

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YANGINLA MÜCADELE AMAÇLI İNSANSIZ BİR DENİZ
ARACININ KAVRAMSAL TASARIMI

Doğukan YİĞİT

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı
Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Programı

Danışman
Prof. Dr. Uğur Buğra ÇELEBİ

Nisan, 2023

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YANGINLA MÜCADELE AMAÇLI İNSANSIZ BİR DENİZ
ARACININ KAVRAMSAL TASARIMI**

Doğukan YİĞİT tarafından hazırlanan tez çalışması 17.04.2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Uğur Buğra ÇELEBİ
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Uğur Buğra ÇELEBİ, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Eda TURAN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Hasan Bora USLUER
Galatasaray Üniversitesi

Danışmanım Prof. Dr. Uğur Buğra ÇELEBİ sorumluluğunda tarafımda hazırlanan Yangınla Mücadele Amaçlı İnsansız Bir Deniz Aracının Kavramsal Tasarımı başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Doğukan YİĞİT

İmza



Bu çalışma, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Koordinatörlüğü'nün 1245A numaralı projesi ile desteklenmiştir.



*Aileme
ve
biricik eşime*

TEŐEKKÜR

Yapmış olduğum bu çalışmada bana yol gösteren, bilgi birikimini hertürlü őart altında bana aktarmayı baőaran ve tanışmıő olduğum ilk dersten bu yana ufkumu açan saygıdeğer danışman hocam, Prof. Dr. Uğur Buğra ÇELEBİ'ye teőekkürlerimi sunarım. Akademik çalıőmalarımı her zaman destekleyen ve her zaman arkamda olan merhum amcam Piyade Astsubay Alim YİĞİT'e bana olan inancı, desteği ve hayatıma katmıő olduğu vizyon için teőekkürlerimi sunarım. Aileme ve biricik eşime hayatımın her aőamasında bana vermiş oldukları hertürlü destek için sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Doğukan YİĞİT

İÇİNDEKİLER

KISALTMA LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	x
TABLO LİSTESİ	xi
HARİTA LİSTESİ	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT	xv
1 GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	3
1.3 Hipotez	4
2 YANGIN ve YANGININ DENİZCİLİK SEKTÖRÜNDEKİ YERİ	5
2.1 Yangının Doğası ve Uluslararası Çevrelerce Önlenmeye Çalışılması	5
2.1.1 Yangın Mühendisliğinin Oluşumu	5
2.1.2 Yangınla Mücadele Amaçlı Kodların ve Kurumların Önemi	6
2.2 Yangının Denizcilik Sektöründeki Önemi	8
2.2.1 Yangının Etkisine Dair Önemli Deniz Kazalarından Örnekler	11
2.2.2 Yüksek Yangın Riski Bulunan Denizcilik Operasyonları	16
2.3 Gelecekteki Muhtemel Yangın Felaketleri ve Önleme Çalışmaları	19
3 YANGINLA MÜCADELE AMAÇLI İNSANSIZ BİR DENİZ ARACININ KAVRAMSAL TASARIMI	22
3.1 Görev Tanımlaması ve Bu Tanıma Uygun Gemi Donatımı	22
3.2 Görev Tanımına Uygun Teçhizatların Belirlenmesi	23
3.2.1 Yangınla Mücadele Amaçlı Su Topları	23
3.2.2 Kendi Kendini Söndürme Sistemleri	25
3.2.3 Şişme Can Salı Ekipmanı	27
3.2.4 Paraşütlü İşaret Fişeği ve Duman Kandili Fırlatıcıları	28
3.2.5 Aydınlatma Sistemleri	31
3.2.6 Otonom Seyir, Farkındalık ve Kamera Sistemleri	33
3.2.7 Temiz Su Çekme Hortumları	36
3.2.8 Kazazede Tırmanma Merdivenleri	37
3.2.9 Güç Grubu ve İtki Sistemi	38
3.3 Ayrıntılı Tekne Tasarımı	41

3.3.1	Ayrıntılı Tekne Analizi Örneği	41
3.4	Yangın Anında İDA'nın Aktifleştirilme Metotları.....	42
3.4.1	Standart İDA Tasarımı	43
3.4.2	Serbest Düşüş İDA Tasarımı.....	43
3.5	Ekipman Maaliyeti ve Ekipmanların Yerleşim Planı	44
4	SONUÇ VE ÖNERİLER	46
4.1	Yangınla Mücadele Amaçlı Bir İnsansız Deniz Aracının Denizcilik Sektörüne Faydaları.....	46
4.2	Yangınla Mücadele Amaçlı Bir İnsansız Deniz Aracının Denizcilik Tüm Sektörde Kullanıma Alınma.....	46
	KAYNAKÇA	47
	TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR	50



KISALTMA LİSTESİ

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AWC	Automatic Water Cannon
BOEM	Bureau of Ocean Energy Management
BP	Brisitish Petroleum
CDF	Computational Fluid Dynamics
COLREGS	Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea
CTIF	Comité Technique International de prevention et d'extinction de Feu
DWT	Deadweight Tonnage
EN	Euopen Norm
ESS	Energy Storage System
FRB	Fast Rescue Boat
GPM	Gallon Per Minute
GPS	Global Positioning System
GT	Gross Tonnage
HFO	Heavy Fuel Oil
İDA	İnsansız Deniz Aracı
IMO	International Maritime Organazation
IMU	Inertial Measurement Units
ISO	International Organization for Standardization
LNG	Liquefied Natural Gas
LPG	Liquefied Petroleum Gas
LSA	Life-Saving Appliance
MDO	Marine Diesel Oil
MOB	Man Over Board
NFPA	National Fire Protection Association
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
PID	Proportional, Integral, Derivative
SOLAS	Safety of Life at Sea Convention
SAR	Search and Rescue
UL	Underwriters Labrotories

UNCTAD Unite Nations Conference on Trade and Development
US United States
VLS Vertical Launcher System



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	UNCTAD 2021 Raporunda Yer Alan, 2000-2020 Arası Dünya Gemi Filosundaki DWT Kapasitesi Büyüme Oranını Gösteren, Clarkson Research Verilerine Dayandırılarak Yapılan Yüzdesel Hesaplamaya Ait Sonuçlar	9
Şekil 2.2	2001 ve 2020 Yılları Arasında 261 Deniz Kazası Raporundan Derlenen, Deniz Kazası Katogorilerinin Dağılımı	10
Şekil 2.3	2001 ve 2020 Yılları Arasında Meydana Gelen Deniz Kazalarının ve Ölüm Oranlarının Konum İstatistikleri	10
Şekil 2.4	Yüksek Riskli Denizcilik Faaliyetlerinin İncelenmesi İçin Sınıflandırma Tablosu.....	16
Şekil 3.1	Mevcut Tasarımda Planlanan Etkili Söndürme Alanı	25
Şekil 3.2	Bir adet sprinkler/360° nozul etkili koruma alanı ve 1:1 ölçekte kavramsal tasarımı yapılan İDA üzerinde sprinkler ve etkili koruma alanı gösterimi..	26
Şekil 3.3	İDA'ya Yerleştirilen, Yüksek Sayıda Kazazedeye Müdahale Etme İmkânı Sağlayan Şişme Can Salları	27
Şekil 3.4	Boat U.S. Vakfına ait Paraşütlü İşaret Fişegi Tespit Menzili Çalışması	29
Şekil 3.5	İşaret Fişegi Fırlatıcı Mekanizma ve Tekne Üzerine Yerleşimi	29
Şekil 3.6	Duman Kandili Fırlatıcı Mekanizma ve Tekne Üzerine Yerleşimi	30
Şekil 3.7	İDA Üzerine Yerleştirilmiş Çok Sayıda Projektör Aydınlatıcı	31
Şekil 3.8	Led Tekne Aydınlatma Sisteminin Yerleşimi ve Karanlıktaki Etkisi	33
Şekil 3.9	Otonom tekne görev programı ve program alt programının yürütülmesinden sorumlu bölümleri.....	35
Şekil 3.10	İDA Üzerinde Bekletilen Temiz Su Çekme Hortumu Gösterimi	37
Şekil 3.11	Kavramsal Tasarımı Yapılan İDA'nın Maksimum Menzilde Etkili Söndürme Alanı ve Temiz Su Çekme Alanı Şeması.....	37
Şekil 3.12	Hibrit & Elektrikli Tahrik Sistemi Avantajları	40
Şekil 3.13	Gemi Üzerinde Bir ESS için Tanımlanmış Roller	40
Şekil 3.14	CFD Analizi ve Gerçek Hayat Testlerine Dair Örnek	42
Şekil 3.15	Limanda Standart Şekilde Suda Acil Müdahale İçin Bekleyen İDA.....	43
Şekil 3.16	Gemi Üzerinde Free-Fall(Serbest Düşüş) Konumda Acil Müdahale İçin Bekleyen İDA	44
Şekil 3.17	Tekne Üzeri Ekipman Yerleşim Planı	45

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1 Acil Durum Ekipmanları Maaliyet Tablosu	44
--	----



HARİTA LİSTESİ

- Harita 2.1** Deepwater Horizon Kazası Sonrası Gerçekleşen Petrol Sızıntısının Etkilediği Alanları Gösteren NOAA'ya ait Harita 13
- Harita 2.2** Satellite-derived Synthetic Aperture Radar Data of the Beirut Explosion Prepared by NASA's Advanced Rapid Imaging and Analysis (ARIA) Team, in Collaboration With the Earth Observatory of Singapore..... 15



Yangınla Mücadele Amaçlı İnsansız Bir Deniz Aracının Kavramsal Tasarımı

Doğukan YİĞİT

Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Uğur Buğra ÇELEBİ

Yangın, doğal yollarla veya insan etkisiyle oluşabilen, yıkıcı gücü yüksek ve etkileri çok ağır olan bir olaydır. Doğal afet olarak kabul edilen yangın, insan etkisiyle ortaya çıkabilecek en büyük felaketlerden birisi olarak bilinmektedir. Oksijen, yanıcı madde ve yeterli sıcaklığın birleşimi sonucu ortaya çıkan bu kimyasal reaksiyon, bu üç etkenin alandaki varlığı sürdükçe büyüyerek ve yıkıcı etkisini göstererek devam eder. Basit bir kimyasal tepkime sonucunda ortaya çıkan yangın, maalesef ki bir insanın çok kolay başlatabileceği bir olaydır. Yangınla mücadele ve yangın mühendisliği, zorunluluktan doğan ve geçmişte karşılaşılan acı tecrübeler sonucu ortaya çıkan bir husustur. Denizcilik sektörü, sürekli olarak; yanıcılığı yüksek maddeleri, yüksek ısı ve oksijeni barındıran bir alandır. Bütün sektörde, bu sebepten dolayı çok sık şekilde yangın ve yangın riski ile karşılaşılmaktadır. Tarihte yaşanan yıkıcı tecrübeler sonucunda denizcilik sektörü de bu konuda birçok önlem almış, yangını önlemeye yönelik düzenlemeler yapmış, yangın riskine karşı gelişen teknolojik ilerlemeleri kendine adapte etmiştir. Her türlü yüzer platformun, deniz araçlarının ve limanların yüksek önemi, bu alanların yangından korunmasını mecburi kılmaktadır. Bu alanların yangından korunması için birçok önlem alınsa da, yangın sonuçlu birçok kaza ve kayıp yaşanmaya devam etmektedir. Bu

çalışmada, hızla gelişen insansız araç teknolojilerinin, yüksek yangın riski bulunan denizcilik sektöründe nasıl kullanılabileceği incelenmektedir. Çalışma içerisinde, ana görevi yangınla mücadele ve yangına bağlı olaylara destek olmak üzere teçhiz edilecek bir insansız deniz aracının kavramsal tasarımı yapılmaktadır. İnsansız araçların son günlerde kazandığı prestij ve etki, gelecekteki yerlerini sağlamlaştırmıştır. Daha önce özellikle askeri maksatlarda ve yüksek bütçeli sivil araştırmalarda kullanılan insansız araçlar, her sökter de etkisini daha da arttırmaya başlamıştır. Yapılan bu çalışmada geçmişte yaşanan tecrübeler, gelişen teknolojiler ve gelecekte yaşanabilecek senaryolar üzerinden, yangınla mücadele amaçlı insansız bir deniz aracının temel özellikleri belirlenmiş, kavramsal tasarımı üç boyutlu olarak hazırlanmıştır. Bu ve benzeri deniz platformlarının kullanımı ileride kaçınılmaz olacaktır. Yangın ve yangının riskinin denizcilik sektöründeki etkisini azaltacak olan bu deniz platformu bütün deniz operasyonları için ciddi önem arz edecektir.

Anahtar Kelimeler: Yangın, Yangınla Mücadele, İnsansız Deniz Aracı

Conceptual Design of an Unmanned Surface Vessel For Fire Fighting

Doğukan YİĞİT

Department of Naval Architecture and Marine Engineering

Master's Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Uğur Buğra ÇELEBİ

Fire is an event that can occur naturally or by human action, has high destructive power and has very heavy effects. Fire, which is accepted as a natural disaster, is known as one of the biggest disasters that can occur due to human impact. The chemical reaction, which occurs as a result of the combination of oxygen, flammable material and temperature, continues to grow and show its destructive effect as the presence of these three factors continues in the area. The fire, which occurs as a result of a simple chemical reaction, is unfortunately an event that a person can start very easily. Fire fighting and fire engineering is a matter that arises out of necessity and as a result of bitter experiences encountered in the past. The maritime sector is constantly; It is an area that contains highly flammable materials, high heat and oxygen. For this reason, the sector is frequently faced with fire and fire risks. As a result of the devastating experiences in history, the maritime industry has taken many precautions in this regard, made arrangements to prevent fire, and adapted technological advances against fire risk. The high importance of floating platforms and ports makes it essential to protect these areas from fire. Although many precautions are taken to protect these areas from fire, many accidents and losses as a result of fire continue to occur. In this study, it is examined how rapidly developing unmanned vehicle technologies can be used in the maritime sector where there is a high

fire risk. In the study, a conceptual design of an unmanned sea vehicle, which will be equipped with the main task of fighting fire, is made. The prestige and influence that unmanned vehicles have gained in recent days has strengthened their place in the future. Unmanned vehicles, which are used especially in military projects and high-budget civilian research, have started to increase their impact at every turn. In this study, the basic features of an unmanned sea vehicle for firefighting were determined, and its conceptual design was prepared in three dimensions, based on past experiences, developing technologies and scenarios that can be experienced in the future. The use of this naval platform will be inevitable in the future. This offshore platform, which will reduce the impact of fire and the risk of fire in the maritime sector, will be of great importance for all maritime operations.

Key Words: Fire, Fire Fighting, Unmanned Surface Vessel

1.1 Literatür Özeti

İnsanlık tarihi boyunca, karşı karşıya kalınan birçok doğal afet ve afet statüsünde yer alan olay vardır. Bunlar arasında en çok karşı karşıya kalınan afetlerden biriside yangındır. Yangın, yıkıcı ve geri döndürülemez olarak tabir edilen yok edici etkileri olan, yanıcı herhangi bir maddenin ısı ve oksijen ile birleşmesi ile ortaya çıkan kimyasal reaksiyonun, sonucudur. Yangının temelinde bulunan bu üç etken unsur, onu diğer tüm doğal afetlerden ayırır. Diğer doğal afetlerin aksine, bu üç temel ögeyi sağlayabilen her insan, bu kimyasal reaksiyonu ortaya çıkarabilmektedir. Yani yangın, insan kaynağı ile ortaya çıkarılabilen ve çok ciddi hasarlar verebilen bir doğal afettir. Bilinçli yada bilinçsiz şekilde, insan kaynaklı çıkarılan yangınlar sonrasında yok olan şehirler, ormanlar, ekolojik sistemler vardır. Bunlara ek olarak yangın sonucu hayatını kaybeden canlı sayısını tahmin etmek mümkün değildir. Ancak yangını diğer afetlerden ayıran ve her an karşımıza çıkartabilecek bu etkenler, onu başka bir alanda da diğer afetlerden ayırmaktadır; oda yangının mücadele edilebilir bir olay olmasıdır. Yangını oluşturan üç temel unsurdan birinin ortadan kaldırılması, yangının son bulmasına sebep olmaktadır. Bu durum, yangınla mücadele için bir fırsat oluşturmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte insanlık, kendisine sık sık zarar veren yangınla mücadele etmenin yollarını bulmuştur. Bulunan en basit çözüm olan yangına su ile müdahale etme yöntemi, uzun süre insanlık için en temel yangından korunma yöntemi olarak kalmıştır. Antik dönemlere kadar uzanan yangınla mücadele yöntemleri, ilerleyen teknoloji ile birlikte temel özelliklerini koruyarak gelişmeye devam etmiş ve yangın mühendisliğinin oluşmasına neden olmuştur. Yangın Korunum Mühendisliği (Fire Protection Engineering), Yangın Güvenliği Mühendisliği (Fire Safety Engineering) veya kısaca Yangın Mühendisliği; insanları, mülkleri ve çevreyi korumak için, bilimsel ve mühendislik ilkelerini, kuralları ve uzman kararlarını uygulayan mühendislik dalıdır, Avrupa’da “Yangın Korunum Mühendisliği” ülkemizde ise “Yangın Mühendisliği” ifadesi ise daha çok kullanılmaktadır[1]. Denizcilik sektöründe ise yangının çok büyük yeri ve önemi vardır. Gelişmiş dünyanın en temel taşımacılık biçimi olan denizcilik sektörü dünya için vazgeçilmez ve kritik öneme sahip bir sektördür. Limanlar, yüzer platformlar, sabit

platformlar ve içerdiği her unsur ile yangın riski ile karşı karşıya kalan denizcilik sektörü, yıllar içerisinde edindiği tecrübeler sayesinde yangına karşı kendi önlem ve müdahale tiplerini geliştirmiştir. Yangını önceden önlemeye yönelik birçok mühendislik çalışması, uluslararası düzenleme yapılmış ve bunları denetleyip, geliştirmeye yönelik çokuluslu organizasyonlar kurulmuştur. Denizcilik sektörü, doğası gereği, yüksek yanıcılık özelliği olan maddeleri ve yüksek sıcaklık içeren ortamları kendi içerisinde barındırmaktadır. Denizcilik operasyonlarının sıklığı ve büyüklüğü, diğer etkenler ile birleştiği zaman, yangın riskini denizcilik için ciddi bir tehlike yapmaktadır. Birçok örneği bulunan deniz kazalarında yer alan yangınlar sonucu, maddi manevi büyük kayıplar, büyük ekolojik zararlar ve yıkıcı etkiler oluşmuştur. Yangın riskini önceden engellemek için birçok prosedür ve personel eğitimi hayata geçirilsede, maalesef bu riski tümüyle ortadan kaldırmak mümkün değildir. Bu nedenle yangın çıktıktan sonra hızlı ve etkili müdahale etmek için birçok teknoloji geliştirilmektedir. Söndürücü maddelerin geliştirilmesi, söndürme metotlarının iyileştirilmesi, hızlı reaksiyon süreleri gibi faktörler ile yangını hızlı şekilde baskılamak ve söndürmek için birçok çalışma yapılmaktadır. Deniz yangınları, zorlu deniz şartları yüzünden müdahalenin çok zor olması nedeni ile ciddi kayıplar ile sonuçlanabilmektedir. Özellikle, yangın ile karşılaşan bir deniz platformunun, kendi imkânları haricinde, dışarıdan bir destek alması çok büyük önem arz etmektedir. Yüksek yanıcı madde içeren bu ortamlara dışarıdan bir başka platform ile müdahale etmek ise çok başka riskleri ortaya çıkarmaktadır. İnsan hayatı, yangına müdahale sırasında dikkat edilmesi gereken yegâne husustur. Tehlikeli yanıcı maddelerin, söndürmesi oldukça zor demir yangınlarının bulunduğu bir ortama dışarıdan müdahale oldukça riskli bir durumdur. Gelişen teknolojiler ışığında, insan hayatının tehlikeye girebileceği ortamlar için, her alanda hızla gelişen insansız araç teknolojileri ise bu duruma bir çözüm yolu oluşturabilir. Otonom ve uzaktan kontrol edilebilen sistemler, yani insansız araçlar, karada, havacılık ve denizcilik sektöründe sıkça kullanılmaktadır. Yüzer bir insansız deniz aracının, yangınla mücadele, tehlikeli sulardaki arama-kurtarma operasyonları gibi riskli müdahaleleri yapabilir hale getirilmesi, denizcilik sektörünün yangınla mücadelesinde önemli bir etken olacaktır. İnsansız olması nedeniyle tehlikeli sulara girebilen, insanlı kurtarma gemilerine destek verebilen, yangınla mücadele, arama-kurtarma faaliyetlerine katılabilen, uzun yol yapan gemilerin kendi bünyesinde taşıyabileceği bir insansız deniz aracı, denizcilik sektöründeki güvenlik önlemlerine yeni bir soluk katacaktır. Bu çalışma, bu hedefler doğrultusunda geliştirilebilecek bir insansız

deniz aracının hangi özellikleri barındırması gerektiği ve bu özelliklere yönelik üç boyutlu çalışmalarında içeren bir kavramsal tasarım çalışmasını içermektedir.

1.2 Tezin Amacı

Denizcilik sektörü sürekli olarak yangın riski ile karşı karşıya kalan bir sektördür. Sektör taşınan yük miktarı, taşınan yüklerin mesafesi, birim yük başına düşen ucuz maaliyeti ve çevrecilik yönüyle incelendiğinde, dünya üzerindeki bir numaralı taşımacılık yöntemidir[2]. Bu sebeple sektörün teknolojik gelişmelerden geri bırakılması veya yerinin başka taşımacılık yöntemi ile doldurulması, günümüz şartlarında mümkün değildir. Özellikle yakın tarihin ciddi küresel krizlerinden olan Covid-19 pandemi dönemi ve sonrasında önemini tekrar gösteren deniz taşımacılığı, teknolojiyi yakın takip etmek, kendini durmadan geliştirmek ve her türlü riske karşı kendini korumaya almak zorundadır. Bu kapsamda hem denizcilik sektörüne yönelik düzenleyici ve denetleyici organizasyonlar hemde yangınla mücadele amaçlı organizasyonlar takip edilmektedir. IMO (International Maritime Organization, Uluslararası Denizcilik Örgütü), SOLAS Sözleşmesi (Safety of Life at Sea Convention), NFPA (National Fire Protection Association), UL (Underwriters Laboratories), CTIF (Comité Technique International de prevention et d'extinction de Feu) gibi birçok uluslararası organizasyon ve anlaşma, kendini sürekli olarak günceller. Bu tür organizasyonlar, ya teknolojik gelişmeleri kendilerine katarak gelişir, yada doğrudan ilgili amaç doğrultusunda teknolojik araştırma-geliştirmeyi sağlarlar. Bu çalışmada, yüksek yangı riski ile karşı karşıya olan ve sürekli olarak yangınla mücadele eden denizcilik sektörüne, geçmişte yaşanan yangın olaylarından çıkarılan dersler ve gelecekte karşılaşılabilecek senaryolar eşliğinde, elde edilmiş teknolojik gelişmelerin yardımıyla yangınla mücadele amaçlı bir insansız deniz aracının kavramsal tasarımının hazırlanması amaçlanmıştır. Doğası gereği çok zorlu şartlar altında icra edilen denizcilik operasyonları, yangın faktöründe eklendiği zaman, müdahalesi çok zor ve insan hayatı için riskli hale gelmektedir. İnsan hayatı için riskli olan ortamlarda kullanımı gitgide artan insansız araç teknolojisi, denizcilik sektöründe birkaç özel alanda (sualtı araştırmaları, denetimler, askeri amaçlar vb.) kullanılmaktadır. Askeri projelerde hızla kullanımı artan insansız araçlar, artık her alanda boy göstermeye başlamıştır. Eskiden çok ileri teknoloji kabul edilen bu insansız araçlar, artık sıradan vatandaşların bile ulaşabileceği standart otonom makinelere dönüşmüştür. Denizcilik sektöründe bu gelişmeler ışığında, karşı karşıya olduğu en büyük risklerden birisi olan yangına karşı, kendi bünyesine yeni bir araç, yeni metotlar ve müdahale yöntemleri

katabilir. Kavramsal tasarımı yapılan bu araç, her limana, gemiye, hareketli veya sabit platformlarına konumlandırılabilir, yeni bir güvenlik önlemi olarak uluslararası organizasyonlarınca standartlaştırılabilir.

1.3 Hipotez

Yangınla mücadele amaçlı insansız bir deniz aracının denizcilik sektörüne katılması, mevcut güvenlik seviyelerini ve müdahale şartlarını geliştirecek, yangını söndürme süresini kısaltacaktır. Mevcut yangınla mücadele ekipman ve prosedürlerini geliştirecek olan böyle bir insansız aracın, sektöre entegre edilmesi, ileride, ülkemiz ve dünyada karşılaşılabilecek bir çok denizde yangın olayının daha az kayıpla atlatılmasını, tehlikeli bölgelerde arama-kurtarma faaliyetlerinin daha güvenli hale getirilmesini sağlayacaktır.



2.1 Yangının Doğası ve Uluslararası Çevrelerce Önlenmeye Çalışılması

İnsan doğası, kendisine zarar veren ve sürekli karşı karşıya geldiği herhangi bir olayla doğal olarak mücadele etmesi gerektiğini söyler. Geçmişten günümüze kadar her zaman yangınla mücadele etmiş olan toplumlar, modern dünyanın gereklilikleri nedeniyle bunu farklı bir boyuta taşımıştır. Yangın ile alakalı bilgi birikimlerinin toplandığı ve geliştirildiği alan olan yangın mühendisliği de buna bir örnektir. Günümüzde en ufak sektörden en büyüğüne her sektör, kendi içerisinde yer alan kargaşa ve düzensiz gelişimi önlemek adına; düzenlemeler, bölgesel ve uluslararası organizasyonlar, anlaşmalar ile düzen ve kontrol altında tutulur. Yangın da aynı şekilde birçok organizasyon ve düzenleme ile önlenmeye çalışılan, insanlığın mücadele ettiği bir doğal afettir. Geçmişte yaşanan acı tecrübelerin tekrar yaşanmasını engellemek, maddi manevi kayıpları önlemek, insanı ve doğayı korumak için alınan önlemleri arttırmak, daha etkili ve düzenli çözümler üretmek adına birçok uluslararası organizasyon yangınla mücadele adına faaliyet göstermektedir.

2.1.1 Yangın Mühendisliğinin Oluşumu

Yangın mühendisliği kökleri Antik Roma dönemine kadar uzanan bir süreçte oluşmuştur. Antik Roma dönemi liderlerinden İmparator Nero, Roma'da gerçekleşen ve çok ciddi hasarlar veren bir yangından sonra, şehirdeki boşlukları arttırma, inşaatlarda yanıcı olmayan malzemeler kullanılması ve yükseklik sınırlandırması gibi pasif önlemler alınmasını emretmiştir[3]. Yangın mühendisliği, yeni bir disiplin olarak, Sanayi Devrimi ile birlikte gelen yeni yangın sorunlarına bir cevap olarak, 20. yüzyılın başlarında, makine, kimya ve inşaat mühendisliğinden ayrılan yeni bir mühendislik olarak yerini almıştır. 20. Yüzyılın başlarında oluşan bu yeni disiplin, özellikle büyük fabrikaların ve diğer imalat alanlarının yangından korunması için yeni yöntemler geliştirmeye çalışmıştır. 19.yüzyılın sonlarına doğru birçok büyük şehir, yangınlar sonucunda ağır kayıplara uğramış, yok olma noktasına gelmiştir. Bu durum ve yaşanan binlerce yangın

olayına karşı bir tepki olarak ortaya çıkan korunma isteği, yangına karşı mücadeleyi ana fikir olarak benimseyen bir disiplinin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Birçok büyük şehrin yok olma noktasına gelmesi, yangın mühendisliğinin, yani bu yeni disiplinin organize edilmesi, uygulamaların belirlenmesi ve yeni yöntemlerin geliştirilmesi için ana motivasyon kaynağı olmuştur. Yangınların etkisini azaltmak için su taşıma sistemlerinin geliştirilmesi ve müdahale amaçlı ilk araçların ortaya çıkması gibi basit önlemler ile başlayan süreç, sanayi devrimi ile birlikte daha da yoğunlaşarak devam etmiştir. Yangın korunum mühendisliği (Fire Protection Engineering) 19. Yüzyılda yapılmaya başlanan akademik çalışmalar, İngiltere ve Amerika’da verilmeye başlanan eğitimler ile birlikte, başlı başına bir meslek ve disiplin dalı olarak modern dünyada yerini almıştır[4]. Günümüze kadar varlığını koruyarak ve önemini arttırarak devam eden bu mühendislik dalı birçok farklı mühendislik disiplini ile birlikte çalışmakta ve dünya üzerindeki hertürlü alet, yapı ve ortam için çalışmalarını sürdürmektedir.

2.1.2 Yangınla Mücadele Amaçlı Kodların ve Kurumların Önemi

Yangın ve yangın riski ile mücadele günümüzde hertürlü sektörde ve alanda büyük önem arz etmektedir. Bütün mühendislik türleri, hertürlü projede, bir noktada mecburi olarak yangın mühendisliğini ve yangınla mücadele kodlarını kendi bünyesine katmak ve önlem almak zorundadır. Rüzgar enerjisine ait yapılar, güneş enerjisine ait yapılar, hidro elektrik santraller, alışveriş merkezleri, müzeler, sağlık sektörüne ait yapılar, üretim sektörü, bilgi teknolojilerine ait sistemler, telekomünasyon sistemleri, kütüphaneler, okullar, kültür merkezleri, tüm kamu binaları, oteller, restoranlar, kütüphaneler, havalimanları, enerji sektörü ve yardımcı sanayileri, lojistik merkezleri, yerel ve merkezi yönetim binaları, hertürlü yakıt endüstrisi, jeotermel tesisler, savunma sanayi, veri merkezleri, arşivler, iş merkezleri, tersaneler, limanlar, gemiler, araçlar, hertürlü elektronik alet ve fabrikalar kısaca karşımıza çıkabilecek hertürlü ekipman, araç ve alan, yangın mühendisliğine ve onun çalışmalarına tabidir ve yangın riskini önlemek için yerel ve uluslararası kodlara bağlıdır. Günümüzde, Amerika Birleşik Devletleri, Avrupa Birliği, Birleşmiş Milletler, Kanada ve İngiltere bu alandaki düzenlemelere ve standartlara öncülük etmektedir. ABD tarafından 1896 yılında oluşturulmuş, yangından korunma standartları konusunda dünyada öncü kurum “National Fire Protection Association” (NFPA)[5] yangınla mücadele amaçlı elde ettiği verilerini, araştırmalarını ve güncellemelerini her sene derlemekte ve bu konudaki standartları güncelleyerek yayınlamaktadır. Dünya üzerinde bu alandaki gelişimini tamamlayamamış veya bu konu üzerine kendi sistemini,

düzenlemelerini oluşturamamış birçok devlet, kısa yol olarak NFPA standartlarını kendi standartları olarak görmekte ve bu kodlara bağlı olarak denetleme yürütmektedir. AB ülkesi gibi gelişmiş ülkeler ise, ISO (International Organization for Standardization) gibi organizasyonlar aracılığı ile kendi yangın kodlarını oluşturarak, bu standartları kendi bünyelerinde belirlemişlerdir. NFPA ve ISO standartları, en ciddi yangın kodlarını ve düzenlemeleri içermekte, en gelişmiş araştırmalara öncülük etmektedirler.

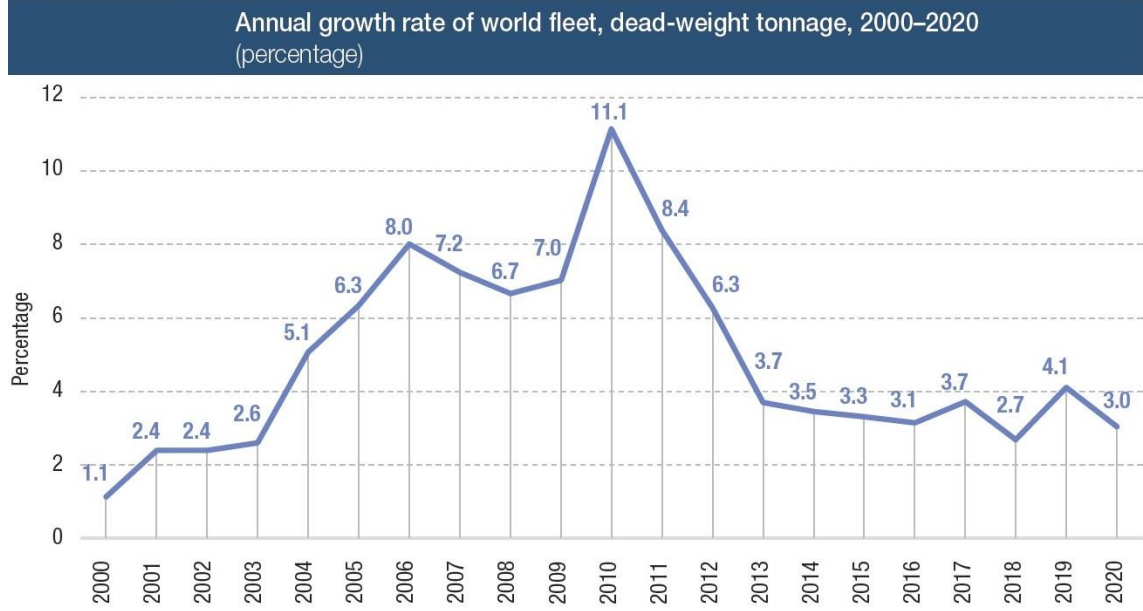
Yangın mühendisliği birçok mühendislik dalında olduğu gibi düzenlemeler ve kodlar ile denetlemeye tabi olmak zorundadır. Bu ve benzeri denetlemelere ve standartlara bağlı kalınmadığı zaman, yangın mühendisliği kontrolsüz bir hal alacaktır. Bu disiplinde yeni elde edilen bilgilerin herkese ulaştırılması, teknolojiden eşit fayda sağlanması ve olabildiğince hızlı şekilde ar-ge çalışmaları yapılması gerekmektedir. Hızla gelişen dünya sanayisi, yeni sektörlerin oluşması, mühendislik sınırlarının her geçen gün zorlanması ve geliştirilmesi, yangınla mücadele amaçlı yeni çözümlerin üretilmesine ve farklı yaklaşımların dikkate alınması sebep olmaktadır. Yangına karşı önlem, hali hazırda yaşanmış tecrübeler ve yaşanabilecek olayların öngörülmesi aracılığıyla, binlerce etken hesaba katılarak alınmalıdır. Bu kapsamda uluslararası düzenlemeler birbirlerine kaynak ve destek olmaktadır. Gelecekte yaşanabilecek olayların engellenmesi öncelikle yangın riskinin düşürülmesi ile başlar. Bu riski düşürmek adına yapılacak basit adımlar vardır. Yangına karşı önlem, yalıtım malzemelerinin uygun kullanımı, ısı çıkarabilecek kaynakların engellenmesi, yanıcı maddelerin izole edilmesi, insanlara önlem amaçlı eğitimlerin verilmesi gibi sıralanabilecek birçok önlemin alınması ile başlar. Yangın sonrasında ise nereden, nasıl, hangi malzeme ile, hangi şartlar altında, hangi metotlar ile söndüreceği, nasıl prosedürlerin izleneceği gibi standartlara bağlı kalınarak mücadele edilmelidir. Bu tarzdaki binlerce sorunun cevabı önceden hazırlanmalı ve bir standarta bağlanmalıdır. Yangın anında yaşanacak panik ve yıkım, yangına ait çözümün önceden planlanmasını ve hazırlanması mecbur kılmaktadır. İnsan kaynağı ile çok kolay ortaya çıkabilen bu doğal afet, kontrol ve denetleme altında tutulmadığı takdirde, basit bir kıvılcım ile başlayan yangın sonrasında, tersaneler, gemiler, binalar, limanlar, şehirler, ve ekolojik sistemler yok olabilir. İnsan kaynaklı çıkabilecek yangınlar ve doğal kaynaklardan çıkabilecek yangınlar, önlenmediği takdirde, insanlığın karşılaşılabileceği en büyük felakete dönüşebilir. Özellikle ekolojik sistemlere ağır etkisi olan yangınlar, etkileri yıllarca sürebilecek felakete yol açabilir. Hertürlü disiplinde durmadan devam eden ar-ge çalışmaları, yangın mühendisliği sektöründe de durmaksızın devam etmektedir.

Teknolojinin getirdiği imkanları kullanarak yapılan yangın önleyici çalışmalara ek olarak yangın sonrası müdahale çalışmalarında da ciddi çalışmalar vardır. Yangın söndürücü malzemeler ve yangını baskılamak için geliştirilen teknolojiler de aynı şekilde bu kodlara ve standartlara bağlıdır. Bu alanda geliştirilen yeni teknolojilerde doğaya, çevreye ve insana zarar vermeyecek şekilde planlanmalıdır. Kontrolsüz şekilde geliştirilebilecek herhangi bir teknoloji de yangın kadar zarar verebilir. Örnek vermek gerekirse, özellikle 1980 ve 1990'ların en etkili yangın söndürücüsü olarak kullanılan halon gazının, ozona ve insana vermiş olduğu aşırı olumsuz etkileri olduğu görülmüş ve buna rağmen yıllarca kullanılmıştır. Günümüzde sadece askeri projelerde (yüksek söndürücülük oranı sebebiyle) ve özel izinli sivil projelerde, mevcut olan halon gazlarının kullanımı söz konusudur. Dünya üzerindeki bütün üretim tesisleri kapatılmıştır ve günümüzde halon üretimi yapan hiçbir tesis bulunmamaktadır. 1997 Kyoto Protokolü'ne göre sadece geçici süre kullanımına izin verilmiştir[6]. Bunun gibi örnekler ile karşılaşmamak adına, yangın ile mücadele de uluslararası düzenlemeler ve kuruluşlar büyük önem arz etmektedir.

2.2 Yangının Denizcilik Sektöründeki Önemi

Deniz taşımacılığı dünya üzerindeki en önemli ve kritik sektörlerden birisidir. Dünya ticaretinin ve lojistiğinin ana kaynağı deniz taşımacılığıdır. 2016 Yılında hazırlanan UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development) raporuna göre, dünya üzerindeki mevcut yük taşımacılığının %80'den fazlası, deniz taşımacılığı üzerinden yapılmaktadır ve oran ilerleyen yıllarda gitgide artacaktır[7]. Ülkeler için kritik öneme sahip gemi, liman, yüzer ve sabit platformların bu riske karşı korunması gerekmektedir. Yanıcılığı yüksek maddeler, zorlu çalışma şartları ve yüksek ısı içeren ortamları barındıran deniz araçları, yangına karşı savunmasız olarak bırakılamaz. Deniz ortamı, doğası gereği aşırı zorlu doğa koşullarında içermektedir. Ayrıca gemiler ve hertürlü deniz platformu sürekli olarak izole haldedir. Karada olduğu gibi ulaşımı kolay olmayan deniz araçlarına ancak başka deniz araçları veya hava araçları destek verebilir. Bu durum, herhangi bir acil durum anında dışarıdan alınabilecek desteği de zorlaştırmakta ve hatta birçok durumda kesmektedir. Bütün bunlar birleştiğinde, denizcilikte yangınla mücadele fazladan bir anlam kazanmaktadır. Yaşanılan bu zorluklar ve yüksek yangın riski birleştiği zaman ne kadar önlem alınırsa alınsın, maalesef yangın olayları ile sık sık karşılaşılmakta ve ciddi kayıplar verilmektedir. Bir gün içerisinde binlerce, bir yıl içerisinde yüzbinlerce denizcilik operasyonu icra edilmektedir. Dünya sahillerinde ticari ve askeri amaçlarla kullanılan binlerce liman bulunmaktadır. Aktif olarak taşımacılık

yapan 100 GT üzeri 99.800'den fazla ticari gemi vardır[8]. Dünya denizcilik filosu, UNCTAD 2021 raporlarındaki 2000-2020 arası verileri içeren incelemelerde gemi sayısı ve DWT olarak sürekli büyüme göstermiştir[8].



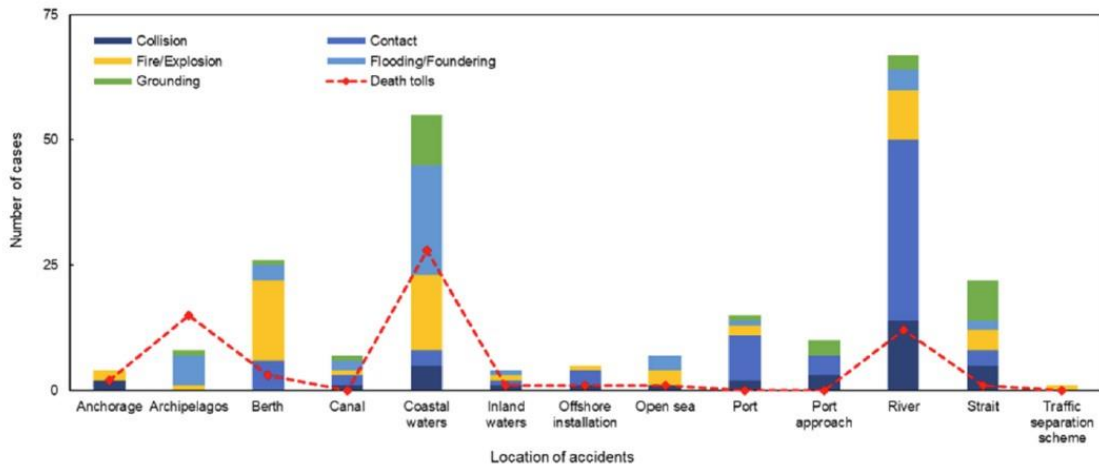
Şekil 2.1 UNCTAD 2021 Raporunda Yer Alan, 2000-2020 Arası Dünya Gemi Filosundaki DWT Kapasitesi Büyüme Oranını Gösteren, Clarkson Research Verilerine Dayandırılarak Yapılan Yüzdesele Hesaplamaya Ait Sonuçlar[8].

Gelişmiş ülkelerin bir ortak noktasıda, denizcilik teknolojilerinde ileri, nicelik ve nitelik olarak güçlü birer sivil ve askeri bahriyesinin bulunmasıdır. Bir ülkedeki liman ve gemi sayıları, ülkelerin siyasi ve ekonomik güçleri ile doğru orantılıdır. Bu kapsamda denizcilik, vazgeçilemez bir sektör olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sektördeki tehlikeleri önceden görmek, gerekli önlemleri almak ve hazırlıklı olmak, büyük can ve mal kayıplarının önüne geçmek için çok önemlidir. Yangın, denizcilik varolduğundan beri denizcilerin mücadele ettiği bir olaydır. Tarih boyunca pek çok gemi, çıkan yangınlar sonucunda batmış veya büyük zararlara uğramıştır.



Şekil 2.2 2001 ve 2020 Yılları Arasında 261 Deniz Kazası Raporundan Derlenen, Deniz Kazası Kategorilerinin Dağılımı[9]

Çarpışma, yangın/patlama, temas, su baskını/batma ve karaya oturma denizde meydana gelebilecek, denizcilik sektörünün karşılaştığı büyük kazalardır. Yangın, doğası gereği diğer tüm kazalardan farklı değerlendirilmelidir. Yangın sonucunda, çarpışma, karaya oturma, temas gibi sonuçların oluşma olasılığı düşüktür, ancak yaşanabilecek bu kazalardan sonra yangın çıkma olasılığı yüksektir. Özetlemek gerekirse, denizde gerçekleşebilecek hertürlü kaza, sonuç olarak yangına da sebebiyet vererek kayıpların artmasına neden olabilir. Yangınla mücadele kabiliyeti ve süresi, oluşacak hasarın belirlenmesinde esas rolü oynamaktadır. Basit bir yangın, müdahale edilmezse büyük hasarlara neden olabilir.



Şekil 2.3 2001 ve 2020 Yılları Arasında Meydana Gelen Deniz Kazalarının ve Ölüm Oranlarının Konum İstatistikleri[9]

Chen ve diğeri[9], tarafından yapılan çalışmada, yine 2001 ve 2020 yılları arasında gerçekleşen ve incelemeye alınan kazaların bölgesel dağılımı da kayıt altına alınmıştır. Bu çalışmada kavramsal tasarımı yapılan yangınla mücadele amaçlı insansız deniz aracının, bölgesel etkenler dikkate alınarak iki farklı varyasyonda kullanıma alınmasını tavsiye ediyoruz. Weng ve diğeri[10], yapmış olduğu çalışmada deniz kazalarının incelenmesi ve uygun örnekleme yapılabilmesi adına, bölgesel olarak bir sınıflandırma kullanılmış, deniz kazaları; “Kıyı/Sahil/Liman Bölgelerine Yakın (Katagori A)” ve “Kıyı/Sahil/Liman Bölgelerine Uzak (Katagori B)” olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Bu çalışmada kavramsal tasarımı yapılan deniz aracının, bu bölgesel yaklaşıma göre iki farklı modelinin olması planlanmıştır. Bir modelin kıyı bölgelerinde hazır şekilde bekletilmesi ve kıyıdan uzaklaşması durumunda çok daha uzun mesafelerden kontrol edilmesine imkan verecek iletişim ekipmanları ile donatılması tavsiye edilmektedir. Diğer modelin ise gemi ve platformlardan acil durumlarda indirilecek şekilde bir yapıda olması tavsiye edilmektedir. Bu durumda, tekne üzerinde iletişim kulesi ve benzeri bir yapının acil durumlarda ve özellikle serbest düşüş tekne indirme operasyonlarında (bu şekilde kullanımı tavsiye edilmiştir) problem çıkarabileceği, kullanım zorluğu yaratabileceği öngörülmüştür. Kısa mesafede kullanım amacıyla görevlendirilmiş bu tarz bir deniz aracında iletişim kulesi, tekne direği ve benzeri bir kule yapısı bulunmadan tasarımı yapılmalıdır. Yangınlar sonucu zarar gören hatta kaybedilen yüzer veya sabit platformlar, sadece üzerinde görevli personelin veya taşınan yükün zarara uğramasına sebep olmaz. Yükün gönderileceği yer ve yükün içeriğinde bir o kadar önemlidir. Yangın sonucu kaybedilen bir yardım gemisi, petrol platformu veya liman, ülkeler için çok ağır sonuçlara yol açabilir. Bu çalışmada incelemesi yapılacak olan, 4 Ağustos 2020 yılında, çıkan yangın ve patlama sonucu yok olma noktasına gelen Beyrut Liman hadisesi buna ciddi bir örnektir. Yaşanan patlama sonucu bölgenin kritik limanlarından birisi, Lübnan'ın can damarı olan Beyrut limanı patlaması bölgedeki denizcilik sektörünü, ülke ekonomilerini ve lojistik altyapıyı derinden sarsmıştır. Bu ve benzeri olayların önüne geçmek, hızlı ve güvenli müdahaleler gerçekleştirmek kritik öneme sahiptir.

2.2.1 Yangının Etkisine Dair Önemli Deniz Kazalarından Örnekler

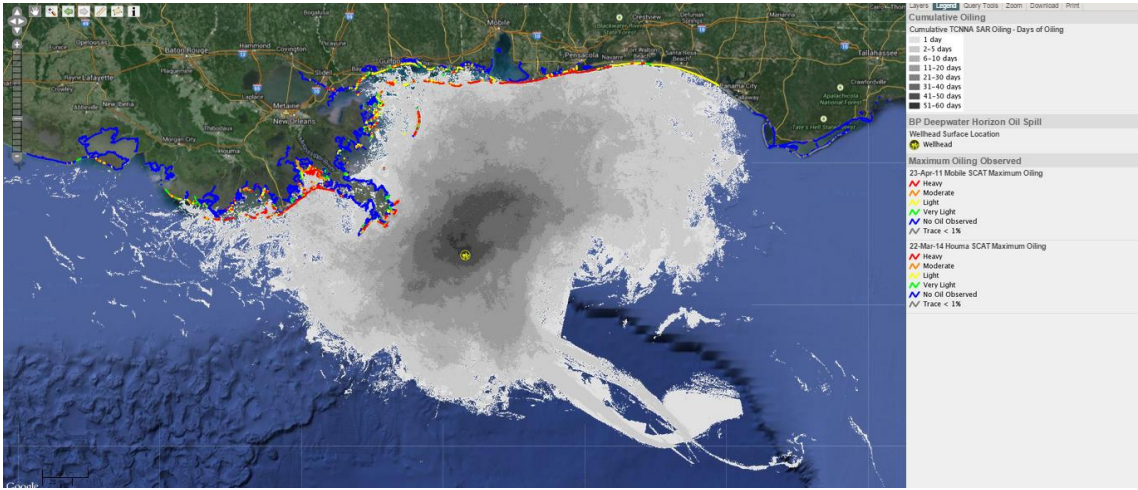
Uzun ve sancılı bir kaza geçmişi olan denizcilik sektörü, alınan tüm önlemlere rağmen yangın ve yangın sonuçlu daha ciddi kazalar ile karşılaşmaya devam etmektedir. Yangın, mekanik kazalar, kimyasal reaksiyonlar, insan veya doğal kaynaklı yüzlerce sebep ile çıkabilir, bu sebepten ötürü engellenmesi tümüyle mümkün değildir. Geçmişte yaşanan

bu kazalardan dersler çıkarılsada, her geçen gün yeni riskler ortaya çıkmaktadır. Ayrıca yüzlerce ülkenin kullanımında olan onbinlerce gemiyi ve limanı çok sıkı standartlar ile kontrol etmek mümkün olmamaktadır. Uluslararası kurumlar ve düzenlemeler bu konuda çalışsa da, onlarca yerel yönetim ve farklı uluslararası organizasyonlar ile bu konuda mutabakat sağlamanın zorluğu, bu vakaların devam etmesine sebep olmaktadır. Kıyı bölgelerine yakın ve kıyı bölgelerinden uzakta çıkabilecek yangınlara, müdahale süreleri, şartları ve imkanları değişkenlik göstermektedir. Bu çalışmada her iki bölgesel yaklaşım (Kıyıya yakın ve kıyıya uzak) ile ilgili olarak birer deniz kazası incelemeye alınmıştır.

a) Kıyıda Uzak Kaza Örneği; 2010 Deepwater Horizon Açık Deniz Sondaj Platformu Kazası

Deepwater Horizon, Transocean adlı firmaya ait ve BP tarafından işletilen bir açık deniz sondaj kulesiydi. Dinamik konumlandırma sistemlerine sahip, 5. Nesil olarak adlandırılan, gelişmiş teknolojiye sahip, ultra derin deniz yüzeylerinde sondaj yapabilen bir platform olarak son derece güvenli kabul ediliyordu. Texas, Louisiana ve Florida açıklarında yer alan Macodo Prospect adlı sondaj bölgesinde, 20 Nisan 2010'da, derin deniz sondajı yaparken, sondaj kulesi donanımlarında bir patlama gerçekleşti. Patlama ile çok sayıda mürettebat hayatını kaybetti ve raporlara göre 40 mil (64 km) uzaktan görülebilen bir patlama gerçekleşti[11]. Platforma yaklaşmak son derece tehlikeli olduğu için olay yerine yakın gemiler hızlı şekilde yaklaşamadı, yakın olanlar ise uzaklaşmak zorunda kaldı. Daha sonrasında yangına müdahale ve kurtarma operasyonu için gelen gemiler kademe kademe yaklaşarak müdahale edebildi. Yangın uzun süre söndürülemedi ve iki gün sonrasında yapısal hasarın ciddi şekilde büyümesi sonucu platform kendi içine doğru yıkıldı. Bu çökme sonrasında tüm sondaj platformu 22 Nisan'da tüm yapısal bütünlüğünü kaybederek battı[12]. Yaşanan bu olay sonrasında sondaj yapılan kuyu kapatılamadığı için sondaj kuyusundan denize petrol sızıntısı başladı. Ortaya çıkan petrol sızıntısı, dev bir kapakla (kaynaklarca "cap" olarak tabir edilmektedir) kapatıldığı 15 Temmuz'a kadar devam etti [13]. Yapılan ek çalışmalar sonucunda, 19 Eylül 2010 tarihinde kuyu resmi olarak "Fiilen Ölü" durumda ilan edildi[13]. Yaşanan çevre felaketi, ABD doğu sahillerinde ve Meksika körfezinde etkisini uzun süre hissettirdi. Ekolojik felaketin boyutu her geçen gün arttı ve tüm dünyanın gözlerini bu bölgeye çevirdi. Yapılan kampanyalar sonucunda birçok temizlik operasyonu yapıldı ve milyonlarca dolara mal oldu, temizlik çalışmaları ve çevreye verilen zararın etkileri günümüzde hala takip edilmektedir[14]. Bu çevre felaketine yol açan Deepwater Horizon adlı açık deniz

sondaj platformu, dünyanın en sıkı denetlemelerine tabi tutulan, son teknoloji imkanlar kullanan ve milyonlarca dolar bütçesi olan bir platformdu. Mineral Yönetim Hizmeti (The Minerals Management Service (Daha sonra adı “Bureau of Ocean Energy Management, Regulation and Enforcement, or Bureau of Ocean Energy Management (BOEM) olacaktır)) Amerika Birleşik Devletleri’nin açık deniz sondajlarını ve platformlarını denetleyen, düzenleyen teftiş organı olarak yer almaktadır[15]. BOEM tarafından çok sıkı denetlenen bu platformun, böylesi bir kazaya sebep olmayacağı, güvenlik önlemlerinin çok sıkı olacağı ve kazaya sebebiyet vermeyeceği düşünülmekteydi. Ancak yapılan ağır denizcilik operasyonları bu tür kazaların bütün önlemlere rağmen, her zaman ve her yerde yaşanabileceğini bir kez daha göstermiştir.



Harita 2.1 Deepwater Horizon Kazası Sonrası Gerçekleşen Petrol Sızıntısının Etkilediği Alanları Gösteren, NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration)’ya ait Harita [16]

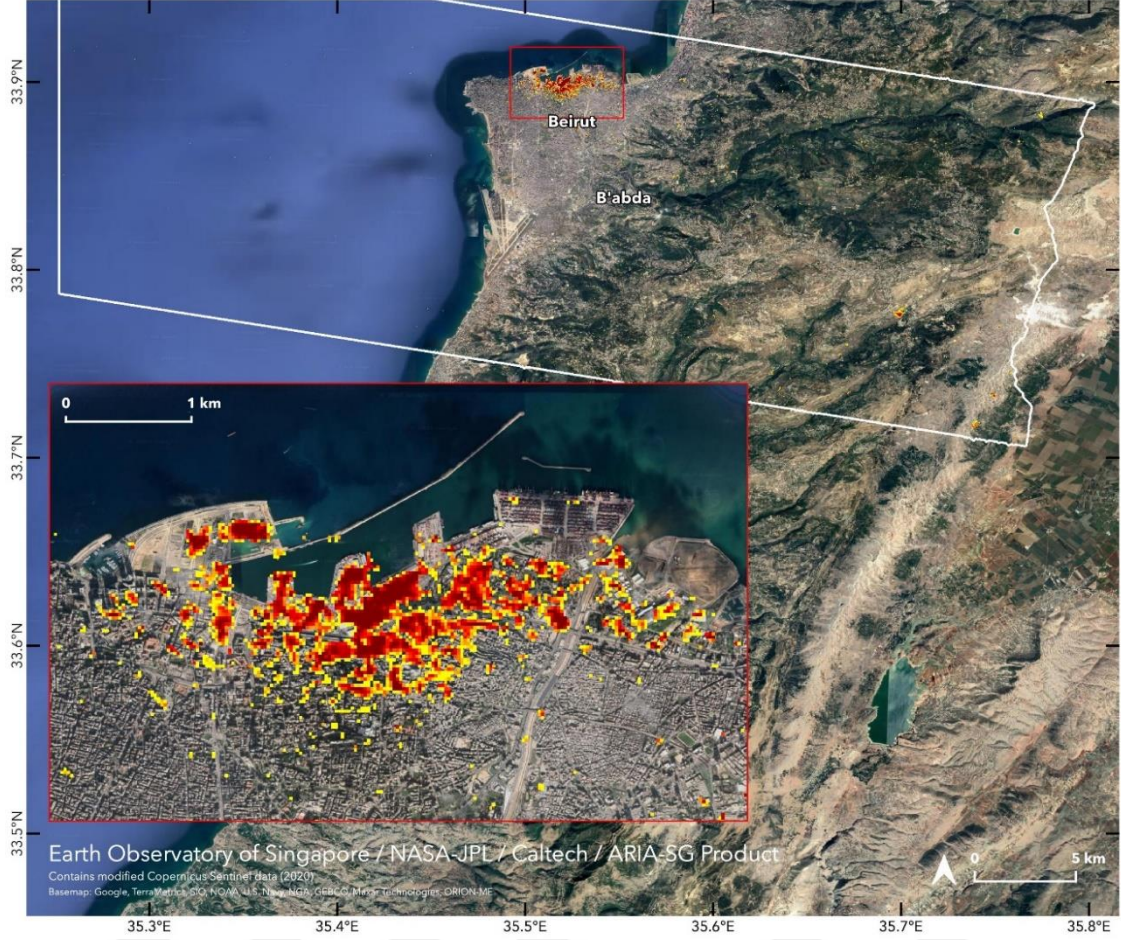
En riskli denizcilik operasyonlarından birisi olan açık deniz sondajları, yüksek yanıcı maddelerin kontrolünün herhan kaybedilebileceği, buna bağlı olarak ciddi yangınların çıkabileceği operasyonlardır. Yaşanan bu olay birçok yeni düzenleme ve kontrol mekanizması ortaya çıkarsada, bu ve benzeri kazalar maalesef olmaya devam edecektir. Doğal olayların da katkısı ile ortaya çıkabilen bu tür kazalar, alınan önlemleri yetersiz kılabilmektedir. Bu kazadan yıllar sonra yaşanan bir başka deniz platformu kazasında yine okyanus üzerinde bir yangın çıkmıştır. Yine Meksika körfezinde yer alan bir açık deniz sondaj platformunun geliştirme sahasında yer alan sualtı boru hatlarındaki kaçak ile başlayan yangın günlerce sürdü[17]. Gaz sızıntısı platformdan 150 metre uzakta bir yangının başlamasına neden oldu. Meksika Hükümeti’ne bağlı petrol firması Petroleos Mexicanos, bilinin adı ile Pemex, alevlere müdahale etmek için ve su pompalamak için

birkaç gemi göndersede yangın günlerce sürdü. Yaşanan bu olayda su altından sürekli olarak gaz çıkışı olması sonucu ağır tonajlı gemiler bölgeye etkili bir müdahale için yaklaşamadı. Gaz hattına nitrojen karıştırılarak yangın kontrol altına alındı. Bir yıldırım düşmesi sonucu ortaya çıktığı kabul edilen bu yangın, mekanik veya insan kaynaklı bir olay olarak görülmemektedir.

Tarihe adını "Eye of Fire", yani ateşin gözü olarak geçiren bu olay, denizcilik tarihinde karşılaşılan ilginç kazalardan birisidir. Her an yüksek risk ile karşı karşıya olan denizcilik, yaşanmamış veya kendini tekrar edecek onlarca kazaya açıktır. Ekolojik dengeyi doğrudan etkileyen bu tür kazalar, onlarca denetlemeye ve kurala rağmen gerçekleşmiştir. Bu alanda ciddi tecrübeye ve disipline sahip ülkeler bile, bu kazalar ile karşı karşıya gelmektedir. Buradan çıkarılacak bir sonuç; yangın çıktıktan sonra müdahale edilmesine yönelik yeni yöntemlerin geliştirilmesinin mecburi olmasıdır. Bu kapsamda, teknolojik gelişmelerin yeni müdahale metotları geliştirilmesine öncü olması kaçınılmazdır.

b) Kıyıya Yakın Kaza Örneği; Beyrut Limanı Patlaması

Lübnan'ın Beyrut kentinde yer alan kritik öneme sahip bu limanda, 4 Ağustos 2020 tarihinde, yerel halkı ve tüm dünyayı etkileyen bir patlama gerçekleşti. Önce, hemen rıhtım kenarındaki bir depo veya deponun yakınlarında başladığı tahmin edilen yangın için yerel itfaiye ekiplerine haber verildi. İtfaiye ekiplerinin bölgeye ulaşmasından bir süre sonra depo içerisinde daha da kontrolden çıkmış olan yangın, görgü tanıkları ve kamera kayıtlarına göre şiddetli ve parlak kıvılcımlar çıkarmaya başlamıştır. Daha önce kaçak yük olarak amanyum nitrat taşımakta olan bir gemiden el koyulan bu riskli kargonun bu depoda bekletilmekte olduğu ifade edilmektedir. Yangının gitgide büyüyerek depodaki bu tehlikeli malzemele ile etkileşime girmesi, sonrasında devasa boyutta bir patlamaya neden oldu. Patlamanın etkisi neredeyse bütün Beyrut'ta hissedildi ve ağır kayıplar verildi. Patlama sonucunda itfaiyeciler, liman görevlileri ve sivil halktan 220 kişi öldü, 6.500 kişi yaralandı, 300.000 kişi evsiz kaldı ve tahminen bölgede 4.6 milyar dolarlık bir maddi hasara sebep oldu[18]. Birçok kamera tarafından kayda alınan patlama, devasa bir mantar bulutuna sebep oldu ve şok dalgası bütün şehir boyunca hasara neden oldu.



Harita 2.2 Satellite-derived Synthetic Aperture Radar Data of the Beirut Explosion Prepared by NASA's Advanced Rapid Imaging and Analysis (ARIA) Team, in Collaboration With the Earth Observatory of Singapore[19]

Patlamanın şiddetinin, ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu tarafından 3,3'lük bir deprem olarak ölçüldüğü bildirildi[20]. Çevre şehir ve ülkelerden bile hissedildiği bildirilen patlama, denizcilik tarihine en büyük kazalardan birisi olarak geçti.

Lübnan için çok kritik bir öneme sahip olan bu liman, ülkenin can damarlarından biri olarak kabul ediliyordu. Liman, ülkenin denizcilik hatlarına açılan temel lojistik noktası olarak başkent Lübnan'ın merkezinde yer almaktadır. Liman'da bulunan tahıl ambarları, ülkenin temel gıda ihtiyaçlarını karşılamak adına temek bir stok alanıydı. Patlama sonrasında, o dönem ekonomik kriz içerisinde bulunan Lübnan'da iki haftalık bir olağanüstü hal ilan edildi. Daha sonrasında başta kimyasal maddelerin transferi ve depolanması başta olmak üzere, onlarca farklı uluslararası düzenleme ve uygulama yeniden inceleme altına alındı ve geliştirilmeye çalışıldı[21].

2.2.2 Yüksek Yangın Riski Bulunan Temel Denizcilik Operasyonları

Denizcilik sektöründe, yangınla ilgili mücadele inşaat sırasında başlar. Kara da olduğu gibi, denizcilik sektörüne ait araç, platform ve yerleşkeler, uluslararası düzenlemelere göre inşa edilir ve denetlenir. Herhangi bir kazanın yaşanmaması, hataların engellenmesi için ise personeller çok sıkı eğitimlerden geçirilir. Denizcilik sektöründe, yangınla mücadeleyi içeren bu eğitimler BM (Birleşmiş Milletler)'e bağlı, özelleştirilmiş bir ajans olan IMO (International Maritime Organization) [22] kapsamında, SOLAS (Safety of Life at Sea) Anlaşması, Chapter-II(Bölüm-II)'de yer alan düzenlemeler kontrolünde verilir[23]. Birçok zorlu duruma karşı önlem almak ve bu önlemleri standartlaştırma isteği, yangınla mücadele içinde geçerlidir. Bu denetim ve eğitimler ne kadar sıkı olsada, onlarca ülke ve bütün dünya üzerindeki deniz araçlarında bu disiplini yakalamak mümkün değildir. Ayrıca doğal sebepler ile ortaya çıkabilen yangın, tümüyle insan kontrolüne alınabilir bir olay değildir. Yangın, denizcilik için her zaman bir risk olarak var olmaya devam edecektir. Bu kapsamda, yüksek yangın riski içeren denizcilik operasyonları için yeni koruma ve mücadele yöntemleri geliştirilebilir.



Şekil 2.4 Yüksek Riskli Denizcilik Faaliyetlerinin İncelenmesi İçin Sınıflandırma Tablosu

a) Yakıt İkmal Operasyonları (Bunkering)

Yakıt ikmal operasyonları, ekonomik ve lojistik sistemin bel kemiği olan onbinlerce gemi için mecburi ve vazgeçilmez bir operasyondur. Günümüzde, yeni nesil yakıt kaynakları (Yenilenebilir enerji temelli sistemler gibi) ile idame edilebilen deniz vasıtaları için geliştirme çalışmaları ve saha deneyleri umut verici sonuçlar versede, bütün bir denizcilik ekosisteminin sıvı veya gaz yakıtlardan bu sistemlere geçirmek çok uzun zaman alacaktır. Sektördeki tüm deniz araçları için yakıt ikmali, tehlikeli ve yüksek yangın riski içeren

operasyonlardır. HFO, MDO, LNG, LPG gibi yakıt tipleri ile tahrik sistemlerini besleyen deniz araçları, bu yakıtları belli aralıklar ile yeniden temin etmektedir. Bu yakıt ikmal operasyonları, limandan gemiye veya gemiden gemiye şeklinde olabilir. Yapılan bu operasyonlar sırasında, doğrudan yanıcı olma özelliği olan bu tehlikeli maddeler, yakıt tankları, pompalar ve boru hatları ile kurulan bağlantılar arasında transfer edilir. Bu operasyon sırasında gemiler pek çok risk ile karşı karşıya gelmektedir. Yakıt transferi sırasında birçok bağlantı elemanının kullanılması, yanıcı maddelerin sızıntı riskini arttırmaktadır. Ayrıca gemiler arasında kurulan bağlantı hattı, transfer yapan iki gemiyi, birbirlerine bağlı şekilde manevradan yoksun bırakmaktadır. Bu durumda, operasyonu riskli kılmaya devam etmektedir. Yakıt ikmal operasyonları, gemi tipi ve ebatına göre uzun saatler boyunca sürebilen, yangın riski çok yüksek operasyonlardır. Bu ikmaller sırasında, HFO (Heavy Fuel Oil) olarak bilinen yakıt, yüksek viskozitesine bağlı olarak, ısıtılarak transfer edilmek zorundadır. Bu yakıt tipinin transferi için gereken ısıtma prosedürü, yakıt ikmal sırasında transfer alan tanklardaki yakıt buharının artışı gibi durumlar, teknik işlemler sırasında yaşanabilecek hatalar ve kazalar gibi yüzlerce sebep, tüm operasyonu tehlikeli kılmaktadır. Bu operasyon sırasında çıkabilecek yangın ile mücadele etmek ve hızlı şekilde bastırmak, can ve mal kaybını önlemek, bulunduğu çevrenin ekolojik düzenini korumak için kritik öneme sahiptir. Çıkabilecek yangın ile mücadele için alınabilecek hertürlü fazladan önlem alınmalıdır.

b) Tanker Taşımacılığı Operasyonları

Tanker taşımacılığı, yüksek miktardaki sıvı veya gaz temelli yakıtın, kimyasalın ve özel maddelerin bu amaç için tasarlanmış yük tankları bulunan özelleştirilmiş gemiler ile bu alanda özelleşmiş limanlar-platformlar arasında taşınmasını belirtmektedir. Doğası gereği ciddi boyut ve kapasitedeki yanıcı maddeleri taşıyan gemiler için, yangın riskide çok yüksek olacaktır. Tarihte verilebilecek onlarca kaza ve yangın örneği bulunan tanker taşımacılığı, insanların ve taşınan yükün yanında, geçiş yaptığı denizlerde ciddi şekilde tehdit etmektedir. Bulduğu ekolojik çevreyi yok edecek kadar fazla yanıcı ve kirletici maddeyi taşıyan gemiler, yüksek yangın farkındalığı ile yönetilmelidir. Bu gemilerde yaşanabilecek yakıt sızıntısı, çok geniş alanlarda deniz yüzeyine yayılabilir. Bu durum, olası bir yangında müdahaleyi daha da fazla zorlaştıracaktır. Denizcilik için en ciddi yangın risklerini barındıran bu taşımacılık yöntemi için alınabilecek hertürlü önlem alınmalı ve teknolojik gelişmeler son noktasına kadar kullanılmalıdır. Bu tankerlere ve çevresinde çıkabilecek yangınlara müdahale de bulunmak oldukça risklidir. Yangınlara

mücadele etme kabiliyeti bulunan insansız, maliyeti görece düşük ve yüksek hızla görevlendirilebilecek bir insansız deniz aracı, güçlü ve etkili bir müdahale aracı olacaktır. Tankerler, taşıdıkları yüklerin tehlikesi sebebiyle, fazladan güvenlik önlemleri ve prosedürleri içeren gemilerdir. Yangın çıktıktan sonra gerçekleştirilebilecek hızlı müdahale, can ve milyonlarca dolar mal kaybının önüne geçecek, ekolojik sistemlerin zarar görmesini engelleyecektir. Kritik öneme sahip yükler taşıyan bu gemilerin operasyonları, en tehlikeli denizcilik operasyonlarından kabul edilir. Bu gemilere yük transferi yapmak, yakıt transferi yöntemlerine benzer yöntemler ile yapıldığı için, aynı risklerin bu gemiler için, yük transferleri sırasında da geçerli olduğunu kabul edebiliriz. Tankerler, kendi yük tipine uygun amaç için özelleştirilmiş limanlar ve yük transfer istasyonlarını kullanır. Bu istasyonlarda, yangın riski açısından büyük tehlike taşır ve yangına karşı alınabilecek hertürlü önlem alınmalıdır. Yangınla mücadele amaçlı insansız deniz araçları bu ve benzeri gemilerin korunması, yangınların hızlı ve güvenli şekilde söndürülmesi için büyük katkı sağlayacaktır.

c) Liman Operasyonları

Dünya üzerindeki gemilerin varış noktası olan limanlar, kritik lojistik noktalardır. Bu tesisler günümüz dünyasında şirketler, şehirler ve hatta ülkeler için kritik öneme sahiptir. Denizcilik sektörüne hizmet veren binlerce liman, deniz lojistiğinin merkez noktalarıdır. Sayısız deniz operasyonuna ev sahipliği yapan limanlar, yüksek yangı riski içeren çalışma alanlarıdır. Taşınan yüklere göre özelleşebilen limanlar (Kuruyük Limanı, Konteyner Limanı, Akaryakıt Limanı, Kömür Limanı vs.), birçok farklı yük tipini tek bünyede de toplayabilir. Yapılan birçok operasyon yangın riskini içermektedir. Birçok noktadan gelen ve dağıtım için limanda bekletilen yükün korunması, personelin zarar görmemesi ve lojistik hizmetinin aksamaması gerekmektedir. Bu kapsamda limanlarda çıkan yangınlara müdahale hızı çok önemlidir. Birçok liman kendi bünyesinde yangına müdahale için hazırlıklı ekipler bulundurur ve yerel itfaiye birimleri ile doğrudan bağlantıları vardır. Limanların kendi yerleşkeleri kadar liman çevresi sularda da önlem alması ve yetkili otoriteler ile kontroller sağlaması gerekmektedir. Seyir rotalarında yaşanabilecek kazalar ve yangınlar, ilgili rotaların uzun süre kullanılmamasına sebebiyet verebilir. Bu sebeple liman ve liman çevrelerinde alınabilecek önlemlerin önemi büyüktür.

d) Açık Deniz Sondaj Platformlarına Ait Operasyonlar

Açık deniz sondaj platformları, petrol veya gaz platformu olarak da adlandırılmaktadır. Bu platformlar, deniz yatağının altında bulunan kaya oluşumlarında bulunan petrol ve doğal gazı çıkarmak ve işlemek için kurulmuş büyük tesislerdir. Kendi içerisinde sondaj, petrol işleme ve konaklama alanları gibi bir çok yapı bulundurur. Kıta sahanlıklarının uç noktalarında kullanımı yaygın olan bu sistemler göllerde, iç denizlerde veya kıyıya yakın sahillerde de kullanılabilir. Petrol ve gaz ihtiyacını karşılamak için kritik öneme sahip bu sistemler, deniz endüstrisindeki en ileri teknolojilerden faydalanmaktadır. Doğal kaynakların çıkarılacağı bölgenin isterlerine göre platformlar sabit veya yüzer şekilde olabilir. Bu platformlar, dünyanın enerji ihtiyacını karşılamak için gerekli yakıtı çıkarmak ve naklini sağlamak için yoğun tempoda ve zorlu deniz şartları altında durmaksızın faaliyet gösterir. Ağır sanayi tipi ekipmanın sürekli çalışır halde olması ve yüksek yanıcılığı olan maddeler ile çalışılması petrol platformlarını yüksek yangın riski ile karşı karşıya getirmektedir. Bu platformlarda çıkan yangınlar, genellikle can kaybı ve ekolojik dengeye verilen çok ağır zararlar ile sonuçlanmıştır. Tarihte yaşanan kazaların tekrar etmesini ve platformların yangına karşı kaybedilmesini önlemek adına hızlı ve güvenli müdahale etme yöntemleri geliştirilebilir. Platformlar, yangın sırasında deniz yüzeyine yanıcı maddeler sızdırabileceği için, insansız bir platform ile yangına müdahale edilmesi ve SAR (Search and Rescue - Arama & Kurtarma) faaliyetlerinin sürdürülmesi, yenilikçi ve etkili bir çözüm olacaktır.

2.3 Gelecekte Denizde Yaşanabilecek Yangın Senaryolarına Dair

Örnekler

Denizcilik sektörü her daim yangın ve yangın riski ile karşı karşıya olacaktır. Geçmişten alınan tecrübelerle dayalı önlemler alınsada, her geçen gün ilerleyen ve gelişen dünya, yeni ve tecrübe edilmemiş riskler ortaya çıkaracaktır. Yangınla ilgili çıkabilecek senaryoların belirlenmesi, risklerin önceden tahmin edilmesi, müdahale pratiğinin yapılması, müdahale vakti geldiği zaman kritik etkisini gösterecektir.

Örnek vermemiz gerekirse; Türkiye’de gerçekleştirilmesi planlanan Kanal İstanbul projesi ile birlikte, farklı güvenlik önlemlerinin alınması gerekecektir. İstanbul Boğazı’ndan geçiş yapan gemilerin, yeni yapılması gündeme gelen, Kanal İstanbul adı verilen, Marmara Denizi-Karadeniz geçişini sağlayacak kanala yönlendirilmesi, dünya deniz trafiğine ait rotalar için önemli bir gelişme olacaktır. İstanbul Boğazı’ndan gemi

geçişlerinin durdulması ve beşeri bir kanala yönlendirilmesi, çok ciddi lojistik planlama operasyonları gerekecektir. Yapılacak olan kanalın herhangi bir sebeple kullanılmaması, kullanılmaz hale gelmesi, geçişlerin uzun süre bekletilmesi, Süveyş Kanalı'nda yaşanan 2021 Evergreen kazasından alınacak örnekte görüldüğü üzere, ciddi sonuçlar doğuracaktır. Yapılması durumunda, özellikle tanker tipinde gemilerin kesin suretle yönlendirileceği Kanal İstanbul projesinin yangına karşı fazladan koruma içerir olması gereklidir. Burada çıkabilecek yangınlar, birçok gemiye, Kanal İstanbul yerleşkeleri ve hatta şehirlere zarar verebilir. Bu sebeple, bu tarzda ve benzeri projelerde, yangına müdahale amaçlı bir insansız deniz aracı konseptinin kullanılması gayet makul ve muhtemeldir.

Yeni kurulacak petrol platformları ve bu platformlara ait su altı nakil borularında beklenen artış oranı, yangın riskini arttıran yeni alanlar ortaya çıkaracaktır. Karadeniz ve Akdenizde, onlarca yeni sondaj platformunun, destek-lojistik gemisinin ve su altı nakil borularının kurulacağı öngörülmektedir. Yeni keşfedilen verimli sondaj noktalarının sayısı her geçen gün artmaktadır. Şirketler ve hatta ülkeler için kritik öneme sahip petrol platformlarının, ne olursa olsun yangına karşı korunması, ciddi yangınla mücadele kapasitesine ulaşması gerekmektedir. Yangın sırasında yüzüye yayılan yoğun yakıt oranı yüzünden müdahale etmenin çok zor olacağı söylenebilir. Akdeniz ve Karadenizde, bu müdahalelerin ve hazırda bekleyen yangınla mücadele gemilerinin sayısı çok önemli olacaktır.

Space-X adlı uzay çalışmaları yürüten ve bu alanda çığır açan firma, geliştirmiş olduğu teknoloji ve strateji sayesinde uzaya gönderilen taşıyıcı roketleri, dikey iniş kapasitesi sayesinde hızla tekrar kullanıma almaya başlamıştır. Devrim yaratan firma, bu dikey iniş operasyonlarını, güvenli ve ekonomik olarak verimli olması açısından deniz üzerinde de gerçekleştirmeye başlamıştır. Taşıyıcı roketler, uzayda yörüngeye yükünü bıraktıktan sonra tekrar kullanılmak üzere dünyaya dönmektedir. “Booster” olarak adlandırılan bu roketler otomatik bir sistem ile yere dikey iniş yapmaktadır. Ancak kalkış yapılan yere tekrar iniş yapmak, bu roketler için maliyetleri arttırmakta, hatta uçuş planlarını bozmaktadır. Uçuş rotası; dünyanın dönüşü, roketlerin atmosferden geri dönüşü gibi yüzlerce konu, yeryüzünde bulunun iniş noktasının, rokete ait rotadan uzaklaşmasına sebep olmaktadır. Bu ve benzeri hiçbir etkene takılmadan, kalkış yaptıktan sonra, en yakın okyanus yüzeyine iniş yapabilecek olan bu roketler, çok daha avantajlı olacaktır. Aynı zamanda kara üzerine iniş yapacak olan bu roketler, rotaları üzerindeki yerleşim

yerlerinin de tehdit etmektedir. Bu sebeplerden dolayı, roketlerin deniz yüzeyine inmesi, çok ciddi avantajlar sağlayacaktır. İniş yapılacak platform, ciddi şekilde kaza riski içerdiği için, insansız olarak tasarlanmıştır. İnsansız bir roket, insansız bir gemiye, otomatik olarak dikey roket sistemi ile iniş yapmaktadır. Bu operasyon sırasında çıkabilecek kazalara ve yangınlara müdahale etmek çok riskli olacaktır. Çıkabilecek yangınlar milyonlarca dolar zarara sebebiyet verebilir. Çok büyük kazalar yaşayan bu roketler, çok basit hatalar yüzünden de yanarak kullanılamaz hale gelmiştir. Bunun gibi bir sektörde, acil durumlara müdahale araçlarının da otonom şekilde hizmet vermesi beklenebilir ve yüksek ihtimalle de verecektir.

Geleceğin teknolojisinde, insansız deniz araçları çok büyük önem kazanacaktır. Birçok firma tarafından hayata geçirilmeye çalışan otomasyon gemi teknolojileri, dünya ekonomilerinin bel kemiği olan deniz lojistiğinin gelecekte alacağı formu belirlemektedir. Bu ve bunun gibi sebeplerden dolayı, yangınla mücadele amaçlı insansız bir deniz aracının üretilmesi ve kullanıma alınması, burada belirtilen ve daha yüzlerce örneği verilebilecek sebepler yüzünden çok önemlidir.

YANGINLA MÜCADELE AMAÇLI İNSANSIZ BİR DENİZ ARACININ KAVRAMSAL TASARIMI

3.1 Görev Tanımlaması ve Bu Tanıma Uygun Gemi Donatımı

Bu çalışmada, yangın ve yangının getireceği zorluklar ile mücadele etmek için tasarlanan bir insansız deniz aracının genel özellikleri ve karşılaşılabileceği zorluklara karşı ne tarz ekipmanları üzerinde barındırması gerektiğine dair bir araştırma yapılmıştır. Denizcilik sektörüne hizmet vermesi, hatta sektörde standartlaşan bir yangınla mücadele aracına dönüşmesi hedeflenen bu İDA (İnsansız Deniz Aracı), karşılaşılabilecek birçok yangının hızla söndürülmesine, bu sebeple sayısız can ve milyarlarca dolarlık mal kaybının önlenmesine sebep olabilir. Yangınla beraber ortaya çıkan pek çok zorlayıcı durum vardır. Kurtarma ekiplerinin ve gemilerinin gelmesinin zaman alacağı, gelseler bile yüksek risk dolayısı ile yaklaşamayacağı durumlar söz konusu olabilir. Açık denizlerde gerçekleştirilen binlerce operasyon da ise kurtarma ekipleri olay yerine bile gelmeden, gemiler ve platformlar yangına yenik düşebilir. Kavramsal tasarımı yapılan bu İDA'nın birincil görevi; yüksek yangın riski bulunan hertürlü denizcilik operasyonu sırasında hazır bulunmak ve yangın çıkması durumunda hızla müdahale edebilmektir. Söndürme amacı ile üzerinde barındıracağı iki adet temel sistem bulunmalıdır, bunlardan birincisi çıkan yangına müdahale etmek için genel olarak denizcilik sektöründe kullanımda olan yangın su topları (Water Cannon veya Water Monitor) ve kendisine sıçrayacak yangına karşı kendi kendini söndürmesine yardımcı olacak sistemlerdir. Yangınla beraber ortaya çıkan zorlu şartlarda, yangınla mücadele etmek kadar, insan hayatını kurtarmak da bir o kadar önemlidir. Bu kapsamda ikincil sistemler olarak; üzerinde bulunan kurtma ekipmanları, denize düşen veya denizde kaybolan insanlar için kritik öneme sahip olacaktır. Kendi güvertesi üzerine sığabileceğinden çok daha fazla insanı kurtarmasına yardımcı olacak ekipmanlar ile donatılması gereken bu İDA, bu teçhizatları sayesinde sadece yangınlara değil, doğrudan MOB (Man Over Board) olaylarına da destek verebilecektir. Gemilerde ve petrol platformlarında bulunan serbest düşüş can salları gibi, her deniz vasıtasında standart hale gelebilecek olan bu sistem, aynı prensip ile çalıştırılabilir ve yangına hızla müdahale sağlayabilir. Aynı zamanda FRB (Fast Rescue Boat-Hızlı Kurtarma Botları)

gibi insanlı kurtarma araçlarının denize indirilmesinin tehlikeli olduğu durumlarda kullanılacak olan bu sistem, denize düşen insanların kurtarılmasını da hızlandıracaktır. Kanal, liman ve petrol platformu gibi yerleşkelerde ise filo kullanımı ile çok sayıda İDA bir arada kullanılabilir. Hızlı ve güvenli bir kurtarma aracı olarak görev alabilir.

3.2 Görev Tanımına Uygun Teçhizatların Belirlenmesi

Yangınla mücadele ve kurtarma operasyonları için birçok teçhizat barındırması gereken bu İDA'nın ekipmanlarının birçoğu standart olarak kullanımda olan ekipmanlar olacaktır. Bu ekipmanların uygun şekilde insansız bir deniz aracında toplanması gayet mümkündür ve yapılabilir. Dünya üzerinde hızla yaygınlaşan insansız araçların kullanımı, öncelikli olarak askeri araçlarda ve yüksek bütçeli sivil projelerde gözükmektedir. Ancak hızla ilerleyen teknoloji, insansız araçları herkes ve her sektör için ulaşılabilir hale getirmiştir. Bu kapsamda teçhiz edilmesi oldukça kolay olan bu İDA, denizcilik sektörünün yangınla mücadelesi için basit ve etkili bir çözüm olacaktır.

Modellemesi yapılan İDA üzerinde, yangına müdahale amaçlı su topları, kendi kendini söndürme sistemi, şişme can salı ekipmanları, işaret fişeği fırlatıcıları, duman kandili fırlatıcıları, çevre aydınlatıcı sistemlerin yanı sıra özelleştirilmiş tekne aydınlatma sistemleri, farkındalık ve kamera sistemleri, basit özelleştirilmiş bir tasarım olan temiz su çekme hortumları, manevra kabiliyetini yüksek tutmak amacıyla tercih edilen su jeti tahrik sistemi kullanılmıştır. Ayrıca serbest düşüş denize indirmeye uygun baş tarasımı ve gövde bütünlüğü tercih edilmiştir.

3.2.1 Yangınla Mücadele Amaçlı Su Topları (Water Cannon-Water Monitor Equipment)

Su topları, yangınla mücadele amaçlı olarak genel kullanımı yaygın, itfaiye ekipleri tarafından sıkça tercih edilen bir sistemdir. Yüksek basınç sayesinde suyu metrelerce uzağa, doğrudan veya pulvarize şekilde gönderebilen su topları, deniz üzerinde yangınla mücadele eden bir araç için vazgeçilmez sistemlerdir. İDA'da yangına müdahale amaçlı yer alacak birincil sistem bu su topları olacaktır. İDA'nın bünyesinde yer alacak köpük tankları ile, ilk müdahale anında daha etkili bir söndürme için köpüklü su kullanılabilir. Günümüzde gemilerde de sıkça kullanılan köpüklü su ile müdahalenin süresi, köpük tanklarının büyüklüğü ile orantılıdır ve bu sebeple kısıtlıdır. Belli bir süre sonra sadece su kullanımına geçmek ve köpüklü su kullanımını durdurmak mecburidir. Ancak

yangının ilk dakikalarında kullanılacak köpüklü su, yangını büyümeden durdurabilir. Birden fazla su topunun yerleştirilmesi, daha etkili mücadele için önemlidir. İDA'nın kullanılacağı yere, pozisyona ve mekanik kapasitesine göre istenilen su topu sayısı belirlenmelidir. Bu çalışmada yer alan kavramsal tasarımda, İDA'ya dört adet su topu yerleştirilmiştir. Su kaynağı açısından sıkıntı yaşamayacak olan su toplarının asıl gücü, teknenin bünyesinde barındırdığı yüksek kapasiteli su pompaları olacaktır. Gao ve diğerlerinin[24], yapmış olduğu çalışmada, su üzerinde uzaktan kumanda edilecek bir su topu için, rüzgar ve deniz hareketleri dikkate alınması gerektiği belirtilmiş, düzgün su püskürtülmesini bozacak hertürlü etkene karşı su topunun açısında düzeltilme yapılması gerektiği belirtilmiştir. Deniz üzerindeki hertürlü hareket, yangına müdahale için yüksek hızla yangın bölgesine boşaltılan suyun rotasını bozacak ve yangını baskılamayı zorlaştıracaktır. Gao ve diğerlerinin yapmış olduğu çalışmada dikkate alınarak İDA'ya eklenecek olan su topları, yangınla mücadele verimliliğini arttıracaktır.

Günümüzde kullanımda olan iki farklı uzaktan komuta imkanı bulunan yangınla mücadele amaçlı su toplarına ait özellikler, genel bilgilendirme amacıyla toplanmıştır;

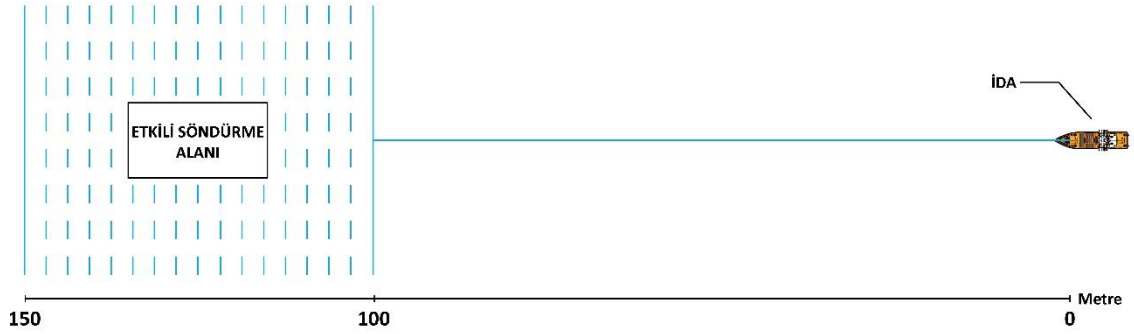
A- Akron Brass Company; Stream Master II Water Monitor

Uzaktan komuta imkanı bulunan, elektrik motorlar ile desteklenen bir su topudur. Firmanın paylaşmış olduğu datalarda, 2000 GPM (Gallon Per Minute) versiyonunun, suyu tazikli şekilde 600 feet (~183 metre), pulvarize şekilde 400 feet (~120 metre) mesafeye gönderebildiği aktarılmaktadır. Fiyatı eklenebilen özel ekipmanlara göre değişiklik göstermekle birlikte ortalama 15.000 \$'dır.

B- Task Force Tips; Mansoon Fixed Monitor

Uzaktan komuta imkanı bulunan, elektrik motorlar ile desteklenen bir su topudur. Firmanın paylaşmış oldu datalarda, 2000 GPM versiyonunun, suyu tazikli şekilde 500 feet (~150 metre), pulvarize şekilde 325 feet (~100 metre) mesafeye gönderebildiği aktarılmaktadır. Fiyatı eklenebilen özel ekipmanlara göre değişiklik göstermekle birlikte ortalama 12.000 \$'dır.

Su toplarının dakika başına püskürteceği su miktarı ve buna bağlı olarak su püskürtme menzili, motor gücü, basınç oranı ve nozül çapı gibi etkenler ile değişmektedir. Küresel markette çok daha yüksek menzillere su püskürtme imkanı bulunan su topları mevcuttur ancak menzil büyüdükçe, su topunun kapladığı alan ve ihtiyaç duyduğu enerji artmakta, buna bağlı olarak kavramsal tasarımı yapılan bu İDA'ya yerleştirilmesi ve sahada kullanılması zorlaşacaktır. Uygun ölçülerde yerleştirilecek bir su topu ile, rahatlıkla 100-150 metre bir su püskürtme menzili elde edilebilecektir.



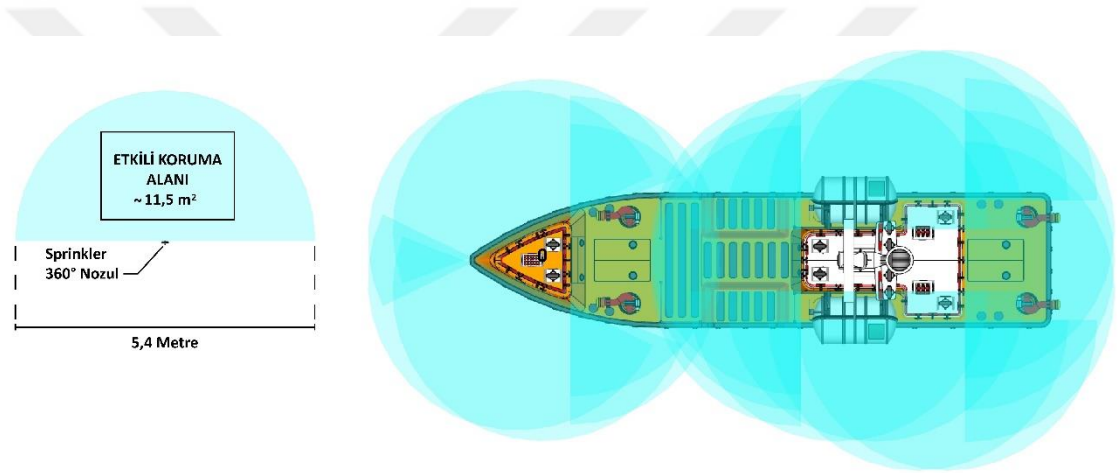
Şekil 3.1 Mevcut Tasarımda Planlanan Etkili Söndürme Alanı

Belirlenen mesafe, gelişen ve iyileştirilen teknolojiler ile arttırılabilir. Ayrıca araç üzerinden birden fazla top olması tavsiye edilmektedir, bu durum etkili söndürme alanına birden fazla top ile müdahalede bulunulmasını sağlayacaktır.

3.2.2 Kendi Kendini Söndürme Sistemleri (Self-Extinguishing Equipment)

Yangınla mücadele eden araçlar için, kendilerinin de yangından korumak çok önemlidir. Sıçrayıp yayılabilen bir olay olan yangına müdahale edebilmek için, kendini koruyabilme özelliği gereklidir. Özelleştirilmiş serbest düşüş can sallarında da bulunabilen bir yangından korunma sistemi bu İDA'larda da yer almalıdır. 360 Derece döner nozul veya sprinkler nozul adı verilen yangın söndürücü sistemlere ait boşaltım ekipmanı bu görev için geliştirilmiştir. Bütün tekne boyunca yerleştirilecek olan bu sistem, sürekli suretle tekne gövdesine su veya köpüklü su püskürtmektedir. Yangının kendi üzerine sıçramasını ve aynı zamanda sürekli soğutma yaparak tekne üzerindeki teçhizatında zarar görmesini engelleyen bu sistem, yangınla mücadele eden bir araç için etkili ve faydalı bir sistem olacaktır. Suyu metrelerce uzağa atmasına gerek olmayan bu sistem için daha düşük güçte su pompaları yeterli olacaktır. Teknenin etrafını ve kritik yerleri dolaşan bir boru hattına, belirli aralıklar ile yerleştirilecek nozullar, pompadan gelecek basınçlı suyu durmadan etraflarına püskürtecektir. Bir perdeleme ve örtme görevi yapacak olan bu pulvarize su duvarı, aracı ve üstündeki ekipmanı uzun süre yangından koruyacaktır. Yangın bölgesine

daha çok yaklaşabilen, üzerinde insan bulunmayan bir araç, çok daha agresif ve riskli müdahalelerin önünü açacaktır. Bu tarz müdahaleler ise, yangını daha hızlı söndürmek için kritik bir rol oynayacaktır. NFPA 13 (Standard for the Installation of Sprinkler Systems) Standartlarına göre, 4 bar basınç ile dakikada 60 litre su çıkışı olan bir sprinkler yada 360 derece nozul, minimum 20-25 metrekare bir alanı etkisi altına alarak korumak zorundadır ve bu şekilde dizayn edilir[25]. Bir başka standart olan European Standard (Avrupa Standartı) EN 12845:2015'e göre de yine aynı özelliklerde (4 Bar basınç, dakikada 60 litre su çıkışı) sprinkler ve 360 derece nozul, minimum 16-25 metrekare arasında bir alanı etkisi altına almalıdır. Etki alanı hesaba katıldığında, nozulun dairesel şekilde minimum 2,5-2,8 metre uzaklığa su püskürtmesi beklenmektedir.

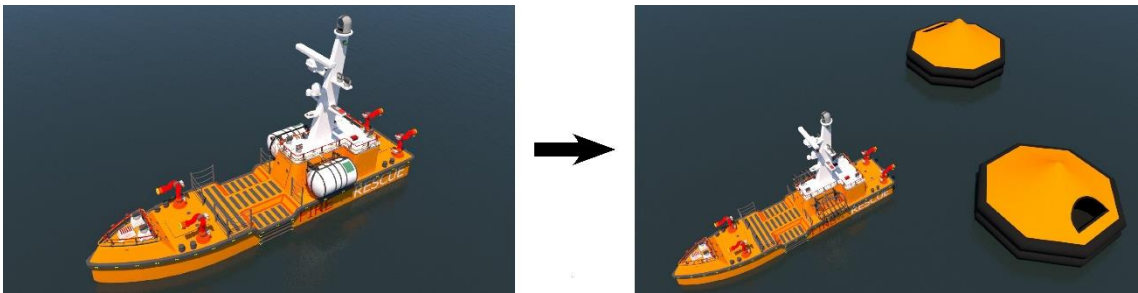


Şekil 3.2 Bir adet sprinkler/360° nozul etkili koruma alanı ve 1:1 ölçekte kavramsal tasarımı yapılan İDA üzerinde sprinkler ve etkili koruma alanı gösterimi

Bu çalışmada ele alınan İDA'da 19 adet nozul yerleşimi yapılmıştır. Güvertenin birçok noktasına ve özellikle kazazede güvertesi bölgesine birden fazla nozul yönlendirilmiştir. Bir yerine birkaç kat su perdesi oluşturacak olan bu yerleşim ile çok daha güvenli ve etkili bir koruma alanı elde edilmeye çalışılmıştır. Yangın bölgesinde bulunan bir araç için mutlaka bulunması gereken bu sistem, oluşturulan su duvarı ile uzun süre görevine devam edebilecek ve hatta yangın bölgesinde sıkışmış insanların kurtarılması için riskli manevralar yapılmasına izin verecektir. Bu tarz nozulların fiyatları, 30 \$ - 60 \$ arasında değişmektedir. Borulama mekanizması ve pompa sistemi ile birlikte 7.500 \$ - 9.500 \$ arasında bir maliyet ile tekne üzerine kurulabilir bir sistemdir.

3.2.3 Şişme Can Salı (Life Raft) Ekipmanı

Şişme can salları, denizcilik sektöründe uzun yıllardır kullanılan ve kendini binlerce kez ispat etmiş çok önemli ekipmanlardır. Çok sıkı denetlemelere ve kodlara bağlı olan bu teçhizat, binlerce farklı olayda, insanların denizdeki zorlu şartlarda hayatta kalmasını sağlamıştır. Denizde seyir halinde olan neredeyse her araçta bulunması zorunludur ve kullanımı oldukça basittir. Kapalı bir kasa içerisinde şişmeye hazır şekilde bekleyen özelleştirilmiş bot, manuel veya otomatik olarak aktif hale getirilebilir. Koruma kasası içerisinde yer alan basınçlandırılmış bir silindir, aktif hale getirildiği an, bot içerisine gaz (Genellikle azot) boşaltımı yaparak hızla botu şişirir. Bunun sonucunda çok sayıda insanı içerisine alabilen, belli bir süre hayatta kalmalarını sağlayabilecek olan gıda ve suyu içeren botlar ortaya çıkmaktadır. International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS)[26] kapsamında denetlenen şişme can sallarının kullanım kolaylığı ve sağladığı avantajlar, denizde hayat idamesi için kritik önemdedir. Kavramsal tasarımı yapılan bu İDA'da, bu şişme can sallarından olması önemli bir ekipman desteği olacaktır. Arama-kurtarma görevlerinde aranan insanlar, herhangi bir yangın veya kaza sonucu denize düşen insanlar için, bu ekipmanın varlığı çok önemli olacaktır. Görevini icra eden İDA'nın bir veya birçok insan ile karşılaşması durumunda, üzerinde bulunan iki adet şişme can salı ile müdahale etmesi, denizde can kaybını önleyecektir. İDA'nın tasarımı kendi üzerinde de bir grup insanı bulundurmaya uygun olmak zorundadır ve bu şekilde planlanmıştır ancak çok sayıda insan ile karşılaşması durumunda, bu can sallarının önemi daha da artacaktır. Manuel veya otomatik olarak aktif edilebilecek bu sistem, İDA'nın uzaktan komuta-kontrol eden personeli tarafından rahatlıkla denize bırakılabileceği bir tasarıma sahip olmalıdır. Bu çalışmada, tasarım üzerine iskele ve sancak taraflarından bırakılmak üzere toplamda iki adet şişme can salı yerleştirilmiştir.



Şekil 3.3 İDA'ya Yerleştirilen, Yüksek Sayıda Kazazedeye Müdahale Etme İmkânı Sağlayan Şişme Can Salları

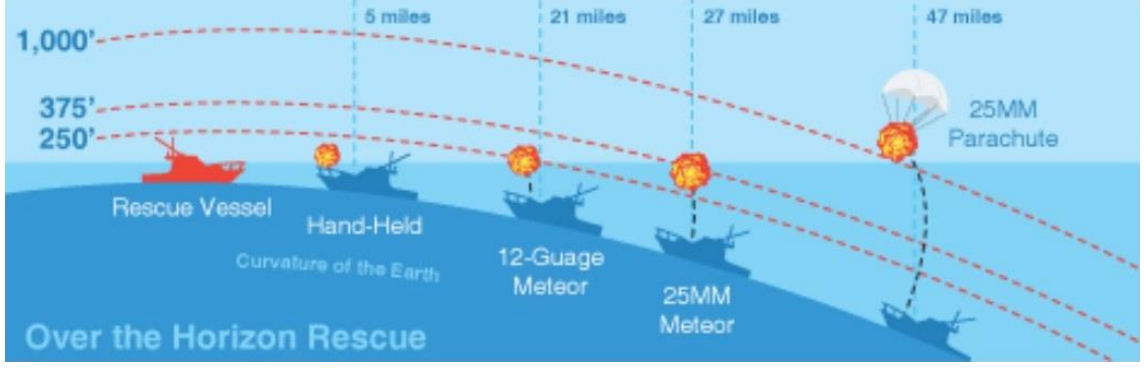
Çok fazla çeşidi bulunan can sallarının, taşıdığı personel sayısı, içerdiği ekipman, üretim malzemesi ve elektronik sistem desteği (GPS vb.) gibi unsurlar sebebiyle fiyatıda değişkenlik göstermektedir. Personel taşıma kapasitesi 4-12 arasında değişen şişme can sallarının satın alma maliyetleri 1000 \$ - 2500 \$ arasında değişiklik göstermektedir ancak yüksek personel taşıma kapasitesi ve GPS sistemleri içeren ortalama 8.000 \$ - 10.000 \$ fiyata sahip modelleride mevcuttur.

3.2.4 Paraşütlü İşaret Fişegi (Rocket Parachute Flare) ve Duman Kandili (Smoke Signal) Fırlatıcıları

İşaret fişekleri ve duman kandilleri, hayatta kalma ekipmanları arasında, denizde işaret vermek amacıyla kullanılan en temel ekipmanlardır. "International Life-Saving Appliance (LSA) Code" (1 Kasım 1974 tarihli International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS) himayesinde düzenlenmekte) yani Türkçe olarak "Uluslararası Hayat Kurtarıcı Aletler Koduyla" standartlaştırılmış aletlerdir[26]. Dünya üzerindeki ticari ve askeri gemilerin hepsinde bulundurulması ve uygun şartlar altında kullanılması zorunludur. Denizde görevli personellerin büyük çoğunluğu, bu işaret vericilerin anlamını ve kullanımını bilmekle yükümlüdür.

3.2.4.1 İşaret Fişegi Fırlatıcıları

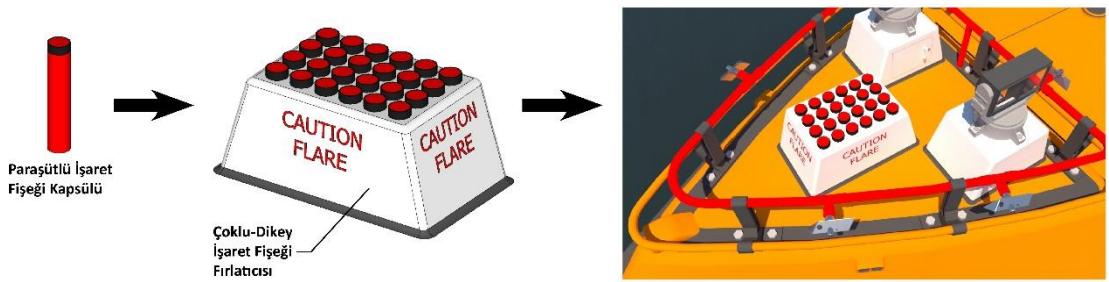
İşaret fişekleri, patlama gerçekleşmeden parlak bir ışık ve sis üreten bir piroteknik türüdür. Geniş bir alanı aydınlatmak için sivil ve askeri uygulamalarda kullanılırlar ve içeriğindeki kimyasala göre farklı renklerde aydınlatma yapabilirler. Denizcilik sektöründe genellikle kırmızı renk tercih edilir ve hayatta kalma ekipmanları arasında vazgeçilmezdir. Teknik olarak fişegin yüksek hızda fırlaması ve yaydığı yüksek ısı sebebiyle tehlikeli kabul edilmekte olup, kurallara uygun olarak kullanılması gerekmektedir. Aksi takdirde ciddi yaralanmalara ve ölümlere yol açtığı görülmüştür. Belli bir yüksekliğe ulaşarak, hızını kaybettikten sonra açılan paraşüt vasıtası ile bir süre atıldığı bölgeyi aydınlatmakta olan işaret fişegi, çok uzun mesafelerden dikkat çekmektedir.



Şekil 3.4 Boat U.S. Vakfına ait Paraşütlü İşaret Fişegi Tespit Menzili Çalışması [27]

Paraşütlü işaret fişekleri, LSA koduna göre; ortalama 30.000 lumion ışık yoğunluğundan fazla bir parlaklık sağlamalı, minimum 40 saniye bu parlaklığı (yanmayı) korumalı, paraşütüne zarar vermeden saniyede 5 metreden fazla hızla düşmemelidir[26].

Tek atımlık ve birkaç atımlık varyasyonları mevcuttur. Kavramsal tasarımı yapılan bu İDA'da, dikey atış sistemlerinden (VLS-Vertical Launcher System) esinlenerek dizayn edilmiş bir işaret fişegi fırlatıcısı kullanımı tavsiye edilmiştir. Tasarımı yapılan İDA'nın baş tarafında, tekne üzerindeki ekipmanlara ve üzerinde bulunabilecek insanlara zarar vermeyecek bir açı ile yerleştirme yapılmıştır. Denizde bulunan kazazedelerin görüş açılarını arttırmak ve buldukları bölgeyi işaretlemek adına, uzaktan kontrol sağlayan personel aracılığı ile fırlatma yapılabilir. Çok sayıda işaret fişeginin güvenli bir kaide içine yerleştirilmesi ile çok sayıda işaret fişegi barındırılabilir.



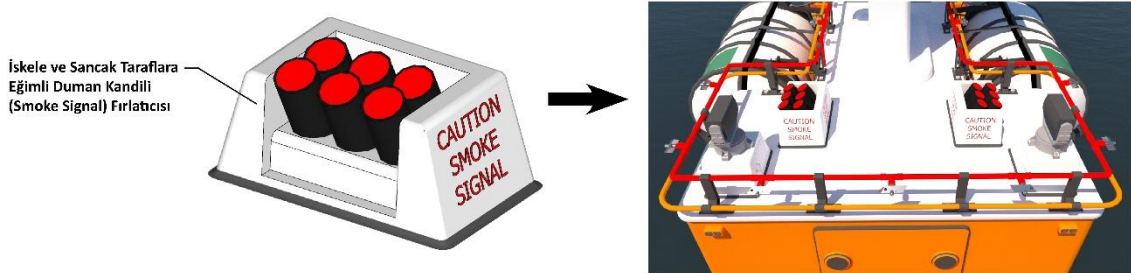
Şekil 3.5 İşaret Fişegi Fırlatıcı Mekanizma ve Tekne Üzerine Yerleşimi

Denizdeki kazazedeleri kurtarmak adına kritik öneme sahip olan bu sistemin, bu tarz bir insansız deniz aracında bulunması, ciddi faydalar sağlayacaktır. Kazazedelerin veya hasarlı gemilerin tespiti sonrasında aydınlatma veya yer tespiti için kullanılacak olan

işaret fişegi fırlatıcıları basit bakım ve kontroller ile düzenli olarak kontrol edilmelidir. Kurulacak olan basit bir düzenek, bu bakım tutum faaliyetlerininde kolay ve sarfedilebilir hale getirecektir. Bu çalışmada 24 adetlik işaret fişegi kapasitesine sahip bir kasa içerisinde basit bir elektronik ateşleme mekanizması ile yerleştirilecek olan dikey fırlatıcı tasviri yapılmıştır. Standartlara uygun paraşütlü işaret fişeklerinin maaliyeti 15 \$ - 50 \$ dolar arasında değişmektedir. Koruyucu kaide ve elektronik mekanizmanın da dahil edilmesi ile 1.200 \$ - 1.500 \$ arasında bir satınalma bedeli ile bu sistem kurulabilir ve tekneye yerleştirilebilir.

3.2.4.2 Duman Kandili Fırlatıcıları

Bir başka sinyal ekipmanı olan, denizcilik sektöründe sıkça kullanılan ve yine LSA koduyla deniz araçlarında bulunması zorunlu olan duman kandilleri önemli hayat kurtarıcı aletlerdir. Basit bir yapısı olan duman kandilleri, aktive edilmeleri sonrasında renkli bir duman salmaya başlar havaya yayılan yoğun duman bulutu ile sinyal verir. Birçok rengi olmakla beraber, deniz rengi ile bir kontrast oluşturan ve tespit edilmesi daha kolay olan turuncu renk tercih edilir. Dumanın rahat tespit edilebilmesi için genellikle gündüz vakti kullanılmaktadır ve gündüz sinyalcisi olarak da adlandırılır. Aynı zamanda denize düşen personel tespit edildiği an, akıntının yönünü tayin etmek amaçlı kullanılır. Denize düşen personelin ardından atılan duman kandili, sinyal dumanı salarak, denizdeki personel ile birlikte aynı yöne doğru aynı akıntı içerisinde hareket edecektir. Bu durum, gözden kaybolması muhtemel olan personelin konumunun kaybedilmeden takip edilmesini sağlar.



Şekil 3.6 Duman Kandili Fırlatıcı Mekanizma ve Tekne Üzerine Yerleşimi

Denizcilikte standart bir uygulama olan MOB talimlerinde en çok yapılan uygulamalardan birisi, duman kandili atmak ve denizdeki personelin yönünü tayin

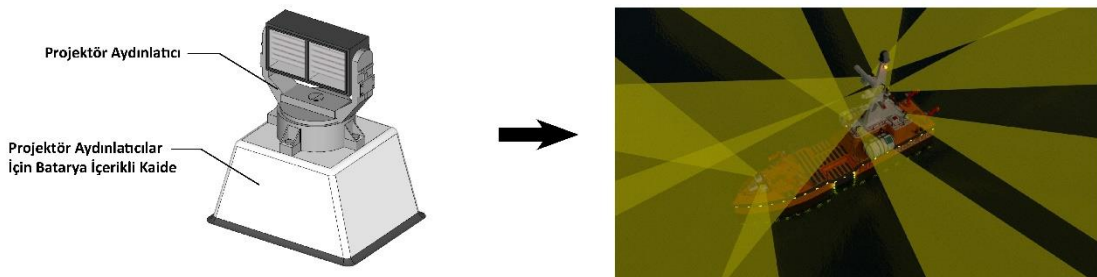
etmektedir. Kavramsal tasarımı yapılan bu İDA'da işaret fişeklerinde olduğu gibi, bir kaide içerisine yerleştirilmiş duman kandili fırlatıcıları mevcuttur. Teknenin her iki tarafına açılı şekilde yerleştirilen fırlatıcılar, aracı uzaktan kontrol eden personel tarafından, sinyal verme, işaretleme, yer-yön tarifi ve akıntıyı belirleme gibi amaçlar doğrultusunda kullanılabilir. İDA'da bulunan kamera ve sensörleri köreltmemek ve duman kandilini denize fırlatabilmek amacıyla, fırlatıcılar açılı yerleştirilmiştir. Güvenli bir kullanım methodu ile kullanılması gereken bu hayat kurtarıcı ekipmanlar, uygun şartlar altında kazazedelerin hayatta kalma oranını ciddi oranda yükseltecektir. Denizcilik sektöründe kullanılacak, yüzer, turuncu duman veren ve standartlara uygun duman kandili fiyatları 80 \$ - 140 \$ civarındadır. İDA' üzerinde 12 duman kandili ve bunların bağlı olduğu iki adet fırlatıcı mevcuttur. Kouruyucu kaide, fırlatıcı mekanizma ve elektronik bağlantıları 1200 \$ - 1500 \$ gibi bir fiyata üretilebilir. Toplamda, iki adet fırlatıcı sistem, 3300 \$ - 4500 \$ arasında bir maaliyet ile üretilip, tekneye entegre edilebilir.

3.2.5 Aydınlatma Sistemleri

Tekne üzerinde standart olarak bulunan seyir fenerleri haricinde, birçok projektör ışık yerleştirilmiştir. Kendilerine ait batarya kaidelerinin üzerine yerleştirilen projektör aydınlatma ışıkları yardımıyla, operasyonlar sırasında etrafını olabildiğince aydınlatması planlanmıştır.

3.2.5.1 Çevre Aydınlatma Sistemleri

Tekne direğine, baş ve kış bölgelerine yerleştirilen projektörler hem yangına müdahale sırasında hemde arama-tarama faaliyetleri sırasında kullanılmak üzere yerleştirilmiştir. Teknenin kendisi insansız olduğu için, bütün projektörler uzaktan kontrol edilebilir şekilde olmalıdır. Ayrıca teknenin sağlayacağı elektrik gücünden bağımsız olarak yerleştirilecekleri kaideler içerisinde ek batarya üniteleri mevcuttur.



Şekil 3.7 İDA Üzerine Yerleştirilmiş Çok Sayıda Projektör Aydınlatıcı

Acil durumlarda ışık kaynağı en büyük yardımcılardan birisidir. İzole deniz ortamında aydınlatma çok büyük önem arz edecektir. Denizde kullanılacak hertürlü aydınlatıcı ve işaret verici ekipman, IMO kapsamında, COLREGS (Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea) sözleşmesi altında denetlenmektedir[28]. Bu tarz bir arama-ışığı(searchlight) sistemi, denizde çok uzun mesafelerden dikkat çekeceği için kullanımı düzenlemelere tabidir. Bu ışıklandırma sistemi, odaklanabilir şekilde olmalıdır ve sadece acil durumlarda, ilgili bölgeye tutulmalıdır. Mors kodu görevi görebileceği için sürekli olarak açılıp kapatılması bile sakıncalıdır. IMO yönetmeliklerine göre [26], arama ışıkları, 50 metreden uzun tekneler için 30.000 lumen, 50 metreden kısa tekneler için 10.000 lumen olabilir. Ayrıca ana güç kaynağından bağımsız bir güç kaynağından beslenebilmesi istenmektedir. Teknelerde bulunan projektörler, diğer gemilerin, açık deniz yapılarının, rota üzerindeki engellerin, yüzen nesnelere ve canlıların, kıyı şeritlerinin tespit edilmesini kolaylaştırır ve operatörlerin görüşünü artırır. Güvenli seyir, çarpışmadan kaçınma ve denizdeki kazazedelerin aranması ve kurtarılması için kritik bir ekipmandır. Uygun açıların ve aydınlatma ekipmanının sayısı, ayırntı tasarımında belirlenecek ve geliştirilecektir. Suya dayanıklı, otonom kullanım imkanı veren ve ek bataryalar içeren bu tarzda bir ışıklandırma sisteminin maaliyeti yaklaşık 1.500 \$ - 1.700 \$ aralığında olabilir. Tekne üzerinde 10 adet bulunan bu aydınlatma ekipmanlarının toplam maaliyeti 15.000 \$ - 17.000 \$ aralığında olacaktır.

3.2.5.2 Tekne Aydınlatma Sistemleri

Bulunması zorunlu olan seyir fenerlerine ek olarak teknenin etrafında yeşil gösterge ışıkları ve acil durumu belirten kırmızı tepe lambaları İDA için önemli eklentilerdir. Kırmızı tepe lambaları, müdahale için bölgede bulunan insansız aracın diğer gemiler tarafından hızlı tespitini ve acil durum için bölgede bulunduğunu gösteren ekipmanlardır. Acil durumlara müdahale eden araçlarda bulunması zorunlu ve aynı zamanda yararlı olan sirenler, tekne direklerine uygun açılar ile yerleştirilmeli, teknede bulunan kameraların görüşünü engellemeyecek pozisyonlara koyulmalıdır. Ek olarak tekne etrafında her yerden görülebilecek şekilde ve sıklıkta yerleştirilmiş yeşil led gösterge ışıkları, tekneye ait profiline ve boyutuna gözükmemesini sağlayacaktır. Tekne etrafını dönen ışıklar, teknenin tam boyutunu ve deniz üzerindeki yerini gösterecektir. Gövdenin her iki yanında bulunan, kazazedelerin tırmanması için yerleştirilmiş merdivenlerde aynı şekilde bu yeşil gösterge ışıkları ile aydınlatılmıştır. Tekne üzerine tırmanmak isteyen kazazedeler için,

acil kaçış yollarındaki aydınlatmalardan esinlenerek yerleştirilen bu aydınlatmalar, merdivenin yerini ve basamakları göstermektedir.



Şekil 3.8 Led Tekne Aydınlatma Sisteminin Yerleşimi ve Karanlıktaki Etkisi

Özellikle gece operasyonlarında teknenin görülebilir olması önemli ve dikkat edilmesi gereken bir husustur. Hem kazazedelerin görmesi, hemde kazaya sebebiyet verilmemesi için diğer tekneler tarafından görülmesi adına bu tarz veya benzeri bir aydınlat sistemi bulunması gerekmektedir. Basit mekanizmalar ile kurulacak olan bu tarzda bir sistemin maliyeti 4.000 \$ - 5.000 \$ aralığında olacaktır.

3.2.6 Otonom Seyir, Farkındalık ve Kamera Sistemleri

Yangınla mücadele amaçlı geliştirilen bu deniz aracının ana odak noktası insansız olmasıdır, bu sebeple tekne üzerindeki operasyonların görsel kontrolü yerleştirilecek kameralar ve sensörler ile sağlanacaktır. Askeri seviyede olması beklenmeyen bu sensör ve kameralar, sivil kullanımda da oldukça yaygındır. Uygun pozisyonlar ile yerleştirilecek bu sistemler, uzaktan kontrolü sağlayan personel için yüksek farkındalık sağlayacaktır. Sensörler ve farkındalık sistemleri, insansız bir deniz taşıtının temel bileşenleridir ve İDA'nın konumu, hızı, yönü ve çevredeki ortam hakkında gerçek zamanlı bilgi sağlayacaktır.

Denizde yangınla mücadele ve acil durumlar için tasarlanmış bir İDA'da, sensörler; engel algılama ve kaçınma, çevresel izleme, durumsal farkındalık gibi veri akışları için kullanılmalıdır. Sonar ve lidar gibi engel algılama/tanımlama teknolojileri, diğer tekneler, kayalar ve molozlar dahil olmak üzere sudaki engelleri algılamak ve bunlardan kaçınmak için kullanılabilir. Sıcaklık, nem ve basınç sensörleri gibi çevresel izleme sensörleri, su

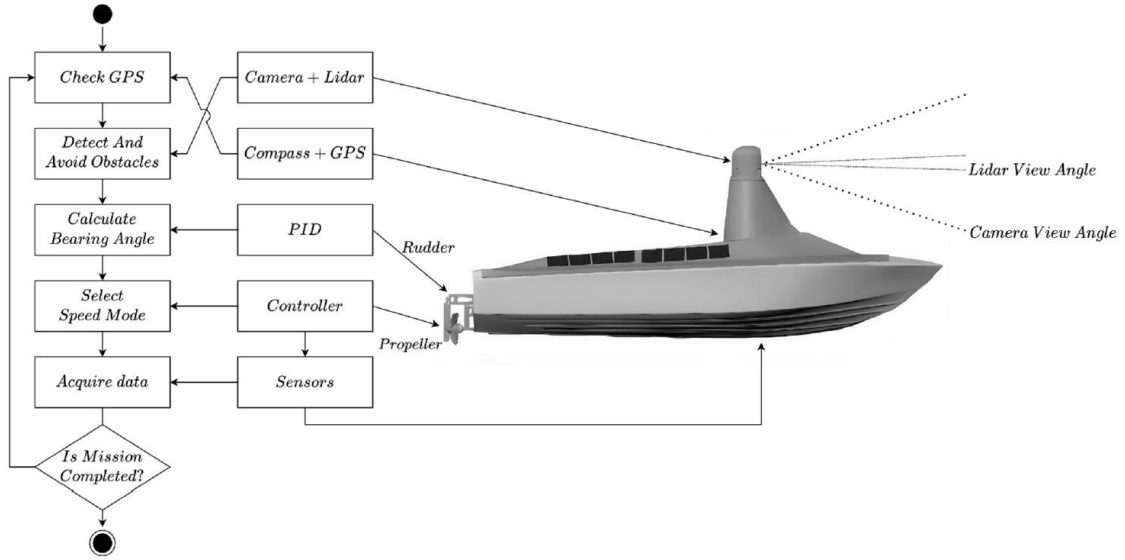
sıcaklığı, tuzluluk ve akıntılar dahil olmak üzere sudaki koşulları izlemek için kullanılabilir. Kameralar ve görüntü işleyen hertürlü sensör, durumsal farkındalık sensörleri, çevreyi izlemek, yangın, duman ve petrol sızıntısı gibi potansiyel tehlikeleri tespit etmek için kullanılabilir.

GPS, pusula ve IMU (Inertial Measurement Unit) gibi atalet ölçüm sensörleri, navigasyon ve yönlendirme için mutlaka İDA'ya entegre edilmelidir. Ayrıca tekne içi farkındalık sistemleri, operatörlere deniz aracının batarya ömrü, yakıt seviyesi ve diğer hayati sistemler hakkında bilgi sağlayabilir. Bu sistemler, operatörlerin bölgedeki diğer gemiler ile iletişim kurmasını sağlamak için radyolar ve uydu telefonları gibi iletişim ekipmanları ile desteklenmelidir. Kameralar, insansız bir deniz aracı için kritik sistemlerdir ve operatörlere deniz aracının çevresi hakkında görsel bilgi sağlayacaktır. Kameralar, görsel inceleme, nesne tanımlama ve izleme için kullanılabilir. Denizde yangınla mücadele ve acil durumlar için, yangınları, dumanı ve diğer tehlikeleri algılamanın yanı sıra deniz aracının ilerlemesini ve operasyonlarını izlemek için kameralar kullanılmalıdır. Ayrıca yangın ve sıcak noktalar gibi ısı kaynaklarının tespiti içinde termal kameralar kullanılabilir.

İnsansız deniz araçlarında sensörler, farkındalık sistemleri ve kameralar tasarlamak ve bunu deniz aracına uygulamak, güç tüketimi, sinyal paraziti ve güvenilirlik dahil olmak üzere çeşitli zorluklar doğuracaktır. Acil durumlar için kullanılması planlanan bu İDA, genellikle sensörlerin ve kameraların performansını etkileyebilecek aşırı hava koşulları, dalgalı denizler, yüksek risk içeren ortamlar ve suda çok sayıda enkazın bulunabileceği zorlu ortamlarda çalışır. Sensörler ve kameralar, deniz taşıtının dayanıklılığını ve menzilini sınırlayabilir, bu sistemleri çalıştırmak için önemli miktarda güç gerektirdiğinden, güç tüketimi ciddi bir tasarım ve planlamaya ihtiyaç duyacaktır. Sinyal paraziti, özellikle diğer gemilerin ve iletişim ekipmanlarının deniz taşıtının sensörlerine ve iletişim sistemlerine müdahale edebileceği kalabalık alanlarda da sorun olabilir ve bu dikkate alınarak tasarlanmalıdır. Herhangi bir sistem arızasının deniz taşıtının ve kazazedelerin güvenliği için önemli sonuçları olabileceğinden, güvenilirlik insansız deniz taşıtlarının tasarımında çok önemli bir faktör olacaktır. Deniz aracının navigasyon, seyir, iç sistemler kontrolü ve çevre farkındalığı gibi amaçlara hizmet sensör donanımı, tekne üretiminden sonraki en ciddi maliyeti oluşturacaktır. Toplam sensör maliyetini aralığının 120.000 \$ - 160.000 \$ arasında olması beklenmektedir.

3.2.6.1 Entegre Edilebilecek Otonom Sistemler Örneği

İnsansız deniz aracı(İDA) kavramı, adından da anlaşılacağı üzere, insanın doğrudan fiziki müdahale de bulunmadan kontrol edebileceği, üzerinde bu kabiliyete imkan veren ekipmanların bulunduğu bir deniz aracını tarif eder. Yangınla mücadele amacıyla acil durumlarda kullanılmak üzere geliştirilmiş bir İDA'da müdahale anında doğrudan otonom bir kontrol amacı güdülmemiştir. Ancak aracın bekası ve güvenli seyri amacıyla, mutlaka otonom sistemler içermeli ve bu doğrultuda eklentiler yapılmalıdır. Kolev ve diğerleri[29], tarafından 2021 yılında yapılan ve farklı boyut ve özelliklerdeki İDA tasarımlarına uyarlanabilmesi planlanan çalışmada, aracın hertürlü kıyı, göl, akarsu ve denizde, yüksek hassasiyet ile rota takibi yapabilmesi için planlanmış bir PID (Proportional, Integral, Derivative) kontrol mekanizması tasarlanmıştır. Bu ve benzeri otonom sistemler, bu çalışmada kavramsal tasarımı yapılan İDA içinde kullanılmalıdır.



Şekil 3.9 Otonom tekne görev programı ve program alt programının yürütülmesinden sorumlu bölümleri[29]

Bu tarzda bir otonom seyir imkanı, sürü halinde kullanılacak İDA'ların kontrolünde avantaj sağlayacak veya hedef noktaya ilerleyen teknenin insan kaynaklı hatalar ile rotasından sapmasını engelleyerek zamandan kazanılmasını sağlayacaktır, bu durum reaksiyon süresini ciddi oranda kısaltacaktır.

Aynı zamanda yangınla mücadele sırasında, ısı takibi yaparak yangına müdahale amaçlı kullanılan su toplarının daha verimli kullanılması sağlanabilir. Acil durum anında açık

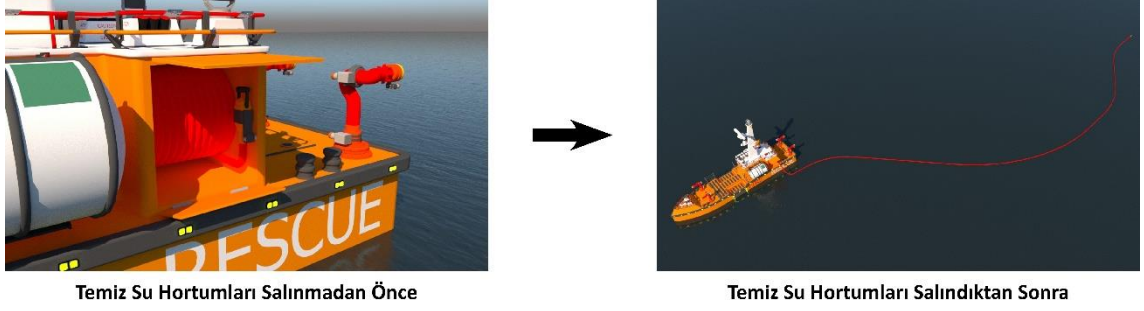
denizde bulunan bir gemi, kendi bünyesinde bulunan bir İDA ile kendi güvertesinde yer alan bir yangına müdahale edebilir. Bu durumda, aracı kontrol etmesi gereken personel veya uzaktan kontrol ekipmanı, tehlikeli bir bölgede kalmış olabilir. Otonom sistemleri ile acil durumda bulunan tekneyi takip eden ve tespit edilen yangına müdahale etmeyi sürdüren bir İDA, can ve mal kaybını engelleyecek, ekolojiye verilebilecek zararların önüne geçecektir. Zhou ve diğerleri[30], yapmış oldukları çalışmada, otomatik su topu (AWC-Automatic Water Cannon) adını verdikleri ekipman ile, yangını sensörler aracılığı ile tespit ettikten sonra, çok daha az su kullanarak söndürmeyi başarmıştır. Gerçekleştirmiş oldukları deneyde, ısının en yoğun olduğu yer sensörler aracılığı ile tespit ve takip edilmiştir. Sonrasında suya ait parametleri ve yangın mesafesini hesaba katan otomatik sistem, su topunu uygun açı ile yönlendirmiş ve ısının kaynağına doğrudan su püskürterek yangının hızla söndürülmesini sağlamıştır. Buna benzer bir sistem, İDA'nın yangınla mücadelesini otonom ve en etkili şekilde gerçekleştirmesini sağlayabilir.

3.2.7 Temiz Su Çekme Hortumları(Yangınla Mücadele Amaçlı)

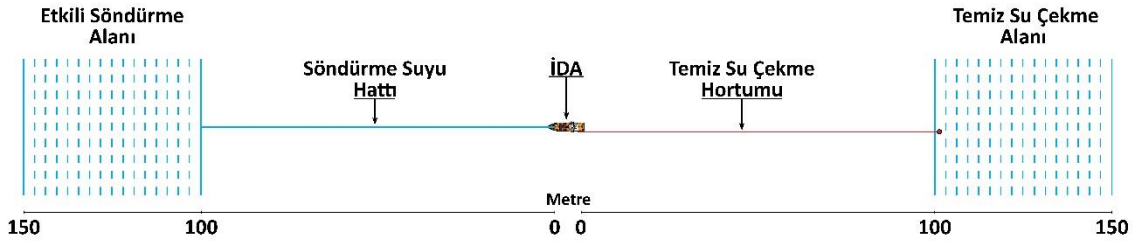
Denizde yaşanan kazalarda sıkça yaşanan durumlardan biriside deniz yüzeyine yakıt sızmasıdır. Hasar alan gemide, yakıt tanklarında bulunan yüksek miktardaki yakıt, tanklar dışına rahatlıkla çıkabilir ve bir yangını daha da büyütebilir. Buna ek olarak deniz yüzeyine yayılacak olan yakıt, müdahale amaçlı yaklaşan gemiler içinde çok büyük tehlike arz edecektir. Yangına dışarıdan müdahale eden gemilerin ana su kaynağı denizdir. Denizden çekilen su doğrudan yangına müdahale amaçlı püskürtülür. Deniz yüzeyine yayılmış MDO veya HFO tarzı yakıtların, denizden çekilerek tekrar yangın bölgesine püskürtülmesi bir felaket ile sonuçlanabilir ve yangın bilinçsiz şekilde körüklenebilir. Ayrıca pulvarize olarak yangına püskürtülen yakıt, daha büyük patlamalara ve yangının su püskürten deniz aracına sıçramasına sebep olabilir. Tarihte benzer örnekleri bulunan bu durum, yangına müdahale için kullanılacak deniz suyuna yakıt karışmamış olması gerekmektedir. Kavramsal tasarımı yapılan bu İDA'da, bir besleme hortumu ve sualtı insansız aracı (Subsurface Drone) ile ortaya çıkarılan, temiz su beslemesine imkan veren sistem tasarımı yapılmış ve İDA'ya eklenmiştir. Teknenin her iki yanında yer alan ve yine uzaktan kumanda ile kontrol edilecek olan bu sistem, yangına müdahale için gerekli temiz suyu sağlayacaktır.

Tekne yanlarından bırakılan sarmal şekilde bekletilen besleme hortumları denize bırakıldıktan sonra, uçlarına eklenmiş sualtı insansız aracı ile uzakta bir bölgeye doğru besleme hortumlarını çekecek şekilde dizayn edilmiştir. Yangın bölgesine yaklaşırken de

salınması mümkün olan besleme hortumları, ileri hatta yangınla mücadele eden İDA'nın, arka plandaki yakıt karışmamış sudan beslenmesini sağlayacaktır. Oldukça basit bir mekanizma ile kurulacak olan sistem, onlarca metre geriden çekilecek temiz su ile yangına müdahale imkanı sağlayacaktır. Üzerinde bulunan eklentiler ile yangına daha çok yaklaşma imkanı bulunan İDA, daha etkili ve hızlı bir yangın söndürme aracı olacaktır.



Şekil 3.10 İDA Üzerinde Bekletilen Temiz Su Çekme Hortumu Gösterimi



Şekil 3.11 Kavramsal Tasarımı Yapılan İDA'nın Maksimum Menzilde Etkili Söndürme Alanı ve Temiz Su Çekme Alanı Şeması

Mekanizma, hortum ve elektrorik ekipmanlardan (salınımı kontrol eden mekanizması ve hortum başında yer alan kontrol dronu) oluşan bu sistemden tekne üzerinde iki adet olması planlanmıştır. Bu hem sistemi yedeklemek, hemde ek besleme ihtiyacı ortaya çıkarsa karşılamak içindir. Tek bir sistemin 8.000 \$ - 10.000 \$ arasında olması beklenmektedir. Kurulacak iki adet sistemin toplam maliyeti 16.000 \$ - 20.000 \$ arasında değişmektedir.

3.2.8 Kazazede Tırmanma Merdivenleri

Denizde kalan insanlar aşırı yorgunluk belirtileri gösterebilir. Özellikle kaza sonrasında denizde bulunan insanlar daha yorgun ve bitkin halde olacaktır. Tasarlanan teknenin her iki tarafında yer alan yapısal form, tekne güvertesinin bir kısmını satıl seviyesine

yaklaştırmaktadır. Bu seviyeye yaklaşan güverte bölümünün kolay tırmanılabilir olması için aynı hizada gemi gövdesi boyunca uzanan, su hattının altında ilerleyen ve yeşil gösterge ışıkları ile donatılmış dikey merdivenler mevcuttur. Gece karanlığında da gözükmesini sağlamak amacıyla aydınlatılan merdivenler, kazazedenin tekne güvertesine çıkması için açılı ve kolay tutulabilir bir formda tasarlanmalıdır. Kendi güvertesi ve şişme can salları ile birlikçe, kendi boyutuna göre çok fazla insanın sudan çıkarak kurtulmasına yardımcı olacak bu tekne, birçok arama kurtarma operasyonunda standart bir araç haline gelebilir. Gemi üzerinde bulunan ses sistemleri ile, kazazedelere tekne üzerine veya şişme can sallarına tırmanmaları için talimatlar ve yardımın yolda olduğuna dair güven verici anonslar yapılmalıdır. Özellikle geniş çaplı arama kurtarma faaliyetlerinde kullanılacak olan İDA, arama-kurtarma paternlerine fazladan bir deniz aracının daha eklenmesine ve kazazedelerin kurtarılması ihtimalinin artmasına sebep olacaktır. Bir MOB durumunda arama tarama faaliyeti gerçekleştiren 5 adet ticari gemide bulunması muhtemel 5 adet İDA, arama kurtarma faaliyetine 10 adet deniz aracı ile devam edilmesin ve arama kurtarma alanının çok daha hızlı taranmasını sağlayacaktır. Bu merdiven tekne inşaası ile birlikte yapılabileceği gibi, sonradan da 1.000 \$ - 1.500 \$ gibi bir maliyet ile tekneye entegre edilebilir.

3.2.9 Güç Grubu ve İtki Sistemi

Deniz araçlarına ve üzerinde bulundurduğu hertürlü ekipmana hayat veren şey, tekne üzerinde bulunan güç kaynağıdır. Acil durumlar için üretilecek bir insansız deniz aracında, en önemli donanım, bütün donanımlara güç sağlayacak olan güç grubudur.

3.2.9.1 İtki Sistemi; Su Jeti Motorları (Water Jet Propulsion)

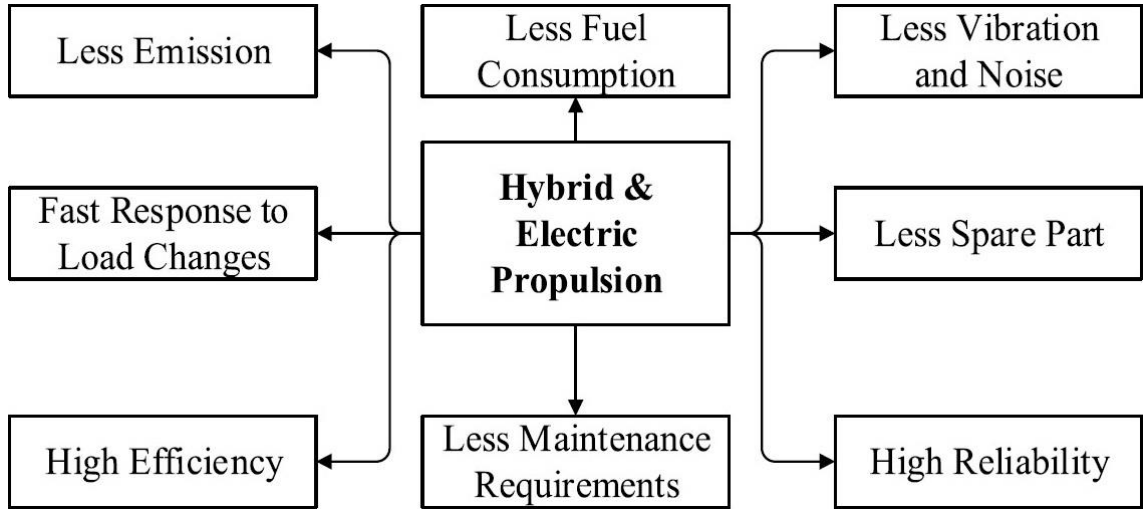
Teknenin ana tahrik sistemi olarak su jeti kullanımının avantajları oldukça yüksek olacaktır. İnsansız yönetilen ve bir acil durum bölgesinde bulunan bir tekne tasarımı yapılmaktadır. Bu sebeple açıkta bulunan döner pervaneli herhangi bir tahrik sistemi, çok daha zararlı olabilir. İDA birçok sensör ve kamera ile donatılsa da, doğrudan insan gözetimi olmayacağı için, açıkta bulunan bir pervane ile denizde bulunan kazazedelere zarar verilebilir. Aynı zamanda denizde bulunabilecek enkaz parçaları pervane sistemine zarar verebilecek ve İDA'yı işlevsiz bırakabilecektir. Sığ sularda yapılabilecek operasyonlar içinde risk teşkil etmesi mümkün olan açık pervaneli sistemler yerine, su jeti mekanizması daha güvenli olacaktır. Ayrıca gemi üzerinde bulunan su topları, su püskürtülen yerin zıttı yönde bir itki oluşturacaktır. Bu itkiyi dengelemek adına, tekne

üzerinde 360 derece yüksek manevra kabileyiti bulunan ve su toplarina karşı dengeleyici bir itki oluşturabilecek bir tahrik sistemi gereklidir. Zorlu şartlarda yüksek manevra kabileyeti ve güvenli çalışma ortamı sunabilen su jeti tahrik sistemi, kavramsal tasarımı yapılan bu İDA için en güvenli ve verimli sistem olacaktır.

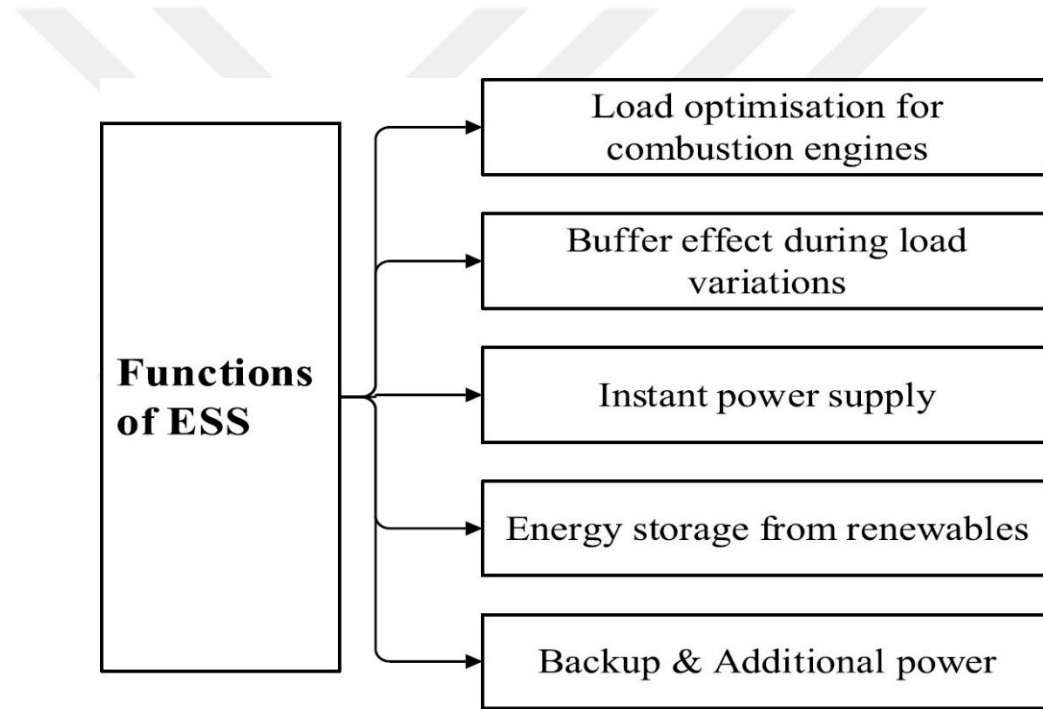
Bu çalışmadaki kavramsal tasarımıda iki adet su jeti sistemi kullanılmıştır. Ayrıntılı tasarım aşamasında, teknenin kullanılacağı platform ve görev doğrultusunda su jeti sayısı değiştirilebilir.

3.2.9.2 Güç Grubu; Hibrid Güç ve Tahrik Sistemi

Hedeflenen amaç doğrultusunda, gemilere konuşlandırılması ve acil durumlarda kullanılması planlanan bir insansız deniz aracının en önemli organlarından birisi güç ve tahrik sistemi olacaktır. Bu çalışmada aracın itki sistemi olarak su jeti sistemi seçilmiştir, bu sisteme ve tekne üzerinde bulunan hertürlü araç-gerece güç sağlayacak olan tahrik sistemi önemli ve kritik bir ekipman olarak tekne üzerinde yer almaktadır. Aracın insansız olması, insan kaynaklı bir çalıştırma olmadan, uzaktan ve güvenli bir yöntem ile aktif edilmesini gerektirmektedir. Bu kapsamda, tekne içerisinde bir hibrit güç sistemi bulunması birçok yönden avantaj ve güvenlik sağlayacaktır. Teknenin acil durum da aktif edilmesi ve suya indirilmesi ile birlikte, içten yanmalı motorların başlatılması yerine, batarya destekli bir enerji kaynağı ile aktif edilmesi, daha hızlı ve güvenli bir başlatma yöntemi olacaktır. İçten yanmalı motorların da, hali hazırda İDA'ya güç sağlayan bataryaların ve elektronik sistemlerin eşliğinde başlatılması daha güvenli olacaktır. Teknenin tüm operasyon boyunca bataryalardan güç alması ise üzerinde bulunan çok sayıda elektronik alet ve buna bağlı yüksek güç tüketimi nedeniyle günümüz şartlarında mümkün olmayacaktır. Kısa süreliğine tüm enerji ihtiyacı uygun piller veya bataryalar üzerinden sağlanabilir, ancak acil durumda kullanılacak bir aracın, uzun süre çalışması ve aktif kalması beklenebilir. Sadece batarya gücü ile uzun süre aktif kalmasının mümkün olabilmesi için enerji depolama teknolojisinin bir miktar daha gelişmesi ve batarya güçlerinin ciddi oranda arttırılması gerekmektedir. Inal ve diğerlerinin[31], yapmış olduğu çalışmada, deniz araçlarında hem performans arttırımını sağlamak, hemde emisyonları azaltmak adına en etkili yöntemlerden birinin hibrit sistemlere geçiş olduğuna dair araştırmalar yapılmıştır, ESS(Energy Storage System) tasarımının önemine dikkat çeken araştırmada, hibrit sistemlerin avantajları incelenmiş ve yüksek verimliliğe sahip olduğu görülmüştür.



Şekil 3.12 Hibrit & Elektrikli Tahrik Sistemi Avantajları[31]



Şekil 3.13 Gemi Üzerinde Bir ESS için Tanımlanmış Roller[31]

Kavramsal tasarımı yapılan bu tarzda bir İDA için uygun tahrik sisteminin seçimi kritik öneme sahip olacaktır. Dünya üzerinde çok sayıda deniz aracına ve limana yerleştirilmesi tavsiye edilen bu İDA'nın, emisyon oranlarına olumsuz etki yaratmaması, acil durumlarda hızlı aktifleştirilmesi ve güvenli bir kullanım sunması beklenmektedir. Ayrıca hibrit sistemlerin bir avantajı olarak iki farklı güç grubunun tekne üzerinde bulunması (Batarya Güç Grubu & İçtenyanmalı Motor Güç Grubu) fazladan güvence sağlayarak aracın zorlu şartlar altında kullanılmasını daha da mümkün hale getirecektir.

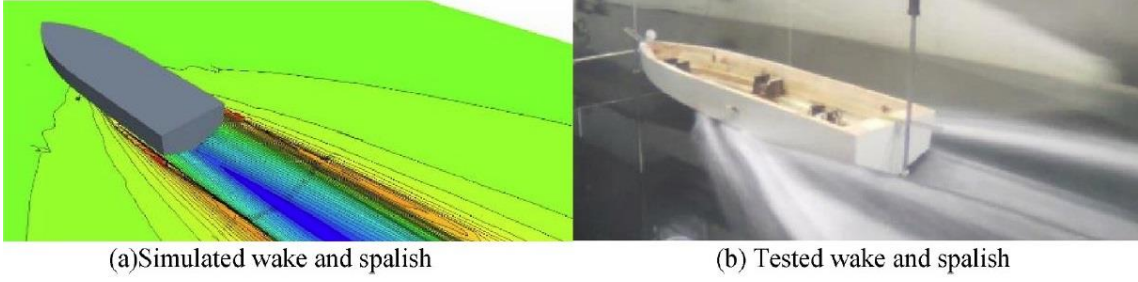
3.3 Ayrıntılı Tekne Tasarımında Kullanılabilecek Tasarım Örnekleri

İnsansız bir deniz aracının tasarımı, otonom kullanım ve uzaktan kumanda imkanları dahil edilmiş şekilde standart bir tekne tasarımından farklı olmayacaktır. Aracın kullanılacağı ortam ve şartlar, günümüzde halihazırda kullanımda olan hertürlü deniz aracının ayrıntılı tasarımında kullanılacak yöntemler ile aynıdır. Bu kapsamda tekneye ait CFD analizleri, otonom kabiliyetler, güç grubunun belirlenmesi, malzeme seçimi, maliyet analizleri vb birçok konu, standart şekilde yapılmalı ve araç bu kapsamda geliştirilmelidir.

3.3.1 Ayrıntılı Tekne Analizlerinin Yapılması

Bu çalışmaya konu olan tekne için gerekli donanım ve ekipman belirlendikten sonra, dünya üzerinde diğer tüm araçlarda olduğu gibi ayrıntılı tekne tasarımı ve bunlara bağlı analizler yapılmalıdır. Bu çalışma da tasarım olarak tek gövdeli (Monohull) tasarım seçilmiştir. Kavramsal tasarımı yapılan bu çalışmada ana fikir beyanından sonra, ülkelere ve bölgelere göre farklı özellikleri bulunan ve aynı amaca hizmet eden farklı tasarımlar yapılabilir.

CFD analizleri, deniz araçları için çok kritik hesaplamalardır. Bu analizlerin birçok yöntemi ve standartı vardır. Serbest düşüş can salları birçok deniz aracında standart parametreler eşliğinde üretilir ve testleri buna göre yapılır, aynı şekilde birçok deniz aracına konuşlandırılması planlanan bir deniz aracında da standart bir planlama, analiz, üretim yöntemi kullanılması tavsiye edilmektedir. Bu daha sonra uygun bütün deniz araçlarına standartlaştırılmış bir araç yerleştirilmesini kolaylaştıracak, denizcilik personelinin aynı aracı kullanmasını ve öğrenmesini hızlandıracak, sürü İDA kullanımı gibi durumlarda, araçların birbirlerini tanımalarını sağlayacaktır. Shen ve diğerlerinin[32], yapmış olduğu çalışmadaki gibi, yapımı planlanan bot için bir CFD analizi ve sonrasında gerçek hayattaki testlerin icrası, tasarımı yapılan bu İDA içinde yapılmalıdır.



Şekil 3.14 CFD Analizi ve Gerçek Hayat Testlerine Dair Örnek[32]

Tekne tasarımı, ana ve yardımcı sistemler tasarımı, İDA üzerinde yer alacak hertürlü ekipmanın uygun standartlardaki testleri ve kapsayıcı CFD analizleri, bu tür bir araç için uluslararası standartlara göre yapılmalıdır. Aracın yaygınlaştırılması ve denizcilik sektörü için bir standart haline getirilmesi, ilerleyen süreçte de gelişen teknolojik kabiliyetlerden sürekli olarak faydalanması (Örn; yüksek kapasiteli bataryaların kullanımı ile tümüyle elektrikli hale geçerek günlerce aralıksız kullanılabilmesi) için, analiz ve üretim aşamasının yetkinliği kritik bir rol oynayacaktır.

3.4 Yangın Anında İDA'nın Aktifleştirilme Metotları

Denizcilik sektöründe yer alan araç gereçler, kullanım amacına göre birçok eklenti ve özelleştirmeye sahip olabilir. Birçok farklı amaç için geliştirilmiş gemi ve deniz platformları, yangınla mücadele amaçlı geliştirilmiş bir İDA'yı kendi bünyelerine kattıkları zaman, sektörde kullanılan denize tekne indirme metotlarını kullanacaktır. Tasarımı yapılan bu İDA, sürekli olarak denizde bekletilebilir. Aynı zamanda açık denizlerdeki gemi ve platformlardan vinç ile indirilebileceği gibi, sertbest düşüş yöntemi ile de indirilebilir. Yangın anında, deniz araçlarına dışarıdan verilebilecek desteğin çok büyük önemi vardır. Bu desteği her daim yanlarında taşıyabilecek olan bir deniz aracı, yangınla mücadele ve acil durum müdahalelerinde yüksek başarıya sahip olacaktır. Ayrıca yangınla karşı karşıya kalan bir gemiye, çevre gemilerden de hızla gönderilebilecek olan bu İDA'lar sayesinde, birçok insansız platform ile aynı anda müdahale sağlanmış olacaktır. Liman ve benzeri noktalarda, sürekli olarak suda bekleyebilecek olan İDA'lar, acil bir durum yaşanması anında, kendi sektörlerinde bulunan diğer İDA'lar ile hızla olay yerine intikal ederek, yine birden fazla platform ile yangına müdahale edebilir, hızla arama-kurtarma faaliyetlerine katılabilir. Liman ve gemilerde standar olarak bulunabilecek kontrol sistemleri sayesinde, İDA'ların kontrolünün devri ve sürü şeklinde kullanılmasında mümkün olabilecektir.

3.4.1 Standart İDA Tasarımı

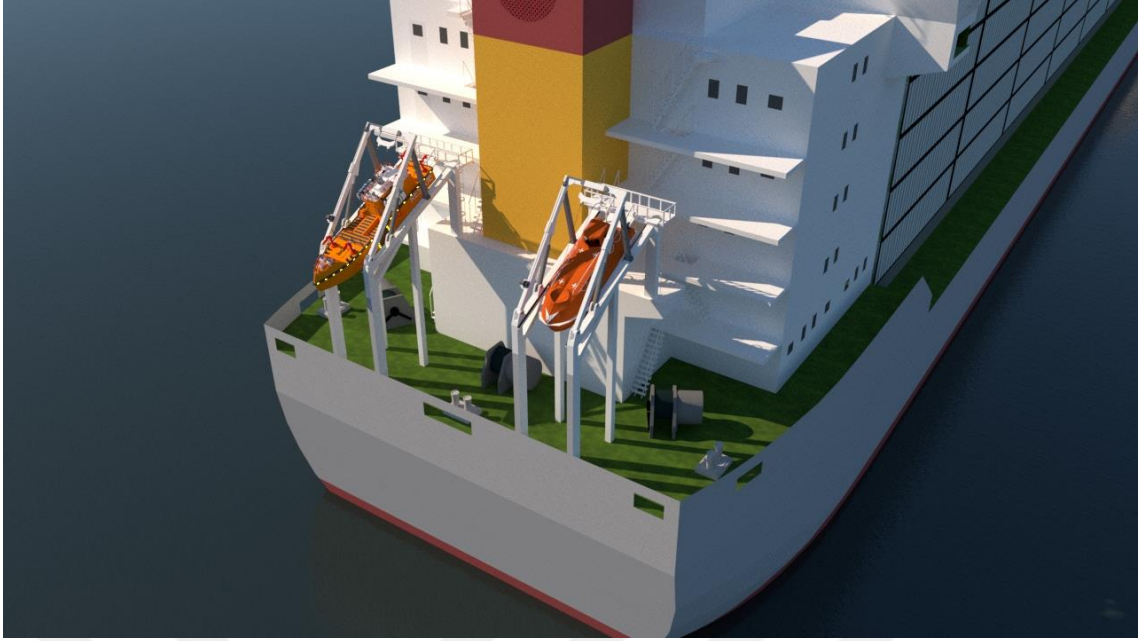
Bu tasarımın en temel farkı, gemi direği ve üzerindeki ekipmanların olmaması yada farklı yerleşimi. Gemi direğine yerleştirilecek olan kamere ve aydınlatma sistemleri gibi ekipmanlar, yüksekte bulunduğu için daha geniş alana etki edecektir. Aynı zamanda yüksekte bulunan iletişim ekipmanları, daha yüksek kontrol menzili sağlayacaktır. Bu standart tasarım, sürekli olarak denizde bekletilecek olan, kızak veya vinç yardımı ile denize indirilecek olan kavramsal İDA tasarımının standart modelidir.



Şekil 3.15 Limanda Standart Şekilde Suda Acil Müdahale İçin Bekleyen İDA

3.4.2 Serbest Düşüş İDA Tasarımı

Teknenin genel formu suyu burundan rahat karşılamak ve tamamen su geçirmez gövde yapısı ile serbest düşüş can sallarından (Free-fall Liferaft) esinlenerek tasarlanmıştır. Gemi direği olmayan bu İDA modeli, gemi ve platformlardan acil durum anında serbest düşüş yöntemi ile hızla denize bırakılabilir. Gemi direğinde bulunan tüm sistemler yine teknenin üzerinde mevcuttur ancak daha kısa menzili kapsayacak şekilde yerleştirilmiştir. Serbest düşüş anında zarar görme ihtimali yüksek olan gemi direği, aynı zamanda taşıyıcı olan asıl gemide fazladan alan kaplayacaktır. Bu gibi etkenler yüzünden, daha uygun bir kesit alanına sahip olan serbest düşüş İDA modeli, ticari, askeri, bilimsel gemilerde, hertürlü platformda rahatlıkla taşınabilecek ve etkili bir acil durum aracı olarak yerini alacaktır.



Şekil 3.16 Gemi Üzerinde Free-Fall (Serbest Düşüş) Konumda Acil Müdahale İçin Bekleyen İDA

3.5 Ekipman Maaliyeti ve Ekipmanların Yerleşim Planı

a- Ekipman Maaliyetleri

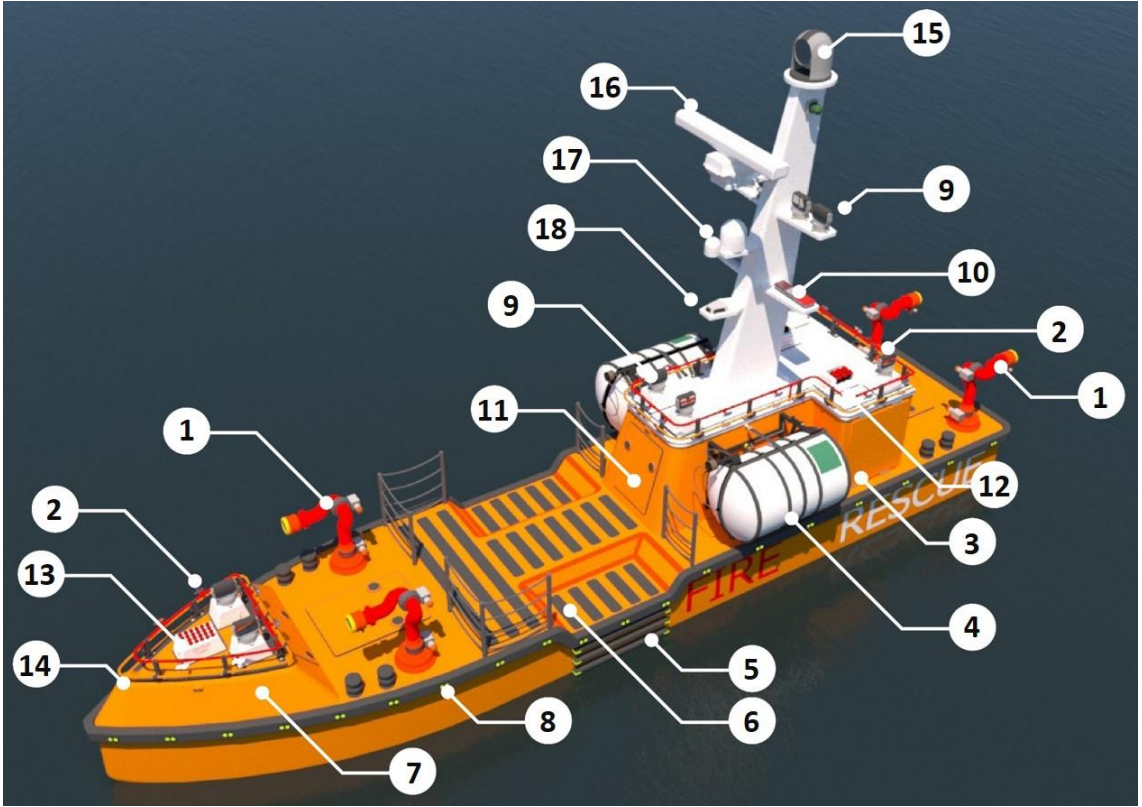
Bu çalışmada tekne üzerine yerleşimi yapılan ekipmanların ortalama maaliyet incelemesi yapılmıştır. İDA'nın toplam maaliyeti için bir yorum yapılmamıştır. Verilen maaliyet, teknenin ana ve yardımcı makineler dahil tüm üretim maaliyetini yansıtmamakta; sadece tekne üzerine donatılması gereken ekipmanların fiyat araştırması yapılmıştır. Elde edilen fiyatlar, ekipmanların günümüz piyasasındaki satınalma bedellerine dair ortalama fiyatlardır. Teknenin sıfırdan üretim maaliyet, ana ve yardımcı makineleri, tahrik sistemi, bataryaları ve standart donanımları bu fiyatlandırma içerisinde yer almamaktadır.

EKİPMANLAR	Satın Alma Maaliyeti (\$)		
	Minimum	Maksimum	Ortalama
Su Topları / Water Monitor - 4 Adet	48.000,00	60.000,00	54.000,00
Kendi Kendini Söndürme Ekipmanı - 19 Nozullu Sistem	7.500,00	9.500,00	8.500,00
Şişme Can Salları - 2 Adet	16.000,00	20.000,00	18.000,00
İşaret Fişeği Fırlatıcıları - 1 Adet(24 Fişeği Kapasiteli)	1.200,00	1.500,00	1.350,00
Duman Kandili Fırlatıcıları - 2 Adet(6 Duman Kandili Kapasiteli)	3.300,00	4.500,00	3.900,00
Çevre Aydınlatma Sistemleri - 10 Adet Bataryalı Projektör Işık	15.000,00	17.000,00	16.000,00
Tekne Aydınlatma Sistemleri	4.000,00	5.000,00	4.500,00
Otonom Seyir, Farkındalık ve Kamera Ekipmanları	120.000,00	160.000,00	140.000,00
Temiz Su Çekme Hortumu Mekanizması - 2 Adet	16.000,00	20.000,00	18.000,00
Kazazede Tırmanma Merdivenleri - 2 Adet	2.000,00	3.000,00	2.500,00
TOPLAM:	233.000,00	300.500,00	266.750,00

Tablo 3.1 Acil Durum Ekipmanları Maaliyet Tablosu

b- Ekipman Yerleşim Planı

Tekne üzerine kullanım güvenliği ve kolaylığı sağlayacak şekilde yerleşimi yapılan ekipmanların hepsi uzaktan kontrol edilebilir şekildedir. Görme, görülme ve müdahale amacı taşıyan ekipmanlar 233.000 \$ ila 300.500 \$ arasında bir maliyet ile satın alınabilir. Uygun tekne formuna sahip herhangi bir deniz aracı (Freefall life raft, 30-40 feet botlar vb.), tekne üzerine yapılacak işlemler haricinde, bu maliyet aralığında bu ekipmanlar ile teçhiz edilebilir.



Şekil 3.17 Tekne Üzeri Ekipman Yerleşim Planı

1- Su topları-Water Monitors, 2- Kendi kendini söndürme sistemi, 3- Temiz su çekme hortumu, 4- Şişirilebilir can salları, 5- Kazazede merdiveni, 6- Kazazede güvertesi, 7- Köpük tankları, 8- Tekne aydınlatma sistemi, 9- Çevre aydınlatma sistemi, 10- Acil durum ikaz lambaları, 11- Hayatta kalma teçhizatı deposu, 12- Duman kandili fırlatıcıları, 13- İşaret fişegi fırlatıcıları, 14- Farkındalık sensörleri-Kameralar, 15- Ana kamera sistemi, 16- Radar, 17- GPS, 18 - Sesli uyarı sistemi. Ek olarak; Su altında kapalı pervane sistemi ile tahrik sağlamak için 'Su Jeti Tahrik Sistemi' eklenmiştir.

4.1 Yangınla Mücadele Amaçlı Bir İnsansız Deniz Aracının Denizcilik Sektöründe Faydaları

Bu kapsamda incelenen geçmiş olaylar, araştırmalar ve gelecekte yaşanabilecek senaryolar dikkate alınarak planlanacak ve kullanıma alınacak bir insansız deniz aracının denizcilik sektörüne çok fazla faydası olacaktır. Yaşanabilecek maddi kayıpların önüne geçilmesi, sektörün daha güvenli ve etkili bir taşımacılık yöntemi olmasını sağlayacaktır. Kritik öneme sahip denizcilik tesislerinin daha fazla korunur hale gelmesine katkı sağlayabilecek bu sistem ile mevcut ekonomik düzenin ve lojistik altyapının zarar görmesi engellenecek ve gelecekteki muhtemel krizlerin önüne geçilecektir.

4.2 Yangınla Mücadele Amaçlı Bir İnsansız Deniz Aracının Tüm Sektörde Kullanıma Alınması

Yüzer deniz platformlarında serbest düşüş yöntemi ile aktif edilebilen İDA'lar sayesinde, denizde bu sistemi barındıran her araç için bağımsız bir yangınla mücadele katkısı sağlayacaktır. Birbirlerine yakın olan gemilerin, acil durumdaki bir gemiye çok sayıda İDA ile yardımda bulunabilmeside, acil durumlara müdahale süresi ve etkisini büyük oranda arttıracaktır.

Kıyı tesislerinde sürekli olarak bekletilen ve acil müdahaleye hazır olan İDA'lar ise tesislerin acil müdahale süresini ciddi oranda arttıracak ve önemi yüksek lojistik, enerji, depolama noktalarını korumaya alacaktır. Yangın riski yüzünden yaklaşılamayan noktalara yapılacak agrasif müdahale imkanı, felaketler büyümeden ve ciddi kayıplar yaşanmadan engellenebilecektir. Bu kapsamda standartlaştırılması mümkün ve maliyeti kabul edilebilir olan bu çözüm önerisi, can ve mal güvenliğini sağlayacak, denizcilik sektörünü koruyacaktır.

- [1] K. Abdurrahman, TÜYAK (Türkiye Yangından Korunma ve Eğitim Vakfı), Yangın Güvenliği ve Teknolojileri Dergisi, s 22-24, 2018, Sayı 4, ISSN:2587-0475.
- [2] K. Cullinane ve R. Bergqvist, “Emission control areas and their impact on maritime transport”, *Transp. Res. Part Transp. Environ.*, c. 28, ss. 1-5, May. 2014.
- [3] Strömgren, Michael; “The Status of Fire Safety Engineering in Europe”, *Fire Protection Engineering*, Q1, 2014.
- [4] Cote, Arthur E.; *History of Fire Protection Engineering*, Editor. K. Richardson, National Fire Protection Association, Quincy, MA, 2003.
- [5] Hao Chen, William C. Pittman, Logan C. Hatanaka, Brian Z. Harding, Adam Boussouf, David A. Moore, James A. Milke, M. Sam Mannan, Integration of process safety engineering and fire protection engineering for better safety performance, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Volume 37, 2015, Pages 74-81, ISSN 0950-4230.
- [6] Qi Yang, Jiaqi Zhang, Yu Gao, Xiaomeng Zhou, Haijun Zhang, Toward Better Halon Substitutes: Effects of H Content on Pyrolytic and Fire-Suppressing Mechanisms of Ozone-Friendly Fluorinated Alkanes, *Journal of Molecular Structure*, 2023, 135506, ISSN 0022-2860.
- [7] Magdiel A. Agüero-Tobar, Marcela C. González-Araya, Rosa G. González-Ramírez, Assessment of maritime operations efficiency and its economic impact based on data envelopment analysis: A case study of Chilean ports, *Research in Transportation Business & Management*, Volume 46, 2023, 100821, ISSN 2210-5395.
- [8] UNCTAD/RMT/2021, *Review of Maritime Transport 2021 Raporu*, UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development), United Nations Publications, ISBN: 978-92-1-113026-3, ISSN: 0566-7682.
- [9] Peiru Chen, Zhipeng Zhang, Yujie Huang, Lei Dai, Hao Hu, Risk assessment of marine accidents with Fuzzy Bayesian Networks and causal analysis, *Ocean & Coastal Management*, Volume 228, 2022, 106323, ISSN 0964-5691.
- [10] Jinxian Weng, Ying En Ge, and Hao Han, “Evaluation of Shipping Accident Casualties using Zero-inflated Negative Binomial Regression Technique”, *The Journal Of Navigation* (2016), 69, 433–448.
- [11] Jerry Paul Sheppard, Jesse Young, An essential stupidity-based review of the Deepwater Horizon disaster, *Business Horizons*, Volume 66, Issue 1, 2023, Pages 65-73, ISSN: 0007-6813.
- [12] “Deepwater Horizon Marine Casualty Investigation Report”, Republic of the Marshall Islands, Office of the Maritime Administrator, Official Number:2213
- [13] Kujawinski, Elizabeth B.; Kido Soule, Melissa C.; Valentine, David L.; Boysen, Angela K.; Longnecker, Krista; Redmond, Molly C. "Fate of Dispersants Associated with the Deepwater Horizon Oil Spill". *Environmental Science & Technology*. 45 (4): 1298–1306.

- [14] NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration), Körfez Sızıntısı Takip Sayfası, website: <https://www.gulfspillrestoration.noaa.gov/> [Erişim: 19.03.2023]
- [15] BOEM(Bureau of Ocean Energy Management), Amerika Birleşik Devletleri'nin Açık Deniz Sondajlarını ve Platformlarını Denetleyen, Düzenleyen Teftiş Organı, websitesi: <https://www.boem.gov/> [Erişim: 23.03.2023]
- [16] NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), Deepwater Horizon Kazası Sonrası Gerçekleşen Petrol Sızıntısının Etkilediği Alanları Gösteren Harita, website: <https://response.restoration.noaa.gov/about/media/mapping-fallout-deepwater-horizon-oil-spill-developing-one-tool-bring-unity-response.htm> [Erişim:23.03.2023]
- [17] "Eye Of Fire" Hadisesi Haber Kaynağı: <https://www.dailymail.co.uk/news/article-9751423/Ocean-flames-Gulf-Mexico-gas-leak-underwater-pipeline-sparked-fire.html> [Erişim:23.03.2023]
- [18] Ghina Tahesh, Harith Abdulsattar, Maya Abou Zeid, Chen Chen, Risk perception and travel behavior under short-lead evacuation: Post-disaster analysis of 2020 Beirut Port Explosion, International Journal of Disaster Risk Reduction, Volume 89, 2023, 103603, ISSN 2212-4209.
- [19] NASA(National Aeronautics and Space Administration), Satellite-derived Synthetic Aperture Radar Data of Beirut Explosion Prepared by NASA's Advanced Rapid Imaging and Analysis (ARIA) Team, in collaboration with the Earth Observatory of Singapore, website: <https://www.nasa.gov/feature/jpl/nasa-maps-beirut-blast-damage>
- [20] Srinivas Sivaraman, Surendar Varadharajan, Investigative consequence analysis: A case study research of Beirut explosion accident, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Volume 69, 2021, 104387, ISSN 0950-4230.
- [21] Fadi Malak, Ahmad Rifai, Rana Baydoun, Bilal Nsouli, Dimitar Dimitrov, Chemical safety and security after Beirut Port explosion: Part1 - State of the art of legal framework and authorization policy, Safety Science, Volume 144, 2021, 105456, ISSN 0925-7535.
- [22] UN(United Nations - Birleşmiş Milletler), Resmi Organizasyon Sistem Şeması website: <https://www.un.org/en/delegate/page/un-system-chart>
- [23] IMO (International Maritime Organization - Uluslararası Denizcilik Örgütü), Resmi İçerik Bilgilendirme Sayfası, SOLAS (Safety of Life at Sea) Anlaşması - Bölüm-II, website: <https://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Pages/summaryofsolaschapterii-2-default.aspx>
- [24] Gao, D.; Xie, W.; Bao, C.; Liu, B.; Zhuang, J. A Control Method for Water Cannon of Unmanned Fireboats Considering Wind and Ship Motion Disturbances, Journal of Marine Science and Engineering, 2023, 11, 445.
- [25] NFPA(National Fire Protection Association) 13 Standards (Standard for the Installation of Sprinkler Systems), website: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=13>
- [26] "International Life-Saving Appliance (LSA) Code [Under the auspices of the International Convention for the Safety of Life at Sea [SOLAS] of 1 November 1974] (London, 4 June 1996) [1998]

- [27] Boat U.S. Vakfina (Devlet Vakfı) ait Paraşütlü İşaret Fişegi Tespit Menzili, website: <https://www.boatus.org/distress-signals/> [Erişim: 27.03.2023]
- [28] IMO Himayesinde, Denizde Çarpışmayı Önleme “COLREGS” Sözleşmesi (Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea), website: <https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/COLREG.aspx>
- [29] Koley, G.; Tayarani Bathaie, S.N.; Rybin, V.; Kulagin, M.; Karimov, T. Design of Small Unmanned Surface Vehicle with Autonomous Navigation System. *Inventions MDPI* 2021, 6, 91.
- [30] Xiangyang Zhou, Yibing Xin, Sergey Dorofeev, Evaluation of automatic water cannon for fire protection of low-piled storage in high-clearance facilities, *Fire Safety Journal*, Volume 120, 2021, 103080, ISSN 0379-7112.
- [31] Omer Berkehan Inal, Jean-Frédéric Charpentier, Cengiz Deniz, Hybrid power and propulsion systems for ships: Current status and future challenges, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 156, 2022, 111965, ISSN 1364-0321.
- [32] Hailong Shen, Qing Xiao, Jin Zhou, Yumin Su, Xiaosheng Bi, Design of hydrofoil for the resistance improvement of planing boat based on CFD technology, *Ocean Engineering*, Volume 255, 2022, 111413, ISSN 0029-8018

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Konferans Bildirileri

1. D. Yiğit, U.B. Çelebi. 'Conceptual Design of an Unmanned Surface Vessel for Fire Fighting', 8. Uluslararası Başkent Fen, Mühendislik ve Uygulamalı Bilimler Kongresi Bildiriler Kitabı, Ankara, Türkiye, 4-6 Şubat 2023, ss:44-51, ISBN: 978-975-00544-5-7

