGGP'nin şiddeti arttıracığı" konusundaki bakış açısının literatürde iddia edilenden daha farklı bir yapıda olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca bulgular çerçevesinde; gemiadamlarının deniz haydutluğu bölgesinde seyir yaparken

gemide SÖGGP olmasını tercih etmeleri, SÖGGP'nin gemiyi ve gemi personelini korumada başarılı olduğunu ifade etmeleri, SÖGGP'nin şiddeti arttıracığı ifadesini, gemiadamları açısından çürütmektedir.

Araştırmada, SÖGGP ile çalışmış ve çalışmamış Türk gemiadamlarının, özel deniz güvenlik şirketi algıları arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Bulgular çerçevesinde SÖGGP ile aynı gemide bulunmuş personelin "*gemide silahlı personel bulunmasından duyduğu rahatsızlık*" oranının daha az olduğu ortaya koyulmuştur. Buna ek olarak "*SÖGGP'nin gemiyi ve gemi personelini korumadaki başarısı*" konusundaki ifadeler ÖDGŞ ile çalışmış gemiadamları daha yüksek katılım göstermiştir. Ayrıca "*SÖGGP'nin silah kullanmasının tehlikeyi, silahlı yaralanmayı ve şiddeti arttırması*" yönündeki ifadelerde de ÖDGŞ ile çalışmış gemiadamlarının daha düşük katılım oranına sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu bulgular SÖGGP ile aynı gemide bulunmanın gemiadamlarının güvenlik algısı açısından pozitif yönlü bir etki yarattığını göstermektedir. SÖGGP ile aynı gemide bulunmamış gemiadamlarının bu uygulamayı daha tehlikeli gördüğü ancak SÖGGP ile aynı gemide bulunduktan sonra bu konudaki görüşlerin olumlu bir şekilde değiştiği ortadadır.

Ayrıca SÖGGP ile çalışmış gemiadamları "*SÖGGP'nin kaptanın emrinde olması*" ve "*yasalar çerçevesinde hareket etmesi*" konularına SÖGGP ile çalışmayan gemiadamlarından daha olumlu yaklaşmışlardır. Bu durum SÖGGP ile çalışan gemiadamlarının, SÖGGP'nin uygulamaları konusunda daha net bir görüşe sahip olduğunu göstermektedir. Bu nedenle "*Deniz haydutluğu bölgesinde SÖGGP ile birlikte çalışma tercihi*" ve "*SÖGGP'nin bulunduğu geminin ele geçirilme ihtimalinin azalması*" yönündeki ifadeleri SÖGGP ile çalışmış gemiadamlarının daha yüksek oranda desteklemesi anlamlılık kazanmıştır. Anlamlı farklılık

tespit edilen ifadeler, SÖGGP ile çalışan gemiadamlarında, ÖDGŞ etkililiği algısının daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bu açıdan bakıldığında, SÖGGP ile aynı gemide bulunmanın ve bu personelin operasyonlarını gerçekleştirmelerine şahit olmanın, gemiadamları algısı üzerinde olumlu bir etki yarattığı sonucuna ulaşılmaktadır.

Tanker tipi gemilerin taşıdıkları yüklerin ve sahip oldukları prosedürlerin dökme yük tipi gemilerden emniyet açısından yoğun olması durumunun gemide silahlı personel bulunmasına etki edeceği düşünülmüştür. Nitekim literatürde SÖGGP'lerin deniz haydutları ile silahlı bir çatışmayı tetikleyebileceği ve bu durumun tanker tipi gemiler için yıkıcı sonuçları olacağı ifade edilmiştir. Buna ek olarak iki tip gemi arasındaki freeboard farklılıkları ve belirli deniz haydutluğu önlemlerinin tankerler açısından uygulama zorluklarına yol açması (gemi etrafına elektrikli tel döşenmesi gibi) düşünüldüğünde, ağırlıklı olarak tanker tipi gemide çalışan gemiadamları ile dökme yük tipi gemide çalışan gemiadamları arasında ÖDGŞ etkililiği ve tehlikenin artması konusunda anlamlı farklılıkların saptanacağı düşünülmüştür. Her ne kadar H₂ hipotezi desteklenmiş ve bu gruplar arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiş olsa da, bu farklılıklar ÖDGŞ etkililiği konusunda değildir. Bu nedenle yukarıda bahsedilen faktörlerin ve tanker tipi gemilerin deniz haydutluğuna karşı dezavantajının ÖDGŞ algısı konusundaki etkisinin sınırlı kaldığı ifade edilebilir.

Son olarak güverte ile makine bölümlerinde görev alan gemiadamlarının ÖDGŞ algıları arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Güverte bölümlerinde görev alan gemiadamları "*ÖDGŞ'lerin yaygınlaşmasının deniz haydutluğunu azaltması*", "*SÖGGP'nin gemiyi koruma başarısı*", "*Deniz haydutluğu bölgesinde SÖGGP ile birlikte çalışma tercihi*" ve "*SÖGGP'nin kaptanın*

emrinde olması” konularına konusuna makine departmanında görev alan gemiadamlarından daha çok katılım göstermişlerdir. Bahsi geçen bulgulara rağmen makine bölümünde görev alan gemiadamı sayısının sınırlı olması ve iki grup arası varyans farklılıklarının gözlemlenmesi, çıktıkların daha detaylı bir incelemesine izin vermemektedir.

Araştırmanın bulguları arasında ek bir çıkarım olarak, Türk bayraklı gemilerce SÖGGP uygulamasından yararlandırıldığı ortaya koyulmuştur. Bu açıdan bakıldığında Türkiye, özel deniz güvenliği ile ilgili bir hareket planı belirlemede oldukça geç kalmıştır. Gelecek yıllarda yaşanabilecek güvenlik tehditlerine karşı gemilerin özel deniz güvenliği kullanma sıklıklarının artması ile özel güvenlik konusunda politikası olmayan ülkeler bu duruma hazırlıksız yakalanacaktır.

İleride gerçekleştirilecek çalışmalarda gemilere konuşlandırılan SÖGGP'nin milliyetinin üzerinde durulması, incelemelerin gemi bayraklarının ve ilgili ülke prosedürlerinin dikkate alınarak gerçekleştirilmesi bu çalışmada değinilemeyen noktalara ışık tutacaktır.

Kaynakça

- [1] Fitzsimmons, S. (2013). Privatizing the struggle against Somali piracy. *Small Wars & Insurgencies*, 24(1), 84-102.
- [2] Liss, C. (2008). *Privatising the Fight Against Somali Pirates*. Perth: Murdoch University, Asia Research Centre Working Paper No: 152.
- [3] Liss, C. (2015). (Re) Establishing Control? Flag State Regulation of Antipiracy PMSCs. *Ocean Development & International Law*, 46(2), 84-97.
- [4] Tempest, M. (2012). *Legal Consideration For Private Naval Company Armed Anti-Piracy Escorts*. *Maritime Private Security Responses To Piracy, Terrorism And WaterBorne Security Risks in the 21st Century*. 86-98.
- [5] Dönmez, Ö. N. (2007). *Kamu Güvenliğinin Etkinliği Açısından Türkiye’de Özel Güvenlik ve Özel Dedektiflik*, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli: Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Anabilim Dalı
- [6] Williams, S., O. (2015). *Soft-Law Industry Guidelines Fostering Maritime Security Compliance*. The Corbett Centre for Maritime Policy Studies Defence Studies Department.
- [7] Berndtsson, J., and Østensen, Å. G. (2015). *The Scandinavian Approach to Private Maritime Security—A Regulatory Façade?*. *Ocean development & international law*, 46(2), 138-152.
- [8] Bürgin, A. C. (2014). *Spain’s Fight Against Maritime Piracy: The Legitimacy of Maritime Security Governance*. *Contemporary Security Policy*, 35(1), 96-115.
- [9] Struwe, L. B. (2012). *Private security companies (PSCs) as a piracy countermeasure*. *Studies in Conflict & Terrorism*, 35(7-8), 588-596.
- [10] Spearin, C. (2014). *Promising Privateers? Understanding the Constraints of Contemporary Private Security*. *Naval War College Review*, Spring 2014, 67(2), 97-116.
- [11] Petrig, A. (2013). *The use of force and firearms by private maritime security companies against suspected pirates*. *International and Comparative Law Quarterly*, 62(3), 667-701.
- [12] Pizor, B. E. (2012). *Lending an Invisible Hand to the Navy: Armed Guards as a Free Market Assistance to Defeating Piracy*. *Case W. Res. J. Int’l L.*, 45, 545.
- [13] Bürgin, A., and Schneider, P. (2015). *Regulation of private maritime security companies in Germany and Spain: A comparative study*. *Ocean development & international law*, 46(2), 123-137.

- [14] Mahard, S. P. (2014). Blackwater's New Battlefield: Toward a Regulatory Regime in the United States for Privately Armed Contractors Operating at Sea. *Vand. J. Transnat'l L.*, 47, 331.
- [15] Cusumano, E., and Ruzza, S. (2015). Contractors as a second best option: the Italian hybrid approach to maritime security. *Ocean development & international law*, 46(2), 111-122.
- [16] Coito, J. C. (2013). Pirates vs. private security: commercial shipping, the Montreux Document, and the battle for the Gulf of Aden. *Cal. L. Rev.*, 101, 173.
- [17] Sertkaya, Y. (2015). Vardiya Zabitliğinde Yeterlilik Kriterleri. *Deniz Ticareti Dergisi* Mayıs 2015, 6-11.
- [18] UDHB (Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı). (2016). *Deniz Haydutluğunun Güncel İstatistik Veriler Işığında Farklı Yönlerden İncelenmesi ve Çözüm Önerileri. Maritime Security Interagency Coordination Workshop 21-24 Mart 2016*
- [19] Renée de Nevers, (2015). State interests and the problem of piracy: comparing US and UK approaches to maritime PMSCs. *Ocean Development & International Law*, 46(2), 153-166.
- [20] Altunışık, R., Coşkun, R., Bayraktaroğlu, S. ve Yıldırım, E., (2012). *Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri SPSS Uygulamalı*. 7. Baskı. Sakarya Kitapevi.
- [21] Schaub Jr, G., and Franke, V. (2009). Contractors as Military Professionals?. *Parameters*, 39(4), 88-104.
- [22] Cotton, S. K., Petersohn, U., Dunigan, M., Burkhart, Q., Zander-Cotugno, M., O'Connell, E., and Webber, M. (2010). *Hired Guns: Views About Armed Contractors in Operation Iraqi Freedom*. Rand Corp Arlington Va National Security Research Div.
- [23] UNDP (United Nations Development Programme in the Republic of Croatia). (2009) "On Citizen Perception Of Safety And Security In The Republic Of Croatia"
- [24] Zogo, R., (2009). *Değişen Kamu Güvenliği Anlayışı: Özel Güvenlik Hizmeti Sunan ve Satın Alanlar Arasındaki Memnuniyet İlişkisi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Trakya Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü
- [25] Aydın, M., Gedik, N., Uğurlu, Ö. ve Yıldırım, U., (2016). Aden Körfezi'nde Yaşanan Deniz Haydutluğu Eylemlerinin Dünya ve Türk Deniz Ticareti Üzerindeki Etkisi, *Journal of ETA Maritime Science*, 4(1), 61-71.



Ship Engine Room Casualty Analysis by Using Decision Tree Method

Ömür Yaşar SAATÇIOĞLU¹, Burak GÖKSU^{1,2}, Onur YÜKSEL^{1,2}, Yiğit GÜLMEZ^{1,3}

¹Dokuz Eylül University, Maritime Faculty, Izmir, yasar.saatci@deu.edu.tr

²Bülent Ecevit University, Maritime Faculty, Zonguldak, burak.goksu@deu.edu.tr; onur.yuksel@deu.edu.tr

³İskenderun Technical University, Barbaros Hayrettin Naval Architecture and Maritime Faculty, Hatay, yigit.gulmez@deu.edu.tr

Abstract

Ships may encounter undesirable conditions during operations. In consequence of a casualty, fire, explosion, flooding, grounding, injury even death may occur. Besides, these results can be avoidable with precautions and preventive operating processes. In maritime transportation, casualties depend on various factors. These were listed as misuse of the engine equipment and tools, defective machinery or equipment, inadequacy of operational procedure and measure of safety and force majeure effects. Casualty reports which were published in Australia, New Zealand, United Kingdom, Canada and United States until 2015 were examined and the probable causes and consequences of casualties were determined with their occurrence percentages. In this study, 89 marine investigation reports regarding engine room casualties were analyzed. Casualty factors were analyzed with their frequency percentages and also their main causes were constructed. This study aims to investigate engine room based casualties, frequency of each casualty type and main causes by using decision tree method.

Keywords: Decision Tree Analysis, Engine Room, Marine Casualties.

Karar Ağacı Metodu ile Gemi Makine Dairesi Kazalarının Analizi

Öz

Gemiler, operasyonları sırasında istenmeyen koşullar ve kazalarla karşılaşabilirler. Kaza sonucu gemilerde yangın, patlama, su alma, karaya oturma, yaralanma ve diğer hasarlar meydana gelebilir. Ancak, önlemler ve önleyici işlemler ile bu sonuçlar engellenebilir. Deniz taşımacılığında kaza sonucu ortaya çıkan kayıplar çeşitli faktörlere bağlıdır. Kazaya sebep olan faktörler, makine ve teçhizatının yanlış kullanımı veya arızalı olması, operasyonel prosedürlerin ve emniyet tedbirlerinin yetersizliği ve önlenemeyen mücbir sebeplerin ortaya çıkması olarak kabul edilebilir. Bu çalışmada, 2015 yılına kadar Avustralya, Yeni Zelanda, Birleşik Krallık, Kanada ve Amerika Birleşik Devletleri'nde yayınlanan kaza raporları incelenmiş ve makine dairesi ile ilgili 89 adet kazayı oluşturan faktörler, kazaların oluşum sıklıkları ve kök sebepleri belirlenmiştir. Bu çalışmanın amacı, incelenen makine dairesi kazalarının, oluşum sıklıkları ve kök sebeplerini, Karar Ağacı yöntemi kullanarak değerlendirmek ve literatürdeki boşluğu doldurmaktır.

Anahtar Kelimeler: Karar Ağacı Analizi, Makine Dairesi, Denizcilik Kazaları.

1. Introduction

A marine casualty can occur due to an event or combination of some events. In the literature, marine casualties are separated into two categories; one is 'casualty with a ship' which is related to the ship, equipment or cargo and the other is 'occupational casualty' which is the result of human factors [1].

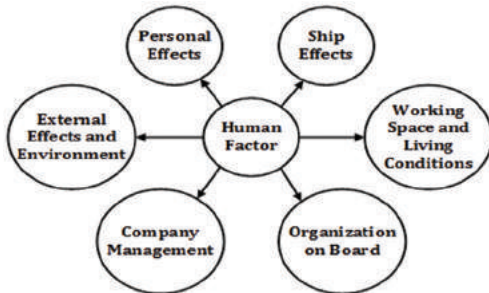


Figure 1. Human Factor

Source: International Maritime Organization (IMO) [2]

IMO classifies the human factors as personal effects, ship effects, working space and living conditions, organization on board, company management, external and environmental effects [2].

A considerable amount of literature has been published on investigation of maritime casualties. These studies were mainly based on one of the casualty types [3, 4, 5], main causes of any casualty types [6, 7, 8] or finding out the relationship between ship types or cargo types and casualty types [9, 10, 11]. For instance, Roberts et. al [12], investigated all casualty types in dry bulk ships, Chauvin et. al [13] studied human factors in maritime casualties, Pedersen [14] attempted to analyze grounding and collision casualties. Barnett [15] revealed main causes of maritime casualties and Akten [16] analyzed casualties in Istanbul Strait. In addition, several studies attempted to investigate risk concept in maritime industry and used various methodologies to make a risk assessment. There is a large volume of

published literature on both investigating casualties and analyzing risk concept in maritime industry. However, there are very few studies that examine ship engine room casualties and its root causes. Yifeng et. al [17] analyzed fire and explosion casualties occurred in engine room of dual fuel ships by using fault tree analysis method and Adamkiewicz and Fydrych [18] studied risk analysis in maintenance of ship power system. Thus, there is not a great deal of previous research about ships' engine room casualty analysis. This study aims to fill a gap in the literature and to investigate engine room based casualties, frequency of each casualty type and root causes of each engine room casualty by using decision tree method.

EMSA statistics also[1] give additional data about ship casualties' location around the world. The coast of the United Kingdom is the area where most ship casualties occurred in Europe and the USA's and Canada's are the Americas', and Australia's and New Zealand's are the Australia Continent's most casualty happening areas.

For this purpose, this study was divided into four parts. The first part deals with general information about maritime casualties, previous studies about both maritime and specifically engine room casualties and originality of the study. The second part details sample selection and describes the methods of analyzing the casualty investigation reports. The third part gives results and findings according to the analysis of reports. Finally, the fourth and last part indicates the analyses that are discussed in the conclusion.

2. Data Collection Process and Methodology

Engine room (E.R) is a crucial area for ship operations since propulsion, power generation, fuel, lubricating oil, cooling & heating systems, exhaust gas, starting, bilge and ballast, ventilation, cargo (for

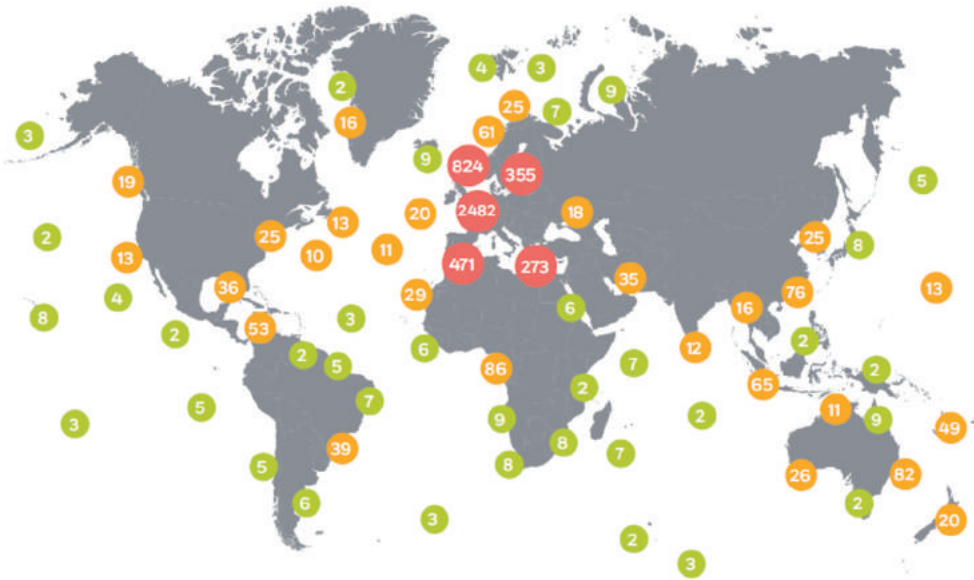


Figure 2. Global Distribution of Casualty Location Between 2011-2013

Source: European Maritime Safety Agency (EMSA) [1]

liquid cargo) and domestic (fresh water / sea water / waste) systems are located in the engine room [19]. One or more system malfunctions may end in catastrophic consequences.

The Marine Casualty Investigators' International Forum (MAIIF) is an international non-profit organization dedicated to the advancement of maritime safety and the prevention of marine pollution through the exchange of ideas, experiences and information acquired in marine casualty investigation [20]. Ship casualty reports were reached from MAIIF [21] database and Global Integrated Shipping Information System (GISIS) [22]. Then, the reports which were related to engine room and consisted "engine room" as phrase in full text of reports were filtered. The engine room casualty reports selection was finalized with the help of Mendeley. That is a very common data analysis program for content classification. In consequence of the selection of the ship E.R casualty criterion in Mendeley, the top five

countries which have the most E.R casualty quantities were defined as the United States, the United Kingdom, New Zealand, Australia and Canada. These selected engine room reports were examined in terms of causes, consequences and frequencies. There were not any constraints on ship type casualties of all ships' E.R reported by the United States (17 reports) the United Kingdom (16 reports), New Zealand (13 reports), Australia (26 reports) and Canada (17 reports) and they were analyzed with their results. Table 1 indicates the number of casualty reports published online and the number of reports related to engine room of selected countries. In addition, due to the fact that all published reports are not adequately detailed, only the reports which detail the casualty and consequences clearly are considered. Thus, the rate of engine room casualty reports to the all casualty reports may not be accurate.

The causes of the engine room casualties determined by filtering the causes which may be related to engine room were among

Table 1. Casualty Report Analysis of Selected Countries

Country	Institution	Website	Casualty Reports	Casualty Reports about Engine Room
Australia	Australian Transport Safety Bureau	http://www.atsb.gov.au/ [23]	213	26
Canada	Transportation Safety Board of Canada	http://www.tsb.gc.ca/ [24]	368	17
New Zealand	New Zealand Transport Casualty Investigation Commission	http://www.taic.org.nz/ [25]	207	13
United Kingdom	Marine Casualty Investigation Branch	https://www.gov.uk/maib-reports [26]	529	16
United States of America	National Transportation Safety Board US Coastguard	http://www.nts.gov/ [27] https://www.uscg.mil/ [28]	269	17

Source: Gathered by authors

the findings of Baker and Seah study [29] in which main causes were classified according to the United Kingdom Marine Casualty Investigation Branch (MAIB) [30], Transportation Safety Board Canada (TSB Canada) [31] and Australian Transportation Safety Board [32] casualty investigation reports. Therefore, determined reasons of engine room casualties are given in Figure 3. The Figure 3 was drawn in Microsoft Visio 2013 which is a commonly used diagram drawing software. There are some acronyms to reduce the size of this figure. These are M/E is for main engine, A/E stands for auxiliary engine and L/O is for lubrication oil. Furthermore, particular data of the ships were collected from reports in order to categorize vessels according to the casualty type of the ship, classification society, flag state, IMO number, deadweight tonnage (DWT) and built year information which gave us statistical findings about 89 casualties surveyed.

In consideration of grouping engine room casualty reasons, a decision tree was generated. Decision tree is a technique to make decisions [33] and representations

of a decision procedure for determining the group of each possibility. Decision trees are a well-known algorithm for classification problems [34] and this method is used to analyze reasons of casualty frequencies. Each step of a decision tree specifies a subgroup [35]. It is also a common method to determine the relationship between observed and quantified data to build a mathematical model [36]. In this paper a decision tree is generated to analyze and group reasons of ships' engine room casualties.

3. Results and Discussion

The data, collected from Casualty Investigation Reports, were organized and counted. Moreover, statistics of these data were sorted, and report number per country, report date, flag state, ship type, build year, ship classification society and DWT range distributions were obtained. Besides, the decision tree analysis was organized according to the results of the reports.

Table 2 demonstrates the date distribution of casualties. Dates are

categorized as before and after 01/01/2002, since 2002 is the ISM (International Safety Management) Code, which is related to standardization of marine safe management, operation and pollution and entry into force date. 43.82% of casualties are before 01/01/2002 and 56.18% of them are after 01/01/2002.

In the Table 3, distribution of classification societies was demonstrated. According to this table, there are twenty nine (32.58%) Lloyd’s Register classed ships which had engine room casualty. However, twenty seven (30.34%) of vessels’ classification society were not remarked in casualty investigation reports. Canadian

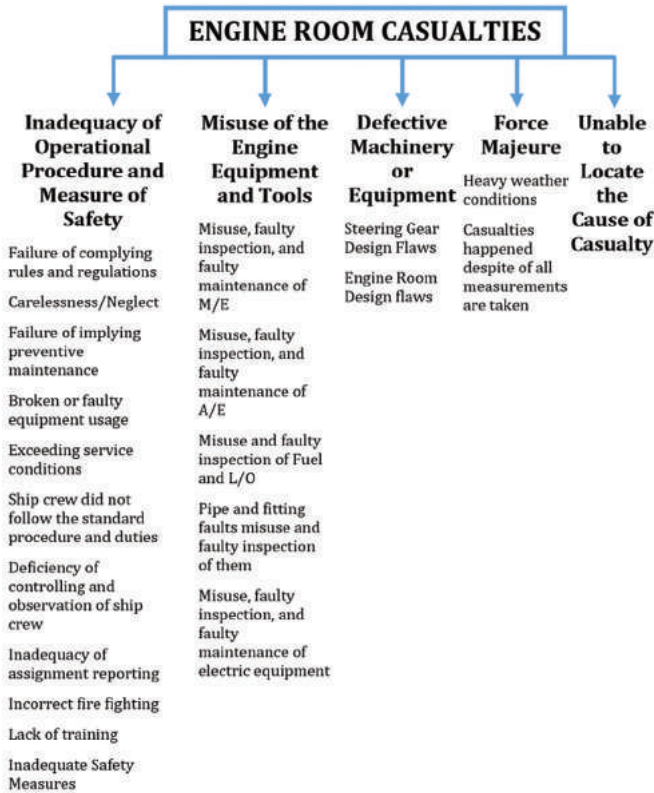


Figure 3. Categories of Engine Room Casualties
Source: Gathered by authors from [29-32]

Table 2. Date Distribution

Casualties reported	Quantity	%
Before 01 January 2002	39	43.82
After 01 January 2002	50	56.18

Source: Gathered by authors from [23-28]

and Australian authorities did not record ship classification society information properly.

Table 4 illustrates the flag state distribution of ships. The number of American flagged ships is sixteen (17.98%), Canadian flagged ships’ number is fifteen (16.85%), and Australian flagged ships’

number is thirteen (14.61%). These three countries are the top flag states.

Table 3. Classification Society Distribution

Ship Classification Society	Quantity	%
LR (Lloyd's Register)	29	32.58
GL (Germanischer Lloyd)	3	3.37
DNV (Det Norske Veritas)	10	11.24
ABS (American Bureau of Shipping)	10	11.24
Nippon Kaiji (Japan Lloyd)	2	2.25
BV (Bureau Veritas)	5	5.62
Polish Register	1	1.12
TCMSS (Transport Canada Marine Safety and Security)	1	1.12
TC (Type Certification)	1	1.12
N/A	27	30.34
Total examined report number	89	100

Source: Gathered by authors from [23-28]

Table 4. Flag State Distribution

Ship flag state distribution	Quantity	%
Antigua & Barbuda	2	2.25
Australia	13	14.61
Bahamas	4	4.49
Barbados	1	1.12
Canada	15	16.85
Cyprus	2	2.25
France	1	1.12
Hong Kong	3	3.37
Liberia	2	2.25
Marshall Islands	1	1.12
Netherlands	2	2.25
New Zealand	9	10.11
Panama	4	4.49

./..

Table 4. Flag State Distribution (Cont')

Saudi Arabia	1	1.12
St Vincent	1	1.12
UK	11	12.36
USA	16	17.98
N/A	1	1.12
Total examined report number	89	100

Source: Gathered by authors from [23-28]

According to the literature review which was done in the subject of marine casualties, causes of engine room casualties were classified and their percentages were deduced as a result of the analysis on casualty investigation reports of selected countries. 89 engine room casualties were examined and their reasons were obtained. According to this examination, the rate of each category was designated, organized and shown in a decision tree which was drawn by using Microsoft Visio 2013. Decision tree provides an alternative tool for designation and illustration of the causes of engine room casualties. There are two ratios near subheadings. The ratio between parentheses (before the subheading) represents the rate of the subtitle in its group. The other ratio shown at the right side of the subheading is the rate of the title in all casualties. In Figure 4, the decision tree analysis is illustrated.

Inadequacy of Operational Procedure and Measure of Safety' are the leading heading with 65.283%. Among the subheadings, 'Carelessness/Neglect' has the highest ratio (19.565%). Besides, 12.183% of all casualties are caused by carelessness and neglect. Moreover, 'Failure of implying preventive maintenance', 'Failure of complying rules and regulations', 'Inadequate Safety Measures' and 'Lack of training' are the following subheadings in this part. As you can see, the last four subheadings are about following the

procedures established by companies, surveys or maritime institutions. As a result of these ratios, it can be said that preventing omission and following rules have a high impact on avoiding engine room casualties.

(32.812% of the group). The most common example of this cause is fuel leakages which cause fires frequently. It can be said that the ship crew should be trained to handle pressurized pipes and fittings to reduce

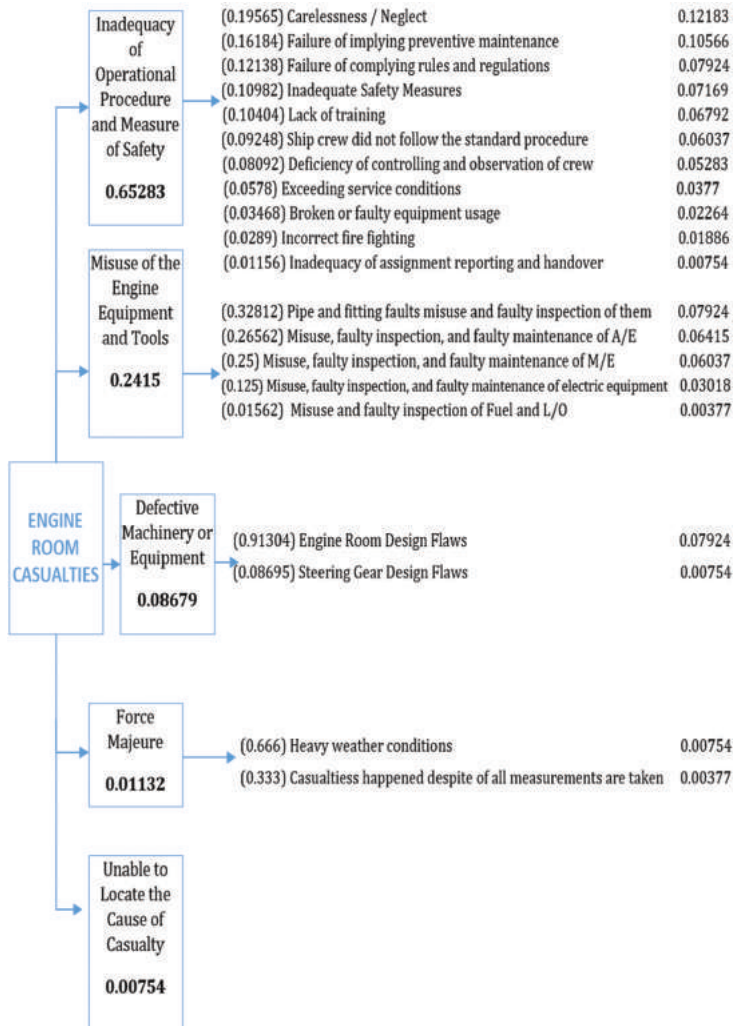


Figure 4. Decision Tree Analysis of Engine Room Casualties
Source: Gathered by authors from [23-32]

The second heading is 'Misuse of the Engine Equipment and Tools' with 24.15%. 'Pipe and fitting faults misuse and faulty inspection of them' has the highest rate

these types of casualties. 'Misuse, faulty inspection, and faulty maintenance A/E' and 'Misuse, faulty inspection, and faulty maintenance M/E' have near ratios. Main

causes of these types of casualties are mostly because of inexperienced ship staff and the solution is education of the staff more accurately. The first and the second headings cover the human errors and its total rate is 90.433% which is remarkably a high value. The importance of education was mentioned above. In addition to high human error factor, other crucial main causes are fatigue and excessive workload. Hence, crew's working hours are journalized and these results show that it is crucial to supervise these records more strictly.

The third heading is 'Defective Machinery or Equipment' with 8.679% and "Engine Room Design Flaws" has the rate of 91.304% in this group. The other subheading is "Design Flaws of the Steering Gear" with 8.679%. These results show us the importance of the ship design process. Designers should consider the operating conditions at the design phase to ease the operation and to avoid casualties. Moreover, it is seen that manufacturers are obligated to provide understandable and adequate instruction books for their equipment. Besides, approximately eight percent of casualties in this group occurred due to steering gear breakdowns. Especially, it is seen that collision and grounding casualties could have been prevented with better maintenance and design of steering gear.

In this analysis, 'Force Majeure' heading takes the fourth place with 1.132% and the last one is 'Unable to Locate the Cause of Casualty' heading with 0.754%. There are only three casualties under the 'Force Majeure' heading and two of them occurred because of the heavy weather conditions. Even the voyage plans of ships included weather conditions, in these two casualties, ships experienced unexpected heavy weather conditions. Hence, they lived through engine room casualties. In the other casualty in this group, it is reported that, all measurements were taken yet the casualty

occurred. There are also two casualties whose reasons could not be identified.

4. Conclusion

The present study was designed to determine main causes of ship engine room casualties by using decision tree analysis method. For this purpose, casualty investigation reports of engine room casualties were categorized and five selected countries' reports were investigated to determine the causes of engine room accidents. Finally, a decision tree was generated to analyze and group reasons of ships' engine room accidents. Occurrence frequencies of main causes of accidents showed all rates and rankings of headings and subheadings. This analysis demonstrated some significant outputs for further studies about frequency.

The most obvious finding to emerge from this study is that human factor is crucial for safety of engine room operation. According to the findings, 90.433% of all engine room accidents were caused due to human error. Main causes of human errors were mainly lack of training and experience, fatigue and excessive workload. The second major finding was high percentage of accidents occurred because of design and manufacturing defects. Also, the importance of adequate instruction books can be seen in the finding.

These findings have significant implications for the understanding of why engine room casualties occur. A key strength of the present study was to contribute to the literature which is missing in examination of ship engine room casualties. The method used to analyze engine room casualties in this study may be applied to other maritime casualty investigation analysis studies. Although the current study is based on a small sample of casualty investigation reports, the findings can be used to explain other engine room accidents.

Despite the fact that a large number of

marine casualties occur all over the world, only a low percentage of these casualties was reported and published online. Thus, a small amount of casualty investigation reports published online could be analyzed. Therefore, it is the major limitation of this study. On the other hand, due to the fact that published reports were not adequately detailed, only the reports which detail the casualty and consequences clearly were considered. In addition, five countries which have the greatest number of published reports available online on their official websites were selected to investigate. Because of all these limitations, only 89 reports from 5 countries were investigated in the study.

In further studies, research which consists of more casualty investigation reports from different countries may be conducted. This situation can help us with testing and correcting the results of the study. In addition, the method used in the study can be developed via using an algorithm, and a full decision making mechanism can be established.

The findings of this study have a number of important implications for future practice. There are a number of important improvements which need to be made to decrease casualty occurrence in ships' engine room. For instance, once the results of the study were examined, it was seen that the majority of the problems arising from human error was based on fatigue and excessive work intensity. Thus, the audits on the working hours of human resources working in the maritime industry need to be tightened. Another reason for casualties caused by human error is due to lack of education and failure to comply with the regulations. In order to find a solution to this situation, it is necessary to make the trainings more disciplined and to impose safety culture on the ships' crew. Finally, it is seen that a considerable amount of engine room casualties are caused by

design flaws. In order to solve this problem, the ideas of the operators should be taken into consideration in the design phase and the design process should be followed in a more systematic way.

References

- [1] European Maritime Safety Agency. 2015, "Annual overview of marine casualties and incidents 2014". www.emsa.europa.eu/.
- [2] International Maritime Organization, Resolution A.884. Amendments to the Code for the Investigation of Marine Casualties and Incidents. 02.11.2016. http://www.emsa.europa.eu/retro/Docs/marine_casualties/resolution_a884_21.pdf
- [3] Uğurlu, Ö. (2016). Analysis of fire and explosion accidents occurring in tankers transporting hazardous cargoes. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 55:1-11.
- [4] Grazino A., Teixeira A.P. and Guedes Soares, C. (2016). Classification of human errors in grounding and collision accidents using the TRACER taxonomy. *Safety Science*, 86: 245-257.
- [5] Akhtar, M.J and Utne, I.B (2014). Human fatigue's effect on the risk of maritime groundings- A Bayesian Network modeling approach. *Safety Science*, 62:427-440.
- [6] Rahaman M. Islam M.R and Degiuli, N. (2015). Shipbuilding, 66(1):12-22.
- [7] Wang H., Hui J., Liang Y. (2013). Cause Mechanism Study to Human Factors in Maritime Accidents: Towards a Complex System Brittleness Analysis approach. *Social and Behavioral Sciences*, 96:723-727.
- [8] Bielic, T., Pero V. and Mohovic, R. (2010). Competency- Major Cause of Maritime Casualties. *Scientific Journal of Maritime Research*, 24 (2): 247-260
- [9] Akyuz E. (2017). A Marine accident analysing model to evaluate potential

- operational causes in cargo ships. *Safety Science*, 92
- [10] Eliopoulou, E., Papanikolaou, A, Diamantis, P. and Hamann, R. (2012). Analysis of tanker casualties after the Oil Pollution Act (USA, 1990). *Journal of Engineering for the Maritime Environment*, 226(4): 301-312.
- [11] Hakkinen, J.M. and Posti, A.I. (2014). Review of Maritime Accidents Involving Chemicals- Special Focus on the Baltic Sea. *International Journal on Marine Navigation safety of Sea Transportation*, 8(2): 295-305.
- [12] Roberts, S.E. and Marlow, P.B. (2002). Casualties in dry bulk shipping (1963–1996). *Marine Policy*, 26: 437-450.
- [13] Chauvin, C., Lardjane, S., Morel, G., Clostermann, J.P. and Langard, B. (2013). Human and organizational factors in maritime accidents: Analysis of collisions at sea using the HFACS. *Accident Analysis and Prevention*, 59: 26-37.
- [14] Pedersen, P.T. (2010). Review and application of ship collision and grounding analysis procedures. *Marine Structures*, 23: 241-262.
- [15] Barnett M.L. (2005). Searching for the Root Causes of Maritime Casualties– Individual Competence or Organisational Culture? *WMU Journal of Maritime Affairs*, 4(2): 131-145.
- [16] Akten, N. (2004). Analysis of Shipping Casualties in the Bosphorus. *The Journal of Navigation*, 57(3): 345-356.
- [17] Yifeng, G., Zhao, J., Shi, T., and Zhu, P. (2016). Fault Tree Analysis of Fire and Explosion Accidents for Dual Fuel (Diesel/Natural Gas) Ship Engine Rooms. *Journal of Marine Science Application*, 15: 331-335.
- [18] Adamkiewicz, A. and Fydrych, J. 2013. Application of risk analysis in maintenance of ship power system elements. *Maritime University of Szczecin Scientific Journal*, 36: 5-12.
- [19] <http://shipmind.net/engine-room-systems-and-layout> (Access: 02.01.2017)
- [20] <http://www.maiif.org/> (Access: 02.01.2017)
- [21] <http://www.maiif.org/index.php/investigation-reports> (Access: 04.01.2017)
- [22] <http://www.gisis.imo.org> (Access: 05.01.2017)
- [23] <http://www.atsb.gov.au/> (Access: 04.01.2017)
- [24] <http://www.tsb.gc.ca/> (Access: 09.01.2017)
- [25] <http://www.taic.org.nz/> (Access: 12.01.2017)
- [26] <https://www.gov.uk/maib-reports> (Access: 02.01.2017)
- [27] <http://www.ntsbgov.gov/> (Access: 03.01.2017)
- [28] <https://www.uscg.mil/> (Access: 03.01.2017)
- [29] Baker, C.C. and Seah A.K. (2004). *Maritime Accidents and Human Performance: the Statistical Trail*. ABS Technical Papers MARTECH 2004, Singapore.
- [30] <https://www.gov.uk/maib>. (Access: 02.01.2017)
- [31] <http://www.tsb.gc.ca/eng/rapports-reports/marine/index.asp> (Access: 05.01.2017)
- [32] <http://www.atsb.gov.au/> (Access: 02.01.2017)
- [33] Janssens, D., Geert, D. W., Tom, B., Vanhoof, K., Arentze, T. and Harry T. (2006). “Integrating Bayesian Networks and Decision Trees in a Sequential Rule-Based Transportation Model.” *European Journal of Operational Research* 175 (1): 16–34.
- [34] Erol, S. and Başar, E. (2015). “The analysis of ship accident occurred in Turkish search and rescue area by using decision tree” *Maritime Policy & Management*, 42:4, 377-388.
- [35] Chong, M., Abraham, A. and Paprzycki, M. (2005). “Traffic Accident Analysis Using Machine Learning Paradigms” *Informatica* 29: 89-98.
- [36] Dale, M. B., Dale, P.E. R. and Tan, P. (2007). “Supervised Clustering Using Decision Trees and Decision Graphs: An Ecological Comparison.” *Ecological Modeling* 204 (1): 70–78.



A Practical Tool for Evaluating Refrigeration Systems Using R-134a

Mehmet Turgay PAMUK¹, Atilla SAVAŞ¹

¹Piri Reis University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, İstanbul, mtpamuk@pirireis.edu.tr; asavas@pirireis.edu.tr

Abstract

In this theoretical work, the ideal vapor-compression cycle using Refrigerant-134a (Tetrafluoroethane, a chlorine free refrigerant) is studied considering an evaporator pressure range of 100-200 kPa and a condenser pressure range of 0.8-1.6 MPa. The all four states of the thermodynamic cycle are calculated for a great number of conditions within the above pressure ranges. Thermodynamic properties of the refrigerant R-134a are evaluated using curve fitting polynomials. The deviations of the values generated from fitting curves from the actual tabulated data is less than 0.5%. Results are represented in a graph of COP vs. evaporator pressure for various condenser pressures. The results of this study is believed to be a quick reference especially for designers and engineering students.

Keywords: Thermodynamics, Refrigeration, Vapor-Compression, Refrigerant-134a.

R-134 Kullanan Soğutma Sistemleri için Pratik Hesaplama Aracı

Öz

Bu teorik çalışmada R-134a (Tetraflöretan, klor içermeyen bir soğutucu akışkan) kullanılan buhar sıkıştırmalı soğutma çevrimi 100-200 kPa buharlaştırma basıncı aralığında, 0.8-1.6 MPa yoğuşturucu basıncı aralığında olmak üzere incelenmiştir. Termodinamik çevrimin dört aşaması bu basınç aralıklarında detaylı olarak hesaplanmıştır. R-134a soğutucu akışkanının termodinamik özellikleri eğri uydurma polinomları kullanılarak bulunmuştur. Bu eğrilerden elde edilen değerlerin tablo değerlerinden sapması %0.5'ten küçüktür. Sonuçlar farklı yoğuşturucu basınçları için buharlaştırma basıncına karşı COP değerleri olarak sunulmuştur. Bu çalışmanın sonuçlarının özellikle soğutma sistemi tasarımcıları ve mühendislik öğrencileri için pratik bir hesaplama aracı olacağı değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Termodinamik, Soğutma, Buhar-Sıkıştırmalı, Soğutucu R-134a.

Nomenclature

COP	coefficient of performance defined as Q_{evap}/W
h	enthalpy, kJ/kg
P	pressure, kPa or MPa
Q	heat absorbed or rejected per kg of refrigerant, kJ/kg
s	entropy, kJ/kg-°C
T	temperature, °C
v	specific volume, m ³ /kg
W	work (done on) per kg of refrigerant, kJ/kg

Greek Symbols: η isentropic efficiency of compressor*Subscripts:**cond* condenser*evap* evaporator*f* liquid phase*g* gaseous phase*H* high, denoting to condenser*in* added in, as in compressor work*L* low, denoting to evaporator*sat* saturation**1. Introduction**

According to Encyclopedia Britannica, refrigeration is a process where heat is removed from an enclosed space or from a substance in order to lower its temperature. Refrigeration is primarily used for storing food at low temperatures in order to prevent the adverse effects of bacteria, yeast, and mold in the developed nations and rich regions in the developing world. Many products can be frozen by permitting them to be preserved for very long time periods with negligible loss in initial properties. Air conditioning has also become a commonly used refrigeration technique in industrialized nations [1].

US Environmental Agency explains refrigeration and air conditioning systems typically using a refrigerant in a vapor compression cycle as devices for cooling and/or dehumidifying a substance or space, like a refrigerator cabinet, room, office building, or warehouse. Systems of refrigeration and air conditioning are chillers, commercial ice machines, household refrigerators and freezers, ice skating rinks, industrial process air-conditioning units, industrial process refrigeration systems, motor vehicle air conditioning, non-mechanical heat transfer systems, residential and light commercial air conditioning and heat pumps, residential dehumidifiers, refrigerated transport, retail food refrigeration, very low temperature refrigeration and water coolers [2].

An important issue about refrigeration systems is that they are one of the main

sources of energy consumption which is a vital factor in environmental concerns. As dictated by Kyoto Protocol, participating countries are to decrease carbon emissions due to the combustion of hydrocarbon content fuels in the energy plants. This approach has also brought about the necessity building more energy efficient ships. One of the components that consume energy in ships is HVAC (Heating, Ventilating and Air Conditioning refrigeration) systems. By optimizing the condenser outlet temperature as main parameter for compressor speed adjustment, an energy saving potential is calculated to be viable [3].

All liquids boil and condense at distinct temperatures that depend on their pressures. All physical changes occur within the limits of their freezing points and critical temperatures. During the boiling the liquid must absorb the latent heat of evaporation and during the condensing the absorbed latent heat must be rejected again. The basic refrigeration cycle utilizes the boiling and condensing of a refrigerant at different temperatures or in other words, at different pressures. Heat is added in the fluid at the lower temperature and pressure and provides the latent heat to cause it to boil and to change to a vapor. This vapor is then compressed to a higher pressure and a corresponding saturation temperature where its latent heat can be rejected so that it changes back to a liquid. The total refrigeration effect will be the heat transferred to the refrigerant during the boiling i.e. inside the evaporating tank [4].

As explained above, refrigeration is a major application area of thermodynamics. During refrigeration heat is removed from a lower temperature region and transferred to a higher temperature one. Refrigerators, in general, are devices producing cooling effect. Thermodynamic cycles operating on these principles are

called refrigeration cycles. The vapor-compression refrigeration cycle is the most commonly used refrigeration cycle. In a vapor-compression refrigeration cycles, the refrigerant is evaporated and condensed in an alternating nature. It is then compressed in the vapor phase by mechanical means. Reversibility in thermodynamics refers to a characteristic of certain processes that can be reversed, and the system is returned to its initial state, without leaving any net effect. The Carnot Heat Engine is a totally reversible cycle consisting of two reversible isothermal (constant-temperature) and two isentropic (constant-entropy) processes. As stated in Carnot principles, A Carnot heat engine has the maximum thermal efficiency for given temperature limits. Therefore it is taken as a standard to compare the efficiencies of actual power cycles. Due to its reversibility, all four above processes can be reversed, causing also to change the directions of heat and work exchange with the environment. In this case it is called a reversed Carnot cycle. A Refrigerator operating on the reversed Carnot cycle is called a Carnot refrigerator. The Carnot

refrigerator and the reversed Carnot cycle are shown in Figure 1.

The refrigerant absorbs heat (Q_L) at constant-temperature from a source (T_L). It is then compressed at constant-entropy to a higher temperature (T_H) where heat (Q_H) is rejected at again constant-temperature (T_H). From there, expansion occurs at constant-entropy to the initial lower temperature (T_L). The process 3-4 is called condensing where the refrigerant changes from a saturated vapor to a saturated liquid at temperature whereas the process 1-2 is called evaporation where the refrigerant changes from a mixture of liquid-vapor to a saturated vapor at lower temperature. Other two processes are the compression process (2-3) where the mixture is compressed to a saturated vapor at higher temperature and the expansion process (4-1) where the saturated liquid is brought to mixture at a lower temperature, initiating the refrigeration. However, in real life applications, although the processes 1-2 and 3-4 are viable, processes 2-3 and 4-1 are difficult to achieve due to mixtures of liquid and vapor, since compressors

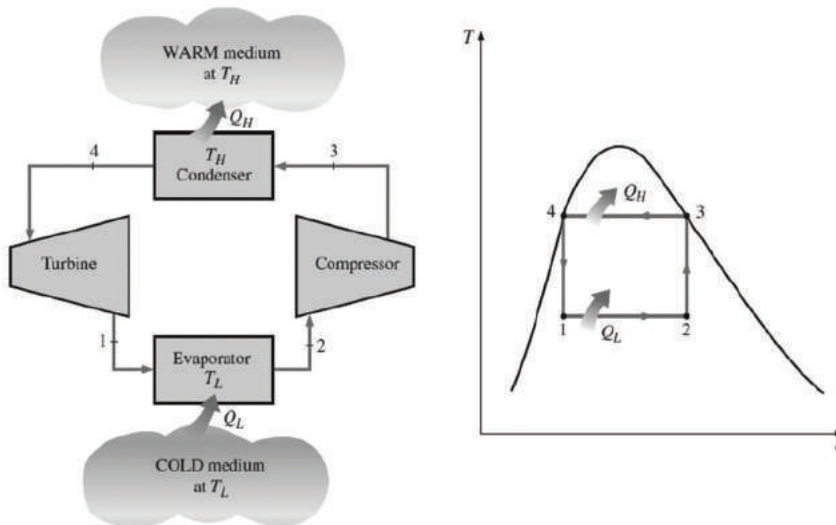


Figure 1. The Carnot Refrigerator and The Reversed Carnot Cycle [5]

and turbines (expanding devices) cannot handle two phase fluids in an efficient way. In order to solve these difficulties, the reversed Carnot cycle could be executed outside the saturation region. However, this would bring up the difficulty in maintaining constant-temperature conditions at the processes 1-2 and 3-4. Although the reversed cycle is a benchmark for comparing the actual cycles, it is therefore not a realistic refrigeration model.

The above mentioned issues against practical use of the reversed cycle can be eliminated by replacing the turbine with a throttling device to reduce the pressure of the liquid, thus lowering the temperature for initiating the cooling effect and by evaporating the mixture completely (i.e. to saturated vapor) before the compression stage. In this case, state 3 is no longer a saturated one, but a superheated state. Therefore process 3-4 takes place in two steps: de-superheating the vapor from a higher temperature to saturation temperature, then changing the vapor phase to liquid at constant-temperature.

The cycle outlined here is called an ideal

vapor-compression refrigeration cycle. The Ideal refrigerator and the Ideal Carnot cycle are shown in Figure 2. As indicated previously, the most common used cycle for refrigeration in general is the vapor-compression refrigeration cycle. The cycle contains four different processes:

Process 1-2: Constant-entropy (isentropic) compression (compressor)

Process 2-3: Constant-pressure (isobaric) heat rejection (condenser)

Process 3-4: Constant-enthalpy (isenthalpic) throttling (e.g. expansion valve)

Process 4-1: Constant-pressure (isobaric) heat absorption (evaporator)

In an ideal cycle, as mentioned previously, the refrigerant at state 1 (compressor inlet) is a saturated vapor. It is then compressed to the condenser pressure in a constant-entropy process. Because compression occurs outside the saturation line (T-s diagram), state 2 is a superheated vapor, therefore attaining a temperature well above the surroundings. This temperature difference causes the heat transfer to take place more easily than it does for the saturated case. Releasing

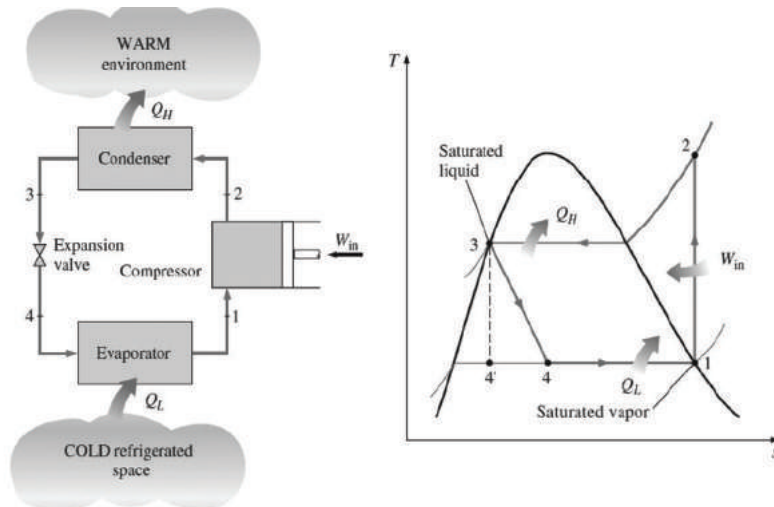


Figure 2. The Ideal Vapor-compression Refrigerator and The Ideal Cycle [5]

the superheat, the rest of the process is same as the reversed Carnot cycle, i.e. the refrigerant changes phase from saturated vapor to saturated liquid at state 3. The intermediate state where the refrigerant is saturated vapor is sometimes called 2'. The higher-pressure liquid refrigerant at state 3 is then throttled causing the liquid to start evaporating easily due to liquid particles sprayed into the lower pressure of evaporator. Meanwhile, temperature of the refrigerant is also reduced to the value corresponding to the saturation pressure. The refrigerant is now a mixture of liquid and vapor phases for which evaporation continues until the refrigerant inside the evaporator undergoes a phase change completely to a saturated vapor. With this evaporation taking place, the latent heat required for the phase change of the refrigerant from a mixture to vapor is absorbed from the refrigerated space, thus achieving the cooling function of the cycle. The cycle is then completed with the refrigerant leaving the evaporator [5].

Refrigerants are the fluids absorbing high amount of heat during evaporation, due to their higher evaporation enthalpies. Refrigerants providing a cooling effect during the evaporation are commonly used in a variety of refrigeration systems, including house hold refrigerators, air conditioners, process cooling, etc. The chemical substances directly responsible for refrigeration as they change phase are called the primary refrigerants which can be classified into the following five main groups: halocarbons, hydrocarbons (HCs), inorganic compounds, azeotropic mixtures, and non-azeotropic mixtures [6].

On the other hand, secondary refrigerants are fluids carrying heat from a substance refrigerated to the evaporator of a refrigeration system. The secondary refrigerants experience a change in temperature when they absorb the heat and liberate it at the evaporator, but they do

not change phase. Most common secondary refrigerants include antifreeze solutions (e.g. ethylene glycol) used in chilled water systems and brine solutions (e.g. calcium chloride) used in industrial applications.

However, heat absorption, or in other words thermodynamic properties is not the only criterion for selecting a refrigerant. Physical and chemical properties such as thermal conductivity and viscosity and environmental impacts such as ozone depletion are equally important [7]. Other criteria for determining the type of the refrigerant is another environmental effect called GWP, i.e. green-house effect, flammability and toxicity. The reason why a working fluid (refrigerant) called R-134a is selected is due its relatively very favorable properties. The primary present concern regarding the refrigerants' influence on the environment is due to the release of chlorine (Cl) in the upper atmosphere. Chlorine gas is believed to react with the ozone (O_3), thus depleting it. Depletion of ozone levels in the upper atmosphere caused by its reaction with chlorine can reduce the screening of harmful ultraviolet rays from the sun. Research has shown that, prolonged exposure to ultraviolet rays may give a rise to health problems such as skin cancers, as well as other adverse effects on living creatures. These refrigerants containing chlorine, thus having the potential of depleting the ozone are called chlorofluorocarbons, or CFCs. The types of CFCs are R-11, R-12, R-113, R-114, and R-115. They are sometimes referred to with the prefix CFC, such as CFC-11, CFC-12, and so on. The United States banned CFC production 1995 and refrigerating devices containing these refrigerants are being replaced or modified for use with less harmful refrigerants. Another group of refrigerants containing chlorine as well as a hydrogen molecule in their molecular chain are less persistent than the CFCs, thus representing a reduced threat to the

ozone layer. These refrigerants are called hydro chlorofluorocarbons or HCFCs. The types of HCFCs are R-22, R-123, R-124, R-141b, and R-142b. Starting on January 1, 2004, the United States restricted HCFC refrigerant production. A worldwide ban is also scheduled by 2030. The refrigerants with no chlorine content are considered to be the least harmful to the ozone layer. They are called the hydro fluorocarbons or HFCs. The types of HFCs are R-125, R-134a, R-143a, and R-152a. However, owing to their global warming potential, there exists some pressure for reduction of their use. As can be understood, no refrigerant is completely innocent and replacing a refrigerant could pose another environmental problem. Besides, differences in physical or thermodynamic properties such as boiling points and refrigerating efficiencies or safety and lubricant and elastomer compatibility could bring up further difficulties. Until now, R-134a has proven to be the best refrigerant as a substitute for R-12 which is widely used in automotive and commercial refrigeration applications. R-123, an HCFC, has been promoted as a candidate to replace R-11, at least temporarily. R11 is a very common refrigerant for systems using centrifugal compressors.

Refrigerant are also classified according to their carbon content: The methane and the ethane series. Except for R-22 (an HCFC) and R-23 (an HFC) from methane series, all others are either flammable or toxic or fully halogenated. R-23 is not widely used as a refrigerant due to its thermodynamic properties. On the other hand, R-22 is the most popular refrigerant in many applications, yet it will undergo future government restrictions in manufacture due to its unfavorable environmental impact, though small. Among the ethane series, R-123, R-124, R-125, and R-134a are the only partially halogenated compounds that are non-toxic and non-flammable.

R-123 is an HCFC and will face regulatory restrictions. The thermodynamic properties of R-124 and R-125 make them of low interest. On the other hand, R-134a has already attracted the most interest for its very favorable properties and it is promising to be one of the more popular future refrigerants [8]. Therefore, R-134a appears to be the best available choice among many refrigerants mentioned above, for a variety of applications.

2. Theory

The first law of Thermodynamics states that the net energy exchange in a cycle is zero which can be stated as $Q_{net} - W_{net} = 0$. It can be seen from Figure 2 that $Q_{net} = Q_H - Q_L$ and $W_{net} = W_{in}$ since the only work involved is compressor work. The performance of any system can be evaluated by comparing the desired output with the required input, i.e. $Performance = (Desired\ output) / (Required\ input)$ which is called the efficiency for a work producing or a work consuming device and is always less than unity. On the other hand, in the case of a refrigeration system it is usually larger than unity and called the Coefficient of Performance and shown as $COP = Q_L / W_{in}$. Since all four components found in a basic refrigeration system are steady flow devices with negligible change in kinetic and potential energy in the working fluid, the resulting heat and work transactions can be calculated using the enthalpy change through the device. It should be noted that the expansion process is isenthalpic where the enthalpy remains unchanged and the compression process is isentropic where the entropy is constant, assuming the compressor is adiabatic and reversible, i.e. it is perfectly insulated against any heat loss to environment and there exists no losses (frictional etc.) within the compressor. Summarizing all:

$Q_L = h_4 - h_1$ with $h_4 = h_3$ (state 4 is mixture of liquid and vapor at evaporator pressure)

$W_{in}=h_2-h_1$ with $s_2=s_1$ (state 1 is saturated vapor at evaporator pressure)

$Q_H=h_2-h_3$ (state 2 is superheated vapor and 3 is saturated liquid at condenser pressure)

All the state properties throughout the calculations are evaluated using curve fitting polynomials obtained from the property data tables belonging to R-134a [9]. Once the property evaluations are made using the evaporator and condenser pressures which are two most important parameters of a compression refrigeration system, the above calculations are performed to obtain Q_L , W_{in} , Q_H and eventually COP . Figures 3 to 15 show temperature dependence of pressure, specific volume, entropy

and enthalpy that are obtained from the property data tables which are used to construct the fitting polynomials upto 5th order depending on R^2 of the fitting curves. A wide range of pressure values, 100-200 kPa for evaporator and 0.8-1.6 MPa for condenser, is covered based on the above graphs, performing a vast number of calculations to obtain COP against P_{evap} for various P_{cond} values (Figure 16).

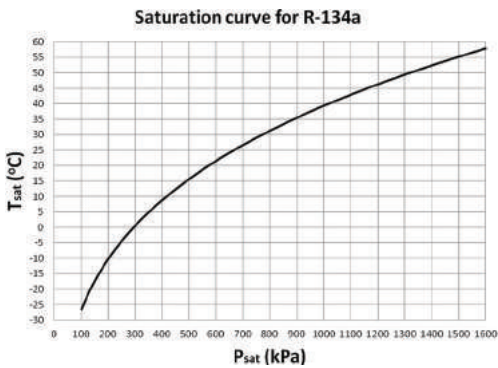


Figure 3. Saturation Temperature vs. Saturation Pressure

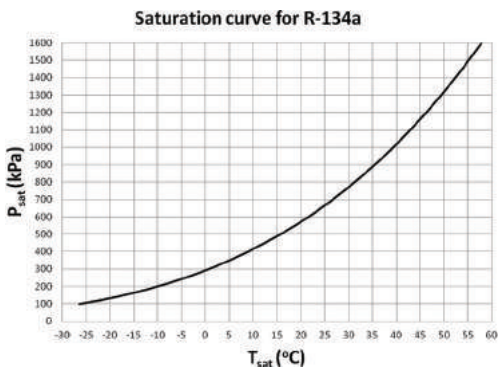


Figure 4. Saturation Pressure vs. Saturation Temperature

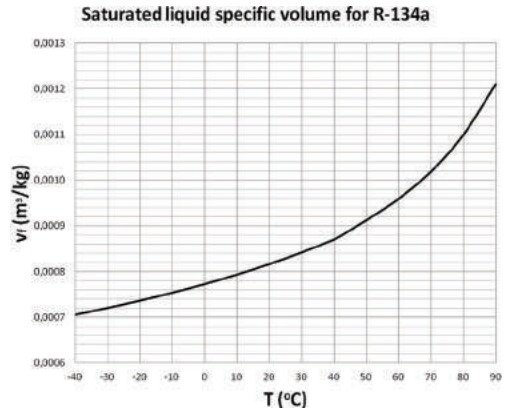


Figure 5. Saturated Liquid Specific Volume vs. Saturation Temperature

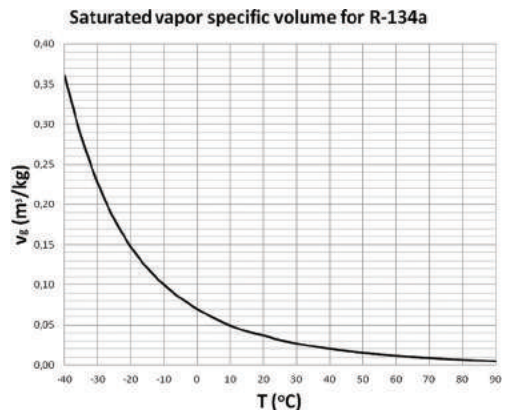


Figure 6. Saturated Vapor Specific Volume vs. Saturation Temperature

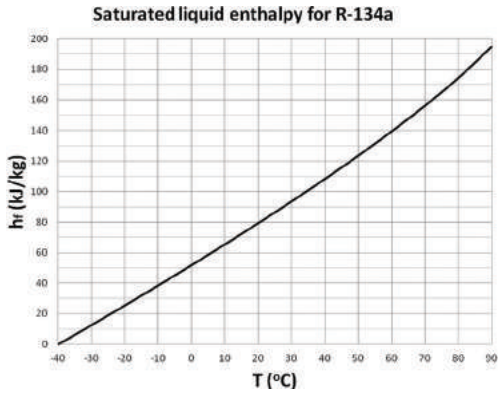


Figure 7. Saturated Liquid Enthalpy vs. Saturation Temperature

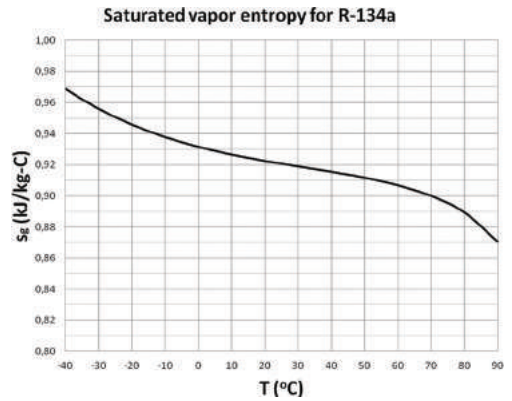


Figure 10. Saturated Vapor Entropy vs. Saturation Temperature

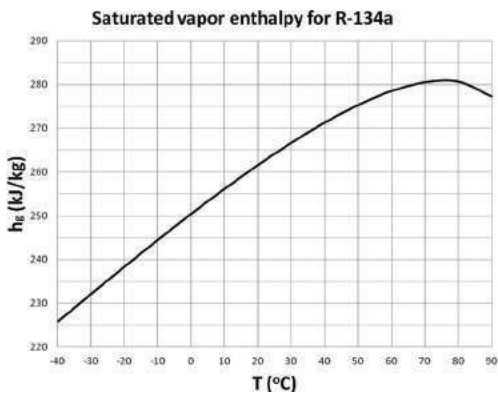


Figure 8. Saturated Vapor Enthalpy vs. Saturation Temperature

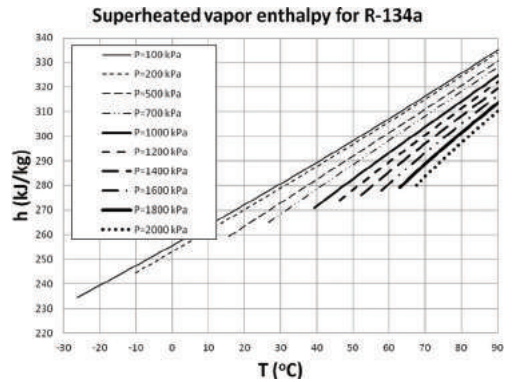


Figure 11. Superheated Vapor Enthalpy vs. Temperature

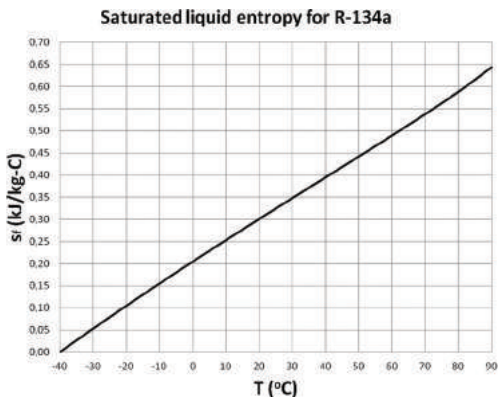


Figure 9. Saturated Liquid Entropy vs. Saturation Temperature

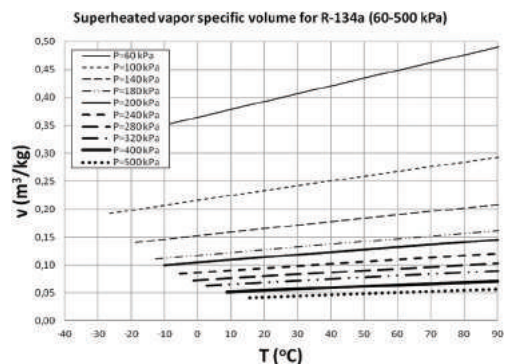


Figure 12. Superheated Vapor Specific Volume vs. Temperature

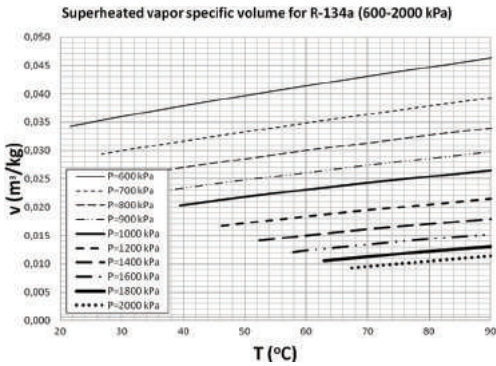


Figure 13. Superheated Vapor Specific Volume vs. Temperature

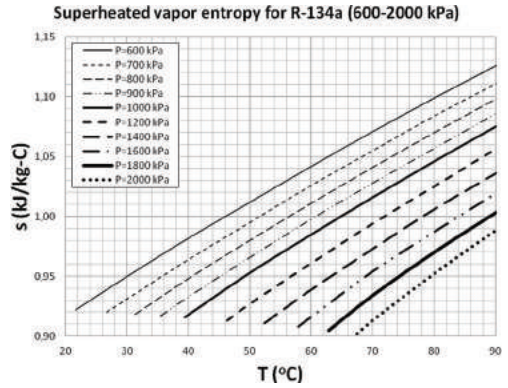


Figure 15. Superheated Vapor Entropy vs. Temperature (600-2000 kPa)

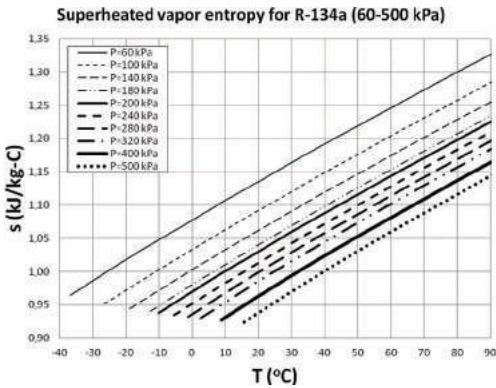


Figure 14. Superheated Vapor Entropy vs. Temperature (60-500 kPa)

3. Results and Discussion

The results obtained herein are obtained for an ideal compression refrigeration system using R-134a as refrigerant. The results are readily usable especially by designers and engineers aiming to perform quick calculations for such systems. If any data is available regarding the level of irreversibility of the compressor, i.e. the isentropic efficiency, η , a more realistic (actual) COP can be obtained by simply multiplying the ideal COP by efficiency, i.e. $COP_{actual} = \eta COP_{ideal}$. Just to have an insight of how practically the results can be obtained,

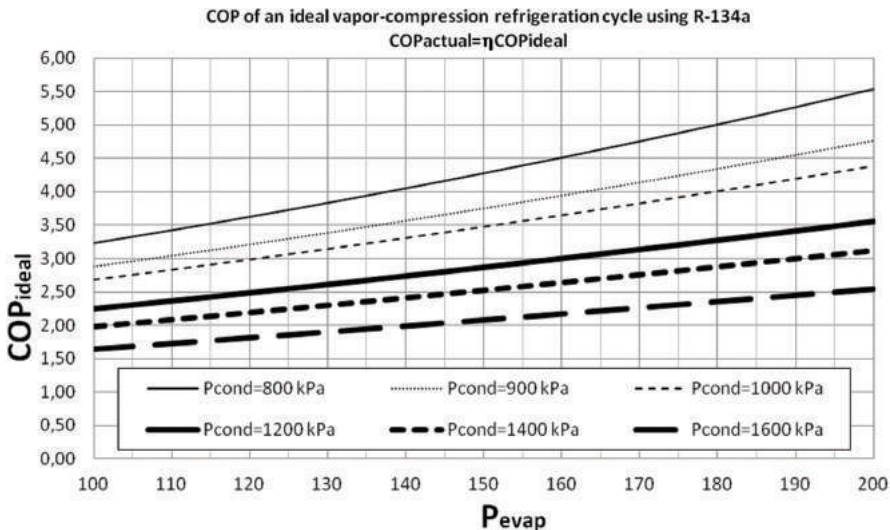


Figure 16. COP of an Ideal Vapor-compression Refrigeration Cycle Using R-134a

an example is included herein:

Example: A refrigerator of 5 tons of refrigerant is to be designed with a freezer temperature of -10°C where the heat is absorbed and an environment temperature of 20°C where the heat is rejected to. COP of the refrigeration system and the power required for the compressor are to be determined.

Solution: As a rule of the thumb, evaporation and condensation temperatures can be approximated to have 15°C difference with medium (air) where heat is absorbed from and rejected to [10]. In this case, using Figure 4, the freezer temperature of -10°C corresponds to -25°C of evaporator temperature whose saturation pressure is 100 kPa and an environment temperature of 20°C corresponds to 35°C of condenser temperature whose saturation pressure is 900 kPa. Then, using Figure 16, $COP_{ideal} = 2.85$ is obtained. If the compressor isentropic efficiency is known to be 85%, then:

$COP_{actual} = 2.42$ is calculated. 5 tons is equal to 17.6 kW of refrigeration which requires a compressor power of 9.7 hp.

One may wish to go through the following details which is still much easier than reading out the property values from the thermodynamic properties tables and interpolating between them:

$T_1 = -25^{\circ}\text{C}$, $h_1 = 235 \text{ kJ/kg}$ (Figure 8) and $s_1 = 0.95 \text{ kJ/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$ (Figure 10).

$s_2 = s_1 = 0.95 \text{ kJ/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$ and $P_2 = 900 \text{ kPa}$, $T_2 = 46^{\circ}\text{C}$ (Figure 15) and $h_2 = 282 \text{ kJ/kg}$ (Figure 11).

$T_3 = 35^{\circ}\text{C}$, $h_3 = 100 \text{ kJ/kg}$ (Figure 7) and $h_4 = h_3 = 100 \text{ kJ/kg}$

$W_{in} = h_2 - h_1 = 47 \text{ kJ/kg}$ and $Q_L = h_1 - h_3 = 135 \text{ kJ/kg}$, then

$COP_{ideal} = Q_L / W_{in} = 2.87$ and $COP_{actual} = 2.44$ which is practically same as the above value.

4. Conclusion

In this theoretical work, an ideal compression refrigeration cycle is studied. Tabulated properties data of R-134a is

first presented as graphs of properties vs. temperature or pressure, both for saturated and superheated states. Those who do not want to interpolate between table entries which may be very time consuming or those who do not prefer using P-h diagrams in which a significant amount of loss of precision may occur, may find using these graphs practical. A graph of COP vs. evaporator pressure for various condenser pressures is presented. This graph is considered to be a practical tool for refrigeration systems designers or engineering students who aim to get quick results for performance and power requirements of a compression refrigeration cycle using R-134a. It is also very practical for Marine Engineers on board the ships who must take quick decisions when it comes to analyze and remedy a problem within refrigeration systems. Although a specific refrigerant, R-134a, has been chosen for this paper, similar calculators can be created in the future as refrigeration industry comes up with newer refrigerants.

References

- [1] Encyclopedia Britannica. (2016). Refrigeration, Access Date: 6 September 2016, <https://global.britannica.com/technology/refrigeration/>.
- [2] US Environmental Protection Agency. (2016). Significant New Alternatives Policy (SNAP), Access Date: 6 September 2016, <https://www.epa.gov/snap/refrigeration-and-air-conditioning/>.
- [3] Başan, V. and Parlak, A. (2015), Değişken Deniz Suyu Sıcaklıklarında alışan Bir Gemi Soğutma Sisteminin Ekonomik Analizi, Journal of ETA Maritime Science, 3(2): 67-74.
- [4] Trott, A. R. and Welch, T. (2000), Refrigeration and Air conditioning, Edition: 3rd, ISBN 0 7506 4219 X, Reed Educational and Professional

Publishing Ltd.

- [5] Cengel, Y. and Boles, M. (2014), Thermodynamics: An Engineering Approach, Edition: 8th, ISBN-10: 0073398179, McGraw Hill.
- [6] Dinçer, İ. and Kanoğlu, M. (2010), Refrigeration Systems and Applications, Edition: 2nd, ISBN 978-0-470-74740-7, John Wiley & Sons, Ltd.
- [7] Stoecker, W.F. and Jones, J.W. (1982), Refrigeration and Air conditioning, Edition: 2nd, ISBN-10: 0070665915, McGraw Hill, Inc.
- [8] McQuiston, F. C., Parker, J.D. and Spitler, J.D. (2004), Heating, Ventilating and Air Conditioning Analysis and Design, Edition: 6th, ISBN-10: 0471470155, John Wiley and Sons, Inc.
- [9] Kroos, K.A. and Potter, M.C. (2014), Thermodynamics for Engineers, Edition: 1st, ISBN-10: 1133112870, Cengage Learning.
- [10] Ananthanarayanan, P.Y. (2005), Basic Refrigeration and Air Conditioning, Edition: 3rd, ISBN-10: 1259062708, Tata McGraw Hill.

This Page Intentionally Left Blank



Doğu Akdeniz'de Münhasır Ekonomik Bölge: Sınırlandırma Anlaşmaları, Paydaşlar ve Stratejiler

Nur Jale ECE

Mersin Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Türkiye, jalenur@mersin.edu.tr

Öz

Doğu Akdeniz Havzası, yüksek potansiyel enerji kaynaklarının sahip olması, askeri, ticari ve ulaştırma açısından jeopolitik ve jeostratejik önemi haizdir. "1982 Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi'nde Münhasır Ekonomik Bölge (MEB)"nin anlaşma yoluyla sınırlandırılmasının, hakkaniyet ilkesine göre uluslararası hukuk çerçevesinde yapılması yer almasına rağmen Doğu Akdeniz'deki devletler deniz enerji kaynaklarını paylaşmak amacıyla MEB'lerini bölgedeki üçüncü devletlerin hakkını gözetmeden tek taraflı olarak ilan etmekte ve ikili antlaşmalar yapmaktadır. Çalışmada, Doğu Akdeniz Havzasının jeostratejik ve jeopolitik önemi, MEB sınırlandırma uyumsuzlukları, Doğu Akdeniz Münhasır Ekonomik Bölgesi'nde deniz yetki alanlarının sınırlandırılması ve stratejik paydaşlar incelenmiş, Türkiye'nin Akdeniz ve Ege Münhasır Ekonomik Bölgesindeki stratejilerine ilişkin önerilerde bulunulmuş, konuya ilişkin genel bir değerlendirme yapılarak Türkiye'nin söz konusu bölgede çıkarlarını korumak için Akdeniz ile Ege'de Münhasır Ekonomik Bölgesini ilan etmesi, MEB deniz yetki alanını gösteren haritaları ortaya koyması ve kıyıdaş ülkelerle münhasır ekonomik bölge sınırlandırma anlaşmaları yapmasının uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Münhasır Ekonomik Bölge, Doğu Akdeniz, Doğal Gaz Rezervleri, Enerji, Sınırlandırma Anlaşmaları.

The Exclusive Economic Zone in the Eastern Mediterranean: Delimitation Agreements, Stakeholders and Strategies

Abstract

The Eastern Mediterranean Basin has great geopolitical and geostrategic importance from the points of high potential of energy resources, military, commercial and transportation. Although it was pointed out in the "1982 United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS), states that the delimitation of the Exclusive Economic Zones (EEZ)"by agreement should be in accordance with international law on an equitable basis; the states in the region declare EEZs unilaterally and enter into bilateral treaties without considering the rights of the third States in order to share the marine energy resources. In the study, importance of geopolitical and geostrategic of Eastern Mediterranean, disputes concerning delimitations of EEZ, the delimitation of maritime jurisdiction and strategic stakeholders have been examined and it has been proposed for Turkey's strategy on EEZ in Mediterranean And Aegean Seas.. General evaluation has been conducted. The study concluded that Turkey, in order to protect national and other economic interests should declare EEZs in the Mediterranean and Aegean Seas, put forward the charts showing the coordinates of the delimits of its EEZs and sign the delimitation agreements of the EEZ with the coastal states.

Keywords: Exclusive Economic Zone, Eastern Mediterranean, Natural Gas Reserves, Energy, Delimitation Agreements.

1. Giriş

Yapılan projeksiyonlara göre Dünya nüfusunun 2035 yılında yaklaşık 8,8 milyar olacağı tahmin edilmiştir [1]. Enerji tüketiminde 2014-2035 yılları arasında %34 artış beklenmektedir [1]. British Petroleum (BP) Enerji Raporu'na göre; 2015 yılı sonu itibariyle dünya toplam kanıtlanmış petrol rezervi 239,4 milyar ton/yıl, 1.697,6 milyar varil/yıl; petrol üretiminin 4.331,3 milyon ton/yıl, 91670 bin varil/gün, tüketiminin ise 4.331,3 milyon ton/yıl, 95.008 bin varil/gün olduğu belirtilmektedir [2]. 2015 yılında petrol dünya enerji talebinin %32,6'sına, doğal gaz ise %23,7'sine karşılık gelmiştir [3]. Uluslararası Enerji Ajansı raporuna göre; petrol talebinin 2016 yılında bir önceki yıla göre %1,2 oranında büyüme ile 95.8 milyon varil/gün olacağı tahmin edilmiştir [4].

BP Raporu'na göre 2015 yılı sonu itibariyle dünya kanıtlanmış doğal gaz rezervi 186,9 trilyon m³ doğal gaz üretimi 3538.6 milyar m³, tüketimin 3.468,6 milyar m³ olduğu belirtilmektedir [2]. Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Enerji Başkanlığı doğal gaz talebinin 2040 yılına kadar %56 büyüyeceğini öngörmektedir [5]. Dünya ham petrol rezerv ömrü 2014 yılında yaklaşık 56,8 yıl, dünya doğal gaz rezerv ömrü 54,1 yıl olarak öngörülmüştür [3]. 2050 yılında dünya petrol talebinin %110 artacağı beklenmektedir [6].

Türkiye, Doğu-Batı, Kuzey-Güney ulaşım ve enerji koridorlarının, ulaşım ve ticaret yolu üzerinde olup, jeo-stratejik öneme haiz olup, aynı zamanda "1960 Garanti ve İttifak Antlaşmaları ile garantör devlet sıfatıyla Kıbrıs Adası üzerinde söz sahibidir"[7]. Doğu Akdeniz'de doğalgaz rezervinin 15 trilyon metreküpten daha fazla olduğu tahmin edilmektedir [8].

Çalışmanın İkinci Bölümü'nde Doğu Akdeniz Havzası'nın jeostratejik ve jeopolitik önemine ilişkin değerlendirme yapılmış, Üçüncü Bölümde "1982 Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi (BMDHS)"

hükümlerinde yer alan "Münhasır Ekonomik Bölge (MEB)" hukuki rejimi ve ilgili maddeleri ele alınmış, Dördüncü Bölümde MEB sınırlandırma uyuşmazlıkları incelenmiş, Beşinci Bölümde Doğu Akdeniz Münhasır Ekonomik Bölgesi'nde deniz yetki alanlarının sınırlandırılması ve stratejik paydaşlar ile stratejik işbirlikleri incelenmiş, Altıncı Bölümde Türkiye'nin Akdeniz ve Ege Münhasır Ekonomik Bölgesindeki stratejisine ilişkin önerilere yer verilmiştir. Sonuç ve Değerlendirme Bölümü'nde ise genel bir değerlendirme yapılmış olup, Türkiye'nin Akdeniz ve Ege MEB'de yer alan söz konusu enerji kaynaklarını araştırmak ve işletmek ve dolayısıyla stratejik rolünü arttırmak için söz konusu bölgelerde MEB ilanı yapmasına ve oluşturacağı stratejiye ilişkin önerilerde bulunulmuştur.

2. Doğu Akdeniz Havzasının Jeostratejik ve Jeopolitik Önemi

Doğu Akdeniz dar anlamda Türkiye, Kıbrıs Türk Cumhuriyeti (KKTC), Güney Kıbrıs Rum Yönetimi (GKRY), Suriye, İsrail, Mısır, Lübnan, Filistin, Libya, Tunus ve Ürdün kıyıları ile çevrilidir [9, 10]. Tarih boyunca Atlas Okyanusu ile Süveyş Kanalı'nı birbirine bağlayan önemli bir taşımacılık ve ticaret yolu güzergahı olan Doğu Akdeniz Bölgesi deniz taşımacılığı, denizcilik faaliyetleri, deniz ticareti ve stratejik açıdan oldukça önemli bir stratejik bölge olarak değerlendirilmiş olup, bu bölgedeki hidrokarbon yataklarının keşfi ile önemi daha da artmıştır [11].

Akdeniz'de yılda 220.000'den fazla gemi seyir yapmaktadır [12]. Doğu Akdeniz, Dünya petrol rezervlerinin %65,4'üne sahip olan Orta Doğu'nun batıya açılan kapısı olup, Dünya deniz trafiğinin %30'u, petrol taşımacılığının %25'i Akdeniz'den geçmektedir [13, 14]. Ayrıca, Atlantik ve Avrupa ile Uzak Doğu ana konteyner hatları Akdeniz koridorunu kullanmaktadır [15, 16]. Dünya petrol rezervlerinin %

65'ine sahip olan Basra Körfezi Doğu Akdeniz yoluyla batıya açılmakta olup, Hazar petrolü ve doğalgazının dünya pazarlarına ulaşmasında Doğu Akdeniz önemli bir rol oynamaktadır [17, 18]. Akdeniz'in Atlas Okyanusu ile Süveyş Kanalı'nı birbirine bağlayan önemli bir taşımacılık güzergâhı olması dışında su, petrol ve doğalgaz kaynakları açısından stratejik doğal kaynaklara sahip olması söz konusu bölgenin daha da stratejik ve enerji koridoruna olmasına neden olmaktadır.

Kıbrıs ve İsrail arasındaki "Leviathan" Havzasının yaklaşık 1.68 milyar varil petrol ve 3,45 trilyon m³ doğalgaz içerdiği öngörülmektedir [19, 20]. İsrail Hükümeti İsrail'in kuzeyinde kıyı ile bağlantılı üretim kuyularına bağlı açıkta sabit bir sondaj platformu tesisini kapsayan Leviathan Kalkınma Planı'nı onaylamıştır. Doğu Akdeniz'de (Leviathan, Heredot ve Nil Deltası) toplam doğalgaz miktarının 13,2 trilyon m³, sıvılaştırılmış doğalgaz miktarının(LNG) 9 milyon m³ ve petrol miktarının ise 3,5 milyar varil civarında olduğu tahmin edilmektedir [21].

3. Münhasır Ekonomik Bölge

Münhasır Ekonomik Bölge kavramı Uluslararası Hukuk açısından ilk kez de "1958 Cenevre Karasuları ve Bitişik Bölge Sözleşmesi"nde ortaya çıkmıştır. Ancak, bu sözleşmede de karasularının genişliğine ilişkin herhangi bir düzenleme yer almamıştır. "1982 Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi (BMDHS) (United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS))"nde karasularının genişliğine ilişkin ilk düzenleme yapılarak karasularının azami genişliği 12 mil olarak öngörülmüştür. Münhasır Ekonomik Bölge kavramı ilk defa 1982 Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi (BMDHS)'nde düzenlenmiş olup, örf ve adet hukuku haline gelmiştir [22].

Münhasır Ekonomik Bölge (MEB) ile ilgili hukuki düzenleme "1982 Birleşmiş

Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi (BMDHS) (United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS))"nin 55-75 maddelerinde yer almaktadır. BMDHS'nin 55. Maddesine göre MEB karasularına bitişik bir bölge olup, özel hukuki rejimine tabidir. MEB'e kıyıdaş devletler ile diğer devletlerin hakları ve yetkileri ile BMDHS'de düzenlenmiştir [23, 24, 25, 26].

BMDHS'in "Münhasır Ekonomik Bölgede Sahildar Devletlerin Hakları, Yetkisi veya Yükümlükleri" başlıklı 56.1.a) maddesinde MEB'deki kıyıdaş devletlerin "deniz yatağı üzerindeki sulara, deniz yataklarında ve bunların toprak altında canlı ve cansız doğal kaynaklarının araştırılması, işletilmesi muhafazası ve yönetimi konuları ile; aynı şekilde sudan, akıntılardan ve rüzgarlardan enerji üretimi gibi, bölgenin ekonomik amaçlarla araştırılmasına ve işletilmesine yönelik diğer faaliyetlere ilişkin egemen haklar" yer almaktadır. BMDHS'in Sözleşmesi'nin 56.2 maddesine göre "Münhasır ekonomik bölgede Sahildar devlet, söz konusu Sözleşme uyarınca haklarını kullanırken ve yükümlülüklerini yerine getirirken, diğer devletlerin haklarını ve yükümlülüklerini gerektiği şekilde göz önünde bulunduracak ve bahsi geçen Sözleşme hükümleriyle bağdaşacak biçimde hareket edecektir." [22]. BMDHS'nin 57. Maddesine göre; "Münhasır ekonomik bölge, karasularının ölçülmeye başlandığı esas hatlardan itibaren 200 deniz milinin ötesine uzanmayacaktır." [23].

MEB alanı kıyı devletinin egemenliği altında değildir. MEB alanında Sahildar devlet, diğer devletlerin haklarını dikkate alarak uluslararası kanun ve kurallar çerçevesinde münhasır yetkilere sahiptir. Ancak, Doğu Akdeniz'de yer alan devletler MEB haklarını kullanırken bu bölgede yer alan üçüncü ülkelerin hakkını gözetmeden MEB sınırlarını belirlemektedir [26, 27]. BMDH'nin 59 uncu maddesine göre MEB'deki uyumsuzluklar hakkaniyet prensibi ve tüm uluslararası toplum

dikkate alınarak çözümlenmelidir [23].

“BMDHS’nin “Deniz haritaları ve coğrafi koordinatlara ilişkin listeler” başlıklı 75. Maddesine göre, MEB’in sınırlandırma çizgileri uygun ölçekli deniz haritalarında gösterilecektir. Söz konusu Sözleşme’nin 77’nci maddesine göre sahildevlet devlet kıta sahanlığında araştırmalar yapabilir ve doğal kaynakları işletebilir. Ancak, başka sahildevlet devlet söz konusu sahildevlet devletin iznini almadan bu faaliyetleri yürütemez [23].

BMDHS’nin 74 üncü maddesinde MEB’in sınırlandırılma anlaşması hakkaniyet ilkesine göre Uluslararası Adalet Divanı Statüsünün 38’nci maddesinde yer aldığı üzere uluslararası hukuka uygun olarak yapılacaktır [23, 29]. UAD’ın MEB sınırlandırmasının hakkaniyet ilkesi prensibine dayandırılmasının temelinde “1958 Cenevre Kıta Sahanlığı Sözleşmesi”nin 6’ncı maddesi olup, buna göre sınırlandırma “eşit uzaklık ilkesine” göre yapılacaktır [30]. “BM Genel Kurulu’nun 1970 tarih ve 2749 (XXV) ve 2750 (XXV) sayılı kararlarında uluslararası deniz yatağı ‘İnsanlığın Ortak Mirası’ olarak kabul edilmiştir”[31]. Bahsi geçen yaklaşım deniz dibindeki kaynakların sınırsız kullanımını önleyebileceği gibi, güvenlik stratejileri açısından da önem arz etmektedir. Öngörülen adil paylaşım modelinin silahlanma yarışını da azaltabileceği düşünülmektedir [31, 32].

Türkiye karasularının genişliğinin azami 12 mile olarak hükme bağlanması ve uyuşmazlıklarda zorunlu yargı yetkisi ile ilgili hükümlerden dolayı BMDHS’ne taraf olmamıştır[30]. Ancak, bir kıyı devleti sözleşmeye taraf olmasa da MEB ilanı yapabilir. Buna istinaden, “Türkiye 05.12.1986 tarihli ve 86/11264 sayılı Bakanlar Kurulu Kararnamesi ile Karadeniz’de 200 millik MEB ilan etmiş olup, Ege ve Akdeniz’ de MEB ilan edilmemiştir”[25, 28].

4. Münhasır Ekonomik Bölge Sınırlandırılması Uyuşmazlıkları

Dünyada birçok ülke Münhasır Ekonomik Bölge’ye sahip olup, MEB’nin sınırlandırılması ile deniz kaynakların kullanımı ülkeler arasında sorun olmaktadır. MEB ve kıta sahanlığının sınırlandırılmasına ilişkin günümüze kadar birçok dava karara bağlanmıştır. “BMDHS’nin 74. ve 83. Maddelerine göre sınırlandırmalarda hâkim ilke “hakça bir paylaşım” olup uluslararası mahkemeler sınırlandırmanın MEB sınırlandırmasının hakkaniyet ilkesine (principle of equity) göre yapılmasını benimsemektedir” [29].

“MEB sınırlandırılmasında devletler çözüme ulaşamadıkları takdirde BMDHS’nin XV. Bölümünde yer aldığı üzere öncelik tarafların uyuşmazlığı çözmesi olup, şayet taraflar, uyuşmazlıkların çözümü konusunda herhangi bir sonuca varamazlarsa XV. Kısımın 2. Bölümünde öngörülen Uluslararası Adalet Divanı, Uluslararası Deniz Hukuku Mahkemesi, vb. zorunlu yargısal çözüm rejimi devreye girer [23]. UAD Statüsü’nün 35.1 Maddesine göre UAD’na sadece Divan Statüsü’ne taraf olan devletler başvurabilir. UAD Statüsünün 36.2 maddesine göre Divan’ın yargı yetkisinin taraflar tarafından tanınması gerekmektedir”[33]. Ancak, Türkiye UAD Statüsüne taraf olmadığından Divan’a söz konusu davalar için başvuramaz.

Deniz alanlarının sınırlandırılmasına ilişkin şimdiye kadar UAD ve diğer Uluslararası Tahkim Mahkemeleri tarafından karara bağlanan başlıca 19 mahkeme kararı olup,

UAD ve hakem mahkemelerinin söz konusu başlıca örnek kararları aşağıda verilmektedir:

Kıta sahanlığı hukukunun gelişmesinde önemli bir rolü bulunan ilk sınırlandırma davası 1969 yılında UAD’da çözümlenen Danimarka ile Federal Almanya, Hollanda ile Federal Almanya arasındaki Kuzey Denizi Kıta Sahanlığı Davaları (North Sea Continental Shelf (Federal Republic

of Germany/Netherlands) and North Sea Continental Shelf (Federal Republic of Germany/Denmark))(1967-1969) olup, diğer davalar; Fransa ve İngiltere arasındaki Manş Denizi Kıta Sahanlığı Davası (Continental Shelf Delimitation (Channel Islands Case) (1977-1978); Türkiye ile Yunanistan arasındaki Ege Denizi Kıta Sahanlığı Davası (Aegean Sea Continental Shelf Case) (1976-1978); ABD ve Kanada arasındaki Maine Körfezi Sınırlandırma Davası (Gulf of Maine Area Case) (1981-1984); Tunus-Libya Davası (1978-1982), Libya ile Malta arasındaki Kıta Sahanlığı Davası (Continental Shelf Case) (1982-1985); Guinea-Bissau ile Senegal arasında deniz alanlarının sınırlandırılması davası (Maritime Delimitation between Guinea-Bissau and Senegal (Guinea-Bissau v. Senegal)) (1991); Katar ile Bahreyn arasında deniz alanlarının sınırlandırılması davası (Maritime Delimitation and Territorial Questions between Qatar and Bahrain (Qatar v. Bahrain)) (1991); Kanada ve Fransa arasındaki St. Pierre ve Miquelon Kıta Sahanlığı Davası (Delimitation of the Maritime Boundary between Canada and France (St. Pierre and Miquelon)) (1992); Danimarka ve Norveç arasındaki Jan Mayen Kıta Sahanlığı Davası (Maritime Delimitation in the Area between Greenland and Jan Mayen) (Denmark v. Norway) (1988-1993); Kamerun ile Nijerya arasında deniz alanlarının sınırlandırılması davası (Land and Maritime Boundary between Cameroon and Nigeria) (1994); Nijerya ile Kamerun arasında deniz alanlarını sınırlandırma davası (Request for Interpretation of the Judgment of 11 June 1998 in the Case concerning the Land and Maritime Boundary between Cameroon and Nigeria) (1998); Yemen ve Eritre (1999), Nikaragua ile Honduras arasında Karayip Denizi'nde deniz alanlarının sınırlandırılmasına ilişkin dava (Territorial and Maritime Dispute between Nicaragua and Honduras in the Caribbean Sea (Nicaragua v. Honduras))

(1999); Nikaragua ile Kolombiya arasında deniz alanlarının sınırlandırılmasına ilişkin dava (Territorial and Maritime Dispute (Nicaragua v. Colombia)) (2001); Romanya ile Ukrayna arasında deniz alanlarının sınırlandırılmasına ilişkin dava (Maritime Delimitation in the Black Sea (Romania v. Ukraine)) (2004); Peru ile Şili arasında deniz yetki alanlarının sınırlandırılmasına ilişkin dava (Maritime Dispute (Peru v. Chile)) (2008); Nikaragua ile Kolombiya arasında kıta sahanlığının sınırlandırılması davası (Question of the Delimitation of the Continental Shelf between Nicaragua and Colombia beyond 200 nautical miles from the Nicaraguan Coast (Nicaragua v. Colombia)) (2013); Costa Rika ile Nikaragua arasında Karayip Denizi ve Pasifik Okyanusu'ndaki deniz alanlarını sınırlandırma davası (Maritime Delimitation in the Caribbean Sea and the Pacific Ocean (Costa Rica v. Nicaragua)) (2014); Somali ile Kenya arasında deniz alanlarını sınırlandırma davası (Maritime Delimitation in the Indian Ocean (Somalia v. Kenya)) (2014) [28, 34, 35, 36].

BMDHS'nin 77'nci maddesinde düzenlendiği üzere; kıyı devletinin kıta sahanlığındaki hakları söz konusu alanı ilan etmesine ya da kullanmasına bağlı olmadığı hükmü "*UAD'nın 1969 tarihli Kuzey Denizi Kıta Sahanlığı Davaları*" kararına yansımış olup, sınırlandırmalarda "*hakkaniyet prensibi*" uygulanmaktadır [29]. Tunus ve Libya'nın UAD'a başvurduğu kıta sahanlığı davası, mahkemece 1982 yılında karara bağlanmış olup, kararda "*kıta denize hâkimdir*" ifadesi yer almıştır [34]. Bahsi geçen davalar MEB ve kıta sahanlığı sınırlandırılmasında "*hakkaniyet*" ve "*eşit uzaklık*" prensibinin uygulanması gibi bazı ilke ve kuralların yerleşmesi açısından önemlidir [29].

UAD tarafından Libya ile Malta davasında mesafe sınırlandırılmasına vurgu yapılması eşit uzaklık çizginin kullanılmasına neden olmuştur [37]. "*ABD ve Kanada arasında*

Maine Körfezi Bölgesi Davası'nda (1984) denizlerin sınırlandırılmasında anakaralar arasında eşit uzaklık çizgisinin olması gerektiği ve bölgelere göre sınırlandırmanın yapılmasını karara bağlanmıştır"[22]. UAD'nın Kararı'nda, öncelikle sınırlandırma ile ilgili kıyılar ve denizalanı belirlenmiş; daha sonra sınırlandırma eşit uzaklık çizgisi ve hakkaniyete uygun olarak yapılmıştır [38].Malezya, Çin, Filipinler, Tayvan, Vietnam, arasında Spratly Adaları, Kuzey Buz Denizi'ndeki ülkeler arasında ikili uyuşmazlıklar söz konusudur. Kanada ve Danimarka arasındaki Hans Adaları, ABD ve Rusya arasındaki Bering Denizi, ABD ile Kanada arasındaki Beaufort Denizine ilişkin Kuzey ülkeleri arasında da sınırlandırma uyuşmazlıkları mevcuttur [39].

Uluslararası mahkemeler, sınırlandırma işleminde öncelikle ülkelerinin coğrafi özelliklerini dikkate alarak bir sınırlandırma çizgisi belirlemekte olup, daha sonra belirlenen sınırın ülkenin coğrafyası, kıyı şeridinin uzunluğu, nüfus, mevcut kaynaklar vb. açısından hakça olup olmadığını değerlendirmektedir[10, 40].

Ege Denizi'nde kıta sahanlığı sorunu ilk kez Kasım 1973'de Ege Denizinin doğusunda TPAO'nun bazı bölgelere 27 adet petrol arama ruhsatı vermesiyle ortaya çıkmış olup, 1974 yılında da yeni ruhsatların verilmesi ile sorun daha da artmıştır. Yunanistan, TPAO tarafından petrol arama ruhsatı verilen bölgelerden bazılarının Semadirek, Limni, Midilli, Aghios, Sakız, Psara ve Antipsara adalarının kıta sahanlık alanlarıyla çakıştığı iddiasında bulunmuştur. Yunanistan Ağustos 1976'da tek taraflı olarak (forum prorogatum) UAD'na başvurarak anlaşmazlık konusu olan bölgelerde bilimsel araştırma ve arama işlemlerinin durdurulmasını ve ihtiyati tedbir alınmasını talep etmiştir (Türkiye ve Yunanistan arasında Ege Denizi Kıta Sahaneliği Davası (Aegean Sea Continental Shelf Case) (1976-1978)). UAD 19 Aralık 1978 tarihinde Yunanistan'ın tek

taraflı başvurusu ile açılan Ege Denizi kıta sahanlığının sınırlandırılmasına ilişkin davada, kendisini yargılama yetkisine sahip görmediği için, davayı yetkisizlik gerekçesiyle reddetmiştir [35].

Yukarıda belirtildiği üzere UAD'ın Libya-Malta, Danimarka ile Norveç arasındaki Jan Mayen, Maine Körfezi ve Katar Devleti-Bahreyn, Romanya ile Ukrayna arasında kıta sahanlığı ve MEB sınırlandırması uyuşmazlığına ilişkin davalarındaki kararlarında sınırlandırmada eşit uzaklık ilkesinin uygulanmasına vurgu yapması Akdeniz kıyıları açısından birbirine yakın ölçülere sahip olan Türkiye ile Mısır'ın münhasır ekonomik bölge ve/veya kıta sahanlığı sınırlandırmasının eşit uzaklık ilkesi çerçevesinde yapılması gerektiğini desteklemektedir [41].

5. Doğu Akdeniz Münhasır Ekonomik Bölgesi'nde Deniz Yetki Alanlarının Sınırlandırılması ve Stratejik Paydaşlar

Doğu Akdeniz'e kıyıdaş devletler enerji kaynaklarını araştırmak ve işletmek için MEB ilan etmek amacıyla girişimlerde bulunmaktadır. Bir kıyı devleti BMDHS'ne taraf olmadan da MEB ilanı yapabilir. Doğu Akdeniz'in coğrafi yapısının karmaşıklığı nedeniyle sahil devletlerinin deniz yetki alanlarının sınırlarının çakışmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, söz konusu bölgedeki sahil devletleri bu bölgede yer alan diğer sahil devletleriyle anlaşma yapmadan MEB'lerini tek taraflı olarak ilan ederek ikili anlaşmalar yapmaktadır[42].

Doğu Akdeniz'deki ülkelerin Münhasır Ekonomik Bölge Sınırlamasına ilişkin paydaşlar, diğer ülkeler ile yaptıkları stratejik işbirlikleri ve buna ilişkin anlaşmalar aşağıda verilmektedir:

Türkiye BMDHS'ne taraf olmamasına rağmen MEB ilan etme hakkına sahiptir. "Türkiye "05.12.1986 tarih ve 86/11264 sayılı Bakanlar Kurulu Kararnamesi ile Karadeniz'de 200 millik MEB ilanında bulunmuştur" [41, 43]. 476 Sayılı

Karasuları Kanun'da yer aldığı üzere, ülkemiz karasularının genişliği Akdeniz ve Karadeniz'de 12 mil ve Ege Denizi'nde 6 mil, olup, bu bölgelerde MEB ilanı yapılmamıştır[44].

21 Eylül 2011 tarihinde Türkiye ile KKTC arasında "kita sahanlığı sınırlandırma anlaşması" imzalanmıştır. Türkiye başka kıyıdaş devletlerle kita sahanlığı ve MEB sınırlandırma anlaşmaları yapmamıştır [45, 46]. Türkiye'nin ilan ettiği kendi ruhsat alanlarının bir bölümü GKRY tarafından ilan edilen ruhsat sahaları ile çakışmaktadır [9].

Türkiye, GKRY'nin tüm Kıbrıs için kita sahanlığı ile MEB sınırlandırma anlaşmaları yapma yetkisinin olmadığını, buna ilişkin yapılan anlaşmaların geçerliliğinin olmadığını ve uluslararası hukuka aykırı olduğunu ilan etmiştir. Bu nedenle, Türkiye GKRY ile Mısır arasında imzalanan sınırlandırma anlaşmasını tanımamaktadır [47].

"2015 tarihli ve 63 sayılı "Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti Deniz Yetki Alanları Yasası"na göre MEB'de sınırlandırma anlaşmaları bölgenin özelliklerine göre hakkaniyet prensibi çerçevesinde uluslararası hukuka uygun şekilde yapılmalıdır" [48, 49].

"Doğu Akdeniz Münhasır Ekonomik Bölge'de petrol çıkarılması hakkında 2011 tarih ve 1753 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı 27 Nisan 2012 tarih ve 28276 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Söz konusu Bakanlar Kurulu Kararı ile XIV numaralı Adana Petrol Bölgesinde, Akdeniz'de Türk Karasuları dışında yer alan 6 alanda petrol ameliyatı¹ yapılmasına izin verilmiştir[50]. "Türkiye 21 Eylül 2011'de KKTC ile "Akdeniz'de Kita Sahanlığı Sınırlandırması Hakkında Anlaşma" ve 02 Kasım 2011 tarihinde KKTC Ekonomi ve Enerji Bakanlığı ile Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) arasında "Petrol Sahası Hizmetleri ve Üretim Paylaşım Sözleşmesi"

imzalanmıştır" [51]. 22 Eylül 2011 tarihinde KKTC Bakanlar Kurulu kararıyla TPAO'ya Kıbrıs Adası'nın civarındaki deniz sahalarında petrol ve doğalgaz arama ruhsatları verilmiş olup, 20 Ekim 2014 tarihinde son teknolojik donanımlara sahip Barbaros Hayrettin Paşa Sismik Araştırma Gemisi Kıbrıs'ın güneyinde sismik araştırmalara başlamış ve sismik veri toplama çalışmaları gerçekleştirmiştir [51].

Güney Kıbrıs Rum Yönetimi: GKRY'nin karasuları genişliği 12 mildir[52]. GKRY'nin 1959 Zürih, Londra ve 1960 Lefkoşa Antlaşmalarına göre tek başına Kıbrıs'ın tamamını bağlayacak antlaşmalar yapma yetkisi bulunmamasına rağmen 2 Nisan 2004 yılında çıkardığı bir yasa ile KKTC ve Türkiye ile anlaşma yoluna gitmeden "Kıbrıs Cumhuriyeti" adına 21 Mart 2003 tarihinde 200 mil genişliğinde MEB ilanında bulunmuştur[44]. GKRY, 17 Şubat 2003 tarihinde arasındaki MEB sınırlandırmasının belirlendiği ve eşit uzaklık çizgisinin (ortay hat ilkesi)² esas alındığı bir antlaşma imzalamış olup, söz konusu anlaşma 2004 yılında Birleşmiş Milletler tarafından onaylanmıştır[10].

GKRY 17 Şubat 2003 tarihinde Mısır'la Doğu Akdeniz'deki deniz sahalarının paylaşımıyla ilgili MEB sınırlandırmasını öngören bir antlaşma imzalamış ve 2004 yılında bu antlaşmayı Birleşmiş Milletlere onaylatmıştır. GKRY, 2006 yılında Güney Kıbrıs ile Mısır'a kadar olan bölgedeki yeraltı kaynaklarının tespit edilmesine ilişkin çalışmalara başlamış olup, 26 Ocak 2007 tarihinde Mısır ve Lübnan ile çizdiği sınırların içerisinde 13 adet hidrokarbon arama ruhsat sahası ilan etmiştir [44, 45]. Söz konusu sahalardan bazıları Türkiye'nin kita sahanlığı sahaları ile çakışmakta olup, Türkiye, 2 Mart 2004

¹Petrol ameliyatı: Petrol arama, keşif, inkişaf, istihsal, tasfiye ile depolanması, nakledilmesi, satılması ve bu işler için gerekli enerji ve su tesisleri, bina, kamp ve diğer bütün tesislerin kurulması ve işletilmesi.

²1958 Cenevre Karasuları ve Bitişik Bölge Sözleşmesine ve 1982 BMDHS'ne göre, taraflar arasında öngören bir anlaşma yoksa veya diğer özel durumlar ve tarihi haklar farklı bir usulün uygulanmasını gerektirmiyorsa, karasularının sınırlandırılmasında bir usüldür [24].

tarihinde söz konusu sahalardaki haklarını saklı tuttuğunu belirten notayı BM Genel Sekreterliğine bildirmiştir [45]. GKRY'nin ilan ettiği MEB'nde yer alan 9 numaralı parsel KKTC tarafından TPAO'ya verilen ruhsat alanı ile çakışmakta olup, bu durum Kıbrıs müzakerelerini de olumsuz yönde etkilemektedir [9, 53]. GKRY'nin Doğu Akdeniz'de kıyıdaş devletlerle imzaladığı MEB sınırlandırma anlaşmaları aşağıda verilmektedir [10].

GKRY ile Lübnan ile ortay hat ilkesini esas alarak MEB'nin sınırlandırılmasına ilişkin 17 Ocak 2007'de bir anlaşma imzalamış olup, Türkiye'nin çabaları sonucunda Lübnan Hükümeti bu anlaşmayı onaylamamıştır [10].

GKRY ile İsrail 17 Aralık 2010'de ortay hat esasını dikkate alarak MEB sınırlandırma anlaşması imzalamıştır [10]. GKRY ile Mısır 17 Şubat 2003 tarihinde ortay hat prensibini temel alarak anlaşma yapmıştır [10]. GKRY ile Suriye arasında herhangi bir MEB sınırlandırılması anlaşması imzalanmamıştır [44].

Ege Denizi'nde karasularının genişliği 6 deniz mili olan Yunanistan'ın; Mısır, Libya ve GKRY ile ortay hat prensibini dikkate alarak sınırlandırma anlaşması yapma çalışmaları devam etmektedir [54, 55].

İsrail karasularının genişliği 12 deniz milidir [54]. İsrail bölgede 1998 yılında araştırmalara başlamış olup, Tamar, Dalit ve Kıbrıs ile İsrail arasında kalan Leviathan bölgesinde yaklaşık 25 trilyon feet küp doğal gaz bulunduğu tahmin edilmektedir [27]. Amerikan Noble Energy 1998 yılından beri İsrail açıklarında çalışmalarını sürdürmekte olup, hidrokarbon sahalarında üretim yapacak aşamaya gelmiştir [21]. İsrail 12 Temmuz 2011'de MEB ilanında bulunmuştur. İsrail sadece 2010 yılında GKRY ile MEB sınırlandırma anlaşması imzalamış olup, doğal gaz ihracına başlamıştır [51, 55].

Suriye'nin karasuları 12 mildir. Suriye karasuları, iç suları, bitişik bölge, kıta

sahanlığı ve MEB'ye ilişkin rejimlerini kapsayan deniz kullanım alanlarını içeren "Suriye Karasularında Ulusal Egemenliğin Belirlenmesi"ne ilişkin yasayı 19 Kasım 2003 tarihinde onaylamıştır [10, 54]. Ancak, Suriye'nin herhangi bir MEB sınırlandırma Anlaşması bulunmamaktadır [10].

İngiltere'nin Kıbrıs adasında Akrotiri ve Dikelya adlı iki üssü bulunmakta olup, söz konusu üslerden dolayı İngiltere MEB'nin ilan etme konusunda söz sahibi olmak isteyebilir [44, 45].

Mısır'ın karasularının genişliği 12 mildir. [52]. British Petroleum (BP) Nil Deltası'nda sahip olduğu petrol sahalarında 5 trilyon metreküpün üzerinde doğalgaz rezervi olduğu tahmin etmektedir [56]. Mısır, Türkiye'nin karşı çıkmasına rağmen 2003 yılında GKRY ve 17 Ocak 2007'de Lübnan ile ortay hattı esas alarak MEB sınırlandırma anlaşması imzalamıştır. Mısır, 17 Aralık 2010'da İsrail ile söz konusu sınırlandırma anlaşması imzalamasına rağmen İsrail ile sınırlandırma konusundaki anlaşmazlık nedeniyle söz konusu anlaşma Lübnan Parlamentosu tarafından onaylamamıştır [40, 55].

Lübnan'ın karasuları genişliği 12 mildir [54]. Lübnan birinci, dördüncü, dokuzuncu ve onuncu parsellerde keşif çalışmaları yapmış olup, dokuzuncu bölgede İsrail ile anlaşmaya varamamaktadır [57]. Yukarıda belirtildiği üzere, Lübnan ile GKRY 17 Ocak 2007'de MEB sınırlaması anlaşması imzalamış olup, bahsi geçen anlaşma Türkiye'nin girişimiyle Lübnan tarafından onaylanmamıştır [10]. Lübnan'ın ilan ettiği MEB alanı ile İsrail'in deniz yetki alanlarının yaklaşık 9 km'lik bir kesimde çakışması nedeniyle İsrail ile MEB anlaşmazlığı devam etmektedir [10].

6. Türkiye'nin Akdeniz ve Ege Münhasır Ekonomik Bölgesi'ndeki Stratejisine İlişkin Öneriler

Türkiye, bugüne kadar Doğu Akdeniz ve Ege'de MEB ilanında bulunmamış, KKTC

ile “*Kıta Sahaneliği Sınırlandırma Anlaşması*” dışında Akdeniz ve Ege’de deniz yetki alanlarının sınırlandırılması anlaşması yapmamıştır.

Türkiye, Akdeniz ile Ege Münhasır Ekonomik Bölgesindeki stratejisini ivedilikle oluşturmalı ve hayata geçirmelidir. Türkiye’nin stratejisi; gelecekte meydana gelebilecek önceden tahmin edilemeyen tüm durumlar ve kısmi belirsizlik koşullarını dikkate alarak milli ve sair iktisadi menfaatlerini korumayı amaçlayan siyasetine uygun olarak hedefler belirlemesi ve buna ilişkin gereken tedbirleri alması, her türlü aracı kullanması ve düzenlemeleri yapması olmalıdır. Türkiye’nin, söz konusu stratejisini yaşama geçirmek, bölgede geleceğe yönelik uzun vadeli amaçlarını geliştirmek, değişen koşullara göre öngörülerini biçimlendirmek ve sonuca varmak için nelerin yapılması gerektiğini belirlemek amacıyla söz konusu stratejik analizi yapmasının ve ayrıca Doğu Akdeniz’de enerji politikalarımıza ilişkin uzun vadeli amaçları geliştirmek ve sonuca varmak için nelerin yapılması gerektiğini ortaya koymak amacıyla stratejik yönetim uygulamasının uygun olacağı düşünölmektedir.

Türkiye iç ve dış paydaşların görüşlerini dikkate alarak Akdeniz ve Ege MEB’ndeki vizyon, misyon ve amaçlarını tanımlayarak, uzak ve yakın çevre analizi ile GZFT (Güçlü ve Zayıf Yönler, Fırsatlar ve Tehditler) Analizi yaparak stratejisini üretmeli, uygulamalı, söz konusu bölgelere ilişin teknik veriler, belgeler, deniz yetki alanını gösterir haritalar vb. gerekli alt yapıları hazırlayarak ve uluslararası daha etkin lobi çalışması yaparak ürettiği stratejisini uygulamalı, uyguladığı stratejiyle istenen sonuçların alınıp alınmadığını belirlemek için stratejisini değerlendirmeli, izlemeli ve geliştirmelidir. İç paydaşlar siyasi ve askeri karar vericiler, Enerji Bakanlığı, Dışışleri Bakanlığı, T.P.A.O, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu vb. ilgili devlet

kurum ve kuruluşları ve diğer kuruluşlardır. Dış paydaşlar ise Doğu Akdeniz ve Ege MEB’de yer alan kıyıdaş devletler, petrol ve doğal gaz arama uluslararası şirketleri ve ilgili diğer kuruluşlardır. Dış paydaşlar arasında işbirliği ya da çıkar çatışmaları belirlenmelidir.

Türkiye’nin Doğu Akdeniz’de en uzun kıyıya sahip olması, MEB’nde yüksek potansiyel enerji kaynaklarının bulunması, Türkiye ve Kıbrıs arasındaki stratejik işbirliği önemli potansiyel iç güçtür. Türkiye’nin Akdeniz ve Ege’de henüz MEB ilanı yapmaması, söz konusu kaynakların çıkarılmasında ve ihracatında teknik ve finansal zorluk potansiyel dış zayıflık olmaktadır. Söz konusu bölgedeki potansiyel enerji kaynaklarının araştırılması ve çıkarılmasına ilişkin uluslararası enerji şirketleri ile konsorsiyuma girmesi, bölgede MEB sınırlandırma anlaşmaları konusunda stratejik işbirlikleri Türkiye açısından potansiyel fırsatlardır. Türkiye’nin Doğu Akdeniz MEB’nde güvenliği ve çıkarlarına ilişkin başlıca tehdit unsurları; GKRY’nin MEB sınırlamalarını uluslararası hukuka aykırı olarak yapması ve ilan ettiği ruhsat alanlarının bir kısmının Türkiye’nin ilan ettiği ruhsat alanları ile çakişması, Kıbrıs sorunu, Yunanistan’ın hakkaniyet ilkelerine uygun olmayan MEB sınırlandırma çabaları, bölgedeki devletlerin MEB’yi tek taraflı olarak ilan etmesi, GKRY, İsrail ve Yunanistan arasındaki yakınlaşma, Filistin-İsrail anlaşmazlığı, söz konusu bölgede yer almayan küresel güçlerin Doğu Akdeniz politikalarıdır.

BM Genel Kurulu’nun 2750/25 sayılı Kararı ile MEB’deki deniz yatakları ve kaynakları “İnsanlığın Ortak Mirası” olarak kabul edilmiştir [58]. Buna istinaden, Türkiye ile Doğu Akdeniz’e kıyıdaş diğer ölkeler arasındaki sınırlandırmalar uluslararası hukukun öngördüğü hakkaniyet prensibine uygun bir yöntemle çözümlenmelidir. Hakkaniyet ilkelerine göre coğrafyanın üstünlüğü prensibince kıyıların

durumu ve uzunluğu dikkate alınmalı ve başlangıç olarak sınıra eşit uzaklık/ortay hat esasında belirlenmelidir.

Türkiye'nin Doğu Akdeniz ve Ege'de milli ve sair iktisadi menfaatlerini koruması ve bölgedeki stratejik rolünü arttırması için "karasuları genişliğinin ölçülmeye başlandığı esas hatlardan itibaren 200 deniz miline kadar Akdeniz ve Ege Türk Münhasır Ekonomik Bölgesi'ni ilan etmesinin" ve sahildevletleri ile MEB sınırlandırma anlaşmaları yapmasının uygun olacağı düşünülmektedir. KKTC, zengin hidrokarbon kaynaklarına sahip olup, deniz yetki alanlarının sınırlandırılması Türkiye ve KKTC açısından bir fırsat oluşturmaktadır [59]. Bu nedenle, KKTC ve Türkiye arasında stratejik işbirliği geliştirilmeli, söz konusu bölgelerde MEB sınırlandırmasına ilişkin eylem planı yapılarak uygulamaya konulmalıdır.

Akdeniz ve Ege'de MEB ilanı yapılabilmesi için öncelikle Karasuları Kanunu'nda bu konunun yer alması gibi iç hukukta düzenleme yapılması gerekmektedir. Akdeniz ve Ege Türk Münhasır Ekonomik Bölgesi için bir kararnamenin hazırlanarak yürürlüğe konulması, söz konusu bölgelerde MEB sınırlarının sahildevletleri ile konsensus sağlanarak belirlenmesi, teknik verilerin ve deniz yetki alanını gösteren haritaların hazırlanmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

7. Sonuç ve Değerlendirme

Dünyada doğal enerji kaynakları tükenmekte olup, yeni enerji kaynakları araştırılmaktadır. Dünya deniz trafiğinin %30'u, petrol taşımacılığının %25'ine geçtiği Doğu Akdeniz, yüksek enerji potansiyeline sahip hidrokarbon sahalarının keşfi ile jeopolitik ve jeostratejik açıdan daha da stratejik bir bölge konumuna gelmiştir. Doğu Akdeniz'de keşfedilen zengin doğal gaz ve petrol rezervleri nedeniyle söz konusu bölgede MEB sınırlandırılması

anlaşmalarında sorun yaşanmakta olup, enerji kaynaklarının paylaşımında bu bölgedeki sahildevletleri daha çetin bir mücadele içerisine girmesi beklenmektedir.

Doğu Akdeniz'de yer alan kıyıdaş ülkelerin sınırlarının çakışması nedeniyle söz konusu bölgedeki devletler tüm sahildevletleri ile anlaşmaya gitmeden tek taraflı olarak MEB sınırlarını ilan etmekte ve ikili anlaşmalar yoluyla stratejik işbirlikleri yapmaktadır. Türkiye'nin ilan ettiği ruhsat alanlarının bir kısmı GKRY'nin ilan ettiği ruhsat alanları ile çakışmaktadır. Türkiye, GKRY'nin imzaladığı kıta sahanlığı/MEB sınırlandırma anlaşmalarının geçersiz ve uluslararası hukuka aykırı olduğunu ilan etmiştir.

Ayrıca, Yunanistan'ın MEB sınırlaması Türkiye anakarasına yakın yarıda yer almasından dolayı hakkaniyet ilkelerine göre yapılmadığından uluslararası hukuka aykırıdır. Yunanistan ile Türkiye arasındaki MEB sınırlandırmasına ilişkin sorun uluslararası hukuka göre hakkaniyet prensibine uygun bir yöntemle çözümlenmelidir.

Türkiye, şimdiye kadar Doğu Akdeniz' ve Ege'de MEB ilanı yapmamış, KKTC ile "Kıta Sahanlığı Sınırlandırma Anlaşması" dışında Akdeniz ve Ege'de herhangi bir sahildevlet ile MEB sınırlandırılması anlaşması da yapmamıştır.

Türkiye, milli ve sair iktisadi menfaatlerini korumak ve stratejik rolünü arttırmak için zengin hidrokarbon yataklarına sahip olan Doğu Akdeniz'de ve Ege'de Münhasır Ekonomik Bölge stratejisini belirlemeli, uygulamalı, izlemeli ve geliştirmelidir. Bu kapsamda, Türkiye'nin Doğu Akdeniz ve Ege'de MEB sınırlarını kıyıdaş ülkelerle çok taraflı anlaşmalar yaparak belirlemesi, deniz yetki alanını gösteren haritaları ortaya koyması ve buna ilişkin iç hukukta düzenlemeler yaparak söz konusu bölgelerde Münhasır Ekonomik Bölgesi'ni ilan etmesinin uygun olacağı düşünülmektedir. Ayrıca, KKTC ile stratejik işbirliğinin geliştirilmesinin, Doğu Akdeniz

ve Ege Denizi'nin bir barış denizi olmasına yönelik daha aktif politika uygulayarak uluslararası girişimlerde bulunulmasının ve T.P.A.O.'nın rekabet gücünün artırılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

Ayrıca, Doğu Akdeniz Münhasır Ekonomik Bölgesi'nden çıkarılacak doğal gazın dünya pazarlarına iletilmesinin maliyet ve yatırım açısından en ekonomik yolunun Kıbrıs üzerinden Türkiye'ye boru hattı ile taşımak olduğu düşünülmektedir. Buna ilişkin hukuki düzenlemelerin ve teknik çalışmaların yapılmasının gerekli olduğu düşünülmektedir.

BMDHS'ne göre, ülkelerin söz konusu yataklar ve kaynakları kullanırken adil bir paylaşım yapmasının, MEB sınırlandırılmasına ilişkin anlaşmaların sahildar devletler ile konsensus sağlanarak hakkaniyet ilkesine göre yapılmasının hukuki bir gereklilik olduğu düşünülmektedir. Türkiye'nin Akdeniz ve Ege'de milli ve iktisadi menfaatlerini korumak amacıyla söz konusu bölgelerde stratejisini oluştururken ve uygularken aynı zamanda uluslararası platformlarda izlediği hakkaniyet ilkelerine önem veren barışçıl politikasını daha etkin bir biçimde ortaya koymasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

Kaynakça

- [1] BP (2016). BP Energy Look Energy Look 2016, Outlook to 2035, 6,8-9, 11, 14.
- [2] BP Statistical Review of World Energy (2015). BP Statistical Review of World Energy, 20,22-23.
- [3] TPAO (2016). Ham Petrol ve Doğal Gaz Raporu, Ankara, 4, 8, 18.
- [4] International Energy Agency (2016). Oil Market Report, France, 14.
- [5] Chevron. Natural gas providing an efficient, economical energy source, <https://www.chevron.com/stories/natural-gas>, Erişim Tarihi: 05 Nisan 2016.
- [6] Enerji Enstitüsü, Erişim Tarihi: 09 Aralık 2016, <http://enerjiinstitutusu.com/2011/05/23/dunya-enerji-kaynaklarinin-100-yillik-omru-kaldi/>
- [7] Vatansever, M. (2012). Kıbrıs Sorununun Tarihi Gelişimi. Dokuz Eylül Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, 2012: 12: 1508.
- [8] Akçadağ, G. Doğu Akdeniz'de Enerji Jeopolitiği Ve Bölge Ülkelerine Yansıyan Rekabeti. <http://www.turkishny.com/drgoeknur-akcada/17-drgoeknur-akcada/130465-dogu-akdenizde-enerji-jeopolitigi-ve-bolge-ulkelerine-yansiyen-rekabeti#.VFVRy2e887o>, Erişim Tarihi: 08 Mayıs 2016
- [9] Yıldız, Z., E. (2014). Doğu Akdeniz; 4000 Yıllık Güç Savaşları. <http://cayyolulife.com.tr/yazar/Dogu-Akdeniz-4000-Yillik-Guc-Savaslari/446L/>, Erişim Tarihi: 5 Haziran 2016
- [10] Yaycı, C. (2012). Doğu Akdeniz'de Deniz Yetki Alanlarının Paylaşılması Sorunu ve Türkiye. Bilge Strateji, 2012: 4 (6): 17, 21-23, 25-26, 29, 32, 68. <http://www.bilgesam.org/incele/634/-dogu-akdeniz'de-deniz-yetki-alanlarinin-paylasilmasi-sorunu-ve-turkiye/#.VGzaKme887o> (02.07.2014).
- [11] Özdemir, Ü. (2015). Tarihte Türk Denizcilik Faaliyetleri Ve Günümüz Limanlarının Gelişim Sürecine Olan Etkisinin İncelenmesi, Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 2015: 12: 421-441.
- [12] Aktaş, S. (2013). Doğu Akdeniz'de GKRY-İsrail Yakınlaşmasının Türkiye Açısından İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, T.C. Atılım Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Uluslararası İlişkiler Ana Bilim Dalı, Ankara.
- [13] Canyaş, H., Kocakuşak S. ve Canyaş, O., F. (2013). Doğu Akdeniz Güvenlik Mimarisi ve Küresel Güç İlişkileri Bakımından İsrail, Kıbrıs İlişkileri,

- Amme İdaresi Dergisi, 2013:46(2), 113.
- [14] European Commission, Mediterranean. (2014). Erişim Tarihi: 07 aralık 2015, http://ec.europa.eu/maritimeaffairs/atlas/seabasins/mediterranean/long/index_en.htm
- [15] Ateş, A. Karadeniz, Ş. ve Esmer, S. (2010). Dünya Konteyner Taşımacılığı Pazarında Türkiye'nin Yeri. Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi, 2010: .2(2), 96.
- [16] Ateş, Alpaslan, (2014). Türkiye'de Liman Özelleştirmeleri İskenderun Liman Örneği. Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 2014: 11(25): 446.
- [17] Kuleyin, B ve Cerit, A.G. (2011). Ham Petrolün Dünya Pazarlarına Ulaştırılmasında Ceyhan Terminalinin Rolü, Dokuz Eylül Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi Dergisi, 2011: 3(2), 17.
- [18] Klare, T. M. (2004). Kaynak Savaşları-Küresel Çatışmanın Yeni Alanları. İstanbul: Devin Yayınları: 45.
- [19] İzmir Ekonomi Üniversitesi. (2014). İletişim Fakültesi, Kıbrısta Enerji Krizi, Erişim Tarihi: 08 Kasım 2016, <http://iletisim.ieu.edu.tr/univers/?p=28402>.
- [20] Dünya Ekonomi (2014). Kıbrısta Enerji Krizi. 18/12/2014, Erişim Tarihi: 08 Kasım 2016, <http://iletisim.ieu.edu.tr/univers/?p=28402>
- [21] Noble Energy (2017). Eastern Mediterranean, Erişim Tarihi: 07 Ekim 2016. <http://www.nobleenergyinc.com/operations/eastern-mediterranean-128.html>
- [22] Bozkurt, E. (2006). Uluslararası Hukuk Bakımından Münhasır Ekonomik Bölge Kavramının Ortaya Çıkışı. Uluslararası Hukuk ve Politika, 2006: 2 (5), 52-53,57, 71.
- [23] Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi. Erişim Tarihi: 08 Ağustos 2016, <http://www.unicankara.org.tr>
- 2014),17-19, 21, 25, 27.
- [24] Ece, N. J. (2011). Münhasır Ekonomik Bölge. Erişim Tarihi: 24 Eylül 2011, http://www.denizhaber.com/index.php?sayfa=yazar&id=11&yazi_id=100628&munhasir-ekonomik-bolge.html (24.09.2011).
- [25] Kuran, S. (2009). Uluslararası Deniz Hukuku, İstanbul: Beta Yayınları: 124, 225,234. [26] Köksal, T., Ece, N. J. ve Özkara, B., Y. (2012). Deniz, Lojistik ve Taşımacılık Hukuku, Ankara: Adalet Yayınevi: 157-158.
- [27] Doğan, N. (2014). Doğu Akdeniz'de Enerji Stratejileri ve Bölgesel Güvenliğin Geleceği. 21. Yüzyıl Türkiye Enstitüsü, Erişim Tarihi: 15 Nisan 2016, <http://www.21yyte.org/tr/arastirma/enerji-ve-enerji-guvenligi-arastirmalari-merkezi/2014/01/15/7383/dogu-akdenizde-enerji-stratejileri-ve-bolgesel-guvenligin-gelecegi> (01.11.2014).
- [28] Ece, N., J. (October 2014). Energy Wars in East Meditteranean. SeaNews, 2014: 16:14.
- [29] Taşdemir, F. (2012). Kıbrıs Adası Açıklarında Petrol ve Doğalgaz Arama Faaliyetleri Kapsamında Ortaya Çıkan Krizin Hukuki, Ekonomik ve Siyasi Boyutları. Ankara Strateji Enstitüsü, Rapor No: 2012- 3: 26.
- [30] Topsoy, F. (2012). Münhasır ekonomik bölgede yürütülen yabancı askeri faaliyetlerin hukuki niteliği. Gazi Üniversitesi, Hukuk Fakültesi Dergisi, 2012: 16 (3): 220, 239.
- [31] Pazarıcı, H. (2003), Uluslararası Hukuk Dersleri, II.kitap, Gözden Geçirilmiş 7.baskı, Ankara: Turhan Kitabevi: 398-399.
- [32] Anlar, G. Ş. (2007). Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi ve Deniz Çevresinin Korunması. Ankara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, 2007: 56 (2): 6, 12-13.

- [33] <http://www.uhdigm.adalet.gov.tr/sozlesmeler>. Erişim Tarihi: 24 Eylül 2011.
- [34] International Court of Justice, Judgment of 24 February 1982, The Case Concerning The Continental Shelf, (Tunisia v. Libyan Arab Jamahiria), Erişim Tarihi: 12 Ekim 2016, <http://www.cij.org/docket/index.php?sum=330&p1=3&p2=3&case=63&p3=5>.
- [35] Güngören, B.O. (2006). Türkiye'nin Deniz Yetki Alanları Üzerine Bir İnceleme, Yüksek Lisans Tezi, T.C. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Denizcilik İşletmeleri Yönetimi Ana Bilim Dalı, 102-131, İzmir.
- [36] International Court of Justice. List of Cases referred to the Court since 1946 by date of Introduction", Erişim Tarihi: 22 Ocak 2016, <http://www.icj-cij.org/docket/index.php?p1=3&p2=2>.
- [37] Acer, Y. (2002). Ege Kıta Sahanelığı Sorununda Türkiye'nin Hukuki Durumu: Uluslararası Yargı Kararları Işığında Bir Değerlendirme. *Avrasya Dosyası, Jeopolitik Özel*, 2002: 8 (4): 196-197, 199.
- [38] Ergüven, N. S. (2014). Karadeniz'de Deniz Alanı Sınırlandırması Davası (Romanya/Ukrayna) ve Uluslararası Hukuk Açısından Etkileri. *Ankara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 2014: 63 (2): 325.
- [39] Milli Güvenlik Kurulu (2012). Küresel Deniz Güvenliği Sorunları ve Doğurduğu Sonuçlar. (02.11.2012), Erişim Tarihi: 10 Ekim 2016, http://www.mgk.gov.tr/calismalar/calismalar/017_jeostratejik_deniz_sorunlari.pdf.
- [40] Olgun, M. E. (2012). Doğu Akdeniz'de Hidrokarbon Politikaları. Erişim Tarihi: 18 Mayıs 2016., www.tepav.org.tr/.../1328540197-8.ERGUN_OLGUN.
- [41] Aksar, Y. (2013). Uluslararası Hukukta Deniz Alanlarının Sınırlandırılması: Doğu Akdeniz Uyuşmazlığı. *21. Yüzyılda Sosyal Bilimler Dergisi*, 2013: 2: 229-236, http://www.21yuzyildasosyalbilimler.com/assets/uploads/files/yusuf-aksar-df_18032013.pdf.
- [42] <http://www.ankarastrateji.org/haber/dogu-akdeniz-krizi-1479>), Erişim Tarihi: 24 Eylül 2011.
- [43] Resmi Gazete, 05.12.1986 tarihli ve 86/11264 sayılı Bakanlar Kurulu Kararnamesi. Erişim Tarihi: 24 Eylül 2015. <http://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/19314.pdf>.
- [44] Özkan, A. (2012). Doğu Akdeniz'de Münhasır Ekonomik Bölge'nin Sınırlandırılması Uyuşmazlığı. *II Bölgesel Sorunlar ve Türkiye Sempozyumu*, 2012: 375-377, 380.
- [45] Başeren, H. S. (2010). Doğu Akdeniz Deniz Yetki Alanları Uyuşmazlığı", *Stratejik Araştırmalar*, 2010: 8 (14): 133, 154-155.
- [46] Özgen, C. (2013). Doğu Akdeniz'de Enerji Güvenliğine Yönelik Bir Girişim: Akdeniz Kalkanı Harekatı. *Akademik Orta Doğu*, 2013: 8(1): 107-108.
- [47] Başeren, S. H. Doğu Akdeniz'de Gerilim, Erişim Tarihi: 09 Eylül 2016, <http://www.tudav.org/index.php/tr/muenhas-r-ekonomik-boelge/231-dogu-akdeniz-serhat-h-baseren>.
- [48] KKTC Meclisi. Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti Deniz Yetki Alanları Yasası, Erişim Tarihi: 07 Mayıs 2016, www.cm.gov.nc.tr/dir_docs/63-2005.doc.
- [49] Tamçelik, S. ve Kurt, E. (2014) . Türkiye'nin Münhasır Ekonomik Bölge Algısı ve Yakın Tehdit Alanı: Kıbrıs. *Uluslararası Güvenlik Kongresi Bildiriler Kitabı (Cilt 3)*, Kocaeli Üniversitesi Yayınları, 1. Baskı, Kocaeli, 891.
- [50] Doğu Akdeniz Münhasır Ekonomik Bölge'de petrol çıkarılması hakkında

- Bakanlar Kurulu kararı, <http://www.tudav.org/index.php/tr/muenhas-r-ekonomik-boelge/225-dogu-akdeniz-muenhas-r-ekonomik-boelge-de-petrol-c-kar-lmas-hakk-nda-bakanlar-kurulu-karar>, Erişim Tarihi: 16 Nisan 2016, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/04/20120427-11.htm>.
- [51] Doğru, S. (2014) , Doğu Akdeniz'de Hidrokarbon Kaynakları ve Deniz Alanlarının Sınırlandırılması. Mersin Deniz Ticareti Dergisi, 2014: 269: 39.
- [52] United Nations (UN). Table of claims to maritime jurisdiction (as at 15 July 2011), http://www.un.org/depts/los/LEGISLATIONANDTREATIES/PDFFILES/table_summary_of_claims.pdf.
- [53] Tunç, A. (2014). Doğu Akdeniz Krizi. Ankara Strateji Enstitüsü, Erişim Tarihi: 06 Aralık 2015, <http://www.ankarastrateji.org/haber/dogu-akdeniz-krizi-1479/>.
- [54] Dışişleri Bakanlığı, "NO:18 - 30 Ocak 2007. Güney Kıbrıs Rum Yönetimi'nin Doğu Akdeniz'deki Ülkelerle Deniz Yetki Alanlarını İlgilendiren İkili Anlaşmalar Yapma Gayretlerini hk. Erişim Tarihi: 19 Kasım 2016, http://www.mfa.gov.tr/no_18---30-ocak-2007_-guney-kibris-rum-yonetimi_nin-dogu-akdeniz_deki-ulkelerle-deniz-yetki-alanlarini-iligilendiren-ikili-anlasmalar-yapma-gayretlerini-hk_.tr.mfa (09.10.2014).
- [55] Sandıklı, A., Budak, T. ve Ünal, B. (2013). Doğu Akdeniz'de Enerji Keşifleri ve Türkiye Raporu, 2013: 59, Erişim Tarihi: 18 Eylül 2016, http://www.bilgesam.org/Images/Dokumanlar/3-2-2014011746dogu_akdeniz.pdf, (11.07.2014).
- [56] www.enerjigunlugu.net (2015). BP'den Mısır'da ikinci doğalgaz keşfi. Erişim Tarihi: 22 Nisan 2016, <http://www.enerjigunlugu.net/icerik/12643/bpden-misirda-ikinci-dogalgaz-kesfi.html>.
- [57] Kıbrıs Postası (2016). Türkiye enerji koridoru olma yolunda. . Erişim Tarihi: 22 Ekim 2016, <http://www.kibrispostasi.com/print.php?news=197908>.
- [58] Akçapar, B. (1996). Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi'nde Deniz Hukuku Uluslararası Mahkemesi. Ankara Üniversitesi SBF Dergisi, 1996: 51(1): 27.
- [59] Kum, S. and Debeş, M.E. (2016). Turkish Republic of Northern Cyprus Vessel Traffic Services (TRNCVTS), Journal of ETA Maritime Science, 2016: 4(2): 175-182.



Evaluation of Mathematical Models for Tankers' Maneuvering Motions

Erhan AKSU¹, Ercan KÖSE¹

¹Karadeniz Technical University, Sürmene Faculty of Marine Sciences, eaksu@ktu.edu.tr; ekose@ktu.edu.tr

Abstract

In this study, the maneuvering performance of two tanker ships, KVLCC1 and KVLCC2 which have different stern forms are predicted using a system-based method. Two different 3 DOF (degrees of freedom) mathematical models based on the MMG (Maneuvering Modeling Group) concept are applied with the difference in representing lateral force and yawing moment by second and third order polynomials respectively. Hydrodynamic coefficients and related parameters used in the mathematical models of the same scale models of KVLCC1 and KVLCC2 ships are estimated by using experimental data of NMRI (National Maritime Research Institute). The simulations of turning circle with rudder angle $\pm 35^\circ$, zigzag ($\pm 10^\circ/\pm 10^\circ$) and zigzag ($\pm 20^\circ/\pm 20^\circ$) maneuvers are carried out and compared with free running model test data of MARIN (Maritime Research Institute Netherlands) in this study. As a result of the analysis, it can be summarised that MMG model based on the third order polynomial is superior to the one based on the second order polynomial in view of estimation accuracy of lateral hull force and yawing moment.

Keywords: Ship Maneuvering, MMG Model, Tankers.

Tankerlerin Manevra Hareketleri için Matematiksel Modellerin Değerlendirilmesi

Öz

Bu çalışmada farklı kış formlarına sahip olan KVLCC1 ve KVLCC2 iki tanker gemisinin manevra performansları sistem temelli metoda dayalı olarak tahmin edilmiştir. Yanal kuvvetin ve savrulma momentinin ikinci ve üçüncü derece polinomlarla yazılması suretiyle, MMG (Matematiksel Modelleme Grubu) konseptine dayalı iki farklı 3 DOF (serbestlik dereceli) matematiksel model uygulanmıştır. Matematiksel modellerdeki KVLCC1 ve KVLCC2 gemilerinin aynı ölçekte modellerinin hidrodinamik katsayıları ve ilgili parametreleri NMRI'nin (Ulusal Denizcilik Araştırma Enstitüsü, Japonya) deneysel verileri kullanılarak tahmin edilmiştir. Bu çalışmada dümen açısı $\pm 35^\circ$ ile dönme, zigzag ($\pm 10^\circ/\pm 10^\circ$) ve zigzag ($\pm 20^\circ/\pm 20^\circ$) manevra simülasyonları MARIN'nin (Hollanda Denizcilik Araştırma Enstitüsü) serbest model deney verileri ile birlikte yer almış ve karşılaştırılmıştır. Analizler sonucunda, yanal tekne kuvveti ve savrulma momentinin doğruluğu açısından üçüncü derece polinomla ifade edilmiş MMG modelinin ikinci derece ile ifade edilen modele göre daha üstün olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Gemi Manevra, MMG Modeli, Tankerler.

1. Introduction

A design requirement for all marine vehicles is adequate maneuvering ability. Ship's maneuverability is the ability of a ship to keep or change its state of motion under the control actions (i.e. tugboats in the harbor maneuvers [1]). There are different ways for the prediction of a ship's maneuverability, i.e. predictions based on free running model tests, predictions based on captive model tests, predictions based on empirical methods, predictions based on system identification methods, predictions using viscous flow CFD (Computational Fluid Dynamics) (using RANS (Reynolds Reynolds Averaged Navier-Stokes) codes) and predictions using potential flow CFD (using panel codes, vortex lattice and vortex blob codes) [2]. Captive model tests are conducted with a scale ship model in towing tanks where the model is forced to move in a prescribed manner. These tests are conducted to determine the hydrodynamic coefficients in the corresponding mathematical models. Generally speaking, there are two distinct groups of mathematical models for ship maneuvering motion simulations according to the manner to express the hydrodynamic forces and moments acting on the vessel. One of them is the so called MMG model proposed by the Maneuvering Modeling Group in Japanese Towing Tank Conference [3]. Many applications based on MMG mathematical model are available in the literature [4, 6]. In the MMG mathematical models, hydrodynamic forces acting on the whole ship are decomposed into individual parts of hull, propeller and rudder respectively, while the interactions between these parts are taken into account by a series of coefficients. Compared to the other group of mathematical models, the formal models, an MMG model has a relative more clear physical explanation for each term contained in the model and is constructed as simple as possible. Furthermore;

the structural form of the model allows external disturbances caused by wind, waves and currents to be easily integrated into the maneuvering model. Inoue studied hydrodynamic coefficients in the case of maneuvering motions and suggested the approximation formulae for estimation of lateral force and moment [7, 8]. In Simman 2008 workshop, studies had been carried out for the prediction of ship maneuvering motions for three different hull forms which are tanker (KVLCC1-KVLCC2), container ship (KCS), and surface combatant (DTMB 5415) [9]. In this workshop, different ship maneuvering prediction methods were used. In the study using MMG model, hull forces and moment were considered as the function of drift angle and yaw rate. The lateral hull force and yawing moment were expressed by the third order polynomial for KVLCC1, KVLCC2 and KCS hulls [10]. Also hydrodynamic coefficients and rudder, rudder horn and propeller effects were studied under different conditions for KVLCC1 and KVLCC2 hulls [11]. Similar studies were presented in the research report [12]. Recently, the MMG standard method was summarised by Yasukawa [13] and an application was made using experimental data for KVLCC2 hull. Here, lateral force and yawing moment were represented by third order polynomials.

In this study, two tanker hull forms having different stern sections are examined for the prediction of maneuvering motions. In this regard, all hydrodynamic coefficients and parameters in the MMG model have been calculated from the experimental data where the lateral hull force and yawing moment are expressed by second order and third order polynomials. Finally, simulations are carried out and compared with free running model test data in turning circle and zigzag maneuvering motions.

2. Description of Hulls

Two tanker ship forms are examined

here and one of them has barge type stern frame-lines with a fine stern end bulb i.e. relatively V-shaped frame-lines (KVLCC1) while the other one has more U-shaped stern frame-lines (KVLCC2). Figure 1 shows the KVLCC1 and KVLCC2 body plans and full scale. Additionally, the model dimensions of these tankers are given in Table 1[14].

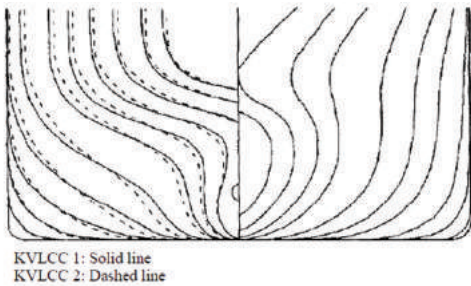


Figure 1. Hull Forms of KVLCC1 and KVLCC2 [14]

3. Mathematical Model

A 3DOF model based on the MMG mathematical model is implemented in the simulations of ship maneuvering motions. As can be seen in Figure 2, the origin of the ship-fixed reference frame is located at the mid-ship position and equations of motion are written as follows:

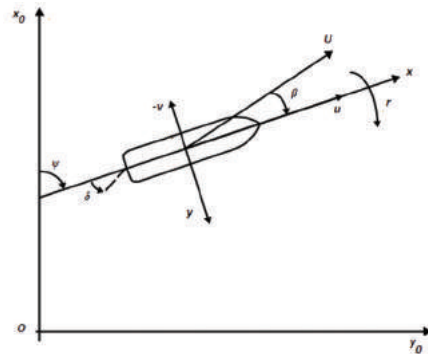


Figure 2. The Body-fixed Coordinate Systems

Table 1. Dimensions of Hulls, Rudders and Propellers [14]

	KVLCC1			KVLCC2		
	Full Scale	NMRI	MARIN	Full scale	NMRI	MARIN
Scale	1.000	110.000	45.714	1.000	110.000	45.714
Main particulars						
Lpp (m)	320.0	2.9091	7.0000	320.0	2.9091	7.0000
Bwl (m)	58.0	0.5273	1.2688	58.0	0.5273	1.2688
T (m)	20.8	0.1891	0.4550	20.8	0.1891	0.4550
Displacement (m ³)	312738	0.2350	3.2737	312738	0.2349	3.2724
CB	0.8101	0.8101	0.8101	0.8098	0.8098	0.8098
LCG (m)	11.1	0.1009	0.244	11.1	0.1009	0.244
Rudder						
S (mov. part) (m ²)	112.264	0.009278	0.05372	112.264	0.009278	0.05372
λ (aspect ratio)	1.826	1.826	1.826	1.826	1.826	1.826
Turn rate (deg/s)	2.34	24.5	15.8	2.34	24.5	15.8
Propeller						
D _p (m)	9.86	0.0896	0.204	9.86	0.0896	0.204
η (D _p /R _H)	0.6237	0.6237	0.6237	0.6237	0.6237	0.6237

./..

Table 1. Dimensions of Hulls, Rudders and Propellers [14] (Cont')

Service speed						
U (m/s, full scale: kn)	15.5	0.760	1.179	15.5	0.760	1.179
Fn	0.142	0.142	0.142	0.142	0.142	0.142

$$\begin{aligned}
 m(\dot{u} - vr - x_G r^2) &= X \\
 m(\dot{v} + ur + x_G \dot{r}) &= Y \quad (1) \\
 I_{zz} \dot{r} + mx_G(\dot{v} + ur) &= N
 \end{aligned}$$

In Figure 2, equations of motion, respectively X, Y, N denote longitudinal force, lateral force, and yawing moment; $\dot{u}, \dot{v}, \dot{r}$ denote the surge acceleration, sway acceleration, and yaw acceleration; $u, v,$ and r denote the surge velocity, sway velocity, and yaw rate in the ship-fixed reference frame. Besides, m is the mass of ship; I_{zz} is the moment of inertia about z axis; x_G is the longitudinal location of the ship's gravity center from mid-ship position; $U(= \sqrt{u^2 + v^2})$ is the total velocity; $\beta = \tan^{-1}(-v/u)$ is the drift angle; ψ is heading angle; and δ is rudder angle.

In the basic structure of the MMG model, the representation of the forces and moment in the horizontal plane are decomposed as follows [6]:

$$\begin{aligned}
 X &= X_H + X_P + X_R \\
 Y &= Y_H + Y_P + Y_R \quad (2) \\
 N &= N_H + N_P + N_R
 \end{aligned}$$

The terms with subscripts H, P and R refer to different contributions from the hull, propeller and rudder.

3.1. Hull Forces and Moment

Hull forces and moment consist of acceleration and velocity dependent contributions. Since CMT experimental test fail to find added masses and added inertia moment, corresponding coefficients can be estimated using proper empirical

formula[15].

Hydrodynamic force acting on the hull in the x-direction is described as follows:

$$X_H = -m_x \dot{u} + X_0 + X_{vv} v^2 + (X_{vr} + m_y)vr + X_{rr} r^2 + X_{vvvv} v^4 \quad (3)$$

Velocity dependent force and moment of lateral force and yawing moment on the hull can also be decomposed into linear and nonlinear terms. In general, second or third order polynomial is chosen for nonlinear terms [16]. In the current analysis, for Simulation A-C, third order polynomials (Eqs.4,5) are preferred while second order polynomial (Eqs. 6,7) is chosen for Simulation B-D.

Model 1 (for Simulation A-C):

$$Y_H = -m_y \dot{v} + Y_v v + (Y_r - m_x u)r + Y_{vvv} v^3 + Y_{rrr} r^3 + Y_{vvv} v^2 r + Y_{rrr} vr^2 \quad (4)$$

$$N_H = -J_{zz} \dot{r} + N_v v + N_r r + N_{vvv} v^3 + N_{rrr} r^3 + N_{vvv} v^2 r + N_{rrr} vr^2 \quad (5)$$

Model 2 (for Simulation B-D):

$$N_H = -m_y \dot{v} + Y_v v + (Y_r - m_x u)r + Y_{|v|} |v| + Y_{|v|r} |v|r + Y_{|v|r} |v|r + Y_{|r|} |r| + Y_{|r|} |r| \quad (6)$$

$$N_H = -J_{zz} \dot{r} + N_v v + N_r r + N_{|v|} |v| + N_{|v|r} |v|r + N_{|v|r} |v|r + N_{|r|} |r| + N_{|r|} |r| \quad (7)$$

3.2. Propeller Force

Hydrodynamic forces and moment due to the propeller can be written as follows:

$$X_P = (1 - t_p)T_P = (1 - t_p)\rho n^2 D_P^4 K_T(J_P)$$

$$Y_P = 0 \quad (8)$$

$$N_P = 0$$

where

$$K_T(J_P) = a_0 + a_1 J_P + a_2 J_P^2 \quad (9)$$

$$J_P = u(1 - w_p)/(nD_P) \quad (10)$$

In these expressions, t_p is thrust deduction factor; T_p is propeller thrust which is the force that allows the ships to move; $K_T(J_p)$ is open water characteristic of the propeller which is assumed to be the second order polynomial function of J_p ; J_p is advance coefficient; n is revolutions per second of propeller; w_p is wake coefficient at propeller; and D_p is diameter of propeller.

3.3. Rudder Force

Hydrodynamic forces and moment due to rudder can be expressed in terms of rudder normal force as follows:

$$\begin{aligned}
 X_R &= -(1 - t_R)F_N \sin\delta \\
 Y_R &= -(1 + a_H)F_N \cos\delta \quad (11) \\
 N_R &= -(x_R + a_H x_H)F_N \cos\delta
 \end{aligned}$$

In the above equations, t_R , a_H , x_H are interaction coefficients between hull and rudder; x_R is longitudinal coordinate of rudder position which is -0.5 L and rudder angle δ is positive for deflection to starboard. Rudder normal force F_N for the rudder is defined as follows:

$$F_N = \frac{1}{2} \rho f_a A_R U_R^2 \sin\alpha_R \quad (12)$$

$$f_a = 6.13\lambda / (\lambda + 2.25) \quad (13)$$

$$U_R = \sqrt{u_R^2 + v_R^2} \quad (14)$$

$$u_R = \varepsilon(1 - w_p) \sqrt{\eta \left\{ 1 + k \left(\sqrt{1 + \frac{8K_T}{\pi J_p^2}} - 1 \right) \right\}^2 + (1 - \eta)} \quad (15)$$

$$v_R = U \gamma_R \beta_R = U \gamma_R (\beta - l_R r') \quad (16)$$

$$\alpha_R = \delta - \text{Arctan}(v_R/u_R) \cong \delta - v_R/u_R \quad (17)$$

In these expressions, A_R is profile area of movable part of rudder; f_a is gradient of the normal force coefficient which can be estimated using Fujii's formula[17]; λ is aspect ratio of rudder which is calculated by movable part of rudder and rudder

height; u_R and v_R are longitudinal and lateral component of the effective inflow velocity at the rudder; ε is ratio of wake fraction at propeller and rudder; k is experimental constant for expressing u_R ; η is ratio of propeller diameter to rudder height; γ_R is a coefficient for flow straightening; l_R is effective longitudinal position of rudder; β_R is the effective inflow angle to the rudder in maneuvering motions; and α_R is the effective inflow angle to the rudder.

4. Extraction of Hydrodynamic Coefficients and Parameters

One of the methods used to determine the hydrodynamic coefficients and related parameters is to perform a series of experimental studies on a specific scale model of the full scale ship. In this section, experiments of 1/110 scaled KVLCC1 and KVLCC2 models belonging to NMRI in the Simman 2008 workshop were discussed[18]. These are resistance test, self-propulsion test, open water test of propeller, rudder test, oblique towing test, and circular motion test. For related tests, the speed of the model was 0.76 [m/s], which corresponds to the speed of the full scale ship (15.5 [knot]). As seen in Table 2, the related terms were derived from different experimental types.

Table 2. Test Types for Related Parameters

Test Type	Related Parameters
Open Water Propeller	$K_T (a_{0p}, a_{1p}, a_{2p})$
Resistance	X'_0
Self Propulsion Test	$(1-t_p), (1-w_p)$
Static Rudder Test	$(1-t_R), a_{HP}, X_{HP}, \varepsilon, k$
Circular Motion Test	$X'_{vv}, X'_{vr}, X'_{rr}, X'_{vvv},$ $Y'_v, Y'_r, Y'_{vv}, Y'_{vr}, Y'_{vr}, Y'_{vrr},$ $Y'_{ v v}, Y'_{ v r}, Y'_{ r v}, Y'_{ r r},$ $N'_v, N'_r, N'_{vv}, N'_{vr}, N'_{vvr}, N'_{vrr},$ $N'_{ v v}, N'_{ v r}, N'_{ r v}, N'_{ r r},$ $Y'_{R'} l'_R$

The parameters of the open water characteristic of the propeller (a_0, a_1, a_2) shown in Figure 3 are calculated by fitting a second order polynomial to the data obtained from the open water propeller test. In order to calculate X_{ρ} as shown in Figure 4, the longitudinal force magnitude corresponding to the service speed is taken into consideration for the hull with rudder attachment at four different speeds in the resistance test. The thrust deduction factor t_p , wake coefficient w_p and revolutions per second of propeller n were determined by using the self propulsion test in Figure 5.

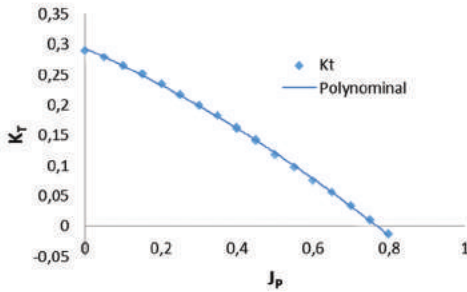


Figure 3. Open Water Propeller Test for KVLCC1 Model

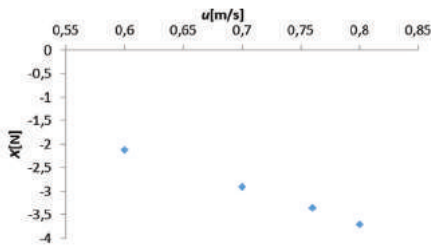


Figure 4. Resistance Test for KVLCC1 Model

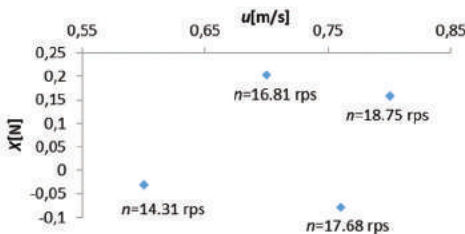


Figure 5. Self-propulsion Test for KVLCC1 Model

In the static rudder test, the rudder is held at different angles while the hull is moving linearly. Also, in this experiment, three different loading ($J_s = u/nD_p$; n was changed) were applied on the propeller. In the static rudder test, the lateral and radial velocities of the hull are zero because of the linear motion of the hull ($v=r=0$). As a result, the rudder forces and moment are expressed as follows:

$$\begin{aligned} X - X_0 - (1 - t_p)T_p &= X_R = -(1 - t_R)F_N \sin \delta \\ Y &= Y_R = -(1 + a_H)F_N \cos \delta \\ N &= N_R = -(x_R + a_H x_H)F_N \cos \delta \end{aligned} \tag{18}$$

From the above equations, hull-rudder interaction coefficients (t_R, a_H, x_H) are calculated by the curve to be fitted to the

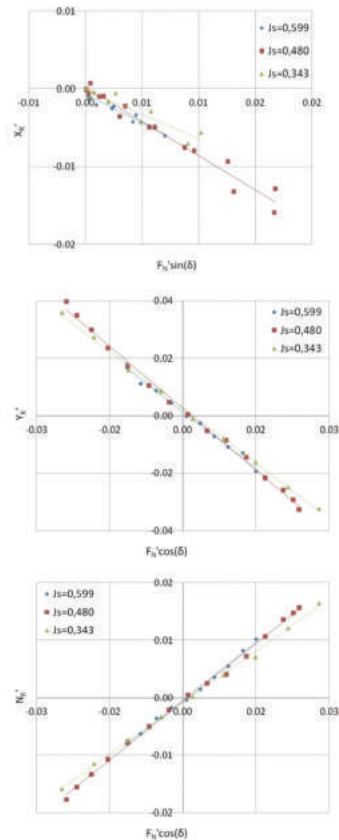


Figure 6. Estimation for Interaction Coefficients for KVLCC1 Model

relationship between rudder forces and moment ($X_{R'} Y_{R'} N_{R'}$) and rudder normal force F_N multiplied by $\cos\delta$ (or $\sin\delta$) as seen in Figure 6. For interaction coefficients the model self propulsion point was selected as the propeller loading point.

Another parameter lateral effective inflow velocity at the rudder equals zero in the same experiment ($v_R = 0$). As a result, the normal force of the rudder in Eqs. 12 is written as follows:

$$F_N = \frac{1}{2} \rho f_a A_R u_R^2 \sin\delta \tag{19}$$

The longitudinal effective inflow velocity at the rudder u_R is calculated with the help of the measured rudder normal force. In addition, the open water characteristic of the propeller $K_T(J_p)$, the advance coefficient J_p and the flow velocity in the propeller $u_p (= u(1-w_p))$ in Eqs. 15 are calculated at each propeller loading. Thus, ε and k are calculated from the relationship between u_R/u_p and $\sqrt{1 + 8K_T/\pi J_p^2} - 1$ and given in Figure 7.

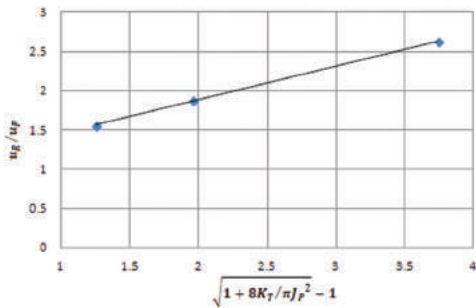


Figure 7. Relation Between u_R/u_p and $\sqrt{1 + 8K_T/\pi J_p^2} - 1$

Hydrodynamic coefficients of hull forces and moment ($X_{v'v'}, X_{v'r'}, Y_{v'v'}, Y_{v'r'}, N_{v'v'}, N_{v'r'}, \dots$ etc.) are obtained by circular motion test results and these tests were done at different sway velocities and yaw rates, while rudder angle is zero and the model runs at ship self-propulsion point. With the help of interaction coefficients calculated here,

lateral and yaw rate dependent variation of total hull force and moment is obtained by subtracting the propeller and rudder force and moment from the total force and moment. As a result, the hull forces and moment are expressed as follows:

$$\begin{aligned} X_H &= X - (1 - t_p)T_p \\ Y_H &= Y + (1 + a_H)F_N \\ N_H &= N + (x_R + a_H x_H)F_N \end{aligned} \tag{20}$$

Figure 8 shows the surfaces which are fitted to the nodal values of the forces and moments. Coefficients of the two variables polynomial that define the surface correspond to hydrodynamic coefficients of mathematical models. Thus, the hydrodynamic coefficients of hull forces and moment are calculated.

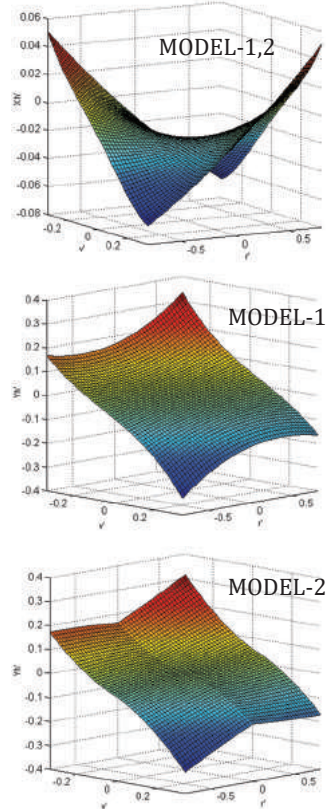


Figure 8. Relationship Between Lateral Velocity and Yaw Rate of Hull Forces and Moment of KVLCC1 Model

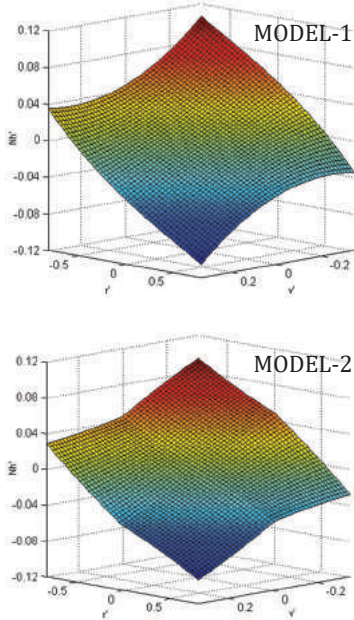


Figure 8. Relationship Between Lateral Velocity and Yaw Rate of Hull Forces and Moment of KVLCC1 Model (Cont')

For the calculation of coefficient for flow straightening γ_R and effective longitudinal coordinate of rudder l'_R , which are calculated from the condition that the rudder normal force is zero, again using the CMT data. The rudder normal force is dimensionless and is obtained as follows [13]:

$$F_N' = \frac{A_R f_a}{Ld} (u_R'^2 + v_R'^2) \sin(\delta - v_R'/u_R') \quad (21)$$

If a derivative is derived from Eqs. 21 in terms of δ , the following equation is obtained:

$$\frac{dF_N'}{d\delta} = \frac{A_R f_a}{Ld} (u_R'^2 + v_R'^2) \cos(\delta - v_R'/u_R') \quad (22)$$

From the equation of zero normal force condition, $\delta_{FNO} = v_R'/u_R'$ equals to Eqs. 22 as follows:

$$\left. \frac{dF_N'}{d\delta} \right|_{\delta=\delta_{FNO}} = \frac{A_R f_a}{Ld} u_R'^2 (1 + \delta_{FNO}^2) \quad (23)$$

As a result, for the component in the longitudinal direction of the flow velocity in the rudder, the following formula is obtained:

$$u_R' = \sqrt{\left. \frac{dF_N'}{d\delta} \right|_{\delta=\delta_{FNO}} \frac{Ld}{A_R f_a} \frac{1}{(1 + \delta_{FNO}^2)}} \quad (24)$$

u_R' is calculated from the δ_{FNO} and $dF_N'/d\delta$ magnitudes obtained from experiments. Thus, the component in the lateral direction of the flow velocity in the rudder v_R' is calculated from $v_R' = u_R' \delta_{FNO}$. Utilizing Eqs. 16, as shown in Figure 9, γ_R and l'_R are computed with the aid of curve fitting in relation to $\beta_R - v_R'$.

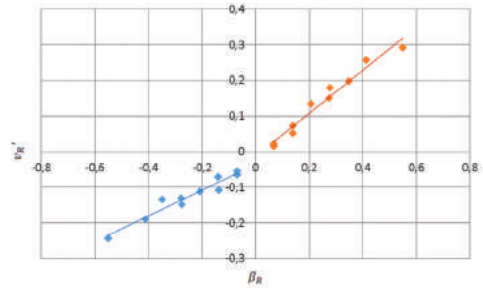


Figure 9. Relationship Between $\beta_R - v_R'$ of KVLCC1 Model

Two sets of simulations have been carried out there. Simulations A and C are performed based on Model 1 while simulations B and D are performed based on Model 2. Both ship forms were simulated in each set; KVLCC1 was examined in simulations A and B while KVLCC2 was examined in simulations C and D. For KVLCC1 and KVLCC2 models, all parameters in each mathematical model are given in Tables 3,4,5,6.

Table 3. Parameters for Propeller Force

	Simulation A-B (KVLCC1)	Simulation C-D (KVLCC2)
$n(rps)$	17.69	17.93
$1 - t_p$	0.811	0.768
$1 - w_p$	0.579	0.543

Table 4. Parameters for Rudder Force

	Simulation A-B (KVLCC1)	Simulation C-D (KVLCC2)
$1 - t_R$	0.849	0.811
a_H	0.428	0.436
x_H'	-0.407	-0.381
ε	1.051	1.12
k	0.529	0.495
$\gamma_R (\beta_R < 0)$	0.367	0.397
$\gamma_R (\beta_R > 0)$	0.605	0.643
l_R'	-0.687	-0.708

Table 5. Hydrodynamic Coefficients for Hull (KVLCC1)

Simulation A		Simulation B	
X_0'	-0.0212	X_0'	-0.0212
X_{vv}'	-0.0742	X_{vv}'	-0.0742
$X_{vr}' + m_y'$	0.2154	$X_{vr}' + m_y'$	0.2154
X_{rr}'	0.0121	X_{rr}'	0.0121
X_{vvvv}'	1.0510	X_{vvvv}'	1.0510
Y_v'	-0.2968	Y_v'	-0.1720
$Y_r' - m_x'$	0.0550	$Y_r' - m_x'$	0.0438
Y_{vvv}'	-1.6200	$Y_{ v v}'$	-0.8756
Y_{rrr}'	0.0091	$Y_{ v r}'$	0.0739
Y_{vvr}'	0.3616	$Y_{ r v}'$	-0.2978
Y_{vrr}'	-0.3823	$Y_{ r r}'$	0.0232
N_v'	-0.1415	N_v'	-0.1583
N_r'	-0.0490	N_r'	-0.0439
N_{vvv}'	-0.0025	$N_{ v v}'$	0.0529
N_{rrr}'	-0.0111	$N_{ v r}'$	-0.0649
N_{vvr}'	-0.2741	$N_{ r v}'$	0.0560
N_{vrr}'	0.0612	$N_{ r r}'$	-0.0129

Table 6. Hydrodynamic Coefficients for Hull (KVLCC2)

Simulation C		Simulation D	
X_0'	-0.0213	X_0'	-0.0213
X_{vv}'	-0.0473	X_{vv}'	-0.0473
$X_{vr}' + m_y'$	0.2241	$X_{vr}' + m_y'$	0.2241

Table 6. Hydrodynamic Coefficients for Hull (KVLCC2) (Cont')

X_{rr}'	0.0106	X_{rr}'	0.0106
X_{vvvv}'	0.8206	X_{vvvv}'	0.8206
Y_v'	-0.3139	Y_v'	-0.1886
$Y_r' - m_x'$	0.0607	$Y_r' - m_x'$	0.0510
Y_{vvv}'	-1.5890	$Y_{ v v}'$	-0.8705
Y_{rrr}'	0.0071	$Y_{ v r}'$	0.0705
Y_{vvr}'	0.3652	$Y_{ r v}'$	-0.3105
Y_{vrr}'	-0.3915	$Y_{ r r}'$	0.0196
N_v'	-0.1371	N_v'	-0.1502
N_r'	-0.0486	N_r'	-0.0422
N_{vvv}'	-0.0311	$N_{ v v}'$	0.0329
N_{rrr}'	-0.0124	$N_{ v r}'$	-0.0716
N_{vvr}'	-0.2903	$N_{ r v}'$	0.0506
N_{vrr}'	0.0558	$N_{ r r}'$	-0.0150

In this section, length is non-dimensionalized by L , linear velocities are non-dimensionalized by U , angular velocity is non-dimensionalized by U/L , masses are non-dimensionalized by $(1/2)\rho L^2 d$, inertias are non-dimensionalized by $(1/2)\rho L^4 d$, forces are non-dimensionalized by $(1/2)\rho L d U^2$ and moment are non-dimensionalized by $(1/2)\rho L^2 d U^2$.

5. Results and Discussions of Simulations

Turning circle tests ($\delta = \pm 35^\circ$) and zigzag maneuvering tests ($\delta = \pm 10^\circ, \delta = \pm 20^\circ$) are simulated with the help of the hydrodynamic coefficients and related parameters obtained from the CMT data. Results of the simulations are compared with free running model test results which were obtained in a 1/45.714 scaled model ($L = 7.000\text{ m}$) by MARIN (Maritime Research Institute Netherlands) [18]. In the simulations, initial approach speed is 0.76 m/s and propeller revolution is constant throughout the simulations. Simulation results are given in non-dimensional form to provide comparison.

As shown in Figure 10, the simulation

./..

results of the mathematical models are given for the KVLCC1 hull in terms of turning trajectories, ratio of total velocities to initial total velocities, drift angles and yaw rates for starboard-port turning circle maneuvering motions. Also, advance, tactical diameter, transfer indices and absolute errors are given in Table 7. In general, Simulation A shows better agreement with the free running model test results compared to Simulation B. However; the results of both simulations at portside turning circle tests

not create a problem for small amplitude motion, but, for harsh maneuvering motion, this leads differences between test results and estimation of the trajectories of turning portside and starboard. Because, wake coefficient calculated from self-propulsion test is closed to the coefficient for starboard turning motions. For this reason, the portside turning simulation is not as good as the starboard turning simulation.

Figure 11 and Figure 12 show simulation results of the mathematical models for the

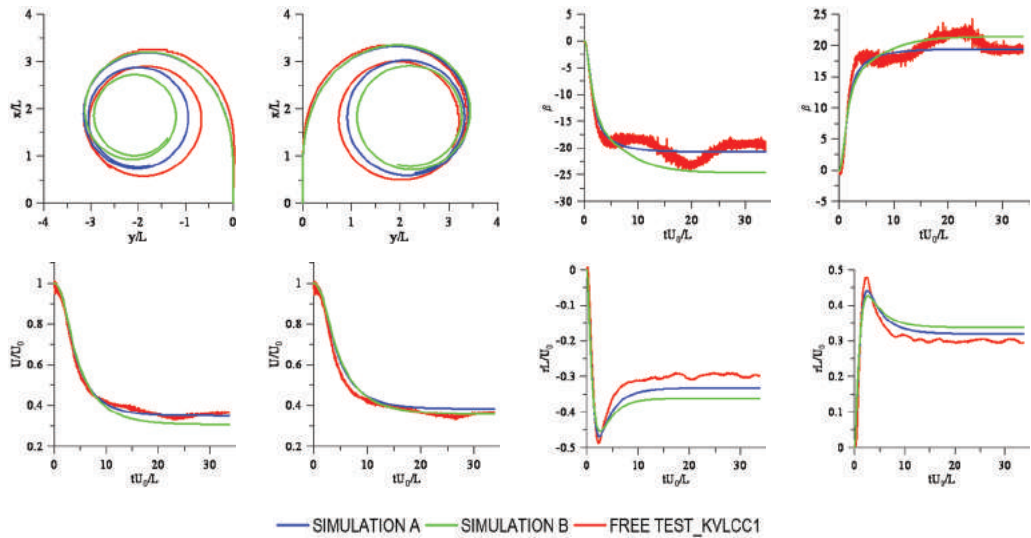


Figure 10. Turning Circle Test of KVLCC1 (Rud. ang:-35° & 35°)

Table 7. Comparison of Turning Indices of KVLCC1 Model

Simulation Type	Indices	Exp.	Sim. A	Sim. B	Absolute Error A	Absolute Error B
Turning circle (stb.)	A_D'	3.28	3.26	3.28	0.02	0.00
	D_T'	3.28	3.34	3.37	0.06	0.09
	T_R'	1.30	1.43	1.48	0.13	0.18
Turning circle (port)	A_D'	3.19	3.11	3.13	0.08	0.06
	D_T'	3.07	3.08	3.06	0.01	0.01
	T_R'	1.17	1.32	1.34	0.15	0.17

diverge from the free running model test results. This can be explained as follows: the wake characteristic of the propeller is not symmetric; therefore, constant acceptance of the wake coefficient does

KVLCC1 in terms of ratio of total velocities to initial total velocities, drift angles, yaw rates as well as heading angles for zigzag ($\pm 10^\circ/\pm 10^\circ$ and $\pm 20^\circ/\pm 20^\circ$) maneuvering motions. In Table 8, the first overshoot angle

and the second overshoot angle indices and absolute errors are given for KVLCC1 hull. For zigzag ($\pm 10^\circ/\pm 10^\circ$) maneuvering motions, Simulation A gives more accurate results than Simulation B in terms of

overshoot angles in comparison to free running model tests. For zigzag ($\pm 20^\circ/\pm 20^\circ$) maneuvering motions, Simulation A and Simulation B give similar results.

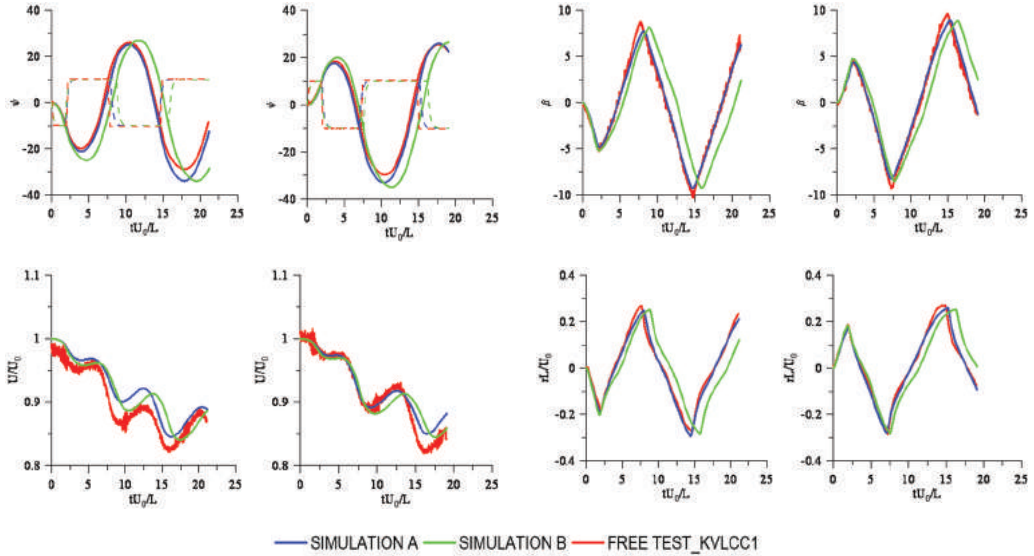


Figure 11. Zigzag Test of KVLCC1 (Rud. ang: $-10^\circ/10^\circ$ & $10^\circ/-10^\circ$)

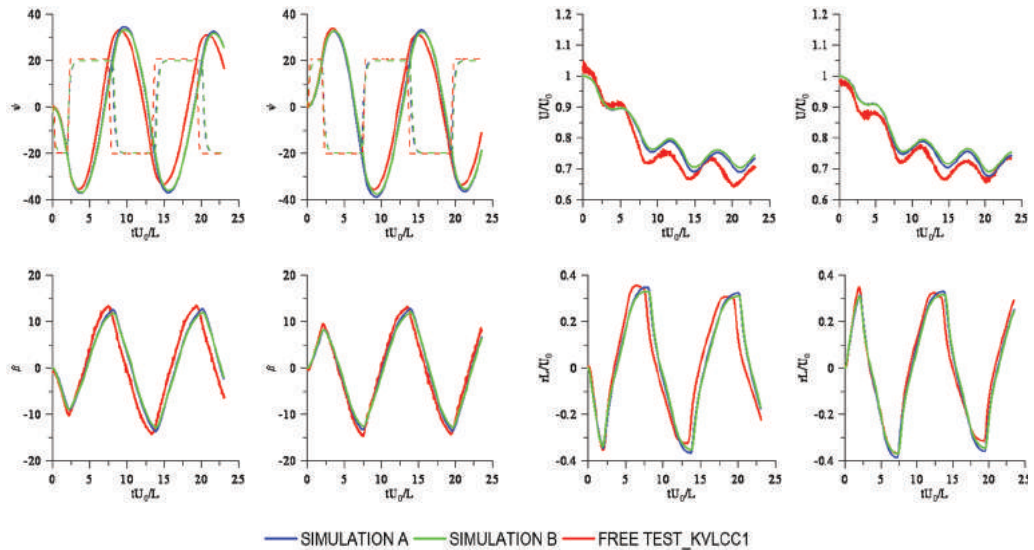


Figure 12. Zigzag Test of KVLCC1 (Rud. ang: $-20^\circ/20^\circ$ & $20^\circ/-20^\circ$)

Table 8. Comparison of Zigzag Indices of KVLCC1 Model

Simulation Type	Indices (°)	Exp.	Sim. A	Sim. B	Absolute Error A	Absolute Error B
Zigzag (10°/-10°)	1 st OSA	8.4	7.62	9.99	0.78	1.59
	2 nd OSA	19.6	23.06	24.98	3.46	5.38
Zigzag (-10°/10°)	1 st OSA	10	11.22	14.99	1.22	4.99
	2 nd OSA	16.1	15.16	16.89	0.94	0.79
Zigzag (20°/-20°)	1 st OSA	13.9	12.72	12.94	1.18	0.96
	2 nd OSA	15.5	18.83	17.42	3.33	1.92
Zigzag (-20°/20°)	1 st OSA	15.4	16.99	16.73	1.59	1.33
	2 nd OSA	13.2	14.9	13.36	1.70	0.16

With similar simulations for the other tanker form which have different stern form, Figure 13. shows it when compared with experimental results of trajectory, speed loss, drift angle and yaw rate parameters for the turning circle test, Simulation C gives more accurate results than Simulation D. A

similar case is observed for the portside turning circle test and the trajectory parameter is diverged from the free running model test results. Advance, tactical diameter, transfer indices and absolute errors are given for KVLCC2 hull in Table 9.

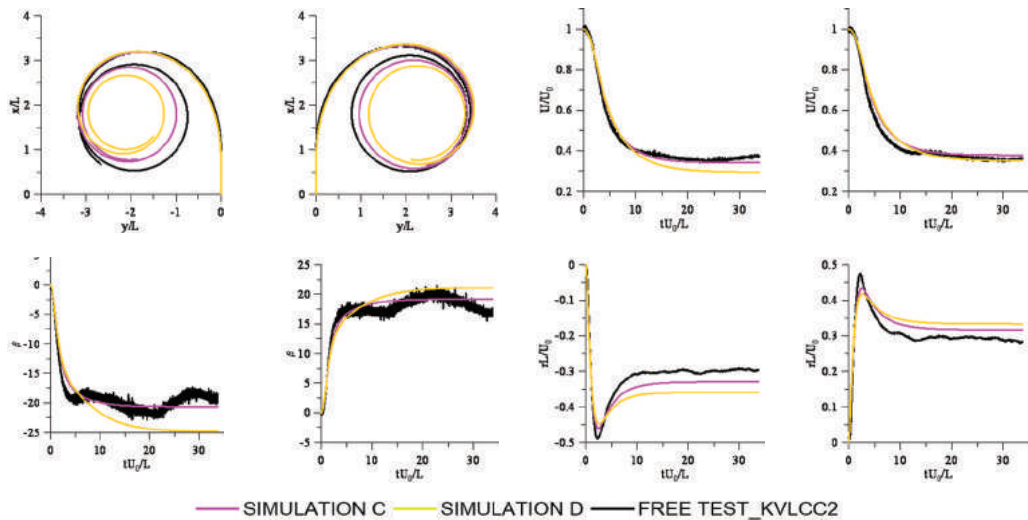


Figure 13. Turning Circle Test of KVLCC2 (Rud. ang:-35° & 35°)

Table 9. Comparison of Turning Indices of KVLCC2 Model

Simulation Type	Indices	Exp.	Sim. C	Sim. D	Absolute Error C	Absolute Error D
Turning circle (stb.)	A _D '	3.25	3.27	3.30	0.02	0.05
	D _T '	3.34	3.40	3.44	0.06	0.10
	T _R '	1.36	1.47	1.52	0.11	0.16
Turning circle (port)	A _D '	3.11	3.12	3.14	0.01	0.03
	D _T '	3.08	3.12	3.10	0.04	0.02
	T _R '	1.22	1.35	1.38	0.13	0.16

As it can be seen from Figure 14. and Figure 15., for zigzag ($\pm 10^\circ/\pm 10^\circ$ and $\pm 20^\circ/\pm 20^\circ$) maneuvering motions, simulation results of the same parameters are given. For zigzag ($\pm 10^\circ/\pm 10^\circ$) maneuvering motions, Simulation D gives more accurate results than Simulation C.

Similarly, the results of both simulations are approximately the same for zigzag ($\pm 20^\circ/\pm 20^\circ$) maneuvering motions. In Table 10, the first overshoot angle and second overshoot angle indices and absolute errors are given for KVLCC2 hull.

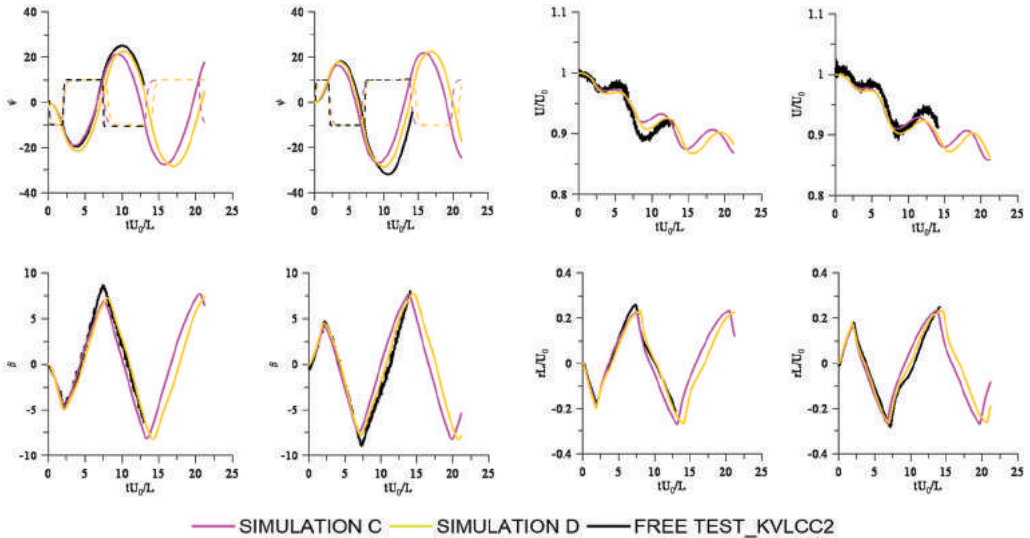


Figure 14. Zigzag Test of KVLCC2 (Rud. ang: $-10^\circ/10^\circ$ & $10^\circ/-10^\circ$)

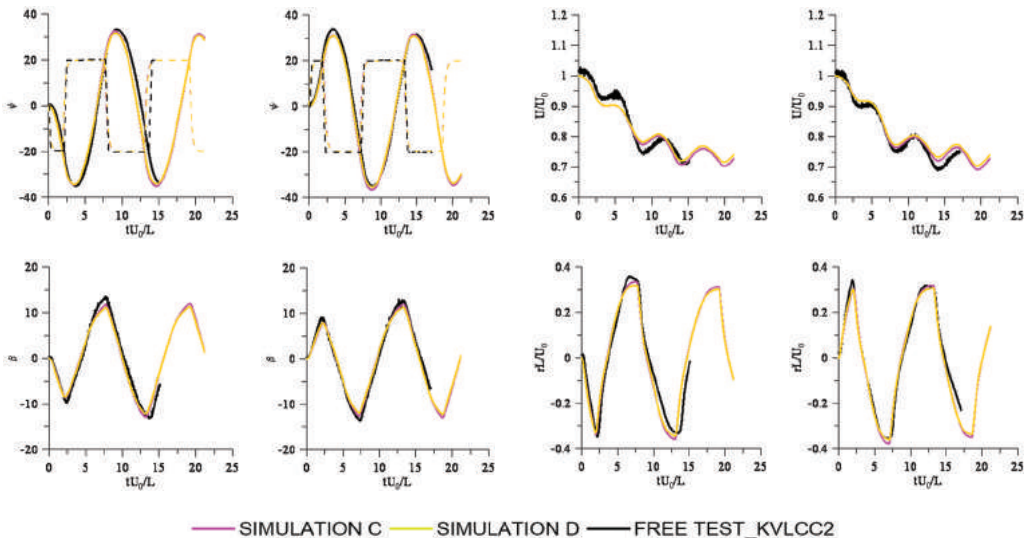


Figure 15. Zigzag Test of KVLCC2 (Rud. ang: $-20^\circ/20^\circ$ & $20^\circ/-20^\circ$)

Table 10. Comparison of Zigzag Indices of KVLCC2 Model

Simulation Type	Indices (°)	Exp.	Sim. C	Sim. D	Absolute Error C	Absolute Error D
Zigzag (10°/-10°)	1 st OSA	8.2	6.27	7.95	1.93	0.25
	2 nd OSA	21.9	16.8	18.39	5.10	3.51
Zigzag (-10°/10°)	1 st OSA	9.5	8.98	11.44	0.52	1.94
	2 nd OSA	15	11.18	12.58	3.82	2.42
Zigzag (20°/-20°)	1 st OSA	13.7	11.16	10.96	2.54	2.74
	2 nd OSA	14.9	16.52	15.36	1.62	0.46
Zigzag (-20°/20°)	1 st OSA	15.1	14.58	14.33	0.52	0.77
	2 nd OSA	13.3	12.6	11.67	0.70	1.63

6. Conclusions

In this study, hydrodynamic coefficients and parameters are defined by taking advantage of experimental data on KVLCC1 and KVLCC2 scale models by applying MMG method for maneuvering simulations. The MMG method is chosen from a selection of formerly developed mathematical methods due to its easy implementation and well agreement with actual results. In this method, the lateral hull force and yawing moment are stated in two different forms, as second order and third order polynomial. These mathematical models are checked for compliance with the free running model tests via turning circle and zigzag maneuvering simulations.

It is found that Model-1 gives better results in the starboard and port turning circle maneuvering motions for KVLCC1 and KVLCC2 hulls. Especially, at the later time of the simulation, the trajectory parameter moves away from the real value of the port turning circle simulation in both models. In zigzag ($\pm 10^\circ/\pm 10^\circ$) maneuvering motions, Model-1 for KVLCC1 hull and Model-2 for KVLCC2 hull are closer to free running model test results. In zigzag ($\pm 20^\circ/\pm 20^\circ$) maneuvering motions, both models give approximately the same results, which are in a good agreement with the free running model test results. It can be concluded that, the MMG model generated by the lateral hull force and yawing moment expressed by the

third order polynomial gives more realistic results when taking all of the simulations into account.

Since, all the analyses conducted at this research are based on the experiments for two ships, this is not enough to evaluate general conclusions for the maneuvering. Therefore; for future works, experiments with different scale models and different ships should be analyzed in order to gain an extended insight. Thus, a general result for maneuvering can be concluded.

7. Acknowledgments

For the maneuvering simulations of KVLCC1 and KVLCC2 Circular motion test results of NMRI (National Maritime Research Institute) are utilized. Furthermore; the simulations are compared with the free test results of MARIN (Maritime Research Institute Netherlands). All of these data are included in SIMMAN 2008 workshop (www.simman2008.dk).

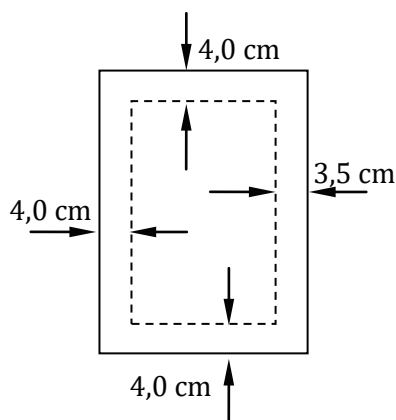
References

- [1] Zorba, Y. and Nas, S. (2016). A Study on Determination of Required Tug Force and Number of Tugs in Port Maneuvers. *Journal of ETA Maritime Science* 4(3): 215-234.
- [2] ITTC (2008). The Manoeuvring Committee Final Report and Recommendations to the 25th ITTC.
- [3] Ogawa, A., Koyama, T., and Kijima,

- K.(1977). MMG report-I, on the mathematical model of ship manoeuvring. Bull Soc Naval Archit Jpn 575:22-28 (in Japanese).
- [4] Ogawa, A. and Kasai, H (1978). On the mathematical method of manoeuvring motion of ships. Int Shipbuild Prog 25(292):306-319.
- [5] Kose, K. (1982). On a new mathematical model of maneuvering motions of a ship and its applications."International Shipbuilding Progress(29(336)): 205-220.
- [6] Yoshimura, Y. (2005). Mathematical model for manoeuvring ship motion (MMG model). Workshop on Mathematical Models for Operations involving Ship-Ship Interaction, Tokyo.
- [7] Inoue, S., Hirano, M. and Mukai, K (1979). The Nonlinear Terms of Lateral Force and Moment Acting on Ship Hull in the Case of Manoeuvring. Transactions of the WestJapan Society of Naval Architects.
- [8] Inoue, S., Hirano, M., Hirakawa, Y. and Mukai, K. (1979). The Hydrodynamic Derivative on Ship Maneuverability in Even Keel Condition. Transactions of the WestJapan Society of Naval Architects No. 57.
- [9] Simman (2008). Workshop on Verification and Validation of Ship Manoeuvring Simulation Methods. <http://www.simman2008.dk>, 2008.
- [10] Yoshimura Y., Ueno M., and Yoshiaki T. (2008). Analysis of steady hydrodynamic force components and prediction of manoeuvring ship motion with KVLCC1, KVLCC2 and KCS. Workshop on verification and validation of ship manoeuvring simulation method, Workshop Proceedings, vol 1: p. pp E80-E86.
- [11] Yoshimura, Y., Ueno, M., and Yoshiaki, T. (2008). Effects of rudder and propeller on hull force derivatives with KVLCC1 and KVLCC2. Workshop on verification and validation of ship manoeuvring simulation method, Workshop Proceedings, vol 1: p. pp E87-E90.
- [12] Japan Society of Naval Architects and Ocean Engineers. (2013). Report of Research committee on standardization of mathematical model for ship maneuvering predictions (P-29), in (in Japanese). http://www.jasnaoe.or.jp/research/p_committee_end.html
- [13] Yasukawa, H. and Yoshimura, Y. (2015). Introduction of MMG standard method for ship maneuvering predictions. Journal of Marine Science and Technology, 20(1): 37-52.
- [14] Simman (2008). part B Benchmark Test Cases, in Workshop on verification and validation of ship manoeuvring simulation method Workshop Proceedings, Copenhagen. p. pp B2-B9.
- [15] Hooft, J. and Pieffers, J. (1988). Maneuverability of frigates in waves. Marine technology, 25(4): 262-271.
- [16] Eloot, K. (2006). Selection, experimental determination and evaluation of a mathematical model for ship manoeuvring in shallow water. Ghent University.
- [17] Fujii, H. and Tuda, T. (1961). Experimental researches on rudder performance. Journal of the Society of Naval Architects of Japan, 109: 110.
- [18] Simman (2008). part B Model Test Reports, in Workshop on verification and validation of ship manoeuvring simulation method. Workshop Proceedings, Copenhagen. p. pp B2-B9.

This Page Intentionally Left Blank

1. JEMS publishes studies conducted in English and Turkish.
2. Text are to be prepared with justified alignment , without indentation in the paragraph beginning, in “cambria” format with 10 point font size and with 1,0 line- spacing. There must be initially 6nk and then 3nk line-spacing between new launching paragraph and previous paragraph. Full text should not exceed 12 pages.
3. Worksheets must be on A4 paper size and margins should be 4 cm from top, 4 cm from bottom, 4 cm from left and 3,5 cm from right.



4. The text of abstract should be written fully justified, in italics and 10 pt. The section should be also no more than 150 words. The number of keywords should be between 3-5.
5. Studies must be submitted online from the journal’s web address (<http://www.jemsjournal.org>). Articles printed or within CD, articles submitted by mail, fax etc. is not acceptable.
6. The main title of article must be written in Turkish and English respectively for Turkish studies, in English for English studies and should be set centered in 12 point-size. Initially 6nk and after 6nk space should be left before the main title.
7. The first letter of the primary headings in the article should be capital letter, and all headings and sub-headings should be designed 10 pt, bold and located to the left with numbering, and also navy blue color should be used for sub-headings.
 1. OrcaFlex Program
 - 1.1. Axis Team
8. The table heading should be placed above the table and the figure heading should be placed below the figure. 2 nk spaces should be added before the table heading and figure heading and also 3 nk space should be added after. The “table” and the “figure” should be written as bold and left aligned. First letters of table, figure and equation headings should be written with capital letters. The heading and the content should be written with “cambria” font and 10 point size. If tables, figures and equations in the study are cited, their references should be stated. 2 nk spaces should be added before references and 3 nk spaces should be added after. If tables and figures don’t fit into a single column, they should be designed to include two columns. Tables and figures which include two columns should be stated at the top or bottom of the page. Total number of figures and tables should not exceed 10.

Table 1. Sample Table

Turkish Male Seafarers (n = 131.152)	BMI < 25,0	BMI 25 - 30	BMI ≥ 30	Number of Participants
16-24 Ages Group	74,1%	22,5%	3,4%	34.421
25-44 Ages Group	44,1%	43,3%	12,6%	68.038
45-66 Ages Group	25,6%	51,1%	23,4%	28.693
All Turkish Male Seafarers	47,9 %	39,6 %	12,5%	131.152
Turkish Male Population*1	47,3 %	39,0 %	13,7 %	-

9. In the article, decimal fractions should be separated with comma and numbers should be separated with dots.

Average age: 28,624

Number of participants: 1.044 people

10. Page numbers, headers and footers should not be added to the study. These adjustments will be made by the journal administration.
11. Authors are deemed to have accepted that they have transferred the copyright of their studies to the journal by submitting their studies to our journal. Submitting a study to two different journals simultaneously is not suitable within the frame of academic ethics.
12. It is required that the studies are original and have not been published elsewhere before. If conference and symposium papers were published in a booklet, in this case they shall be published by JEMS on the condition that the copyright has not been transferred to the first publishing place. Information must be given to the journal editorship about the place where these kinds of papers were published before.
13. Citations in the study should be designed in brackets by numbering [1]. References also should be numbered in brackets as well. References should be prepared as per similar examples shown below:

Article

- [1] Nas, S. and Fışkın R. (2014). A research on obesity among Turkish seafarers. *International Maritime Health*, 2104: 65(4):187-191.

Book

- [2] Altunışık, R. (2010). Sosyal bilimlerde araştırma yöntemleri. Sakarya: Sakarya Yayıncılık.

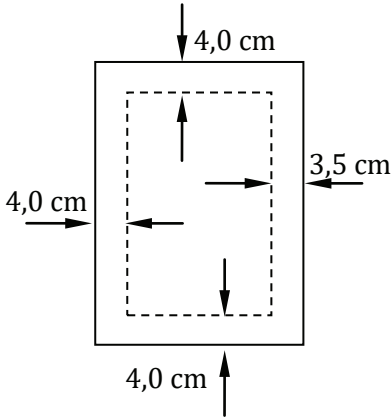
Thesis

- [3] Atik, O. (2013). Takım liderliğinin mesleki kültür yönünden incelenmesi: Gemi kaptanları üzerine bir çalışma, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

Internet

- [4] Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı. (1999). VIII. Beş yıllık kalkınma planı hazırlık çalışmaları. Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2001, <http://plan8.dpt.gov.tr/>.

1. JEMS Türkçe ve İngilizce çalışmalar yayımlamaktadır.
2. Hazırlanan metinler; iki yana yaslanmış, paragraf başlarında girinti yapmadan, "cambria" formatında, 10 punto büyüklüğünde ve 1,0 satır aralıklı yazılmalıdır. Yeni başlanan paragraflar ile bir önceki paragraf arasında önce 6nk sonra 3nk satır aralığı olmalıdır. Tam metin toplam sayfa sayısı 12 sayfayı geçmemelidir.
3. Çalışma sayfaları A4 kağıt boyutunda ve üst 4 cm, alt 4 cm, sol 4 cm, sağ 3,5 cm olacak şekilde kenar boşlukları bırakılmalıdır.
6. Makalenin ana başlığı, Türkçe çalışmalarda sırasıyla Türkçe ve İngilizce, İngilizce yazılmış makalelerde ise İngilizce olarak yazılmalı ve 12 punto büyüklüğünde ortalanmış olarak ayarlanmalıdır. Ana başlıktan önce 6nk sonra 6nk boşluk bırakılmalıdır.
7. Makalede yer alan birincil başlıkların ilk harfleri büyük olacak şekilde sola dayalı ve numara verilerek 10 punto ile kalın yazılmalıdır. Alt başlıklar ise aynı şekilde 10 punto ile kalın yazılmalıdır. Bütün başlıklarda ve alt başlıklarda lacivert renk kullanılmalıdır.



4. Öz bölümünde çalışma ile ilgili kısa bilgilere ve temel bulgulara yer verilmelidir. Bu bölüm iki tarafa dayalı, italik ve 10 pt ile yazılmalı ve ayrıca 150 kelimeyi geçmemelidir. Bunun yanında anahtar kelimelerin sayısı ise 3-5 arasında olmalıdır.
5. Çalışmalar derginin web adresinden (<http://www.jemsjournal.org>) online olarak gönderilmelidir. Basılı ya da CD içerisinde veya posta, faks vb. yollarla gönderilen yazılar kabul edilmemektedir.
1. OrcaFlex Program
1.1. Axis Team
8. Tablo başlığı tablonun üstünde şekil başlığı şeklin altında yer almalıdır. Tablo başlığı ve şekil başlığından önce 2 nk sonra 3 nk boşluk bırakılmalı ve sola dayalı olarak sadece "tablo" ve "şekil" yazısı kalın olacak şekilde yazılmalıdır. Tablo, şekil ve denklem başlıklarındaki kelimelerin ilk harfleri büyük yazılmalıdır. Başlık ve içerik "cambria" formatında, 9 punto büyüklüğünde yazılmalıdır. Çalışma içinde yer alan tablo, şekil ve denklemler alıntı yapılmış ise kaynakları belirtilmelidir. Kaynaklardan önce 2 nk sonra 3 nk boşluk bırakılmalıdır. Tablo ve şekiller tek sütuna (burada ki sütun ifadesi makale yazımındaki ifade etmektedir) sığmayacak büyüklükte ise iki sütunu da kapsayacak şekilde verilmelidir. İki sütunu da kapsayan şekil ve tablolara sayfanın en üstünde veya en altında verilmelidir. Toplam şekil ve tablo sayısı 10 adeti geçmemelidir

Tablo 1. Örnek Tablo

Turkish Male Seafarers (n = 131.152)	BMI < 25,0	BMI 25 - 30	BMI ≥ 30	Number of Participants
16-24 Ages Group	74,1%	22,5%	3,4%	34.421
25-44 Ages Group	44,1%	43,3%	12,6%	68.038
45-66 Ages Group	25,6%	51,1%	23,4%	28.693
All Turkish Male Seafarers	47,9 %	39,6 %	12,5%	131.152
Turkish Male Population*1	47,3 %	39,0 %	13,7 %	-

9. Makale içerisinde ondalık kesirler virgül ile sayılar ise nokta ile ayrılmalıdır.

Örnek:

Ortalama yaş: 28,624

Katılımcı sayısı: 1.044 kişi

10. Çalışmaya sayfa numaraları, alt bilgi ve üst bilgi eklenmemelidir. Bu düzenlemeler dergi yönetimi tarafından yapılacaktır.

11. Yazarlar çalışmalarını dergimize göndererek çalışmalarına ait telif hakkını dergiye devrettiklerini kabul etmiş sayılırlar. Bir çalışmanın aynı anda iki yere birden değerlendirme amaçlı gönderilmesi akademik etik çerçevesinde uygun değildir.

12. Çalışmaların orijinal olması, daha önce başka bir yerde yayımlanmamış olması gerekmektedir. Kongre ve sempozyum bildirimleri bir kitapçıkta yayınlanmış ise, bu durumda, telif hakkı ilk yayınlanan yere devredilmemiş olması kaydı ile, JEMS tarafından yayınlanır. Bu tip bildirimlerin daha önce yayımlandığı yer ile ilgili dergi editörlüğüne bilgi verilmelidir

13. Çalışma içinde yer alan atıflar parantez içinde numara verilerek yapılmalıdır [1]. Atıflarda olduğu gibi kaynaklar da parantez içinde numaralandırılmalıdır. Aşağıda gösterilen benzer örneklere göre kaynakça hazırlanmalıdır:

Makale

- [1] Nas, S. and Fışkın R. (2014). A research on obesity among Turkish seafarers. International Maritime Health, 2104:65(4):187-191.

Kitap

- [2] Altunışık, R. (2010). Sosyal bilimlerde araştırma yöntemleri. Sakarya: Sakarya Yayıncılık.

Tez

- [3] Atik, O. (2013). Takım liderliğinin mesleki kültür yönünden incelenmesi: Gemi kaptanları üzerine bir çalışma, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

İnternet

- [4] Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı(1999). VIII. Beş yıllık kalkınma planı hazırlık çalışmaları. Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2001, <http://plan8.dpt.gov.tr/>

Journal of ETA Maritime Science is an independent publication with regards to scientific research and the editor decide its publication policy. The statement signifies the ethical behavior of the publisher, the editor, the reviewers and the authors. The ethics statement for JEMS is based on COPE Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors and COPE Best Practice Guidelines for Journal Editors available at www.publicationethics.org.

A. DUTIES OF PUBLISHER:

Editorial Autonomy

JEMS is committed to ensure the autonomy of editorial decisions without influence from anyone or commercial partners.

Intellectual Property and Copyright

JEMS protects property and copyright of the articles published in the Journal and maintains each article's published version of record. JEMS provides the integrity and transparency of each published articles.

Scientific Misconduct

JEMS always takes all appropriate measures in respect to fraudulent publication or plagiarism the publisher.

B. DUTIES OF EDITORS:

Decision on Publication and Responsibility

The editor of JEMS keeps under control everything in the journal and strives to meet the needs of readers and authors. The editor also is responsible for deciding which articles submitted to journal ought to be published in the journal, and may be guided by the policies subjected to legal requirements regarding libel, copyright infringement and plagiarism. The editor might discuss with reviewers while making publication decision. Editor is responsible

for the contents and overall quality of the publication. Editor ought to provide a fair and appropriate peer-review process.

Objectivity

Articles that submitted to journal are always evaluated without any prejudice.

Confidentiality

Any information about a submitted article must not be disclosed by editor to anyone other than editorial staff, reviewers, and publisher.

Conflicts of Interest and Disclosure

The Editor of JEMS does not allow any conflicts of interest between the parties such as authors, reviewers and editors. Unpublished materials in a submitted article must not be used by anyone without the express written assent of the author.

C. DUTIES OF REVIEWERS:

Evaluation

Reviewers evaluate manuscripts without origin, gender, sexual orientation or political philosophy of the authors. Reviewers also ensure a fair blind peer review of the submitted manuscripts for evaluation.

Confidentiality

All the information relative to submitted articles is kept confidential. The reviewers must not be discussed with others except if authorized by the editor.

Disclosure and Conflict of Interest

The reviewers have no conflict of interest with regard to parties such as authors, funders, editors and etc.

Contribution to editor

Reviewers give helps the editor in making decisions and may also assist the author in improving the manuscript.

Objectivity

The objective judgment evaluation is always done by them. The reviewers express their views clearly with appropriate supporting arguments.

Acknowledgement of Sources

Reviewers ought to identify relevant published study that has not been cited by the authors. Reviewers also call to the editor's attention any substantial similarity or overlap between the manuscript and any other published paper of which they have personal knowledge.

D. DUTIES OF AUTHORS:

Reporting Standards

A submitted manuscript should be original and the authors ensure that the manuscript has never been published previously in any journal. Data of the research ought to be represented literally in the article. A manuscript ought to include adequate detail and references to allow others to replicate the study.

Originality

The authors who want to submit their study to the journal must ensure that their study entirely original and the words and sentences getting from literature should be appropriately cited.

Multiple Publications

Authors should not submit the same study for publishing any other journals. Simultaneous submission of the same study to more than one journal is unacceptable and constitutes unethical behavior.

Acknowledgment of Sources

Convenient acknowledgment of the study of others has to be given. Authors

ought to cite publications that have been efficient in determining the study. All of the sources that used process of the study should be remarked.

Authorship of a Paper

Authorship of a paper ought to be limited to those who have made a noteworthy contribution to study. If there are others who have participated process of the research, they should be listed as contributors. Authorship also includes a corresponding author who is in communication with editor of a journal. The corresponding author should ensure that all appropriate co-authors are included on a paper.

Disclosure and Conflict of Interest

All sources of financial support should be disclosed. All authors ought to disclose a meaningful conflict of interest in the process of forming their study.

Fundamental Errors in Published Works

If authors find out a remarkable error in their submitted study, they have to instantly inform it. Authors have a liability to cooperate with editor to provide corrections of errors.

ETA Denizcilik Bilimi Dergisi, bilimsel araştırma ile ilgili olarak yayımlanan bağımsız bir yayındır ve yayın politikasını editör belirlemektedir. Bu bildirge dergi imtiyaz sahibi, editör, hakemler ve yazarların etik davranışlarını içermektedir. JEMS'in etik beyanı, COPE Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors ve COPE Best Practice Guidelines for Journal Editors esaslarına dayanmaktadır ve bu kaynaklar www.publicationethics.org web adresinde ücretsiz olarak paylaşılmaktadır.

A. DERGİ İMTİYAZ SAHİBİNİN SORUMLULUKLARI:

Editorial Bağımsızlık

JEMS, herhangi bir kimse veya ticari ortaklarının etkisi olmadan editorial kararların bağımsızlığının sağlanmasını taahhüt etmektedir.

Fikri Mülkiyet ve Telif Hakkı

JEMS, dergide yayımlanan makalelerin mülkiyet ve telif haklarını korur ve her makalenin yayımlanmış versiyonunun kaydını sağlamaktadır. JEMS, yayımlanmış her makalenin bütünlüğünü ve şeffaflığını sağlamaktadır.

Bilimsel Suiistimal

JEMS, hileli yayın veya yayıncı intihali ile ilgili olarak daima uygun tedbirleri almaktadır.

B. EDITÖRÜN SORUMLULUKLARI:

Yayın ve Sorumluluk Kararı

JEMS editörü, dergideki her şeyi kontrol altında tutmaktadır ve okuyucuların ile yazarların ihtiyaçlarına cevap vermek için çaba göstermektedir. Editör ayrıca,

dergiye gönderilen makalelerden hangilerinin dergide yayınlanacağını ve

hangilerinin onur kırıcı yayın, telif hakkı ihlali ve intihal ile ilgili yasal gerekliliklere tabi politikalarla karar verilmesinden sorumludur. Editör, yayın kararı verilirken hakemler ile müzakere edebilir. Editör, içerik ve genel olarak yayın kalitesinden sorumludur. Editör adil ve uygun bir hakem süreci sağlamalıdır.

Tarafsızlık

Dergiye gönderilen makaleler daima, herhangi bir önyargı olmaksızın değerlendirilmektedir.

Gizlilik

Dergiye gönderilen bir makale ile ilgili herhangi bir bilgi, editör tarafından yayın kurulu, hakemler ve dergi sahibi dışında herhangi bir kimseye ifşa edilmemelidir.

Çıkar Çatışmaları ve İfşa Etme

JEMS editörü yazarlar, hakemler ve editörler gibi taraflar arasındaki herhangi çıkar çatışmalarına izin vermez. Dergiye gönderilen bir makededeki yayınlanmamış materyaller, yazarın sarıh bir yazılı onayı olmadan herhangi biri tarafından kullanılmamalıdır.

C. HAKEMLERİN SORUMLULUKLARI:

Değerlendirme

Hakemler yazarların kökeni, cinsiyeti, cinsel eğilimi veya siyasal felsefesine bakılmaksızın eserleri değerlendirmektedirler. Hakemler ayrıca, dergiye gönderilen metinlerin değerlendirilmesi için adil bir kör hakemlik süreci sağlamaktadırlar.

Gizlilik

Dergiye gönderilen makalelere ilişkin tüm bilgiler gizli tutulmaktadır. Hakemler, editör tarafından yetkilendirilmiş olanlar dışında başkaları müzakere etmemelidir.

İfşa Etme ve Çıkar Çatışması

Hakemlerin; yazarlar, fon sağlayıcılar, editörler vb. gibi taraflar ile menfaat çatışması bulunmamaktadır.

Editöre Destek

Hakemler, karar verme aşamasında editörlere yardım ederler ve ayrıca metinlerin iyileştirilmesinde yazarlara yardımcı olabilmektedirler.

Tarafsızlık

Objektif bir karar değerlendirmesi, daima hakemler tarafından yapılmaktadır. Hakemler, uygun destekleyici iddialarla, açık bir şekilde görüşlerini ifade etmektedirler.

Kaynakların Referansı

Hakemler ayrıca, kendi bilgileri dahilindeki yayınlanmış diğer herhangi bir makale ile dergiye gönderilen metin arasında herhangi önemli bir benzerlik veya örtüşme ile ilgili olarak editörü bilgilendirmelidir.

D. YAZARLARIN SORUMLULUKLARI:

Bildirme Standartları

Dergiye gönderilen bir metin özgün olmalıdır ve yazarlar, metnin daha önce herhangi bir dergide yayınlanmamış olmasını sağlamalıdır. Araştırmanın verileri, makale detamolarak belirtilmelidir. Dergiye gönderilen bir metin, başkalarının çalışmayı türetmesine izin vermek üzere yeterli detay ve referansları içermelidir.

Özgünlük

Çalışmalarını dergiye göndermek isteyen yazarlar, çalışmalarının tamamen özgün olmasını sağlamalıdır ve literatürden elde edilen kelimeler ile cümleler uygun bir şekilde alıntılanmalıdır.

Birden Fazla Yerde Yayın

Yazarlar, aynı çalışmayı herhangi bir başka dergide yayınlanmak üzere

göndermemelidirler. Aynı çalışmanın birden fazla dergiye eş zamanlı gönderilmesi etik olmayan bir davranış teşkil etmektedir ve kabul edilemez.

Kaynakların Referansı

Başkalarının çalışmalarıyla ilgili olarak uygun referanslar verilmelidir. Yazarlar, çalışmalarının belirlenmesinde etkili olmuş yayınlara referans vermelidirler. Çalışma sürecinde kullanılan kaynakların tümü belirtilmelidir.

Makale Yazarlığı

Makale yazarlığı, çalışmaya kayda değer katkıda bulunan kişilerle sınırlı olmalıdır. Araştırma sürecine katılan başkaları var ise, bu kişiler katkıda bulunanlar olanlar listelenmelidir. Yazarlık ayrıca, derginin editörü ile iletişim halinde olan yazışmadan sorumlu olan bir yazar içermelidir. Yazışmadan sorumlu yazar, tüm yardımcı yazarların makaleye dahil olmasını sağlamalıdır.

İfşa Etme ve Çıkar Çatışması

Finansal destek ile ilgili tüm kaynaklar açıklanmalıdır. Tüm yazarlar, çalışmalarının oluşturulması sürecinde yer alan çıkar çatışmasını ortaya koymalıdır.

Yayınlanmış Çalışmalardaki Temel Hatalar

Yazarlar göndermiş oldukları çalışmalarında dikkat çekici bir hata bulduklarında, bu hata ile ilgili olarak derhal dergiyi bilgilendirmek zorundadırlar. Yazarların, hataların düzeltilmesini sağlamak üzere editör ile birlikte çalışma yükümlülükleri vardır.



Reviewer List of Volume 5 Issue 1 (2017)

Alper KILIÇ	Bandırma Onyeddi Eylül University	Turkey
Dilek Özlem ESEN	Kocaeli University	Turkey
Eda TURAN	Yıldız Technical University	Turkey
Enver BOZKURT	Hasan Kalyoncu University	Turkey
Ferdi ÇAKICI	Yıldız Technical University	Turkey
Fırat BOLAT	İstanbul Port Authority	Turkey
Görkem KÖKKÜLÜNK	Yıldız Technical University	Turkey
Nur Jale ECE	Mersin University	Turkey
Nurser GÖKDEMİR IŞIK	Dokuz Eylül University	Turkey
Özge Nalan BİLİŞİK	Yıldız Technical University	Turkey
Özgür ÇETİN	CpT Law Firm	Turkey
Sercan EROL	Karadeniz Technical University	Turkey
Shi HE	University of Strathclyde	UK
Tahsin TEZDOĞAN	University of Strathclyde	UK
Yigit Kemal DEMİREL	University of Strathclyde	UK
Zhiming YUAN	University of Strathclyde	UK



Journal of ETA Maritime Science

JEMS
JOURNAL

Volume 5 Issue 1 (2017) is indexed in

DOAJ DIRECTORY OF
OPEN ACCESS
JOURNALS

OAJI Open Academic
.net Journals Index



INDEX COPERNICUS
INTERNATIONAL



INFOBASE INDEX



CiteFactor
Academic Scientific Journals



Scientific Indexing Services



PTST'17

PILOTAGE / TOWAGE SERVICES
AND TECHNOLOGIES CONGRESS

www.ptstcongress.org

27th - 28th OCTOBER 2017
HILTON - IZMIR / TURKEY



Dear Sir/Madam,

The Pilotage / Towage Services and Technologies Organizational Committee is pleased to announce the Pilotage / Towage Services and Technologies Congress 2017 – PTST '17, which will be held from 27th - 28th October 2017 at the Hilton Hotel in Izmir, Turkey. The PTST '17 jointly organized in cooperation with "Chambers of Marine Engineer", "Turkish Maritime Pilots' Association", "Turkish Chamber of Shipping" and "Turkish Shipbuilders' Association" is addressed to scientists and professionals in order to share their expert knowledge, experience and research results concerning all aspects of pilotage services, towage services, tugboat architecture and construction industry and related technological developments at academic level.

All works related to theoretical developments and applications of pilotage and /or towage services are welcome. Topics of interest include, but are not limited to;

Congress Topics

- Pilotage services
- Pilotage information technologies
- Towage and mooring services
- Information technologies for towage services
- Human factor and pilotage
- Port modeling studies
- Maneuvering at port
- Safe maneuvering essentials
- Tug propulsion technologies
- Tugboat building
- Equipment and technologies for ship mooring and sheltering
- Tugboat design and human interface
- Smart tugboats and pilotage services
- Alternative fuel systems in towage

Submission

Abstract submission date of the congress is **June 30, 2017**. Abstracts (up to 400 words) may be submitted in Turkish or in English; the presentations will be done in the submission language. The submissions must include a title, names of author(s), university and department affiliations, e-mail addresses, postal addresses and five (5) keywords. Abstracts should not exceed one page and must be sent to the ptstcongress2017@gmail.com. All submissions to the PTST '17 will be reviewed by at least two independent reviewers.

Accepted submissions will be announced by **July 07, 2017**. Last day for the delivery of full texts of the submissions is **August 18, 2017**. Upon evaluation, best paper will be awarded.

Key Dates

Deadline for Abstract Submission	: 30 th of June, 2017
Announcement of Accepted Abstract	: 07 st of July, 2017
Deadline for Full Paper	: 18 th of August, 2017
Announcement of Accepted Full Paper	: 15 st of September, 2017
Congress Day	: 27 th – 28 th of October, 2017

www.jemsjournal.org



JEMS
JOURNAL OF ETA MARITIME SCIENCE



Paper submitted and presented at the PTST '17 will be published in the Congress Proceedings or JEMS Journal (Journal of ETA Maritime Science) (www.jemsjournal.org) published by UCTEA, The Chamber of Marine Engineers.

We are waiting for your registration, title and short abstract of your contribution till **June 30th 2017**. For more information please visit www.ptstcongress.org

Registration

Early Registration until September,29

Participant	300.-TL
Master & PhD Student	150.-TL

Late Registration after September,30

Participant	420.-TL
Master & PhD Student	210.-TL

Registration fees can be transferred to the bank with details given in web site of www.ptstcongress.org. The form also includes credit card information. Please send the payment receipt and the registration form via e-mail or fax below.

E-mail: ptst@claros.com.tr
Fax: +90 232 463 23 84

We look forward to welcoming you in Izmir/Turkey.

Organized by:



Web : ptstcongress.org

E-Mail : ptstcongress@gmail.com

Mobile : +90 532 331 51 31



COMMITTEES

Organizing Committee

Prof. Dr. Selçuk NAS (Congress Organizing Chair)
 Res. Asst. Emin Deniz ÖZKAN
 Res. Asst. Yunus Emre SENOL
 Asst. Prof. Dr. Barış KULEYİN
 Res. Asst. Erdem KAN
 Alev TUNÇ
 Assoc. Prof. Dr. Ersan BAŞAR
 Res. Asst. Murat PAMIK
 Ali Burçin EKE
 Asst. Prof. Dr. Görkem KÖKKÜLÜNK
 Res. Asst. Onural Alper ŞAHİN
 Ali GÜRÜN
 Asst. Prof. Dr. Mustafa NURAN
 Res. Asst. Ömer ARSLAN
 Altan KÖSEOĞLU
 Asst. Prof. Dr. Oğuz ATİK
 Res. Asst. Remzi FİSKİN
 Aykut EROL
 Asst. Prof. Dr. Yusuf ZORBA (Congress Secretary)
 Res. Asst. Saliha Saadet KALENDER
 Ersan GÜRGÜL
 Ahmet Yasar CANCA
 Res. Asst. Taha Talip TÜRKİSTANLI
 Hakan IŞIKCI

Ayşe Aslı BAŞAK
 Res. Asst. Yiğit GÜLMEZ
 Res. Asst. Müge BÜBER
 Hakan SEN
 Bora KAYACAN
 Lecturer Ali Cem KUZU
 Kazım BAKAN
 Cahit İSTİKBAL
 Lecturer Volkan FİDAN
 Kemalettin GÜR
 Feramuz AŞKIN
 Res. Asst. Burcu ÇELİK
 Korhan DORUK
 Derya Yenice OFLU
 Tolga ŞENOĞLU
 Murat KIRAN
 Gizem ÇEVİK
 Serkan KAHRAMAN
 Noyan ALTUĞ
 Hakkı TOROS
 Umut ARAS
 Pınar KORKMAZ
 Murat TUNCER
 Yusuf ÖZTÜRK
 Serdar ERDİNÇLER
 Salih BİLAL
 Seda TURHAN



Academic Committee

Prof. Dr. Adi Maimun Abdul Matik
Universiti Teknologi Malaysia, MALAYSIA
Prof. Dr. A. Güldem CERİT
Dokuz Eylül University, TURKEY
Prof. Dr. Abdi KÜKNER
Istanbul Technical University, TURKEY
Prof. Dr. Ali TAKINACI
Istanbul Technical University, TURKEY
Prof. Dr. Bahar TOKUR
Ordu University, TURKEY
Prof. Dr. Bahri SAHİN (President)
Yıldız Technical University, TURKEY
Prof. Dr. Ei-ichi KOBAYASHI
Kobe University, JAPAN
Prof. Dr. Ender ASYALI
Dokuz Eylül University, TURKEY
Prof. Dr. Hakkı KİŞİ
Dokuz Eylül University, TURKEY
Prof. Dr. Masao FURUSHO
Kobe University, JAPAN
Prof. Dr. Mehmet BİLGİN
Istanbul University, TURKEY
Prof. Dr. Muhammet BORAN
Karadeniz Technical University, TURKEY
Prof. Dr. Mustafa ALTUNÇ
Near East University, TRNC
Prof. Dr. Nikitas NIKITAKOS
University of the Aegean, GREECE
Prof. Dr. Orat ERODOĞAN (President)
Piri Reis University, TURKEY
Prof. Dr. Şakir BAL
Istanbul Technical University, TURKEY
Prof. Dr. Shota Kuntchulia
Batumi State Maritime Academy, GEORGIA
Prof. Dr. Selçuk NAS
Dokuz Eylül University, TURKEY

Prof. Dr. Temel SAHİN
Recep Tayyip Erdoğan University, TURKEY
Prof. Irakli SHARABIDZE (President)
Batumi State Maritime Academy, GEORGIA
Assoc. Prof. Dr. Cengiz DENİZ
Istanbul Technical University, TURKEY
Assoc. Prof. Dr. Erdal ARLI
Kocaeli University, TURKEY
Assoc. Prof. Dr. Ersan BASAR
Karadeniz Technical University, TURKEY
Assoc. Prof. Feiža MEMET
Constanta Maritime University, ROMANIA
Assoc. Prof. Dr. Ghiorghe BATRINCA
Constanta Maritime University, ROMANIA
Assoc. Prof. Dr. Kadir ÇİCEK
Istanbul Technical University, TURKEY
Assoc. Prof. Dr. Metin ÇELİK
Istanbul Technical University, TURKEY
Assoc. Prof. Dr. Özcan ARSLAN
Istanbul Technical University, TURKEY
Assoc. Prof. Dr. Serdar KUM
Istanbul Technical University, TURKEY
Assoc. Prof. Dr. Özkan UĞURLU
Karadeniz Technical University, TURKEY
Assoc. Prof. Dr. Yusuf ZORBA
Dokuz Eylül University, TURKEY
Asst. Prof. Dr. Ali Cemal TÖZ
Dokuz Eylül University, TURKEY
Asst. Prof. Dr. Alper KILIÇ
Bandırma On Yedi Eylül University, TURKEY
Asst. Prof. Dr. Barış KULEYİN
Dokuz Eylül University, TURKEY
Asst. Prof. Dr. Burak KÖSEÖĞLÜ
Dokuz Eylül University, TURKEY
Asst. Prof. Dr. Cristina DRAGOMIR
Constanta Maritime University, ROMANIA
Asst. Prof. Dr. Oğuz ATIK
Dokuz Eylül University, TURKEY
Asst. Prof. Dr. Cemil YURTOREN
Istanbul Technical University, TURKEY

Asst. Prof. Dr. Ercan YÜKSEKYILDIZ
Ordu University, TURKEY
Asst. Prof. Dr. İsmail ÇİCEK
Istanbul Technical University, TURKEY
Asst. Prof. Dr. Momoko KITADA
World Maritime University, SWEDEN
Asst. Prof. Dr. Murat YILDIZ
Istanbul University, TURKEY
Asst. Prof. Dr. Mustafa NURAN
Dokuz Eylül University, TURKEY
Asst. Prof. Dr. Münip BAS
Istanbul Technical University, TURKEY
Asst. Prof. Dr. Serim PAKER
Dokuz Eylül University, TURKEY
Asst. Prof. Dr. Tanzer SATIR
Istanbul Technical University, TURKEY
Asst. Prof. Dr. Zhiming YUAN
University of Strathclyde, UK
Dr. Angelica M. BAYLON
Maritime Academy of Asia and the Pacific,
PHILIPPINES
Dr. Gesa PRAETORIUS
World Maritime University, SWEDEN
Dr. Iraklis LAZAKIS
University of Strathclyde, UK
Dr. Nebojsa NIKOLIC
University of Rijeka, CROATIA
Dr. Marcel·la Castells i SANABRA
Polytechnic University of Catalonia, SPAIN
Dr. Rafet Emek KURT
University of Strathclyde, UK
Dr. Shi HE
University of Strathclyde, UK
Dmytro ZHUKOV
Odessa National Maritime Academy,
UKRAINE
Heikki KOIVISTO
Satakunta University of Applied Sciences,
FINLAND

Yüksek İnşaat Mühendisi **Sami Cömert**'in Katkılarıyla

Journal of ETA Maritime Science

Volume 5, Issue 1, (2017)

Contents

- (ED) **Editorial** 1
Selçuk NAS
- (AR) **Investigation of Cylinder Pressure Variation Using Stochastic Reactor Model in a Biodiesel Pilot Injection Diesel Engine Operated with Natural Gas.** 5
Enes Fatih PEHLİVAN, İsmail ALTIN
- (AR) **Simulation-Based Analysis of Ship Motions in Short-Crested Irregular Seas.** 19
Kıvanç Ali ANIL, Devrim Bülent DANIŞMAN, Kadir SARIÖZ
- (AR) **A Study on Peception of Seafarers on Private Maritime Security Companies: Perspective of Turkey.** 39
Taha Talip TÜRKİSTANLI, Barış KULEYİN
- (AR) **Ship Engine Room Casualty Analysis by Using Decision Tree Method.** 59
Ömür Yaşar SAATÇİOĞLU, Burak GÖKSU, Onur YÜKSEL, Yiğit GÜLMEZ
- (AR) **A Practical Tool for Evaluating Refrigeration Systems Using R-134a.** 69
Mehmet Turgay PAMUK, Atilla SAVAŞ
- (RE) **The Exclusive Economic Zone in the Eastern Mediterranean: Delimitation Agreements, Stakeholders and Strategies.** 81
Nur Jale ECE
- (AR) **The Evaluation of Mathematical Models for Tankers' Maneuvering Motions.** 95
Erhan AKSU, Ercan KÖSE



UCTEA - The Chamber of Marine Engineers