

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DENİZ ULAŞTIRMA İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**GEMİLERDE YAKIT TÜKETİMİNİ AZALTMAYA YÖNELİK STRATEJİK
KARAR VERME YAKLAŞIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Dilek BALAMAN

**MART 2025
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DENİZ ULAŞTIRMA İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**GEMİLERDE YAKIT TÜKETİMİNİ AZALTMAYA YÖNELİK STRATEJİK
KARAR VERME YAKLAŞIMI**

Dilek BALAMAN

ORCID : - - -

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"DENİZ ULAŞTIRMA İŞLETME YÜKSEK MÜHENDİSİ"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 14 / 02 / 2025

Tezin Savunma Tarihi : 20 / 03 / 2025

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Sercan EROL

ORCID : - - -

İkinci Danışman : Doç. Dr. Ünal ÖZDEMİR

Trabzon 2025

ÖNSÖZ

“Gemilerde Yakıt Tüketimini Azaltmaya Yönelik Stratejik Karar Verme Yaklaşımı” isimli bu tez Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Programı’nda hazırlanmıştır.

Tez çalışmam boyunca hiçbir desteğini esirgemeyen ve bilim insanı olma yolundaki ilk adımlarımı atarken kıymetli bilgileriyle ve tecrübesiyle yolumu aydınlatan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Sercan EROL’a teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca, yapıcı eleştirileri ve önerileri ile tezime büyük katkıları bulunan saygıdeğer ikinci danışmanım Sayın Doç. Dr. Ünal Özdemir’e, İNCE Denizcilik’e, ER Denizcilik’e ve BOREALIS Denizcilik’e teşekkür ederim.

Tez çalışması sürecinde bana desteklerini esirgemeyen Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Bölümü’ndeki tüm değerli hocalarıma, asistan arkadaşlarıma ve Kaptan Songül SARIALIOĞLU’na teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca her kararında arkamda olan, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve bugünlere gelmemde en büyük paya sahip olan anneme, babama, kardeşlerime teşekkür eder, minnettarlığımı sunarım. Son olarak her zaman beni destekleyen ve yanımda olan eşim Ayberk BALAMAN’a teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasının bundan sonraki çalışmalara katkı sağlamasını temenni ederim.

Dilek BALAMAN

Trabzon 2025

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Gemilerde Yakıt Tüketimini Azaltmaya Yönelik Stratejik Karar Verme Yaklaşımı” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Sercan EROL’un sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 20/03/2025

Dilek BALAMAN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Sürdürülebilirlik Kavramı ve Denizcilikte Sürdürülebilir Kalkınma.....	1
1.1.1. Mavi Ekonomi ve Mavi Büyüme.....	7
1.1.2. Sürdürülebilir Denizyolu Taşımacılığı.....	10
1.1.3. Mevzuat Yapısı ve Yasal Yükümlülükler	13
1.2. Gemi Makineleri ve Gemi Yakıt Türleri, Alternatif- Sürdürülebilir Yakıt Kavramı ve Emisyonlar.....	25
1.2.1. Gemi Makineleri	26
1.2.2. Gemi Yakıt Türleri.....	28
1.2.3. Alternatif Yakıtlar ve Sürdürülebilir Yakıtlar.....	31
1.2.4. Gemilerde Yakıt Tüketimini Etkileyen Faktörler	34
1.2.5. Gemilerde Yakıt Tasarrufunun Önemi ve Enerji Verimliliği	36
1.2.6. Gemilerden Kaynaklanan Emisyonlar	37
1.3. Bulanık Mantık.....	39
1.3.1. Bulanık Kümeler ve Üyelik Dereceleri.....	40
1.4. Bulanık Sayılar.....	43
1.4.1. Üçgen Bulanık Sayılar	44
1.4.2. Üçgen Bulanık Sayılarda İşlemler	45
1.4.3. Bulanık Sayılarda Durulaştırma.....	46
1.5. Karar Verme Süreci.....	47
1.6. Çok Kriterli Karar Verme.....	48
1.7. Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme.....	49
1.7.1. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP)	49

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	54
2.1. Gemilerde Yakıt Tüketimini Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi	55
2.2. Karar Vericilerin Belirlenmesi ve Anket Uygulaması	58
2.3. Uzman Görüşlerinin Üçgensel Bulanık Sayılara Dönüştürülmesi	60
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	73
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	99
5. KAYNAKLAR	103
6. EKLER.....	111
ÖZGEÇMİŞ	



Yüksek Lisans

ÖZET

GEMİLERDE YAKIT TÜKETİMİNİ AZALTMAYA YÖNELİK STRATEJİK KARAR VERME YAKLAŞIMI

Dilek BALAMAN

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Sercan EROL
2025, 110 Sayfa, 12 Sayfa Ek

Küresel deniz ticaretinin büyük bir bölümünün denizyolu ile yapılması gemilerin çevreye olan olumsuz etkilerini artırmaktadır. Gemilerde kullanılan ağır yakıtlardan kaynaklanan emisyon değerlerinin çevreye verdiği zararlar oldukça fazladır. Uluslararası Denizcilik Örgütü'nün (IMO) gemi yakıtlarından kaynaklı emisyonlar için yaptığı düzenlemeler küresel denizcilik sektöründe dikkat edilmesi gereken bir konudur. Gemi yakıtlarından kaynaklanan çevresel zararları ortadan kaldırmak için ve sürdürülebilirliği devam ettirebilmek için yakıt tüketimine etki eden önemli faktörlerin bilinmesi gerekmektedir. Bu amaçla hazırlanan çalışmada 8 ana kriter ve bu ana kriterlerin altlarında 62 alt kriter karşılaştırılarak gemilerde yakıt tüketimini etkileyen en önemli faktörler belirlenmek istenmiştir. Çalışma sonucunda Ana makine türü (Dizel, turbo şarj...) faktörünün yakıt tüketimini etkileyen en önemli faktör olduğu sonucu elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Gemi yakıtları, BAHP, Denizcilik

Master Thesis

SUMMARY

A STRATEGIC DECISION-MAKING APPROACH TO REDUCE FUEL CONSUMPTION IN SHIPS

Dilek BALAMAN

Karadeniz Technical University
Maritime Transportation and Management Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Sercan EROL
2025, 110 Pages, 12 Pages Appendix

The substantial volume of global maritime trade performed through sea routes exacerbates the adverse environmental effects of vessels. The emissions from heavy fuels utilized in maritime vessels inflict considerable damage on the environment. The International Maritime Organization (IMO) laws concerning emissions from ship fuels represent a significant concern that requires to be addressed within the global maritime industry. To mitigate the detrimental impacts caused by maritime fuels and ensure sustainability, it is critical to understand the key elements influencing the consumption of fuel. The study conducted for this aim analyzed 8 primary criteria and 62 sub-criteria to determine the most significant aspects influencing the consumption of fuel in ships. As a result of the study, it was concluded that the main engine type (diesel, turbocharger...) is the most important factor affecting fuel consumption.

Key Words: Sustainability, Ship fuels, FAHP, Maritime

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Sürdürülebilirlik unsurları	2
Şekil 2. Mavi büyüme adımları	9
Şekil 3. MARPOL Ek VI (NOx emisyon kontrolü) düzenleme 13 kapsamında belirlenen Emisyon Kontrol Alanları (ECA).....	12
Şekil 4. İklim değişikliği	14
Şekil 5. SEEMP aşamaları.....	16
Şekil 6. Gemi enerji verimliliği çerçevesi	17
Şekil 7. Talep edilen EEDI konsepti, azalma faktörü, kesim limitleri ve EEDI fazları	18
Şekil 8. Yakıt türleri	29
Şekil 9. Gemi yakıtları.....	30
Şekil 10. Artık ve damıtık yakıtlar	31
Şekil 11. Klasik küme örneği	41
Şekil 12. Bulanık küme örneği.	42
Şekil 13. Bulanık küme örnekleri	43
Şekil 14. Üçgensel bulanık sayıların grafik olarak gösterimi.....	45
Şekil 15. Gemilerde yakıt tüketimini etkileyen faktörler için hiyerarşik karar verme modeli	60
Şekil 16. Buckley yaklaşımı ile teknik özellikler ve uygulama	79
Şekil 17. Chang yaklaşımı ile teknik özellikler ve uygulama	80
Şekil 18. Buckley yaklaşımı ile makine operasyon uygulamaları.....	81
Şekil 19. Chang yaklaşımı ile makine operasyon uygulamaları.....	82
Şekil 20. Buckley yaklaşımı ile gemi gövde formu (teknenin kondisyonu)	83
Şekil 21. Chang yaklaşımı ile gemi gövde formu (teknenin kondisyonu)	84
Şekil 22. Buckley yaklaşımı ile bakım tutum ve regülasyonlar	85
Şekil 23. Chang yaklaşımı ile bakım tutum ve regülasyonlar	86
Şekil 24. Buckley yaklaşımı ile stabilite	87
Şekil 25. Chang yaklaşımı ile stabilite	88
Şekil 26. Buckley yaklaşımı ile çevresel etkiler ve sefer durumu.....	89
Şekil 27. Chang yaklaşımı ile çevresel etkiler ve sefer durumu.....	90
Şekil 28. Buckley yaklaşımı ile gemi kullanımı, personel etkisi.....	91

Şekil 29. Chang yaklaşımı ile gemi kullanımı, personel etkisi	92
Şekil 30. Buckley yaklaşımı ile pervane	93
Şekil 31. Chang yaklaşımı ile pervane	94
Şekil 32. Buckley yöntemi ile en önemli ilk 15 kriter.....	96
Şekil 33. Chang yöntemi ile en önemli ilk 15 kriter.....	97



TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Sürdürülebilirlik ilkeleri.....	3
Tablo 2. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri	6
Tablo 3. TIER I, II, III.....	15
Tablo 4. Yakıt tüketimini etkileyen faktörler	34
Tablo 5. Gemilerden kaynaklanan emisyonlar	37
Tablo 6. Araştırma model safhaları	54
Tablo 7. Kriterlerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel ifadeler ve bunların bulanık sayılarla karşılıkları	54
Tablo 8. Gemilerde yakıt tüketimini etkileyen kriterler	55
Tablo 9. Uzman profilleri	58
Tablo 10. Uzman 1 tarafından doldurulan teknik özellikler ve uygulama anketi	61
Tablo 11. Uzman 1 teknik özellikler ve uygulama bulanık ağırlıkları	62
Tablo 12. Teknik özellikler ve uygulamaların satır geometrik ortalamaları	63
Tablo 13. Bulanık ağırlıklı karar matrisi	63
Tablo 14. Teknik özellikler ve uygulama durulaştırılmış değerleri	63
Tablo 15. Teknik özellikler ve uygulama Buckley yaklaşımıyla değerleri	64
Tablo 16. Teknik özellikler ve uygulama satır toplam bulanık ağırlıkları	64
Tablo 17. Sentetik boyut (yapay büyüklük) değerleri	65
Tablo 18. Normalize edilmemiş W' ağırlık vektörleri	65
Tablo 19. Teknik özellikler ve uygulama Chang yaklaşımıyla değerleri.....	66
Tablo 20. Uzman 1'in Buckley yaklaşımı ile tüm kriterler için değerlendirmesi	66
Tablo 21. Uzman 1'in Chang yaklaşımı ile tüm kriterler için değerlendirmesi	69
Tablo 22. Uzman 1'e ait ilk 5 kriter Buckley yaklaşımı	72
Tablo 23. Uzman 1'e ait ilk 5 kriter Chang	72
Tablo 24. Buckley yöntemi ile tüm kriterler	73
Tablo 25. Chang yöntemi ile tüm kriterler	76
Tablo 26. Buckley yaklaşımına göre ilk 15 kriter	95
Tablo 27. Chang yaklaşımına göre ilk 15 kriter	95

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
BAHP	: Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi
BM	: Birleşmiş Milletler
BMİDÇS	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
CII	: Karbon Yoğunluğu Göstergesi (Carbon Intensity Indicator)
CO	: Karbonmonoksit
CO ₂	: Karbondioksit
COP	: Taraflar Konferansı
ÇAKV	: Çok Amaçlı Karar Verme
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
ÇÖNKV	: Çok Öz Nitelikli Karar Verme
DNV GL	: Det Norske Veritas and Germanischer Lloyd
DWT	: Detveyt Ton
ECA	: Emisyon Kontrol Alanları
EEDI	: Enerji Verimliliği Tasarım Endeksi
EEOI	: Gemilerde Operasyonel Enerji Verimliliği Energy Efficiency Operating Indicator
EEXI	: Mevcut Gemilerin Enerji Verimliliği Endeksi
EPM	: Makine İşletme İzleme Sistemi (Engine Performance Monitoring)
GHG	: Sera Gazı Emisyonu (Greenhouse Gas)
GT	: Gros Ton
HC	: Hidrokarbon
HFO	: Ağır Yakıt (Heavy Fuel Oil)
IFO	: Orta Yakıt (Intermediate Fuel Oil)
IMO	: Uluslararası Denizcilik Örgütü
INDC	: Ulusal Katkı Beyanlarını
IUCN	: Uluslararası Doğayı Koruma Birliği (International Union for the Conservation of Nature)
JIT	: Tam Zamanında Varış (Just-in-Time)

LNG	: Sıvılaştırılmış Doğalgaz
LPG	: Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
MARPOL	: Denizlerin Gemiler Tarafından Kirlenmesinin Önlenmesine Ait Uluslararası Sözleşmesi
MEPC	: Deniz Çevre Koruma Komitesi
MFO	: (Marine Fuel Oil)
MGO	: (Marine Gas Oil)
MRV	: İzleme, Raporlama ve Doğrulama sistemi (Monitoring, Reporting and Verification)
NO _x	: Azot Oksitler
ORC	: Organik Rankine Çevrimi (Organic Rankine Cycle)
PM	: Partikül Madde (Particulate Matter)
RPM	: Dakikadaki Dönüş Sayısı (Revolutions per Minute)
SEEMP	: Gemide Enerji Verimliliği Yönetim Planı (Ship Energy Efficiency Management Plan)
SKH	: Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi
SO _x	: Sülfür Oksitler
TDK	: Türk Dil Kurumu
UAB	: Ulaştırma Altyapı Bakanlığı
UNCTAD	: Birleşmiş Milletler Kalkınma ve Ticaret Konferansı
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı
URL	: Standart Kaynak Bulucu (Uniform Resource Locator)
VPM	: Gemi İzleme Sistemi (Vessel Performance Monitoring)
WHRS	: Atık Isı Geri Kazanımı (Waste Heat Recovery Systems)

1. GENEL BİLGİLER

Çağımızın en büyük problemi atmosferik sıcaklık yükselmesini 1.5 °C’de tutabilmektir. 1.5 °C’nin üzerinde bir sıcaklık artışı dünyamızın tamamen değişim göstermesi demektir. Kömür, petrol ve doğalgaz tüketimi sonlandırılmadıkça ısınmayı azaltmak mümkün değildir. 2020 yılından bu yana atmosferdeki CO₂ oranı milyonda 416 moleküldür (416 ppm). Bu oran her yıl 2-3 ppm artmaktadır. Eğer fosil yakıt tüketimi durdurulmazsa bu oran 450 ppm’i geçecek ve sıcaklık artışı 2 °C’ye ulaşacaktır (Yalçın, 2021).

Yalçın (2021) çalışmasında, toplumsal, çevresel ve teknik anlamda sürdürülebilirliğin ortak bir paydada uygulanması gerektiğini belirtmiştir. Alınabilecek önlemler arasında su kaynaklarını eşit ve verimli kullanmak, fosil yakıt harcamasını durdurup sürdürülebilir kaynaklara eğilmek, kullanılacak ürünleri karbon ayak izine ve su ayak izine göre belirlemek, sürdürülebilir tarıma yönelmek, turizm sektörünü iklim krizine karşı sağlam hale getirmek, atık üretimini düşürmek belirgin hale gelmektedir.

Denizcilik sektörü ticari yük taşımacılığında önemli bir yere sahiptir. Hacim olarak dünya ticaretinin %80’i denizyolu ile sağlanmaktadır. Bu durum denizcilik filosunda artışa sebep olmuştur. Filo gemilerindeki artış denizcilik sektörü kaynaklı atmosfere salınan zararlı gazların da artışına sebep olmaktadır (Uyanık, 2022). Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) atmosfere salınan zararlı gazların azaltılması ve enerji verimliliğini artırmak için çeşitli düzenlemeler ortaya koymuştur (Chen vd. 2019).

Bu bilgiler ışığında, sürdürülebilir alternatif yakıtların kullanımı teşvik edilmekte ve artmaktadır.

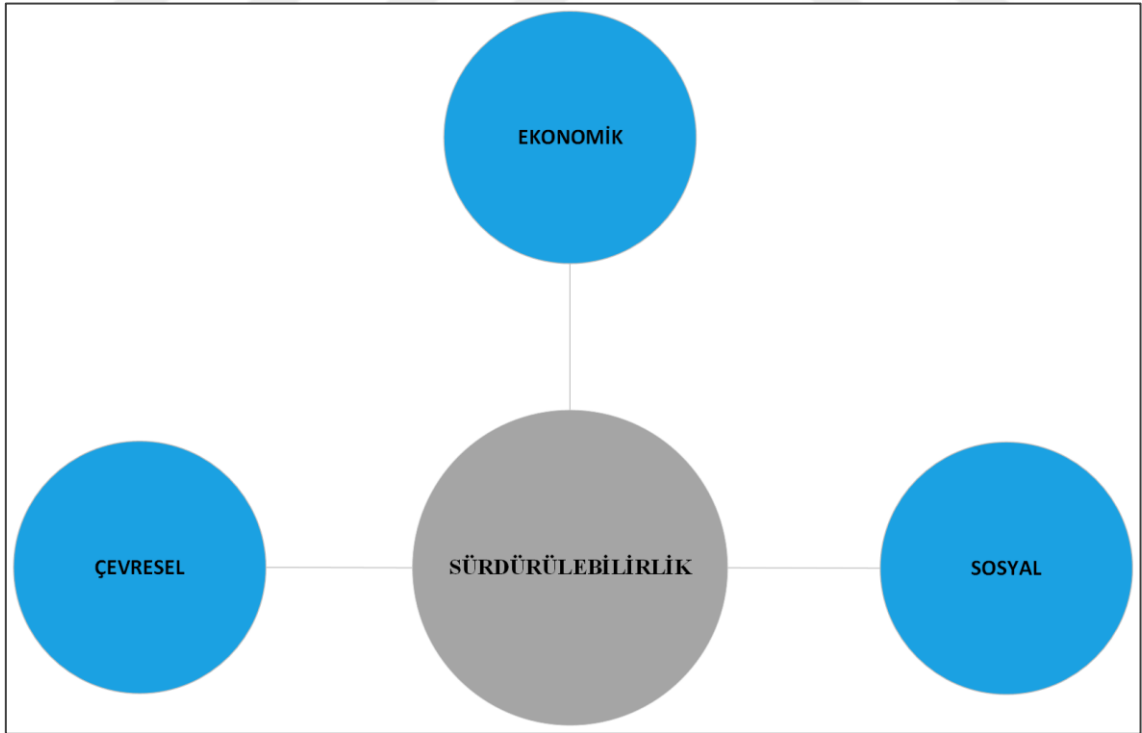
1.1. Sürdürülebilirlik Kavramı ve Denizcilikte Sürdürülebilir Kalkınma

Dünya Doğayı Koruma Birliği (IUCN)’nin 1982 yılında kabul ettiği Dünya Doğa Şartı Beyannamesinde ilk defa sürdürülebilirlik kavramı vurgulanmıştır. Sürdürülebilirlik kavramı; canlıların, atmosferin, ekosistem kaynaklarının en uygun şekilde devam ettirilebilir olacak biçimde yönetilmeleri gerektiğini fakat bu sağlanırken de çeşitliliğin korunmasını ve

ekosistemi tehdit etmeyecek biçimde yapılmasını göz önünde bulundurmaktadır (Pamuk ve Kuruoğlu, 2016).

Türk Dil Kurumu (TDK)'na göre sürdürülebilirlik sözcüğü “bir durum veya herhangi bir şeyin devam etmesini sağlamak” olarak tanımlanmıştır (TDK, 2022). Genel anlam olarak sürdürülebilirlik kavramı bir durum veya bir sürecin belirsiz bir süre boyunca sürdürülebilme sığasını ifade etmektedir (WordNet, 2008). Esasta sürdürülebilirlik; ekolojinin ve ekolojik sistemlerin fonksiyon, süreç ve üretkenliğini ileride de devam ettirebilme becerisi olarak anlaşılmaktadır (Chapin, Torn ve Tateno, 1996). Doğal kaynakların bizatihi olarak yenilenebilmelerine imkân verecek süratte kullanılmasıyla sürdürülebilirliğin devam edebileceği düşünülmektedir. Sürdürülebilirlik toplumsal açıdan, mevcut insan neslinin gereksinimlerinin ileriki kuşakların gereksinimlerini karşılama imkanına zarar vermeden karşılamak olarak tanımlanabilir (UN, 2008).

Nüfus artışı ile sanayileşmenin hızlanması, tabii kaynakların, kontrol edilemez bir şekilde hatta acımasızca kullanılmasına sebep olmuştur. Sürdürülebilirlik temel olarak bu duruma dur demek; mevcut kaynakların kontrol altında tutularak tüketilmesini sağlamaktır. Sürdürülebilirlik tabiata verilen hasarı minimize etmeye çalışan, hatta sıfırlamayı hedefleyen bir felsefedir (URL 1).



Şekil 1. Sürdürülebilirlik unsurları

Sürdürülebilirlik kavramını Alman ormancı olan Hans Carl Von Carlowitz ilk kez uzun mühletle ormanların nasıl yönetilmesi gerektiği ile ilgili olarak çevresel bir bağlamda kullanmıştır. Değerli doğal kaynakları koruma vurgusu, tropik bölgelerde halen korunan bir tabiat ve yaban hayatına yönelik etik ve beğenilen sömürge çevre politikaları bağlamında da ehemmiyet arz etmektedir (Yalçıntaş, Gülmez ve Özeltürkay, 2021).

Sürdürülebilirlik kavramı dar gelirli toplumlar için gelişmiş ekonomik ve sosyal iyileşme imkanına sahip olmayı vadetmiştir. Ayrıca tabiatın korunmasının kıymetini de vurgulamıştır. Ekonomik gelişmenin çevreye zarar veren usullerle yapılmaması gerektiğini belirtmiştir (Paul, 2008; Ayrancı, 2017).

En basit tanımıyla sürdürülebilirlik, günümüzde ve gelecekte insanların refahını arttırmak için bir arayış çabasıdır. Çok boyutlu bir kavram olan sürdürülebilirlik; insanlığa ait sosyal, kültürel, fiziksel, doğal ortak değerlerin bütünlüğünü korumak, varlığını devam ettirmektir (Malatyalı, 2023). Sürdürülebilirlik kavramı, Yavuz (2010)'a göre, sürdürülebilir ekonomi açısından kalkınma kavramıyla birlikte değerlendirildiğinde, üretim faaliyetinin etrafa olan etkilerine karşı sorumlu olmak ve yenilenebilir kaynakların üretim sürecinde kullanılması olarak anlatılmaktadır.

İnsanlığa ait ortak değerlerin bütünlüğünü korumayı ve devam ettirmeyi amaçlayan sürdürülebilirlik kavramının ilkeleri bulunmaktadır. Bu ilkeler, bilhassa ileriki nesiller için huzurlu bir hayatla sürekliliği olacak bir kültür oluşturmayı hedeflemektedir. Sürdürülebilirlik ilkeleri temelde üretim ve tüketim esnasında diğer canlıların haklarına hürmet etmektir. Tüm canlılar ve toplum için yaşanabilir bir dünya oluşturmayı amaçlayan sürdürülebilirlik ilkeleri şu şekilde sıralanmaktadır:

Tablo 1. Sürdürülebilirlik ilkeleri, Kaynak: Yüksel, 2024

Gereğince al ve sarfet
Tüketim esnasında diğer canlıların gereksinimlerini de göz önünde bulundur
Yenilenebilir enerji tercih et ve verimli kullan
Geri dönüştürülebilen ürünleri kullan
Hareketlerinin neticelerini hesaplayarak ilerle
Üretilen atıkları başka faydalar için kullan veya sıfırla

1970’li yıllarda meydana gelen sanayi devrimi ile baş gösteren sistemlerin uzun vadede kullanılamaması sorunu günümüzü etkilemektedir. Sanayi devrimi öncesi buharlı makinelerin bulunmaması, savaşıardan dolayı nüfusun yoğunluğunun azlığı, buna bağılı olarak tüketimin az olması gibi sebeplerle oluşın problemler minimum düzeydedir. Ancak muayyen bir süreçte birçok sanayi dalının artması, plansız ve hızlı şekilde dünyanın büyümesi ve seri nüfus artışına koşut olarak tabii kaynakların azalması, yenilenebilir olmayan malzeme ve enerjinin üretilmesi; birlikte çevre kirliliğı, küresel ısınma benzeri insan sağılını ve çevreyi tehdit eden problemlerin oluşmasına sebep olmuştur. Birleşmiş Milletler (BM) bu sorunlar için milletlerarası, milli ve yerel ölçekli incelemeler ve toplantılar tertip etmeye başlanmıştır.

Sürdürülebilirliğıın tarihsel gelişiminde önemli dönüm noktalarını ve uluslararası konferansları bir araya getirerek, çevresel, sosyal ve ekonomik boyutların entegrasyonunun gerekliliğini vurgulamaktadır. 1972 Stockholm Konferansı ile başlayan süreç, sürdürülebilir kalkınma kavramının uluslararası düzeyde tanınmasına katkıda bulunmuş, 1987’de yayımlanan Brundtland Raporu ile tanımı netleşmiştir. İlerleyen yıllarda Kyoto Protokolü (1997) gibi bağlayıcı anlaşmalar, iklim değışikliğı ile mücadelede devletler arası sorumlulukları belirlemiştir. 2002 Johannesburg Zirvesi ve 2012 Rio+20 konferansları, global yoksullukla mücadele ve kaynak yönetimi konularında yeni yaklaşımlar ortaya koymuştur. Ayrıca, 2015 Paris İklim Anlaşması, küresel sıcaklık artışını sınırlandırma hedefiyle ülkelerin ulusal katkılarını belirlemesine olanak tanımıştır. Ancak, bu konferanslar ve anlaşmalara rağmen sürdürülebilirliğıın sağılanması küresel eşitsizlikler, iklim değışikliğıının etkileri ve sosyal adalet gibi zorluklar hâlâ ön planda durmaktadır. Sürdürülebilirlik, çevresel ve toplumsal konulara odaklanırken, sürdürülebilir kalkınma bu ilkeleri ekonomik büyümeyle birleştirerek uygulamaya koymayı amaçlar. İkisinin birleşimi, daha sağılıklı ve dengeli bir gelecek için gereklidir.

Sürdürülebilir kalkınma kavramı, sanayi reformuyla başlamış ve bugün de sürmektedir. Bu kavram ham maddenin işlenmesi süreçlerinin, sadece ekonomik menfaatle ilgili, uzun mühlette sosyal ve çevresel ilerlemenin önünü kesen sisteme başka bir seçenek olarak ileri sürülmüştür. Kavramın kabul edilme süreci, 1970’li ve 1980’li yıllardan süre gelen bir dizi milletlerarası konferansta konuşulması ile olmuştur. Kavramın ortaya çıkışı Club of Rome tarafından “‘Büyümenin Sınırları” adlı bildiri ile gerçekleşmiştir. Bu bildiri, 21.yy’da insanlığı tehdit eden unsurlar üzerinde durmaktadır (Meadows ve Meadows, 1972; Akgül, 2010).

Sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma kavramlarının gelişimini sağlayan ikinci adım olan 113 devletin ve 19 uluslararası organizasyondan katılımcının iştiraki ile Birleşmiş Milletler İnsan ve Çevre Konferansı da 5-16 Haziran 1972 yılında Birleşmiş Milletler 'in çatısı altında Stockholm'de yapılmış olup bu konferansta insan ve çevre arasındaki bağın daha çok görüşülmesini sağlamıştır (Akgül,2010).

Brundtland Raporu 1987 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'na hazırlanmış olup, raporda sürdürülebilir kalkınma ‘‘Bugünün ihtiyaçlarını, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılama kabiliyetinden ödün vermeden karşılayan kalkınma’’ olarak tanımlamıştır ve bu tarihten sonra bolca kullanılmaya başlanmıştır (Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi, Johannesburg, 2002; Drexhage ve Murphy, 2010; Gültepe Mataracı, 2016). Sürdürülebilir kalkınma, bir toplumun ekonomik ve sosyal açıdan ilerleme göstermesinin sürekliliğini sağlamak için gösterdiği iradenin en uygun düzeyde ve doğru şekilde hayata geçirilip geçirilmediğinin sorgulanmasıdır (Malatyalı, 2023). Sürdürülebilir kalkınma, küreselleşme olgusu üzerinde durulduğunda tüm işkolları için önemlidir.

Ayrıca 2005 Dünya Zirvesinde Birleşmiş Milletler sürdürülebilir kalkınmayı üç başlıkta tasvir etmiştir. Bu başlıklar; çevrenin korunması, ekonomik kalkınma ve sosyal kalkınmadır (UN, 2005). Bu açıklamalar ışığında sürdürülebilir kalkınmanın unsurları çevre, enerji, ekonomi ve gelecek nesiller olarak gösterilebilir (Yeni, 2014).

2015 yılında tüm Birleşmiş Milletler üye devletleri tarafından kabul edilen 2030 sürdürülebilir kalkınma gündemi, günümüz ve ileriki nesiller ve dünya için refah ve barış amaçlayan müşterek bir plandır. Planda, global müşterekler bulunduran gelişmekte olan ve gelişmiş tüm ülkelerin ivedi eylem daveti olan 17 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi (SKH) bulunmaktadır. BM, yoksulluğu sona erdiren, eğitimi ve sağlığı iyileştiren, ekonomik büyümeyi teşvik eden ve eşitsizliği ortadan kaldıran taktiklerle ilerlemesi gerektiğinin farkındadır. Bunun yanı sıra okyanusları ve ormanları korumaya çalışıp, iklim değişikliğiyle mücadele etmektedir. BM, sürdürülebilir kalkınmayı bütünleşik olarak üç boyutta (ekonomik, sosyal ve çevresel) gerçekleştirmede oldukça kararlıdır (URL 2).

Tablo 2. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri, Kaynak: URL 2.

Hedef 1	Yoksulluğa Son
Hedef 2	Açlığa Son
Hedef 3	Sağlık ve Kaliteli Yaşam
Hedef 4	Nitelikli Eğitim
Hedef 5	Toplumsal Cinsiyet Eşitliği
Hedef 6	Temiz Su ve Sanitasyon
Hedef 7	Erişilebilir ve Temiz Enerji
Hedef 8	İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme
Hedef 9	Sanayi, Yenilikçilik ve Altyapı
Hedef 10	Eşitsizliklerin Azaltılması
Hedef 11	Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar
Hedef 12	Sorumlu Üretim ve Tüketim
Hedef 13	İklim Eylemi
Hedef 14	Sudaki Yaşam
Hedef 15	Karasal Yaşam
Hedef 16	Barış, Adalet ve Güçlü Kurumlar
Hedef 17	Amaçlar İçin Ortaklıklar

BM Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi 13, iklim değişikliği ile mücadeleye odaklanmaktadır. Bu hedef, 2030'a kadar iklim değişikliği ve etkileriyle ilgili acil önlemler alınmasını teşvik etmektedir. Hedefin temel amacı, iklim değişikliğinin etkilerini azaltmak,

adaptasyon kapasitesini güçlendirmek ve iklimle ilgili bilgileri ve erken uyarı sistemlerini geliştirmektedir (UN,2017).

Sürdürülebilir kalkınma hedeflerini incelediğinde en son veriler 2023 raporunda görülmektedir. Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri Raporu; 10 Temmuz 2023, en son veriler ve tahminler ışığında Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinin değerlendirmelerini aktaran önemli bir aksiyon daveti sunmaktadır. Rapor, halihazırdaki eksikliklere dikkat çekmekte ve taraf devletleri iki kat çabalaması için uyarmaktadır, aynı zamanda siyasi idarelerin ve halihazırdaki teknolojilerin, kaynakların ve malumatların seferber edilmesi ile kazanılabilecek muhteşem bir başarı olasılığını da vurgulamaktadır. Rapora göre küresel topluluk, Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine erişene kadar tekrar ilerlemeyi atlayabilecektir ve tüm dünya için daha aydınlık bir gelecek var olacaktır.

Rusya-Ukrayna savaşı ve Kovid-19 salgını ile gelen pandemik sürecin süregelen etkileri, küresel ekonomik zayıflıkları ortaya çıkarmıştır ve hedeflerin gerçekleştirilmesini engellemiştir (Linnér ve Wibeck 2021). Meydana gelen toplumsal ve çevresel krizler, iklim değişikliği benzeri çevreyi ve ekonomiyi etkileyen sorunlar nedeni ile yeni çözümler bulma yoluna girilmiş olup, bu sorunlara alternatif olacak yöntemlere geçilme sürecine girilmiştir. Bu durum sürdürülebilir kalkınma çerçevesi altında “düşük karbonlu ekonomi”, “sürdürülebilir üretim ve tüketim”, “yeşil ekonomi”, “mavi ekonomi” ve “mavi büyüme” gibi kavramların oluşmasına sebep olmuştur (Destebaşı vd., 2015; Yılmaz, 2018; Özalemdar, 2021).

1.1.1. Mavi Ekonomi ve Mavi Büyüme

Küresel ekonomik kriz neredeyse her ülkeyi etkilemiştir. Ülkeler bu krizi üstesinden gelmek ve etkilerini azaltmak için yeni çözüm kapıları arama yoluna gitmiştir. Çevresel krizler ve kaynakların etkin kullanımı problemi dünya çapında problemlere çözüm bulmaya itmiş ve bu arayışları sonucunda yeşil ekonomi, mavi ekonomi gibi terimler ortaya çıkmıştır. İlk kez BM Kalkınma Konferansınca kamuoyuna sunulan sürdürülebilir kalkınma kavramı, yeşil ekonomi ve yenilenebilir enerji kaynakları gibi doğa ile uyumlu, çevreye duyarlı ve doğal kaynakların bilinçli bir şekilde tüketimini öngören politikaları desteklemektedir. Yeşil ekonomi gibi doğayı koruyarak sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleştirilmesi hususuna hizmet eden bir diğer kavram olan mavi ekonomi de denizlerdeki ve okyanuslardaki bugün ve gelecekteki birtakım sorunlara işaret etmektedir (Çoban ve Ölmez, 2017).

Mavi ekonomi, sürdürülebilir kalkınma ilkelerine dayanan ve denizler ile okyanuslardan ekonomik faydalar sağlamanın yanı sıra, bu su kaynaklarının ve kıyı bölgelerinin çevresel sürdürülebilirliğini sağlamayı hedefleyen bir kavramdır. 2008 Küresel Ekonomik Krizi sonrasında önem kazanan mavi ekonomi, su ürünleri yetiştiriciliği, balıkçılık, deniz turizmi, gemi inşaatı, denizyolu taşımacılığı ve deniz enerjisi gibi çeşitli faaliyet alanlarını kapsamaktadır. (Suluk, 2022).

Mavi ekonomi, Gunter Pauli tarafından 2010 yılında yayımlanan "The Blue Economy" kitabında karşımıza çıkmıştır. Bu yaklaşım, deniz yoluyla geçimini sağlayan bireylerin yaşam koşullarını iyileştirmeyi ve kaynaklarını korumayı hedeflerken, aynı zamanda okyanusların ve kıyı alanlarının çevresel sürdürülebilirliğini de önemsemektedir. Mavi ekonomi, sürdürülebilir deniz ve okyanus kaynaklarını bir büyüme stratejisi olarak benimsemekte, bu sayede hem ekonomik gelişimi desteklemekte hem de doğal yaşamı korumaya çalışmaktadır. Balıkçılıktan deniz ticaretine, kıyı gelişiminden turizme ve yenilenebilir enerji üretiminden gemi yapımına kadar geniş bir yelpazede, deniz ve okyanuslarla ilgili tüm üretim ve pazarlama faaliyetlerini kapsayan bu kavram, gelecekte deniz kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı açısından büyük bir önem taşımaktadır (Yılmaz, 2021).

Mavi ekonomi, okyanusların korunmasını, sürdürülebilir kullanımını, petrol çıkarımını ve madenciliği, biyo-araştırmaları, sürdürülebilir enerji üretimini ve deniz taşımacılığını entegre eden bir kalkınma alanı olarak tanımlanmaktadır (UN, 2019). Mohanty ve diğerleri (2019) ise mavi ekonominin, sürdürülebilirlik unsurlarından taviz vermeden deniz kaynaklarının etkin ve optimum bir şekilde kullanılmasını vurgulayarak büyümeyi teşvik eden bütünsel bir kalkınma yaklaşımı olduğunu belirtmektedir. Ayrıca, iklim değişikliğinin yıkıcı etkilerini azaltmaya yardımcı olmak amacıyla geleneksel hayat tarzları, kıyı esnekliği ve kültürel miras gibi soyut "mavi" kaynakların korunması ve geliştirilmesini de desteklemektedir (URL 3).

Mavi ekonominin temel amacı, deniz kaynaklarını ve ekosistemlerini koruyarak deniz ortamında mümkün olan en yüksek ekonomik değeri sürdürülebilir bir biçimde yaratmaktır (WWF, 2015; Bir vd., 2020). Kısıtlı kaynakların tüketiminin bilinçli bir şekilde gerçekleştirilmesi teşvik edilerek, bu kaynakların ömrünün uzatılması ya da kıt kaynaklara alternatif çözüm önerilerinin araştırılması sürdürülebilirlik açısından önemli bir husustur.

Yeşil ekonomi gibi, doğayı koruyarak sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasına katkıda bulunan bir diğer kavram olan mavi ekonomi, denizlerde ve okyanuslarda mevcut

ve gelecekteki sorunlara dikkat çekmektedir. Mavi ekonomi, deniz ve okyanus ekosistemlerinin korunmasını ve bu su kütlelerinin insan yararına sürdürülebilirliğinin devamını sağlamayı hedeflemektedir. (Ebarvia, 2016).

Mavi ekonomik dönüşümün sağlanmasıyla birlikte mavi büyüme elde edilmektedir (Akkaya ve Pazarlıoğlu, 2012). Mavi büyüme, denizlerde ve denizle ilgili sektörlerde sürdürülebilir büyümeyi sağlama amacını gütmektedir. Mavi büyüme, uzun vadede sürdürülebilir istihdam olanakları yaratmak ve sürdürülebilir büyüme oranlarını yakalayabilmek için büyük bir öneme sahiptir (Çoban ve Ölmez, 2016). Mavi büyüme ile denizcilik sektöründe çevre dostu teknolojilerin üretim süreçlerinde kullanılması teşvik edilecek ve gemiler için alternatif yakıtların geliştirilmesi sağlanabilecektir (NMTIF, 2015). Bu çerçevede, deniz ve okyanuslardan temiz ve güvenli enerji elde edilerek enerji bağımlılığının azaltılması mümkün olacaktır.



Şekil 2. Mavi büyüme adımları

Mavi ekonomik dönüşümün etkin bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için belirli mavi büyüme adımları bulunmaktadır. Bu adımların en alt basamağındaki aktiviteler, ekonomiler için düşük maliyetlerle uygulanabilen aktivitelerdir. Kısa mesafeli deniz yolu taşımacılığı, kıyı ve yat turizmi, petrol ve doğalgaz ticareti ile kıyı koruma faaliyetleri, deniz kıyısındaki her ülke tarafından gerçekleştirilebilecek ekonomik faaliyetler arasında yer almaktadır. Orta

aşamadaki aktiviteler ise mavi ekonomik dönüşümün sürdüğünü gösterir ve günümüzde bu dönüşümü tamamlamak için yeterli kabul edilen faaliyetlerdir. Bu iktisadi faaliyetler arasında balıkçılık, kıyı rüzgârı enerjisi üretimi, kruvaziyer turizmi, liman kentlerinin kurulması ve denizcilik kontrol ve gözetim uygulamaları bulunmaktadır. Mavi büyüme aşamalarının en üst katmanında yer alan faaliyetler ise mavi biyoteknoloji, deniz kaynaklı yenilenebilir enerji üretimi ve derin deniz madenciliğidir. Bu tür iktisadi faaliyetler, büyük miktarda yatırım gerektirmektedir ve bu faaliyetlere genellikle yalnızca gelişmiş ekonomilerde rastlanmaktadır. Gelişmiş ülkeler dahi bu teknoloji yoğun faaliyetlere yeni yeni yönelmektedir. Ayrıca, bu evrede yer alan bir diğer faaliyet dalga ve gelgit enerjisi gibi deniz kaynaklı yenilenebilir enerji üretimidir. Bu üretimin gerçekleştirilebilmesi, önemli ölçüde maliyetli tesisler gerektirmektedir (Akkaya ve Pazarlıoğlu, 2012).

Mavi ekonomik büyüme, dünya genelindeki küresel maddi hareketsizliğe yanıt olarak geliştirilmiş bir deniz tabanlı çözüm stratejisidir. 2008 küresel krizinden birçok ülke olumsuz yönde etkilenmiştir. Bu bağlamda, ekonomik durgunluktan kurtulma çabası içinde ülkeler, denizlerin potansiyelini değerlendirmek amacıyla mavi ekonomiye yönelmişlerdir (EPSON, 2014). Mavi büyüme, denizlerde ve denizle ilgili sektörlerde sürdürülebilir bir büyümeyi sağlama amacını taşımaktadır. Bu sürdürülebilirliğin sağlanmasıyla birlikte yeni istihdam olanaklarının ortaya çıkması ve önemli büyüme oranlarının elde edilmesi beklenmektedir. Mavi büyüme, "okyanuslar, denizler ve kıyılar aracılığıyla gerçekleştirilen akılcı, sürdürülebilir ve kapsayıcı ekonomik büyüme ile istihdam artışı" olarak tanımlanabilir. (ECORYS, 2012).

Mavi ekonominin temel odak noktası olan sürdürülebilirlik kavramı, bu ekonomi modelinin önemli bir sektörü olan deniz yolu taşımacılığı açısından da önem arz etmektedir. Bu itibarla, çalışmanın bu kısmında denizyolu taşımacılığında sürdürülebilirlik konusu üzerinde durulacaktır.

1.1.2. Sürdürülebilir Denizyolu Taşımacılığı

Taşımacılık insan ve eşyanın, ihtiyaçları karşılamak amacıyla vakit ve konum faydası sağlayarak konum değiştirmesidir. Taşımacılığın temeli tarih öncesi çağlara dayanmaktadır. Günümüzde taşımacılığın en ucuz ve en güvenilir hali su yolu taşımacılığıdır. Suyolu taşımacılığı ise denizlerde, göllerde, nehirlerde yüzer vasıtalarla yapılan taşımacılıktır ve bu taşımacılık türünü içine alan sektör denizyolu yük taşımacılığı sektörüdür (Erol ve Dursun

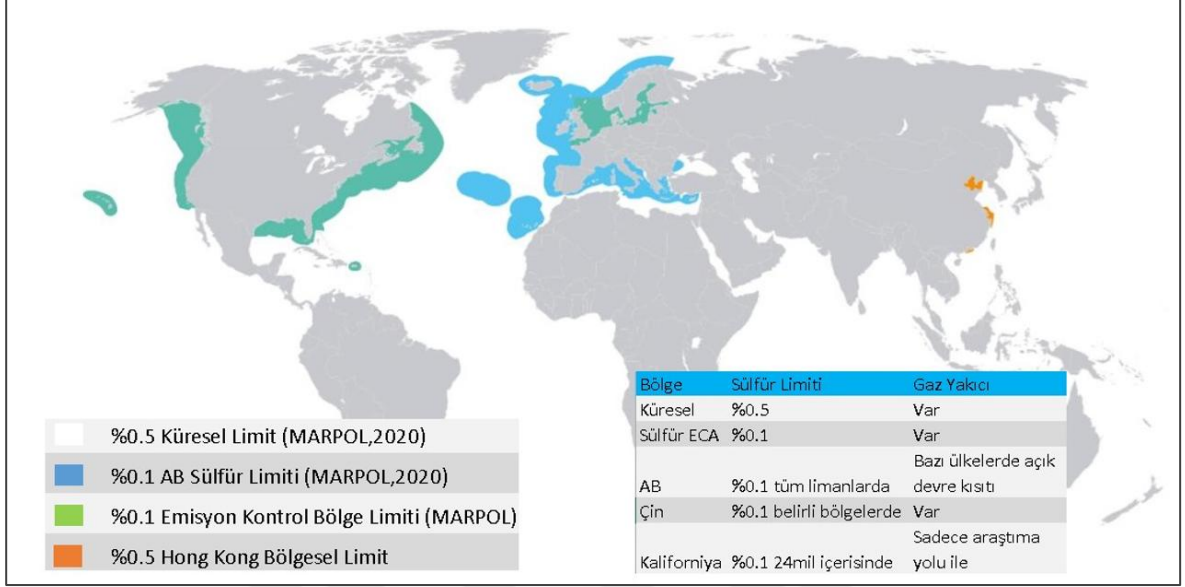
2012). Küreselleşmenin bir sonucu olarak taşımacılık sektörü her geçen gün daha büyük öneme sahip olmaktadır. Dünya üzerinde taşınan yükler hacmen %85, kıymet olarak ise %70 denizyolu ile transfer edilmektedir (UAB, 2018; Mert ve Çetinyokuş, 2020).

Büyük hacimli yük gemileri ve gelişmiş liman temelleri, denizyolu taşımacılığını dünya çapında önemli bir konuma getirmektedir. Geline bu konum sadece taşınan malın büyüklüğü ile ilgili değildir. Ek olarak ticareti hızlandırma, maliyeti düşürme ve çevresel sürdürülebilirlik ilkeleri bakımından da önemli bir paya sahiptir (Oğuz, 2024).

Denizyolu taşımacılığı, teknolojinin gelişmesiyle beraber zamanla daha randımanlı bir hal almaktadır. Denizyolu taşımacılığının önemi, çevresel etkileri ve karbon ayak izini azaltma çabaları gün geçtikçe artmaktadır. Sürdürülebilir girişimler, düşük karbon salınlı gemilere yönelme, enerji verimliliği ve atık yönetimi gibi alanlarda yenilikleri içermektedir. Bu, denizyolu taşımacılığının sürdürülebilirlik amaçlarına yardım etmesini sağlamaktadır (Psaaraftis, 2021; Oğuz, 2024). Bu kapsamda denizcilik sektörü için çeşitli uygulamalar ve düzenlemeler mevcuttur. Bu uygulamalardan biri olan ve Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) tarafınca gemilerde düşük kükürt oranına sahip yakıt kullanma uygulaması, 2020 Ocak ayından itibaren dünya genelinde yürürlüğe girmiştir. İnsan sağlığı ve çevre koruma açısından son derece önemli olan bu uygulamanın hayata geçirilmesi, denizcilik sektöründe köklü dönüşümlere sebep olmuştur. Gemi yakıt pazarındaki değişimler, gemi makinelerindeki yenileme gereksinimleri, ortaya çıkan gemi denetim standartları ve gemilere eklenmesi gereken yeni donanımların piyasaya sürülmesi gibi pek çok farklı alanda küresel fırsatlar doğmuştur (Korçak ve Dal, 2021).

Düşük sülfürlü yakıt uygulaması, yanmadan kaynaklanan SO_x emisyonlarını düşürmek amacıyla, yakıt içindeki kükürt oranının aşamalı olarak kısıtlanması sürecidir. Bu çerçevede, 01 Ocak 2020 itibarıyla gemilerde kullanılan yakıtların kükürt seviyeleri %3,5'ten %0,5'e düşürülmüştür. Ayrıca, 01 Mart 2020 itibarıyla %0,5'ten fazla kükürt içeren yakıtların kullanılması tamamen yasaklanmıştır. Ancak, bu kaideye alternatif olarak gemilerin baca gazı arıtma sistemlerini kullanmalarına izin verilmektedir. Bu sisteme scrubber denmektedir. Scrubber kullanan gemiler, düşük sülfürlü yakıt ile ilgili düzenlemelerden ayrı tutulmaktadır. IMO 2020 uygulaması olarak bilinen bu düzenleme ile gemi kaynaklı SO_x emisyonlarında %77 oranında ve toplamda 8,5 milyon ton/yıl azalması hedeflenmektedir. Ayrıca, dünya üzerindeki Emisyon Kontrol Alanları (ECA) olarak bilinen bölgelerde bu uygulama %0,1 kükürt içeren yakıt kullanılarak hayata geçirilmektedir. Dünya

genelinde Baltık, Kuzey ve Karayip denizleri ile Kuzey Amerika olmak üzere dört farklı ECA belirlenmiştir (IMO, 2020).



Şekil 3. MARPOL Ek VI (NO_x emisyon kontrolü) düzenleme 13 kapsamında belirlenen Emisyon Kontrol Alanları (ECA), Kaynak: URL 12.

Yüksek tonajlı ve yüksek makine gücüne sahip gemilerin zararlı gaz salınımının daha fazla olduğu bilinmektedir. Gemiler manevra sırasında, seyir haline göre CO, SO_x ve NO_x gibi zararlı gazları daha çok yaymaktadır. Gemilere manevra kabiliyeti kazandıran çeşitli türdeki pervanelerin de emisyonlar üzerinde farklı etkileri mevcuttur (Trodden vd., 2016; Chu-Van vd., 2019). Bu durum, yüksek nüfuslu bölgelere yakın limanların çevredeki topluluklar üzerinde olumsuz sağlık etkileri meydana getirmesine neden olmaktadır (Winnes ve Fridell, 2010). Bu noktada mavi büyüme ile denizcilik sektörü çevreye duyarlı teknolojilerin üretim süreçlerinde kullanılması amaçlanmaktadır. Bu sayede gemiler için alternatif yakıtlar geliştirilebilecektir. Böylece deniz ve okyanuslardan güvenli ve temiz enerji temin edilerek enerji bağımlılığının azaltılması sağlanacaktır (NMTIF, 2015).

Zararlı gazların salınımı ve çevre üzerindeki zararlı etkilerini azaltmak için çeşitli konferanslar düzenlenmiş ve birçok kararlar alınmıştır. Bu gelişmeler aşağıda belirtilmiştir.

1.1.3. Mevzuat Yapısı ve Yasal Yükümlülükler

Büyüyen ve önemini her geçen gün artıran denizcilik sektöründe çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması gerekmektedir. Bu görevi yerine getirmek amacı ile 1948 yılında temelleri atılmış ve kuralları belirlenmiş bir Birleşmiş Milletler (BM) örgütü olan Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) kurulmuştur. Kuruluşun amacı denizcilik sektörünü etkileyen her türlü konuyla ilgili hükümetler arasında iş birliği sağlamak, denizde güvenlik, gemilerden kaynaklanan kirliliğin önlenmesi ve kontrolü ile ilgili konularda gerekli standartların kabulü ve kolaylaştırılması şeklinde sıralanabilir (Karan ve Karan, 2003; Ayan ve Baykal, 2010).

IMO, denizyolu taşımacılığında sürdürülebilirliği ve büyümeyi sağlamak için Denizlerin Gemiler Tarafından Kirlenmesinin Önlenmesine Dair Uluslararası Sözleşme (MARPOL 73/78) 'ni kabul etmiştir. Bu sözleşmenin 6. maddesinde Gemilerden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Önlenmesi yer almaktadır ve gemi kaynaklı SO_x ve NO_x salınımları için limitleri içermektedir. CO₂ emisyonlarını ele alan ilk karar 1997'de kabul edilmiştir. Ayrıca IMO küresel ısınmaya sebep olan sera gazı (GHG) emisyonlarını azaltmayı amaçlayan 2015 Paris Anlaşması doğrultusunda, iklim değişikliği ve etkileriyle savaşmak için acil eylemde bulunmayı amaçlayan BM Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi 13'ü desteklemeyi taahhüt etmektedir (URL 4).

Sürdürülebilir Kalkınma için 2030 Gündemi, “küresel sera gazı emisyonlarının azaltılmasını hızlandırmayı ve iklim değişikliğinin negatif etkilerine uyumu ele almayı amaçlayan mümkün olan en geniş uluslararası iş birliği çağrısında bulunuyor” şeklindedir. Gündem 2030'un amacı tarafların 2020 yılına kadar yıllık küresel sera gazı emisyonları açısından azaltım taahhütleri ile küresel ortalama sıcaklıktaki artışın 2 °C'nin altında veya sanayi öncesi seviyelerin 1,5 °C üzerinde tutulmasını sağlamaktır (URL 5).

IMO, 2018 yılında gemilerden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılmasına ilişkin bir ilk strateji benimsemiştir ve bu strateji, IMO' nun uluslararası denizyolu ticaretinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarını azaltma ve bunları mümkün olan en kısa sürede aşamalı olarak ortadan kaldırma taahhüdünü teyit eden bir vizyon ortaya koymuştur (URL 6).

Temmuz 2023'te IMO üye devletleri, zararlı emisyonlarla mücadeleye yönelik geliştirilmiş hedefler içeren Gemilerden Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonlarının Azaltılmasına İlişkin 2023 IMO Stratejisi'ni kabul etmiştir. Deniz Çevre Koruma

Tablo 3. TIER I, II, III., Kaynak: URL 9.

Aşama	Gemi inşa tarihi veya sonrasında	Toplam ağırlıklı çevrim emisyon limiti (g/kWh) n=motorun nominal hızı (dev/dak)		
		n < 130	n=130-1999	n ≥ 2000
I	1 Ocak 2000	17.0	45*n (-0,2) Örneğin, 720 rpm-12.1	9.8
II	1 Ocak 2011	14.4	44*n (-0,23) Örneğin, 720 rpm-9.7	7.7
III	1 Ocak 2016	3.4	9*n (-0,2) Örneğin, 720 rpm-2.4	2.0

Tier III kontrolleri yalnızca NO_x emisyonlarını sınırlamak için kurulan Emisyon Kontrol Alanlarında (ECA) faaliyet gösteren belirtilen gemiler için geçerlidir, bu alanların dışında Tier II kontrolleri geçerlidir.

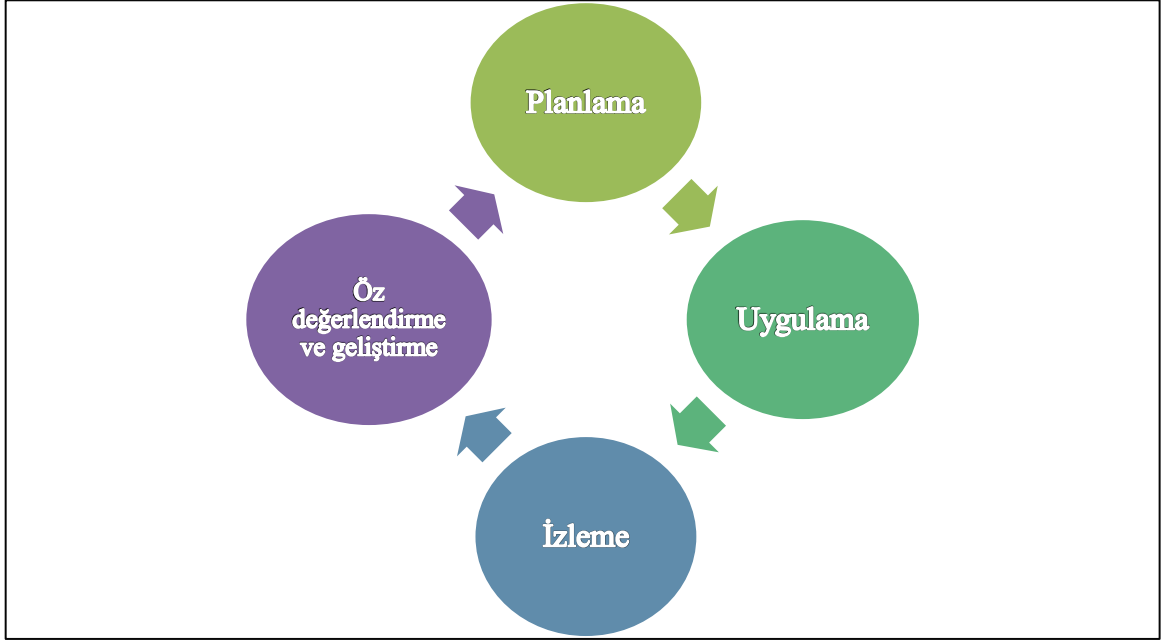
1 Ocak 2016'da ya da sonrasında inşa edilen Kuzey Amerika ECA ve Amerika Birleşik Devletleri Karayip Denizi ECA' sında faaliyet gösteren veya 1 Ocak 2021'de ya da sonrasında inşa edilen Baltık Denizi ECA veya Kuzey Denizi ECA' da faaliyet gösteren bir gemiye monte edilen bir deniz dizel makinesi, Tier III NO_x standardına uymak zorundadır (URL 9).

- Gemi Enerji Verimliliği Yönetim Planı (SEEMP)

Düzenleyici tedbirlere rağmen, denizcilik CO₂ emisyonlarının 2012 ile 2050 yılları arasında denizcilik sektöründe olağan operasyonlar için sektör büyümesinin yarısı kadar veya aynı miktarda artacağı öngörülmektedir (Hüffmeier ve Johanson, 2021; Smith, vd., 2014). Bu zorluğun üstesinden gelmek için IMO, mevcut gemiler için zorunlu Enerji Verimliliği Tasarım Endeksi (EEDI) ve Gemi Enerji Verimliliği Yönetim Planı (SEEMP) ile gemilerin karbon emisyonlarını izleyen Enerji Verimliliği Operasyonel Göstergesi

(EEOI) dahil olmak üzere teknik ve operasyonel önlemleri uygulamaya koymuştur (IMO, 2009; IMO,2013).

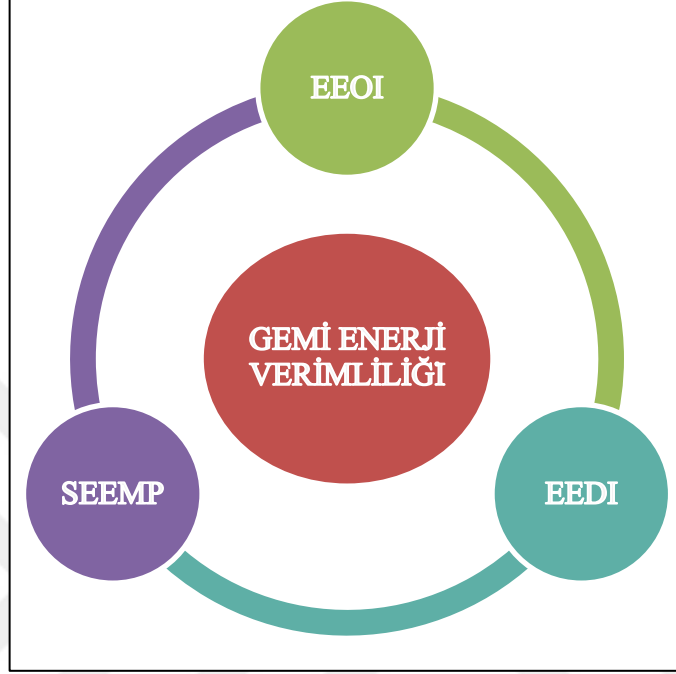
SEEMP, bir geminin enerji verimliliğini dört aşamada artırmak için 1 Ocak 2013 tarihinde tüm yeni ve mevcut gemiler zorunlu hale getirilmiştir: planlama, uygulama, izleme, öz değerlendirme ve iyileştirme (IMO SEEMP, 2012). SEEMP'in 1. Bölümü enerji verimliliği performansını ve karbon yoğunluğunu zaman içinde iyileştirmeye ve verimlilik performansını izlemeye yönelik yöntemleri tartışırken (IMO SEEMP, 2012), 2. Bölüm önlemler ve raporlar dahil olmak üzere kullanılan yakıtla ilgili verilerin toplanmasına yönelik bir plan sunmakta (IMO SEEMP, 2016), 3. Bölüm ise karbon yoğunluğu açısından geminin işletme maliyetinin ölçülmesine odaklanmaktadır (IMO CII, 2022).



Şekil 5. SEEMP aşamaları, Kaynak: Tarek vd., 2024.

SEEMP, geminin ve filonun enerji verimliliğini zaman içinde yükseltmek için kapsamlı bir yaklaşımın yanı sıra enerji kullanımını azaltırken ve yakıt tasarrufu sağlarken performansı artırmak için ileriye dönük teknikler sunmaktadır (IMO SEEMP, 2012). SEEMP, denizcilik enerji yönetimine ek olarak, her bir gemi için geliştirilmiş sefer planlaması, hava durumu rotası, hız optimizasyonu, azaltılmış güç tüketimi, optimum gemi elleçleme, artırılmış filo yönetimi ve optimize edilmiş kargo operasyonları gibi en iyi uygulamalara rehberlik etmektedir (IMO SEEMP, 2012; Bannstrand vd., 2016; IMO

SEEMP, 2016; Bazari ve Longva, 2011). Deniz taşımacılığının çevresel etkilerinin azaltılması, enerji verimliliği operasyonel önlemlerinin uygulanmasıyla maliyet etkin bir çözüm olarak tanımlanmıştır.



Şekil 6. Gemi enerji verimliliği çerçevesi, Kaynak: Tran, 2020.

- Enerji Verimliliği Operasyonel Göstergesi (EEOI)

SEEMP, gemide enerji verimliliğinin operasyonel ve ekonomik şekilde sağlanabilmesi amacıyla alınacak önlemleri tarif etmektedir. Bu gösterge halihazırda kullanılan ve yeni inşa edilen gemiler için geçerlidir. Planla birlikte Enerji Verimliliği Operasyonel Göstergesi (EEOI) getirilmiştir. Bu gösterge ile geminin operasyonları içerisinde yapılan bakım-tutum ve parça değişimlerinin, enerji verimliliği üzerindeki tesiri ölçülmek istenmektedir. Böylece verimliliğin zaman içindeki değişimi izlenebilmektedir. Ancak bu göstergenin kullanılması gönüllülük esastır.

- Enerji Verimliliği Tasarım Endeksi (EEDI)

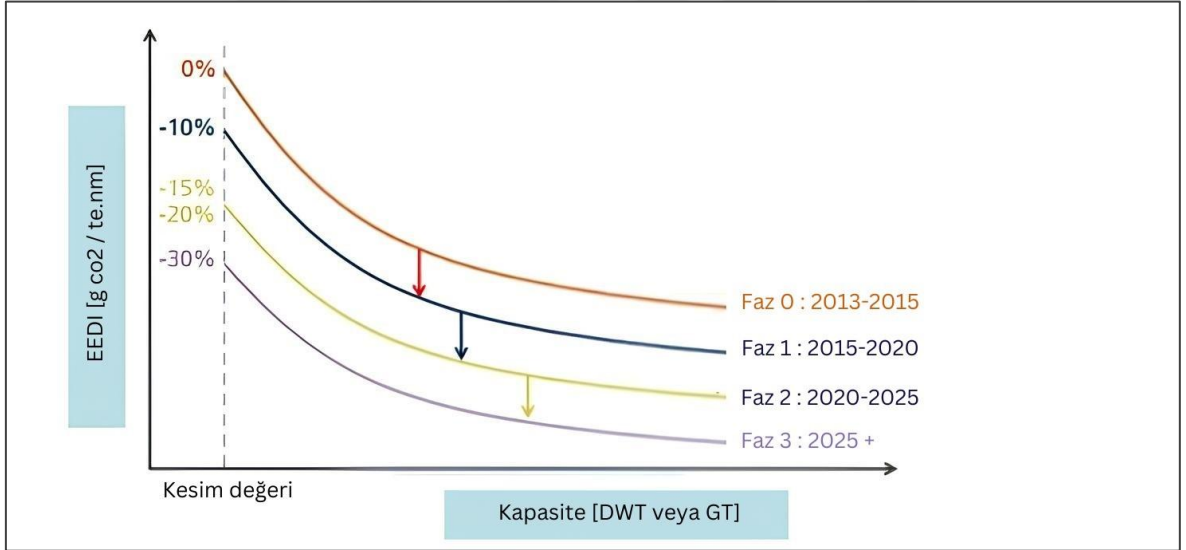
Ticaret amaçlı kullanılan gemiler için enerji verimliliğini artırmak amacıyla daha etkili ana ve yardımcı makine sistemlerinin kullanılmasına yönelik bir endeks bulunmaktadır. Bu

endeks, geminin deplasmanı ile mil başına düşen gram CO₂ emisyonunun hesaplanmasını ve bu değerin geminin ait olduğu grubun belirlenmiş referans değerleriyle karşılaştırılmasını esas alır. 2015 yılından itibaren yeni inşa edilen gemiler için bu uygulama zorunlu hale gelmiştir. Gemiler, her beş yılda bir yeniden değerlendirmeye tabi tutulacaktır. İlk olarak, CO₂ emisyonunun %10 oranında düşürülmesi hedeflenmekte, ardından her beş yılda bu oran artırılması planlanmaktadır. Referans olarak, 2000-2010 yılları arasında inşa edilen aynı tür gemilerin ortalama salınım seviyeleri alınmaktadır.

Yukarıda belirtilen endekslerin farklı ticaret yapan gemi türleri için hesabı ve bunların uygulama yöntemleri IMO' nun kılavuz belgelerinde ayrıntılı olarak verilmiştir. Temelde hesaplama aşağıdaki ana formüldür;

$$EEDI = \frac{CO_2 \text{ emisyonu}}{\text{taşıma işi}} \quad (1)$$

$$= \frac{\text{makine gücü} \times \text{özellik yakıt tüketimi} \times C_f}{DWT(ton) \times \text{hız} (nm)} \quad (gCO_2 / ton - mil)$$



Şekil 7. Talep edilen EEDI konsepti, azalma faktörü, kesim limitleri ve EEDI fazları, Kaynak: IMO, 2022.

- Enerji Verimliliği Mevcut Gemi Endeksini (EEXI)

IMO'nun 5000 gros tonajı (GT) aşan gemiler için Veri Toplama Sistemi (DCS) ve Avrupa Birliği'nin İzleme, Raporlama ve Doğrulama (MRV) sistemi de dahil olmak üzere

tamamlayıcı çerçeveler, emisyon azaltma çabalarını artırmak için yürürlüğe girmiştir (IMO, 2016; Nikitakos vd., 2018). Son gelişmeler arasında IMO'nun 1 Ocak 2023 tarihinden itibaren geçerli olmak üzere Enerji Verimliliği Mevcut Gemi Endeksini (EEXI) ve Karbon Yoğunluğu Göstergesini (CII) onaylaması ve karbon yoğunluğunu azaltmak için ortak bir çaba göstermesi yer almaktadır (IMO EEXI, 2022; IMO CII, 2022). Ayrıca, IMO'nun 2023 Revize Sera Gazı Stratejisi, uluslararası deniz taşımacılığında kaynaklanan karbon yoğunluğunun 2030 yılına kadar %40, 2040 yılına kadar %70-%80 azaltılmasını ve 2050 yılına kadar net sıfır sera gazı emisyonu hedeflemektedir (IMO MEPC, 2023).

- Karbon Yoğunluğu Göstergesini (CII)

Yıllık operasyonel karbon yoğunluğu göstergesinin (CII) 5000 GT ve üstü gemiler için derecelendirilerek gemilerin operasyonel karbon yoğunluğunun belirli seviyelerde sürekli iyileştirilmesi amaçlanmaktadır. Operasyonel karbon yoğunluğu derecelendirmesi A, B, C, D ve E şeklindedir (A en iyi, E en kötü). Üç yıl üst üste D veya E derecesi alan gemilerin, istenen dereceye (C veya üzeri) nasıl ulaşılacağını gösteren bir düzeltici eylem planı sunmaları gerekmektedir. İdareler, liman yetkilileri ve diğer paydaşlar, A veya B derecelendirmesi alan gemilere teşvik sunulması düşünülmektedir (Gökçay, 2024).

$$CII = \frac{\text{Yıllık yakıt tüketimi miktarı} \times \text{yakıtın } CO_2 \text{ faktörü}}{\text{Yıllık gidilen mesafe} \times \text{kapasite}} \quad (1)$$

- Stockholm Konferansı (1972)

Çevresel problemlerin totaliter biçimde değerlendirildiği ilk zirve 1972 senesinde BM yönetiminde gerçekleştirilen Stockholm Konferansı'dır. Bu konferans, insanlığın etrafını şekillendirdiğini ve etrafı tarafından şekillendiğini söylemektedir. Çevrenin korunmasının ve kalkınmasının dünyadaki tüm insanlığın refahını ve gelişimini etkileyen en önemli konu olduğunu da vurgulamaktadır. Stockholm Konferansı, nüfus artışı sebebiyle çevresel problemlerin arttığına değinerek, doğal kaynakların günümüz insanların ve gelecek nesillerin gereksinimlerine özen göstererek korunması gerektiğini ifade etmektedir (BM,1972).

113 devletin ve 19 uluslararası organizasyonun katılımıyla çevre ile alakalı problemleri ele alan bu ilk uluslararası konferans 1972’de İsveç’te gerçekleşmiştir. Stockholm Konferansı’nın ardından ekonomik ve çevre ile ilgili sorunlar bir araya getirmek amacıyla çeşitli çalışmalar ortaya konmaya başlanmıştır. Ortaya konan çalışmalar farklı birimlerin oluşmasına neden olmuştur (Mızık ve Yiğit Avdan, 2020). Konferansta, okyanuslardaki çöpler, gemi kaynaklı kirlilikler ve nesli tükenmek üzere olan deniz canlılarının ticareti gibi hususların uluslararası anlaşmalarla bir sonuca varılacağına kanaat getirilmiştir. Konferansın diğer bir sonucu ise; tüm insanlığı, gelecek nesillerin hayat standartlarını artırmalarına isteklendiren, çevreye duyarlı, ortak iş yapmaya yönlendiren önder bir BM Çevre Programının oluşturulmasıdır (Paul 2008).

- Denizlerin Gemiler Tarafından Kirlenmesinin Önlenmesine Ait Uluslararası Sözleşmesi (MARPOL (1973/78))

En önemli ticaret yöntemlerinden biri olan deniz taşımacılığının artışı sebebi ile, gün geçtikçe artan emisyonları kontrol etmek için birçok anlaşmalara ihtiyaç duyulmuştur.

Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) denizyolu taşımacılığında sürdürülebilirliği ve gelişmeyi sağlamak için MARPOL 73/78 ’i kabul edilmiştir. Bu sözleşmenin Ek VI. Maddesinde Gemi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Önlenmesi bulunmaktadır. Tüm gemiler, sabit ve yüzer sondaj platformları MARPOL Ek VI’ya tabiidir. Gemi kaynaklı SO_x ve NO_x salımları için sınırlar belirtmektedir. Ayrıca, ozon tabakasının incelmeye neden olan maddelerin kasten salınımını yasaklamaktadır. MARPOL Ek VI, daha sıkı SO_x ve NO_x kontrolü için Emisyon Kontrol Alanı (ECA) ilan edilmesine olanak tanımaktadır. 2008 yılında MARPOL önemli ölçüde tekrar gözden geçirilmiş ve egzoz emisyonlarına yönelik yeni kurallar getirilmiştir. Yenilenen MARPOL Ek VI, 1 Temmuz 2010’da yürürlüğe girmiştir. Türkiye, MARPOL Ek VI sözleşmesine Şubat 2014’te taraf olmuştur. Türkiye’nin MARPOL VI’ya katılmasıyla birlikte, gemilerin yol açtığı emisyonların incelenmesi ve gemilerde ölçümlerin yapılması daha da önem kazanmıştır (Durmaz, Kalender ve Ergin, 2016).

- Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) (1984)

BM Çevre Programı (UNEP), Birleşmiş Milletler bünyesinde çevre konularının koordinasyonunu sağlamak, çevre koşullarını global ölçekte sürekli olarak incelemek, çevresel sorunlara ilişkin toplumların dikkatini çekmek ve uluslararası ile ulusal çevre politikalarının ve hukukunun gelişimini desteklemek amacıyla faaliyet göstermektedir.

1972’de Stockholm’de yapılan BM İnsan Çevresi Konferansı’nda, Birleşmiş Milletler bünyesinde çevre sorunlarını uluslararası ölçekte ele alacak bir yapının kurulmasına karar verilmiştir. Bu doğrultuda, BM Genel Kurulu’nun 15 Aralık 1972 tarihli kararıyla, Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) BM’ye bağlı bir "program" olarak kurulmuştur. Söz konusu karar doğrultusunda, 58 üye ülkeden oluşacak şekilde ve dört yıllık bir süre için seçilecek bir "UNEP Yönetim Konseyi" ve bir "Çevre Fonu" oluşturulmuş; ayrıca Birleşmiş Milletler kuruluşları arasında çevre konularında koordinasyonu sağlamak amacıyla bir "Çevre Koordinasyon Paneli" kurulmuştur. 1977 yılında kapanan bu panel, 2000 yılında "Çevre Yönetim Grubu" adıyla yeniden faaliyete geçmiştir. UNEP’in gelişimi ve güçlenmesinde, 1992 yılında Rio de Janeiro’da düzenlenen BM Çevre ve Kalkınma Konferansı, 2002 yılında Johannesburg’da gerçekleştirilen Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi ve 2005 yılındaki Dünya Zirvesi gibi uluslararası çevre politikalarını etkileyen önemli konferansların katkıları etkili olmuştur.

UNEP’in son on yılda en çok gündemini meşgul eden süreç, uluslararası çevre yönetiminin iyileştirilmesine yönelik yürütülen görüşmelerdir. 2012 yılında Brezilya’da gerçekleşecek BM Sürdürülebilir Kalkınma Konferansı’nın (Rio+20) bu ihtiyaçları karşılaması beklenmektedir (URL 10). UNEP, çevre ile ilgili oluşturulan ilk uluslararası kurum olma özelliğine sahiptir (Murphy, 2006).

- Brundtland Raporu (1987)

Rapor "Ortak Geleceğimiz" başlığıyla yayımlanmış ve sürdürülebilir kalkınma kavramına ilk kez yer verilmiştir. Bu kavram, uzun yıllar boyunca kabul görmüştür. Yayımlanan rapor sayesinde uluslararası toplumun ekonomik, sosyal ve çevresel konulara yaklaşımı değişim göstermiştir. Brundtland Raporu, sürdürülebilir kalkınmayı “bugünün ihtiyaçlarını, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılama yeteneğini zayıflatmadan karşılama”

şeklinde tanımlamaktadır. Sürdürülebilirlik kavramı, düşük gelirli bireyler için güçlü bir ekonomi ve sosyal kalkınma fırsatları sunma vaadinde bulunmuştur. Ayrıca, doğal çevrenin korunmasının önemini de vurgulamıştır. Ekonomik gelişimin, çevreyi tahrip eden yöntemlerle gerçekleştirilemeyeceği ifade edilmiştir (Paul, 2008; Ayrancı, 2017).

- Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı (1992)

Konferansa 114 devlet başkanı, 178 ülkeden 10,000 temsilci ve farklı sektörlerden katılımcılar iştirak etmiştir. Bu toplantıda sürdürülebilirlik kavramı ön planda olmuştur. Dünya genelindeki çevresel sorunlara çözümler bulmak, iklim değişikliği, biyoçeşitlilik ve orman yönetimi konularındaki anlaşmazlıkları çözmek hedeflenmiştir. Çevre konuları ana hedef olmasına rağmen, finans, tüketim ve nüfus artışı gibi konular daha çok tartışılmıştır. Konferansta gelişmiş ülkeler sürdürülebilirlik kavramına odaklanılmasını isterken, gelişmekte olan ülkeler ise ekonomik farklılıkların giderilmesine yönelik taleplerde bulunmuşlardır. Ayrıca, çevreci sivil toplum kuruluşları için önemli bir belge olan "Gündem 21" yayımlanmıştır. Bu belgede yaşam kalitesi, doğal kaynakların verimli kullanımı, küresel düzeyde tüketicilerin korunması, insan yerleşimlerinin yönetimi ve sürdürülebilir ekonomik büyüme gibi temalar ele alınmaktadır (Paul, 2008; Ayrancı, 2017).

- Kyoto Protokolü (1997)

Toplantıda, Rio'da alınan kararların ne derece uygulandığı değerlendirilmiştir ve bu toplantı üçüncü taraflar toplantısı olarak adlandırılmıştır. Yapılan protokole göre, gelişmiş ülkeler için karbondioksit emisyonunu azaltma ve belirli sınırlandırmalar getirilmiştir. Ancak, katılımcı ülkeler arasında ABD'nin imza atmayı reddetmesi, protokolün başarısız olmasına yol açmıştır. Bu durum, sürdürülebilirliğin küresel düzeyde çeşitli nedenlerden dolayı kabul görmediği sonucunu doğurmaktadır (Kıymılı, 2006).

- Johannesburg Uygulama Planı (2002)

Literatürde "Rip+10" olarak bilinen zirve, Güney Afrika'nın Johannesburg şehrinde gerçekleştirilmiştir. Bu toplantıda, Rio zirvesinin ardından geçen 10 yılın değerlendirilmesi

yapılmıştır. Sürekli artan dünya nüfusuna karşı kaynakları korurken insanların yaşam standartlarını yükseltmek ve sürdürülebilirlik kavramının karşılaştığı zorluklara dikkat çekmek amaçlanmıştır. Zirvede, sürdürülebilirlik ile ilgili sorun teşkil eden konular belirlenmiştir. Sürdürülebilirliğin temel unsurlarından biri olan yoksulluğun, özellikle kentsel yoksulluğun ortadan kaldırılması, eğitim, sağlık ve çevre koruma gibi öncelikli alanlarda gelecek hedeflerinin belirli bir takvim çerçevesinde düzenlenmesi karara bağlanmıştır. Zirvenin sonuç bildirgesinde, yoksullukla mücadele, enerji eşitliğinin sağlanması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması ile ulusal sürdürülebilir kalkınma stratejilerinin 2005 yılına kadar tamamlanması hedeflenmiştir. Ayrıca, sürdürülebilir kalkınmaya tam bağlılık vurgulanmıştır. 2005 yılı itibarıyla Rusya'nın imzalamasıyla Kyoto Protokolü yürürlüğe girmiştir (İncedayı, 2004; Temur, 2011).

- Paris İklim Anlaşması (2015)

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) ve onun eki kapsamındaki Kyoto Protokolü ile sera gazı emisyonlarını azaltma konusunda istenen sonuç elde edilememiştir. Ülkeler arasındaki anlaşmazlıklar, iklim değişikliği konusunda yeni bir çoğunluğun sağlanmasını gerekli hale getirmiştir. 2015 yılında imzalanan Paris İklim Anlaşması, iklim değişikliği ile mücadele konusundaki en önemli somut adımdan biridir. Paris İklim Anlaşması küresel olarak tüm insanlık ve gezegenin geleceği için yeni bir umut olmuştur (BM, The Paris Agreement, 2015).

2015 yılında Paris'te düzenlenen İklim Değişikliği Konferansı, karmaşık ilişkiler içinde sürdürülen müzakerelerle gerçekleşmiştir. Bu görüşmeler sonucunda ulaşılan Paris İklim Anlaşması, iklim değişikliği konusunda yasal bağlayıcılığa sahip uluslararası bir anlaşma olarak kabul edilmiştir. Paris İklim Anlaşması, 4 Kasım 2016'da yürürlüğe girmiştir. Anlaşmanın amacı, küresel ısınmayı sanayileşme öncesi seviyelere göre 2 °C, tercihen 1,5 °C altında tutabilmektir. Bu hedefin gerçekleştirilmesi için, 2050 yılına kadar devletlerin iklim açısından nötr hale gelebilmeleri amacıyla sera gazı emisyon oranlarının dünya genelinde en kısa sürede zirve yapması öngörülmektedir (BM, The Paris Agreement, 2015).

2021 yılında Türkiye, Paris İklim Anlaşmasını imzalamıştır. Paris İklim Anlaşması CO₂ salınımının düşürülmesi, fosil yakıt kullanımının kısıtlanması, ormanların korunması gibi konularda ülkelere sorumluluklar vermiştir. Türkiye bu bağlamda 2030 yılına kadar fosil yakıt kullanımını sınırlama, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelme, CO₂ salınımını

azaltmaya yönelik önlemleri alacağını, sera gazı emisyonunu %41 azaltacağı taahhüdünde bulunmuştur ve 2053 için sıfır emisyon hedefini belirlediğini bildirmiştir (Demir, 2022; URL 13). Her yıl müşterek sorumluluk ilkesi kapsamında bütün taraf ülkelerin katılımıyla Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) kapsamında düzenlenen Taraflar Konferansı (Conference of the Parties- COP) toplantıları yapılmaktadır. (Demir, 2022).

Dünya çapında yapılan denizyolu taşımacılığı, küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık %2,5'inden sorumludur. Müdahale ve mücadele edilmediği takdirde bu oranın 2050 yılına kadar 20 ile 100 kat arasında artacağı tahmin edilmektedir (Merk, 2017). 1990'lerden günümüze kadar iklim değişikliği ile alakalı birçok kanundan söz edilmektedir. Bunlardan en önemlisi 2015 yılında COP 21 de imzalanan Paris İklim Anlaşması'dır (İnsel, 2022). En büyük iki kirletici olan Çin ve ABD 2014 yılında yapıcı bir tutum çizip ortak hareket etmesi Paris anlaşmasının gerçekleşmesinde önemli etken olmuştur (Karakaya, 2016). Paris İklim Anlaşması, küresel sıcaklık artışını sanayileşme öncesi döneme göre 2 °C ile sınırlamayı ve 1.5 °C hedefi doğrultusunda çaba sarf etmeyi amaçlamaktadır (Dışişleri Bakanlığı, 2021). Ulaşım sektöründe deniz yolu taşımacılığı %80'in üzerinde bir paya sahipken, sera gazı emisyonlarının yalnızca %3'ünden sorumludur. Ancak 2050 yılına kadar gerekli önlemler alınmadığı takdirde, bu oranın %5'e çıkması beklenmektedir (İnsel, 2022).

IMO, 2018 yılında iklim değişikliği ile ilgili kendi hedeflerini ilan etmiştir. Bu hedeflerden en önemlileri, 2030 yılına kadar ton-mil başına CO₂ salınımını 2008 yılına göre %40 düşürmek (verimliliği artırmak) ve 2050'ye kadar denizcilikteki total sera gazı salınımını %50 düşürmektir. IMO Deniz Çevresini Koruma Komitesi (MEPC) uzun süredir sera gazı salınımına yönelik çalışmalar yürütmektedir. IMO, MARPOL Ek VI ile gemi kaynaklı salınan NO_x, SO_x ve partikül madde için sınır değerleri belirlemektedir (Bayraktar vd., 2019).

Sera gazı CO₂'nin oluşumu esasen toplam fuel oil tüketimine ve kullanılan fuel oilin tipine ve karbon içeriğine bağlıdır (Gündoğdu, 2007).

- Avrupa Birliği Yeşil Mutabakatı (2019)

Küresel ısınmanın yol açtığı iklim değişikliği, dünyamızı tehdit eden bir oluşum olarak kabul edildiğinden, dünya çapında gereken önlemlerin alınmasına ve uygulanmasına yönelik politikalar geliştirilmektedir (Ecer vd., 2021). Bu amacı gerçekleştirmek üzere, Avrupa

Birliği (AB), 2019 yılında evre ve iklim konularında nc bir rol üstlenmek amacıyla Avrupa Yeşil Mutabakatını yayınlarak dünya ekonomisinde dönüşüm yaratacak bir adım atmıştır. Avrupa Yeşil Mutabakatı, 2050 yılına kadar Avrupa'nın iklim nötr hale gelmesini, ekonomik büyümenin kaynak kullanımından ayrıştırılmasını ve bu süreçte hiçbir topluluğun ya da bölgenin geride kalmamasını sağlayarak AB ekonomisinin sürdürülebilir olmasını hedefleyen bir dönüşüm politikasıdır (European Commission, 2019; Küçük ve Yüce Dural, 2022). Avrupa Yeşil Mutabakatı, BM'nin Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri'nin tamamlayıcısı olarak da ifade edilmektedir. Bu bağlamda, Avrupa Yeşil Mutabakatı, 2015 yılında kabul edilen ve 2016 yılında yürürlüğe giren Paris Anlaşması'nın kararlarının hayata geçirilmesine yönelik çabaları desteklemektedir (Türkoğlu ştn, 2021).

Avrupa Yeşil Mutabakatı çerçevesinde, 8 ana politika alanı belirlenmiştir. Bu politikalar aşağıdaki gibidir (European Commission, 2019);

- 2030 ve 2050 için AB'nin iklim hedeflerini arttırmak.
- Temiz, ulaşılabilir ve güvenli enerji sağlamak.
- İnşaat ve yenilemede enerji ve kaynak verimli bir yol.
- Temiz ve döngüsel bir ekonomi için endüstriyi harekete geçirmek.
- Sürdürülebilir ve akıllı hareketliliğe geçişin hızlandırılması.
- Tarladan sofraya: adil, sağlıklı ve evre dostu bir gıda sistemi tasarlamak.
- Ekosistemleri ve biyoçeşitliliği korumak.
- Toksik içermeyen bir evre için sıfır kirlilik hedefi.

Avrupa Yeşil Mutabakatı, iklim değişikliğiyle mücadele etmek, sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmek ve çevresel sağlığı korumak amacıyla bu sekiz temel politika alanında hedefler belirleyerek, Avrupa'nın yeşil bir geleceğe doğru ilerlemesini sağlamayı amaçlamaktadır.

1.2. Gemi Makineleri ve Gemi Yakıt Türleri, Alternatif- Sürdürülebilir Yakıt Kavramı ve Emisyonlar

Denizyolu taşımacılığı; diğer taşıma türlerinden olan karayolu ve havayoluna kıyasla daha evre dostu olarak görünmektedir ve seferlerin sıklığı göz önünde bulundurulduğunda çevresel olarak hava-su-gürültü kirliliği, denizlerdeki gemi yoğunluğu gibi olumsuz etkiler ortaya çıkmaktadır (Millet vd., 2021). Ortaya çıkan bu etkilerin en emlilerinden biri emisyonlardır. Bu emisyonların insan sağlığına ve çevreye olumsuz etkileri sebebiyle

alternatif yollar aranmaktadır. Bu yollar arasında sürdürülebilir yakıtların ve alternatif yakıtların kullanımı önemli bir yere sahiptir.

1.2.1. Gemi Makineleri

Günümüzde, denizcilik endüstrisinde kullanılan güç sistemlerinin verimliliği ve çevresel etkilerinin minimize edilmesi önemli bir araştırma alanı haline gelmiştir. Özellikle içten yanmalı dizel motorlar, modern gemi inşaat sanayisinde vazgeçilmez bir güç santrali olarak kritik bir rol oynamaktadır. Bu motorlar, gemilerin hareketini sağlamak için yüksek güç üretme kapasitesine sahipken, aynı zamanda enerji verimliliği sağlayarak işletme maliyetlerini azaltan özelliklere de sahiptir. Bununla birlikte, turbo şarjlı sistemler motorun verimliliğini ve çevresel etkileri doğrudan etkilemektedir.

- İçten Yanmalı Dizel Motorlar

İçten yanmalı dizel motorlar, modern gemi inşaat sanayisinde vazgeçilmez bir güç santrali olarak önemli yer tutmaktadır (Huang vd., 2024). Gemi güç sistemlerinde ana enerji kaynaklarından biri olan dizel motorların çalışma prensibi, silindirde yakıtın yanmasıyla ısı enerjisi üretmek ve bu enerjiyi mekanik enerjiye dönüştürerek gemiyi hareket ettirmektir (Li vd., 2023). Dizel motorlar, sahip oldukları yüksek güç avantajları nedeniyle denizcilik endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır (He vd., 2023). Çoğu gemi, tahrik yöntemi veya ana tahrik ünitesi olarak dizel motor kullanmaktadır. Gemi boyutuna, yük türüne ve amacına bağlı olarak dizel motor, iki zamanlı veya dört zamanlı çalışma prensiplerine göre çalışabilir. Daha büyük gemilerde iki zamanlı dizel motorlar yaygın bir tercih olmaktadır (Anantharaman vd., 2015). Büyük dizel motorlar, son derece yüksek tork ve güç üretme kapasitesine sahip olmakla birlikte, aynı zamanda iyi bir yakıt tasarrufu sunar. Diğer güç santralleri türleriyle karşılaştırıldığında, dizel motorlar daha düşük yakıt tüketim oranlarına sahiptir. Modern dizel motorlar, gelişmiş ve kompakt yapılarıyla dikkat çekmekte olup, bileşenleri yüksek standartlara sahip üretim süreçlerinden geçmektedir. Bu da motorların bakım ve servis işlemlerini oldukça basit hale getirmektedir. Ayrıca, dizel motorlar uzun ömürlü ve yüksek güvenilirliğe sahip olup, zorlu çalışma koşullarında stabil bir şekilde çalışabilme kapasitesine sahiptir. Bu özellik, gemilerdeki güç kayıplarının riske yol açmasını engelleyerek, operasyonel güvenliği artırmaktadır (Umemura vd., 2012).

- Turbo Şarj

Turbo şarj, denizcilik dizel motorlarının ana bileşenlerinden biridir ve motorun sürekli ve stabil güç sağlamasında önemli bir rol oynar. Turbo şarj, motorun performansını artırmak ve emisyonları azaltmak için kritik bir sistemdir. Ancak, turbo şarjlar karmaşık yapıları ve zorlu çalışma koşulları nedeniyle etkili ve verimli çalışabilmek için düzenli izleme ve bakım gerektirir. Mevcut turbo şarj teknolojisi, dizel motorların gelişen güvenlik ve dinamik performans gereksinimlerini karşılamak üzere sürekli gelişmektedir. Bu nedenle, turbo şarjın verimli çalışması, gemilerin enerji verimliliği ve çevresel etkilerinin azaltılması açısından kritik öneme sahiptir (Cui vd., 2018).

Dizel motorlarının verimliliği ve çevresel etkileri, kısmen yanmadaki hava-yakıt karışım oranına bağlıdır. Hava-yakıt karışım oranı, silindirlere sıkıştırılmış hava gönderen turbo şarj tarafından önemli ölçüde etkilenir. Bu durum, yakıt akışının artırılmasını mümkün kılarak, daha yüksek güç çıkışı ve yakıt verimliliği sağlar (Kisbenedek ve Andersson, 2018). Deniz dizel motorlarında turbo şarj, hava temizleme sistemi için önemli bir bileşendir ve doğrudan güç çıkışı, motor verimliliği ve egzoz gazı emisyonlarını etkiler. Turbo şarjın ana bileşenleri şunlardır: türbin tekerleği (türbin kanatları ile rotor), türbin memesi halkası, çelik şaft (bir uçta türbin tekerleği, diğer uçta kompresör pervanesi monte edilmiştir), hava kompresörü, susturucu, difüzör, hava filtresi ve soğutucu (Knežević vd., 2020).

Denizcilik dizel motorları, bataryalarla birleşen önemli bir hibrit kombinasyon bileşeni olarak öne çıkmaktadır. Örneğin, okyanus yolculuğu yapan bir dökme yük gemisi için dizel- batarya hibrid tahrik sistemi incelenmiş ve sistem verimliliğini artırarak %2–3 oranında yakıt tüketiminde azalma ve %5–7 oranında CO₂ ve NO_x emisyonlarında azalma sağlanabileceği gösterilmiştir (Dedes vd., 2012).

Son yıllarda, gemilerin ana yakıt olarak LNG'ye geçiş yapma olasılığı, değerlendirilmekte olan teknolojiler arasında önemli bir yer edinmiştir. LNG'nin gemiler için yakıt olarak kullanılması, NO_x ve SO_x emisyonlarını önemli ölçüde azaltma potansiyeline sahip olduğundan, büyük avantajlar sunmaktadır. Özellikle ECA (Emissions Control Area) uyumluluğu açısından oldukça cazip bir seçenek olmaktadır. Ancak, teknik olgunluk, erişilebilirlik ve maliyetler, LNG'nin denizcilik yakıtı olarak büyük ölçekte başarıya ulaşabilmesi için en kritik faktörler gibi görünmektedir (Acciaro vd., 2013).

Denizcilik endüstrisinde kullanılan ana makine türleri ve bunların çalışma prensipleri ele alındığında, özellikle içten yanmalı dizel motorlarının gemi tahrik sistemlerinde

vazgeçilmez olduğu, turbo şarj sistemlerinin motor verimliliği ve çevresel etkiler üzerinde belirleyici rol oynadığı vurgulanmıştır. Ayrıca, LNG gibi alternatif yakıtların kullanımı ve dizel motorlarının enerji verimliliği açısından önemli gelişmeler kaydedilmektedir. Gelecekte, bu teknolojilerin ve hibrit sistemlerin daha da gelişerek denizcilik sektörünün çevresel etkilerini azaltmada önemli rol oynayacağı öngörülmektedir.

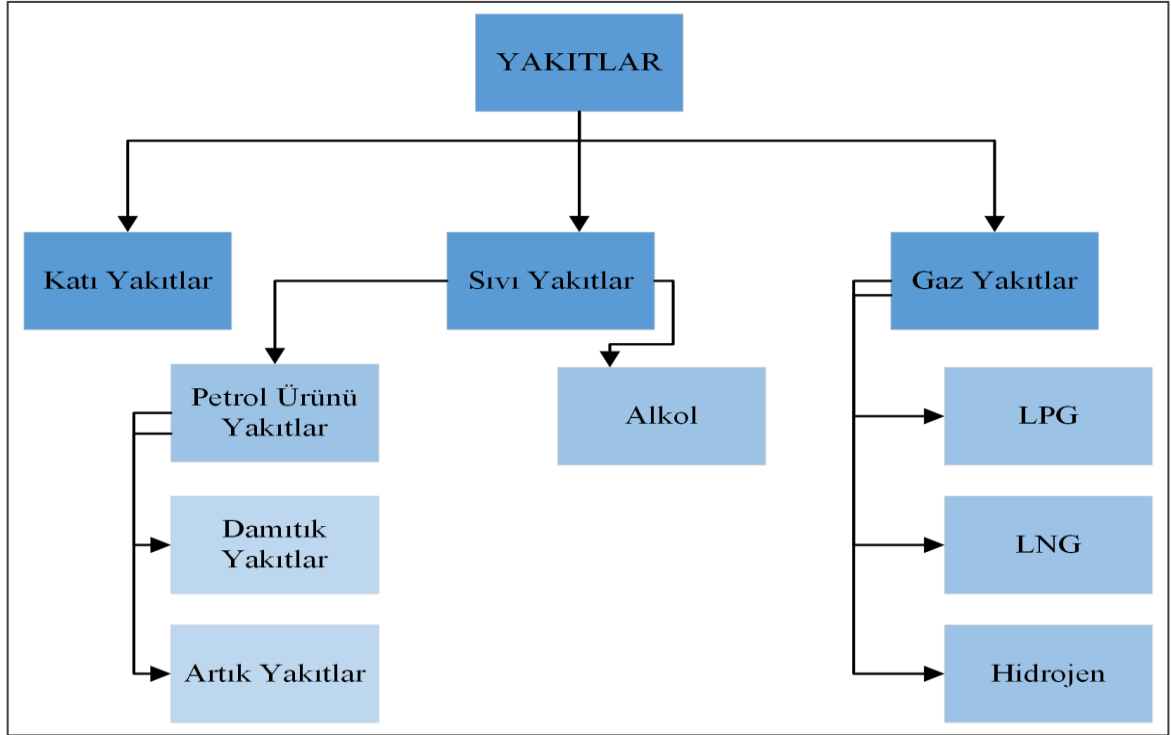
- Buhar Türbinleri

Buhar türbinleri, geminin ana itici gücü olarak işleyen mekanizmalardır ve temel olarak su buharının enerjiye dönüştürülmesi prensibine dayanır. Gemi sistemlerinde uzun yıllardır kullanılmakta olup, özellikle savaş gemileri ve bazı ticari büyük yük gemilerinde tercih edilmektedir. Buhar türbinleri, yakıtın bir kazan içerisinde yandığı ve bu noktada oluşan buharın türbin kanatlarını döndürdüğü temel bir yapıya sahiptir (Bulduk, 2017).

Avantajları arasında yüksek güç/ ağırlık oranı ve uzun süreli dayanıklılık yer almaktadır. Ayrıca, buhar türbinleri genellikle yüksek sıcaklıklara dayanıklıdır ve geniş bir güç aralığında çalışabilirler. Ancak, bu sistemlerin en büyük dezavantajı yakıt verimliliğinin dizel motorlara göre daha düşük olmasıdır. Ayrıca, buhar türbinlerinin çalıştırılması için karmaşık ısıtma sistemleri ve bakım gereksinimleri vardır (Bulduk, 2017).

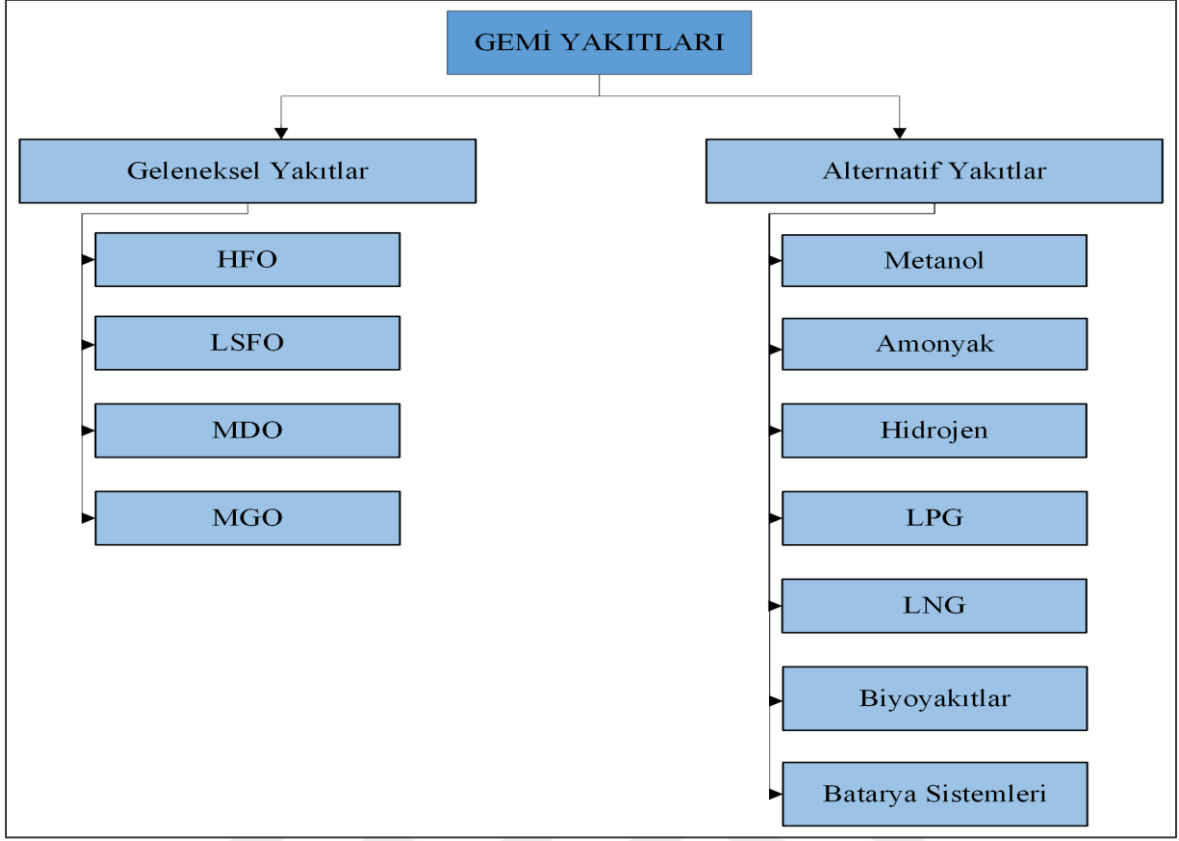
1.2.2. Gemi Yakıt Türleri

Denizcilik, 1920'lerde kömürden dizele ve dizelden 1950'lerde ağır akaryakıt (Heavy Fuel Oil/HFO) geçiş süreci yaşamıştır (Ejder, 2020). Ağır yakıt sınıfında olan HFO, ucuz olması nedeni ile gemilerce en çok tercih edilen yakıt çeşididir (Mueller vd., 2015). Denizcilikte kullanılan yakıt dünyadaki yakıt tüketiminin yaklaşık %5,7'sini oluşturmakta ve çevresel etkileri göz ardı edilemeyecek seviyelerdedir (Işık, 2020).



Şekil 8. Yakıt türleri, Kaynak: Işık, 2020.

Yakıtlar katı, sıvı ve gaz olarak üç gruba ayrılmaktadır. Sıvı yakıtlar, petrol ürünü yakıt, damıtık yakıt, artık yakıt ve alkoldür. Gaz yakıtlara ise LPG, LNG ve hidrojen örnek verilebilmektedir.

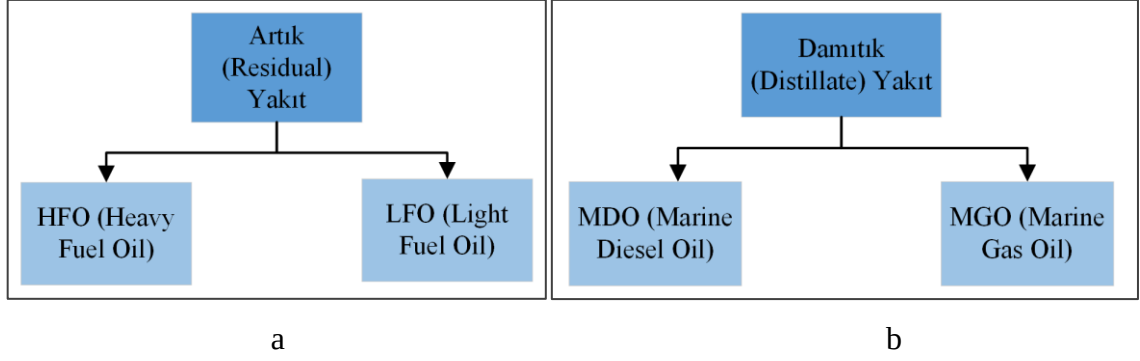


Şekil 9. Gemi yakıtları, Kaynak: Işık, 2020.

Gemilerde kullanılan yakıt türleri Şekil 9’da gösterildiği gibi geleneksel ve alternatif yakıtlar olarak iki gruba ayrılmaktadır.

Dünya üzerinde seyir yapan gemilerin büyük çoğunluğunun dizel makinelerle sevk edildiği bilinmektedir (Corbett ve Koehler, 2003). Dizel yakıtların hava kirliliğine olan etkisi oldukça fazladır (Heywood, 1998). Yakıtın kimyası, gemi makinesinin performansını ve egzoz emisyonlarını büyük oranda etkilemektedir (Kalender, 2017).

Gemilerde kullanılan geleneksel yakıtlar incelediğinde artık yakıtlar olarak adlandırılan deniz akaryakıtı (Marine Fuel Oil -MFO), orta seviye akaryakıt (Intermediate Fuel Oil -IFO) yakıt türlerinin daha büyük makineye sahip ve açık deniz gemileri için uygun olduğu görülmüştür (Draffin, 2008). Kullanılan deniz yakıtları içerisinde en ucuzu olan artık yakıtlar, büyük ticari gemilerin birçoğunun düşük hızlı makinelerinde yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Ancak denizde yol alması için gerekli tahrik gücü için oluşan kirliliği temizleme sistemi gerekmektedir. Bunun yanı sıra verimli yanma için viskoziteyi düşüren ısıtma sistemine ihtiyaç duyulmaktadır (Townsend, 2008).



Şekil 10. Artık ve damıtık yakıtlar, Kaynak: Draffin, 2008.

Distile yakıt olarak adlandırılan, artık yakıtlara oranla deniz dizel yakıtı (Marine Diesel Oil -MDO) veya deniz gaz yağı (Marine Gas Oil -MGO) nın yoğunluğu daha az, temiz ve kullanımı kolaydır. Genellikle daha küçük gemilerde, kosterlerde, hidrolik ve elektrik gücü elde etmek için kullanılan yardımcı makinelerde kullanılmaktadır (Draffin, 2008). Damıtık yakıtlar Şekil 10'da (b) görülmektedir. Artık yakıtlar olarak sınıflandırdığımız HFO ve LFO şekil 10'da (a) görülmektedir.

1.2.3. Alternatif Yakıtlar ve Sürdürülebilir Yakıtlar

Petrolün çevrede yarattığı olumsuz etkiler göz önünde bulundurulduğunda akla sürdürülebilir ve alternatif yakıtların kullanımı gelmektedir. Alternatif yakıtlar ve sürdürülebilir yakıtlar birbirinden farklı kavramlardır. Alternatif yakıtlar, genellikle daha çevreci seçenekler olarak değerlendirilirken, sadece sürdürülebilir yakıtları içermez. Örneğin, doğalgaz, biyodizel, elektrikli araçların bataryalarında kullanılan enerji ve hatta bazı hidrojen yakıt hücreleri alternatif yakıtlar arasında sayılabilir (Naimoğlu, 2022).

- **Biyoyakıtlar**

Biyoyakıtlar canlı ya da ölmüş olan organizmalardan meydana gelmektedir. Biyoyakıtlar diğer yakıt çeşitlerine göre (petrol, doğalgaz, kömür, nükleer yakıtlar gibi) büyük bir alternatif olan yenilenebilir enerji kaynağıdır. Biyoyakıtlar, tohumlar, karbonhidratlar, bitkiler, bitkisel ve hayvansal atıklar, ayrıca kentsel ve endüstriyel atıklardan elde edilebilmektedir (URL 12).

- Sıvılaştırılmış Doğalgaz (LNG)

Alternatif yakıtlar arasında içerik olarak yüksek miktarda metan gazı içmektedir. Bu sebeple sülfür ve karbon içeriği düşüktür (Brynolf vd., 2014). LNG'nin gelecekte tüm gemiler kullanılabilir yakıt türü olarak düşünülebilir. Fakat gemide depolama sorunu, ikmalinde sıkıntılar gibi sorunlar halen bulunmaktadır. Çıkartılması, işlenmesi, depolanması ve ikmali düşünüldüğünde gemilerin emisyon salınımına önemli oranda azaltıcı etkisi bulunabilecek alternatif yakıtlardan biri olan LNG'nin kullanılabilirliği çok etkin değildir (Kaya,2017). LNG yakıt türü diğer yakıt türlerine istinaden daha karmaşık bir sistem yapısına sahip olup, daha fazla alan kaplayan özel tasarımı tanklarda elleçlenir ve sistemin emniyet gerekliliği diğer türlere göre daha yoğun olması ile uygulama açısından dezavantajları bulunmaktadır. LNG yakıt tipi için yapılan çalışmalara rağmen küresel yakıt sağlayıcı ağları henüz genel kullanım için yetersizdir (Deniz ve Zincir,2016).

- Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (LPG)

Güney Kore menşeli birçok gemide sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) yakıtına dönüştürme fizibilitesi yüksek olup LPG yakıt kullanımı yolu ile yıllık yakıt tüketim maliyeti ve hava kirliliğindeki azalma miktar olarak değerlendirilmiş ve sonuç olarak LPG yakıt kullanan tüm gemiler için yıllık ortalama yakıt tüketiminde %7,5–10,4 oranında azaldığı görülmüştür. Ayrıca bu çalışmanın diğer çevresel etkileri olan emisyon gazlarında da nitrojen oksit emisyon indeksinin %14-16 oranında ve karbondioksit emisyon indeksinin %10-14 azaldığı tespit edilmiştir. Çoğunlukla kullanılan Ağır Fuel Oil (HFO) ile LPG yakıt tipi karşılaştırıldığında, SOx'te emisyon indeksinin %97, partikül emisyon indeksinin %90, NOx'te emisyon indeksinin %20 ve sera gazı emisyon indeksinin yaklaşık %25 daha azaltılabildiği görülmüştür (Sevgili, 2017).

- Hidrojen

Gaz molekülleri arasında en hafif olan moleküldür. En küçük molekül olması yakıtlar arasında optimum depolama oranı sağlamaktadır (Chryssakis vd., 2014). Gemi yakıtı olarak hidrojen kullanımı halihazırdaki hidrokarbon içerikli yakıtlara oranla zararlı egzoz emisyonu

daha az seviyededir ve enerji yoğunluğu oldukça yüksektir (Veldhuis,2007). Ancak yakıt olarak hidrojeni üretmek, depolamak ve taşımak zor ve tehlike arz etmektedir.

- Metanol

Metanol, odun, kömür gibi fosil yakıtların ısı ile damıtılması sonucu elde edilen bir yakıt türüdür (Taymaz ve Benli, 2009). Sıvı halde olduğu için kullanımı kolaydır fakat oldukça zehirlidir (Brynolf vd., 2014). Deniz ve Zincir (2016)'e göre kısa vadede diğer alternatif yakıtlarla rekabet etmesi zordur.

Sürdürülebilir yakıtlar, geleneksel fosil yakıtlardan daha düşük karbon ayak izine sahip yakıtlardır (URL 11).

- Amonyak (NH_3)

Amonyak (NH_3) sıvı formda düşük sıcaklık ve basınç altında kolaylıkla yönetilebilen bir enerji taşıyıcısı olarak öne çıkıyor. Bu özelliği, amonyağın uzun süre depolanmasını ve taşınmasını daha etkili hale getiriyor.

- Elektrokimyasal (Batarya-Piller)

Batarya-Piller, elektrik enerjisinin kimyasal enerjiye dönüştürülerek depolandığı cihazlardır ve bu günlerde en yaygın kullanılan enerji depolama sistemleridir. Değişken güç gereksinimlerinde, enerjiyi daha ekonomik ve güvenli bir biçimde depolayabildiği gözlemlenmiştir (Divya ve Østergaard, 2009).

Yakıt dönüşüm cihazları, yakıt pilleri için esas hedefini benzin, dizel ve doğal gaz gibi enerji kaynaklarını, yakıt pilinin gereksinim duyduğu bileşenlere dönüştürerek gerekli enerjiyi sağlaması olarak tanımlamaktadır (Shekhawat, Spivey ve Berry, 2011). Bunun sebebi, hidrojenin doğada saf halde bulunmaması, son derece uçucu bir gaz olması, depolanmasının zorluğu ve güvenliğinin diğer yakıtlarla kıyaslandığında daha fazla zorluk içermesidir (Kaya, 2015).

1.2.4. Gemilerde Yakıt Tüketimini Etkileyen Faktörler

Gemilerde yakıt tüketimi üzerinde etkili birçok çevresel ve teknik unsur bulunmaktadır.

Tablo 4. Yakıt tüketimini etkileyen faktörler

Operasyon ve bakım-tutum	Gemi tasarımı uygulamaları
1-Yakıt ve Katkı Maddeleri (Wartsila, 2008)	1-Gemi Ana Boyutlarının
2-Limanlarda Operasyon Sürelerinin	Optimizasyonu (Wartsila, 2008;
Düşürülmesi (Wartsila, 2008)	Dalrosen vd., 2009)
3-Pervane Yüzeyi Temizleme/Parlatma	2-Hafif Yapılı Gemilerin İnşası
4-Tekne Yüzeyi Kaplama (Balland vd., 2012)	(Wartsila, 2008)
5-Makine Operasyonlarında Yük	3-Gemi Boyutunun Büyütülmesi
Optimizasyonu (Deniz, 2000)	(García vd., 2019)
6-Gemi Hızının Düşürülmesi (Tareiko ve	4-Balast Azaltmak (Wartsila, 2008)
Rudzki, 2020)	5-Gemi Kıç Tarafı Tasarımı (ABS,
7-Seyir Planlama- Hava Koşulları	2012)
8-Gemi Trimi (Wartsila, 2008)	6-Pervane Boşlukları Nedeniyle
9-Otopilotun Etkin Kullanımı (Deniz, 2000;	Oluşan Direncin Minimize Edilmesi
Balland vd., 2012)	(Wartsila, 2008)
10-Planlı Bakım Tutum (Deniz, 2000; Eide vd.,	7-Tekne Altını Hava Kabarcığı ile
2011)	Yağlama Tekniği (Wartsila, 2008)
11-Karina Temizliği (Balland vd., 2012)	

Tablo 4'ün devamı.

Makine teknolojisi	Sevk ve pervane sistemleri
1-Hibrit Yardımcı Güç Üretimi (Wartsila, 2008)	1-Ters Dönüslü Pervanelerin İtici Tahrik Sistemi Olarak Kullanılması (Crp Sistemi)
2-Yakıt Tipi (Lng)	2-Pervane-Tekne Etkileşimi
3-Atık Isıdan Enerji Geri Kazanımı (Wartsila, 2008; Balland vd., 2012; Akman, 2021)	Optimizasyonu
4-Common Rail (Ortak Hat) Uygulaması	3-Geliştirilmiş Pervane Kanatları
5-Gemilerde Güç Yönetimi Uygulaması (Sterling ve Goldswoerthy, 2007; Wartsila, 2008)	4-Pervane Verimlilik Ölçümü

Geminin tipi (konteyner, tanker, yolcu gemisi vb.), tasarım niteliği (hız, gövde şekli, boyut) geminin yakıt tüketiminde etkili olan önemli faktörlerdendir (García vd., 2019). Geminin seyir/sefer hızı, yakıt tüketiminde etkili olan diğer bir önemli faktördür. Gemi hızı arttıkça, su direnci; dolayısı ile yakıt tüketimi artar. Bir geminin hızını %20 artırmak, yakıt tüketimini %20-30 miktarında artışa sebep olabilmektedir (Brouwer vd., 2020). Yük durumu ve istifi, geminin hacimsel ağırlığını ve suya batma miktarını değiştirir ve yakıt tüketimini etkilemektedir. Hacimsel olarak daha ağır yükler, gemiyi daha çok batıracağı için geminin daha fazla yakıt tüketmesine sebep olmaktadır (Lacoste vd., 2017). Denizin durumu (rüzgâr, dalga, akıntı) gibi faktörler, geminin suda ilerlemesini kesebilmekte ve bu sebeple yakıt tüketimini artırabilmektedir. Örneğin, rüzgâr hızının fazla olduğu durumlarda ek bir direnç söz konusu olacaktır ve bu durum yakıt tüketimini artıracaktır (Huang vd., 2018). Kullanılan yakıt türü, geminin performansını ve randımanını etkileyebilmektedir. Bilhassa düşük sülfür içeren yakıtlar, çevresel etkileri azaltmalarına rağmen daha fazla maliyetler getirebilir (Peters vd., 2021). Geminin ana makinesinin verimliliği bakım durumuna bağlıdır ve bu yakıt tüketimini direkt etkilemektedir. Düzenli olarak yapılan ana makine bakımları, makine verimliliğini arttırmakta ve yakıt tasarrufu sağlamaktadır (Kumar vd., 2019). Deniz koşullarına uygun olarak rotanın optimize edilmesi, bekleme zamanının kısaltılması ve verimli rota/sefer planlaması, yakıt tüketimini azaltabilecektir. Doğru bir rota planlaması, yakıt tüketimini azaltacaktır (Cupido vd., 2020).

Emisyon azaltıcı çalışmaların başında gemi tasarımı gelmektedir. Gemilerin tasarımlarında yenilenebilir enerji kaynaklarına dayanan ana tahrik ve güç sistemlerinin entegrasyonu, gemi operasyonlarından kaynaklanan emisyonları önemli ölçüde azaltacaktır (Şenol, 2020).

1.2.5. Gemilerde Yakıt Tasarrufunun Önemi ve Enerji Verimliliği

Yakıt tasarrufu ve enerji verimliliği, çevresel sürdürülebilirlik sağlanması açısından oldukça önemli bir konuma sahiptir. Gelişen teknoloji ve yenilikçi yaklaşımlarla beraber gemi işletmeleri alanında işletmeciler önemli gelişme göstermiştir. Çevresel etkilerin minimize edilmesi, denizcilik endüstrisinin geleceği için önemli adımlar atılmasına vesile olmaktadır (Brouwer vd., 2020).

Yakıt tasarrufu; karbon emisyonu, diğer zararlı gazların salınımını ve gürültüyü azaltır. Bu sayede, çevresel sürdürülebilirliğe fayda sağlamak konusunda büyük bir önem taşımaktadır (Huang vd., 2018). Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO), gemi emisyonlarını yakıt tüketimini azaltarak düşürmeye yönelik amaçlar belirleyerek, endüstrinin sürdürülebilirliğine katkıda bulunmayı hedeflemektedir.

Gemi performansının artırılarak daha az yakıt tüketmelerini sağlamak enerji verimliliğinin temel amacıdır. Yenilikçi makine teknolojileri, gelişmiş yakıt sistemleri ve en yeni uygulama yaklaşımları sayesinde enerji verimliliğinin artması sağlanabilir. Örneğin, aerodinamik tasarımlar gemilerin daha düşük sürtünme yüzeylerine sahip olmasını ve geminin su üzerindeki direncini azaltarak enerji verimliliğini artırabilir (García vd., 2019). Rüzgâr türbinleri, güneş panelleri benzeri yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması, gemilerin enerji ihtiyaçlarını azaltırken, çevresel etkilerini de azaltmakta fayda sağlayabilir. Enerji verimliliği uygulamaları, uzun vadede önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlamaktadır (Lacoste vd., 2017). Optimum rota/sefer planlamaları ve uygun gemi yükleme yönetimi, enerji verimliliğini artırmak için oldukça önemlidir. Deniz koşullarına uygun rota ve hız ayarlamaları, geminin bir noktadan diğerine en az yakıt tüketimi ile ulaşmasını sağlamaktadır (Kumar vd., 2019).

1.2.6. Gemilerden Kaynaklanan Emisyonlar

Gemilerde tüketilen fosil yakıtların kullanımı sonucunda çevre ve insan sağlığını olumsuz etkileyecek zararlı egzoz emisyonları ortaya çıkmaktadır. Seyir sırasında ortaya çıkan egzoz gazı emisyonları açık denizlerde salınsa dahi havada yüzlerce kilometrelik mesafelerde ilerleyerek karasal hava kalitesine katkı sağlamaktadır (Eyring vd., 2007). Gemi tüketilen fosil yakıtların yanması sonucu oluşan egzoz emisyonlarından dolayı hava kirleticiler ve sera gazları atmosferdeki dengenin bozulmasına ve hava kalitesinin azalmasına yol açar, bu da küresel ısınmaya ve asit yağmurlarına neden olmaktadır. Limanların yaşam alanlarına yakın olması durumuyla birlikte, burada alanlarda yaşayan insanların sağlık durumunu önemli miktarda etkilemektedir. Bu emisyon gazlarının insanlarda nefes darlığına, solunum yetmezliğine, akciğer kanserine, astıma ve kalp-damar yolu rahatsızlıklarına ve erken doğumlara neden olduğu gözlemlenmiştir (Aygül ve Baştuğ, 2020). Bu emisyonlar arasında en kritik olanları hidrokarbonlar (HC), azot oksit (NO_x), kükürt oksit (SO_x), karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO₂) ve partikül maddeler (PM)'dir (Kalender, 2017).

Tablo 5. Gemilerden kaynaklanan emisyonlar, Kaynak: Meech, 2005; Kalender, 2017

Hidrokarbon Emisyonları (HC)	HC emisyonlarının silindirde tam yanma olmaması durumunda meydana gelir. Dizel makinelerde yakıt püskürtme sisteminin sorunlu çalışması durumunda hidrokarbon emisyonu olur. Yanmamış HC emisyonları genelde makine devrine ve makine yüküne bağlıdır.
Azot oksit emisyonları (NO _x)	NO _x yanma sırasında havada bulunan oksijen ve azot karışımlarının silindir içerisinde yüksek sıcaklıklara maruz kalması sonucunda meydana gelirler. NO _x 'in insan sağlığına en zararlı olan türü nitrojen oksit ve nitrojen dioksittir.

Tablo 5'in devamı

Kükürt oksit emisyonları (SO _x)	Dizel makinelerde kullanılan yakıtlarda sülfür bulunmaktadır. Bu bileşikler yanma sırasında SO ₂ gazı meydana gelir ve bir oksijenle birleşerek SO ₃ oluşturur. Sülfür oksit emisyonların miktarı yakıt içerisindeki sülfür oranına bağlı olarak değişir. Gemilerdeki sülfür oksit emisyonları kullanılan yakıtın sülfür içeriği limitlendirilerek kontrol edilir.
Karbonmonoksit emisyonları (CO)	CO emisyonları yakıtın yetersiz ya da eksik hava ile yanması ile meydana gelirler. CO zehirli olmasına ile renksiz ve kokusuz bir gazdır. İnsan sağlığına zararlı olmasının yanı sıra makinede ısı kaybına neden olmaktadır. Yakıtı karıştırılan hava miktarının artırılmasıyla karbonmonoksit emisyonları azaltılabilmektedir. Dizel yakıt-hava karışımındaki hava miktarının fazla olmasıyla oksijen seviyesi yükselir ve verimli yanma meydana gelir. Bu nedenle dizel makinelerde CO emisyonları diğer makine tiplerine göre daha düşük miktardadır.
Karbondioksit emisyonları (CO ₂),	CO ₂ , fosil ve karbonlu hidrojenden oluşan yakıtların yakılması ve oluşan bileşiğin su ile karışması ile yanma ürünü olarak ortaya çıkar. CO ₂ sera gazı etkisini meydana getiren en önemli emisyon gazıdır. Oluşan CO ₂ miktarına makinenin yaktığı yakıtı bağlıdır. Yayılan CO ₂ seviyesini düşürmek amacıyla enerji verimliliği çerçevesinde düşük sülfürlü yakıt kullanma, yol/hız kesme, deniz durumuna, uygun optimum rota seçme, gelişmiş tekne yapıları ve yük elleçleme, pervane çapının büyütülmesi gibi uygulamalar yapılmaktadır.

Tablo 5'in devamı

Partikül madde emisyonları (PM)	Egzoz gazının içerisinde yer alan organik ve inorganik yapıları taneciklerdir. Dizel makine kaynaklı partikül maddeleri içerisinde uçucu organik bileşikler, element halinde karbon parçacıkları ve organik parçacıkları, nitrat parçacıkları, sülfat parçacıkları ve kül barındırır. Kullanılan yakıtın yüksek sülfür içermesi, çok miktarda sülfat parçacığı meydana getirir ve sülfat parçacıkları partikül madde emisyonunun miktarını artırır. Sonuçta yakıtın içeriğindeki sülfür oranı ve geminin yakıt tüketimi partikül madde emisyon miktarını direkt olarak etkilemektedir.
---------------------------------	--

1.3. Bulanık Mantık

Bulanık mantık kavramı, ilk kez 1965 yılında Berkeley Üniversitesinde Profesör Zadeh'in çalışmalarının sonucunda ortaya çıkmıştır. Zadeh'e göre gerçek hayattaki her unsur siyah-beyaz ya da doğru-yanlış kalıplarına sokulamamaktadır. Bulanık mantık kavramı, klasik mantığın kalıplarını kırmak gerekliliği düşüncesi ile ortaya atılmış bir terimdir (Arslan, 2019). Bulanık mantık, karmaşıklıkların ve belirsizliklerin olduğu kontrol problemlerini çözmede kullanılmaktadır. Arslan (2019)'a göre koşullara bağlı değişiklik gösterme bir belirsizliktir. Çıktığı günden bugüne kadar birçok çalışmada göz önünde bulundurulmuştur (Fasial, 2023).

Araştırmacılar, zor olarak adlandırılan problemlerin bulanık mantıkla çözümlenmesine odaklanmıştır. Bulanık mantığın ilk kez gerçek endüstriyel uygulaması 1978 yılında Danimarkalı bir çimento fabrikasının kontrolü ile olmuştur (Chevrie ve Guély, 1998). Su arıtma sistemleri, liman operasyonlarında kullanılan vinçlerin kontrolü, soğutma sistemleri gibi pek çok endüstriyel uygulamalarda bulanık mantık kullanılmaya başlanmıştır (Fasial, 2023). Günümüzde neredeyse tüm teknolojik aletlerde ve sistemde kullanılmaktadır ve oldukça önemli dev yatırımların yapıldığı projelerde tereddüt etmeden tercih edilmektedir (Özdemir, 2015)

Günlük hayatımızda farkında olmadan kullanılan çoğu kavram bulanık yapıya sahiptir. Bulanık mantıkta kuru veya yaş, hızlı veya yavaş, şişman veya zayıf kelimeleri yerine az

kuru, biraz yaş, fazla, çok, ılık gibi kavramlar örnek verilebilir (Zimmerhann, 1987; Liang, 1999; Kafalı, 2015; Özdemir, 2015).

1.3.1. Bulanık Kümeler ve Üyelik Dereceleri

Klasik mantığın aksine, bulanık mantık kesin sınırlarla ayrılmış alanlar yerine, bireyler tarafından tanımlanan fonksiyonlar doğrultusunda birbirine karışmış birçok bölgeyi kullanmayı tercih etmektedir. Zadeh'in çalışmalarında vurgulandığı üzere, belirsiz bir şekilde tanımlanmış küme ya da sınıflar, soyutlama gibi alanlarda insan düşüncesinin önemli bir aktörü olarak işlev görmektedir. Bu noktada, bulanık kümeler kritik bir öneme sahiptir. Bulanık küme teorisi sayesinde, insan gibi düşünebilen ve karar veren, insanların tanımladıklarına yakın komutları işleyen, avantajlı durumları değerlendirebilen, tecrübelerini göz önünde bulunduran ve durumlara göre seçim yapan oluşumların geliştirilmesi hedeflenmektedir (Zadeh, 1975; Erdal, 2008; Onut vd., 2011; Yüksel, 2012; Özdemir, 2015).

- Bulanık Kümeler

Bulanık mantık ve klasik mantığın birbirinden farklı olduğu gibi klasik küme ve bulanık küme de birbirinden farklıdır. Klasik kümede bir eleman bir kümeye aittir fakat bulanık kümede kısmi aitlik durumu söz konusudur (Ersoylu, 2011; Mürtezaoglu, 2021). Özkan (2011) çalışmasında, “geminin yükleme yapabileceği olası limanlar” ya da “yükleme ve boşaltması zor olan yükler” şeklindeki örneği vererek tanımlanan sınıfların klasik küme ile oluşturulamayacağını ve görecelik ifade ettiğini belirtmiştir.

Bulanık küme kavramı, bulanık mantığın ana yapısını meydana getiren, belirli olmayan terimlerin formül ile gösterilmesidir. Bulanık kümede her bir unsurun ilgili küme ile bağlantılı bir yapıda olup olmaması, tanımı yapılmış bir üyelik derecesi ile nitelendirilmektedir. Kısaca bulanık küme farklı üyelik derecelerine sahip unsurları bir arada barındıran bir halkadır (Baykal ve Beyan, 2004; Özdemir, 2015). Klasik küme mantığında kesin sınırlar ve kaideler vardır. Bir öğenin bir küme elemanı olması ya da olmaması bu belirtilen sınır ve kaideler çerçevesinde bulunmakta ve o eleman kümenin elemanı ya da elemanı değil şeklinde yalnızca 2 net sonuca varılabilmektedir. Bulanık küme mantığında

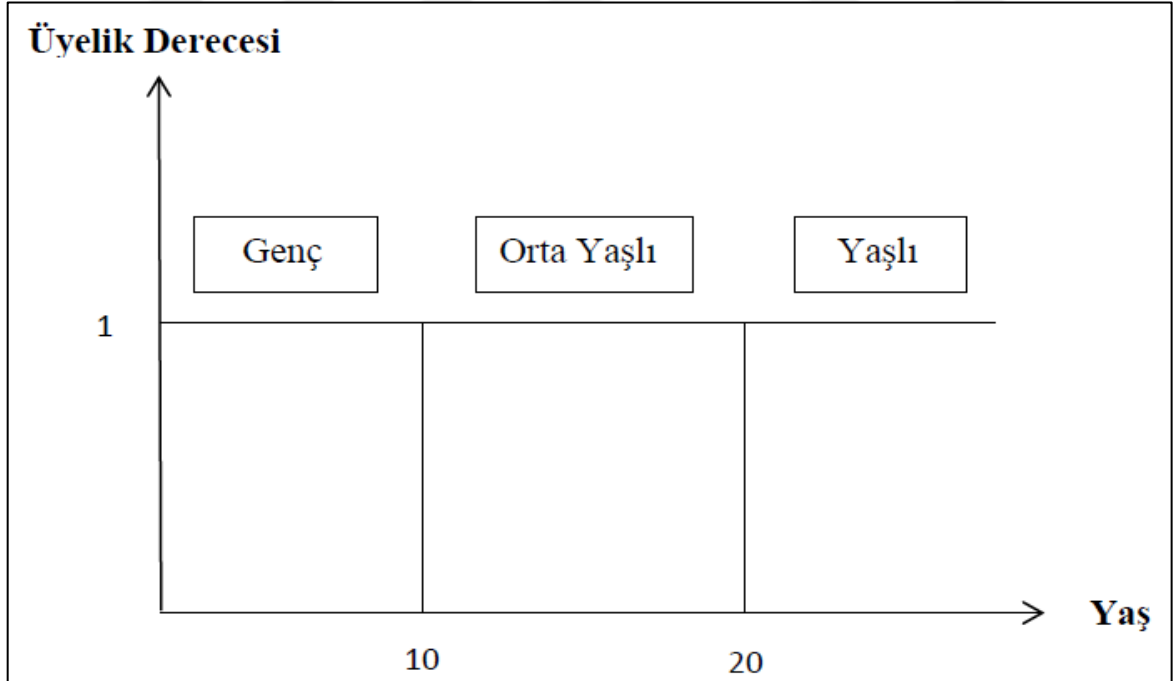
ise ölçme yönteminin yanında, sezgisel bilgiler ve tecrübeler de kullanılmaktadır. (Baykal ve Beyan, 2004, Özkan, 2011, Kafalı, 2014; Özdemir, 2015).

A bulanık kümesi şu şekilde gösterilebilmektedir:

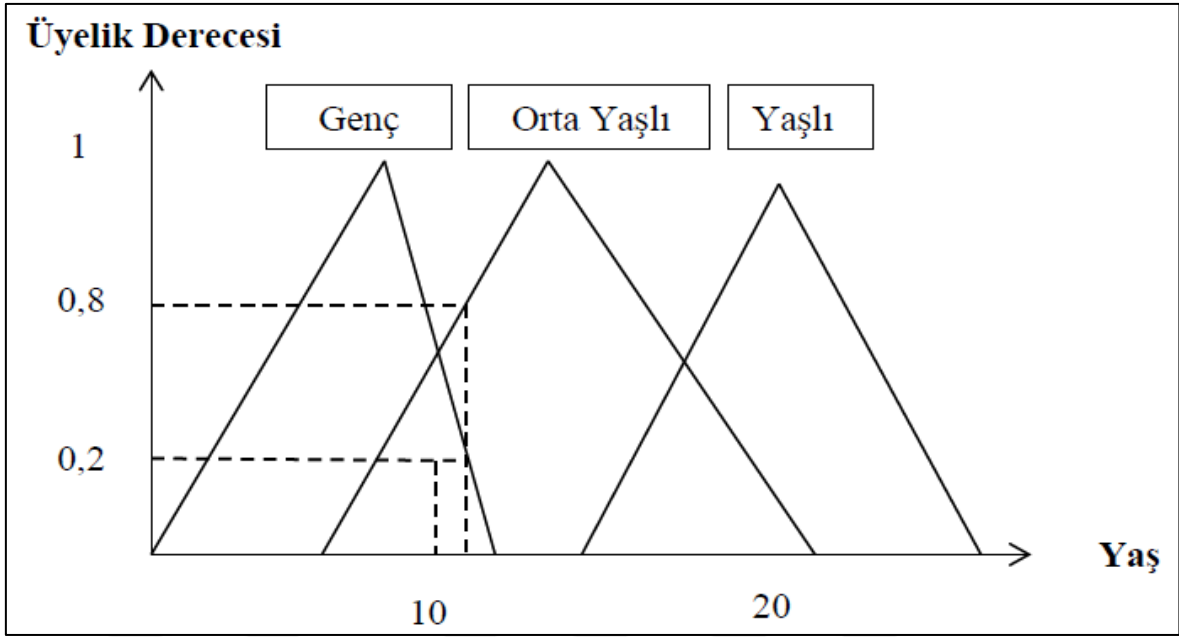
$$A = \{(c, \mu_A(X)) \mid c \in C\} \quad (3)$$

‘Bir kümeye aitlik’ ve ‘bir kümeye ait olmama’ durumu, nispeten derecelidir ve bu ince geçiş bulanık kümeye ‘hava sıcaktır’ veya ‘deniz suyu sıcaktır’ gibi dilsel tabirlerin kullanılarak oluşturulan üyelik fonksiyonları ile tabir edilmektedir. Ek olarak bulanık küme kavramında, kısmi üyelik tabiri de vardır. Üyelik derecesi 1’e yaklaşırken kümeye ait olma durumu artmaktadır, 0’a yaklaşırken kümeye ait olma durumu azalmaktadır. Eğer üyelik derecesi ‘1’ ise eleman kümeye tam olarak aittir ve üyelik derecesi ‘0’ ise kesinlikle o kümeye ait değildir şeklinde belirtilmektedir (Yüksel, 2012; Özdemir, 2015).

Şekil 11 ve Şekil 12 klasik ve bulanık kümelere örnek vermek amacıyla oluşturulmuştur.



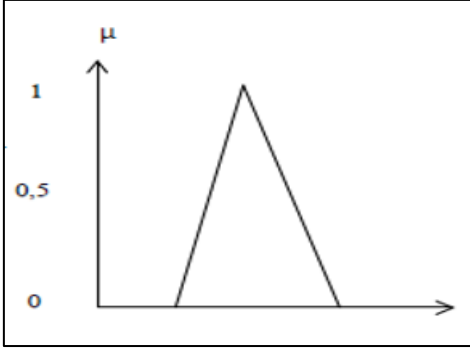
Şekil 11. Klasik küme örneği, Kaynak: Özdemir, 2015.



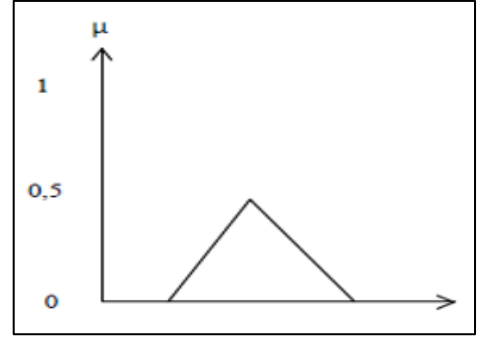
Şekil 12. Bulanık küme örneği, Kaynak: Özdemir, 2015.

Türk deniz ticaretinde gemilerin ortalama yaş ele alınırsa, bu kavramın sınırları herkes için farklı bir anlam ifade edecektir. Hatları keskin bir şekilde net olmadığı için matematiksel bir şekilde net bir ifade elde edilememektedir. Genel bir yargıyla denizcilik sektöründe gemi yaşları 10 ile 20 arasında ise orta yaşlı olarak tanımlanabilir. Eğer bu tabiri hem kesin hem de bulanık küme şeklinde ifade etmek istersek şekil 13'e ulaşabiliriz. Fakat şekil 12'ye bakıldığında üyelik derecesi 0,3 ve 0,7 arasında olan gemiler hem genç hem orta yaşlı sınıfına girmektedir.

Üyelik fonksiyonları $[0,1]$ değer aralığına olan bir kümede kesin kümelerde “1” ve “0” uç değerleri, üyelik halinin olması ve olmamasını gösterirken, “0” ve “1” aralığında bulunan değerler bulanık kümelerde kısmi üyeliği işaret ederler ve bu değerler istenilen şekilde ayarlanabilmektedir (Palit ve Babuska, 2001; Yüksel, 2012).



a) Normal bulanık küme



b) Normal olmayan bulanık küme

Şekil 13. Bulanık küme örnekleri, Kaynak: Özdemir, 2015.

Üyelik fonksiyonundaki üyelik değeri artış veya azalış monoton ise ya da bir elemanın üyelik derecesi 1'e eşit olana kadar önce sürekli olarak monoton artış ardından monoton azalış gösteriyorsa bu bulanık küme dışbükey bulanık küme olarak isimlendirilmektedir. Dışbükey bulanık kümenin formülü aşağıdaki şekildedir.

$$\mu_A(t) \geq \min(\mu_A(r), \mu_A(s)) \quad (4)$$

Şekil 13 incelendiğinde bu durum daha açık bir şekilde görülecektir. Normal bulanık kümelerin yüksekliği 1'dir (Özdemir, 2015).

1.4. Bulanık Sayılar

Bulanık sayılar, tüm gerçekte sayıyı $[0,1]$ aralığına eşleyen fonksiyonlar olarak tanımlanır. Bulanık sayılar, "güven aralığı" fikrinin gelişmiş bir modeli olan ve reel sayıların kapsadığı özellik olarak "normal" ve "dışbükey" olan bulanık altkümedir (Kaptanoğlu ve Özok, 2006). Bulanık bir sayının üyelik fonksiyonu normal ve dışbükey olmalıdır (Göksu, 2008). Bulanık sayılar temelde talep edilen belirlenmiş sınırlar içerisinde gösterilen aralık olarak tanımlanır. Fakat bu belirlenmiş aralıkta kullanılan değerlere bağlı olarak farklı şekilde ifadelendirilebilirler. Bu tanıma; $(4,12)$ bulanık sayısı, $(4,7,12)$ üçgensel bulanık sayısı, $(4,6,10,12)$ yamuk bulanık sayısı şeklinde veya bunun benzeri çeşitli kombinasyonlarla örneklendirilebilir. Bulanık sayılar, yamuk bulanık sayılar, üçgensel bulanık sayılar, çan şekilli bulanık sayılar gibi farklı şekillerle tanımlanmıştır. Bu çalışmada

üçgensel bulanık sayılar ile hesaplamalar yapılmış olup sadece üçgensel bulanık sayılara yer verilmiştir.

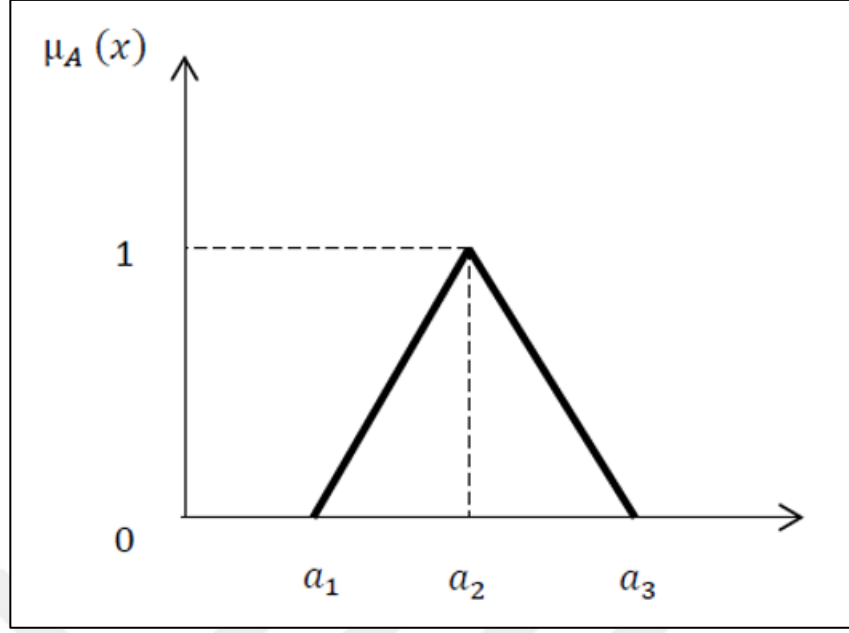
1.4.1. Üçgen Bulanık Sayılar

Üçgensel bulanık sayılar, gerçek sayıların bir alt kümesi olan ve belirlenmiş sınırlar içerisinde sıralı üçlü sayı grupları şeklinde düşünülebilir. Burada en önemli özellik olarak bulanık sayının sıralı üçlü olarak ifade edilirken bu kümeye ait elemanların küçükten büyüğe olacak şekilde yazılması gerekmektedir. Bu bileşenlerden ilki en küçük değerdir, ortaca yani ikinci bileşen optimum değerdir ve üçüncü bileşen ise en üst değerdir. Matematikte 5'in 3 komşuluğu denildiğinde (2,5,8) olarak alınmaktadır, üçgensel bulanık sayıları da bir sayının komşuluğu olarak değerlendirilebilir. Sonuçta sayının üst ve alt değerleri, en muhtemel yani optimum değere eşit uzaklıkta olmaktadır.

Üçgen üyelik fonksiyonu, $\{a_1, a_2, a_3\}$ olarak 3 parametre ile tanımlanır (Baykal ve Beyan, 2004, Özkan, 2011). Üçgen üyelik fonksiyonu aşağıdaki formül 5'te gösterilmiştir.

$$\mu_A(x; a_1, a_2, a_3, a_4) = f(x) = \begin{cases} a_1 \leq x \leq a_2 \text{ ise } (x - a_1) / (a_2 - a_1) \\ a_2 \leq x \leq a_3 \text{ ise } 1 \\ a_3 \leq x \leq a_4 \text{ ise } (a_4 - x) / (a_4 - a_3) \\ a_4 \text{ veya } x < a_1 \text{ ise } 0 \end{cases} \quad (5)$$

$\mu_{AA}(xx): RR \rightarrow [0,1]$ olacak şekilde, üçgensel bulanık sayılar $A = (a_1, a_2, a_3)$ olarak gösterilir (Yong, 2006; Göksu, 2008).



Şekil 14. Üçgensel bulanık sayıların grafik olarak gösterimi, Kaynak: Özdemir, 2015.

1.4.2. Üçgen Bulanık Sayılarda İşlemler

$a_1 < b_1 < c_1$, $a_2 < b_2 < c_2$ olarak A (a_1, b_1, c_1) ve B (a_2, b_2, c_2) bulanık sayılarının alındığını varsayarak;

a) Toplama:

İlk küme elemanı ile ilk eleman, ikinci küme elemanı ile ikinci eleman ve son küme elemanı ile son eleman toplanarak devam edilir. Bu tanımı formül 4' de görüldüğü gibidir.

$$A + B = (a_1 + a_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2) \quad (6)$$

b) Çıkarma:

İlk küme elemanı ile ilk eleman, ikinci küme elemanı ile ikinci eleman ve son küme elemanı ile son eleman çıkarılarak devam edilir. Formül 6' da görüldüğü gibidir.

$$A - B = (a_1 - c_2, b_1 - b_2, c_1 - a_2) \quad (7)$$

c) Çarpma:

İlk kümenin ilk elemanı ile ikinci kümenin ilk elemanı, ilk kümenin ikinci elemanı ile ikinci kümenin ikinci elemanı ve ilk kümenin son elemanı ile ikinci kümenin son elemanı çarpılır. Üçgen bulanık sayılarda çarpma işlemi formül 7’de görüldüğü gibidir.

$$A \times B = (a1.a2, b1.b2, c1.c2) \quad (8)$$

d) Bölme:

A ve B’nin değerlerinin ikisinin de (+) olması halinde formül 8’deki gibidir.

$$A/B = (a1/c2, b1/b2, c1/a2) \quad (9)$$

A ve B’nin değerlerinin herhangi birinin negatif olduğu durumlarda ise bölme işlemi formül 9’daki gibidir;

$$A/B = (a1/c2, b1/b2, c1/a2) \quad (10)$$

e) Üçgensel Bulanık Sayının Tersi:

Sayının tersi işlemi formül 10’ da gösterildiği şekilde ifade edilmektedir.

$$A^{-1} = \left(\frac{1}{c_1}, \frac{1}{b_1}, \frac{1}{a_1}\right) \quad (11)$$

1.4.3. Bulanık Sayılarda Durulaştırma

Durulaştırma; bulanık değerlerden kesin değerlere dönüştürülüp sonucun tetkik edilebilir ve uygulanabilir biçime getirilmesidir. Bulanık sayılarda yapılan bu işlemle, küme elemanları birbirleri arasında karşılaştırılabilir hale getirilir. Bulanık değerlerden nicel değerler elde ederek karşılaştırma yapılabilmesi için çeşitli durulaştırma işlemleri yapılabilir. Literatürde çokça durulaştırma yönteminin bulunduğu bilinmektedir. Bu metotlardan bazıları; aritmetik ortalama metodu, toplamalarının merkezi metodu, en büyük alan merkezi metodu, ağırlık merkezi metodu, ağırlıklı ortalama metodu, verteks metodu, ilk (ya da son) yükselti metodu benzeri metotlar örnek gösterilebilir. (Hellendorn ve Thomas, 1993; Alkan,2006, Sivanandam vd., 2007; Göksu, 2008).

Üçgensel bulanık sayılar aşağıda verilen şekilde durulaştırılabilirler (Kwong ve Bai, 2003; Yong, 2006; Göksu, 2008).

Bir üçgensel bulanık sayı $A = (a,b,c)$ olarak belirtildiğinde durulaştırma işlemi formül 12'deki gibi olur;

$$Ad = \frac{a + 4b + c}{6} \quad (12)$$

Cheng ve vd. (2008) sayılar aşağıda verilen formülle durulaştırılabilirler.

Bir üçgensel bulanık sayı $A = (a,b,c)$ şeklinde verildiğinde durulaştırma işlemi formül 13'teki gibi olur;

$$Ad = \frac{(c - 1) + (m - 1)}{3} + 1 \quad (13)$$

Yao ve Chiang (2003) ile Wang (2009) ise üçgen bulanık sayıların formül 12'ye göre durulaştırma işlemini yapmaktadır. Bu yöntem kolay ve en sık kullanılan durulaştırma işlemi formülüdür. Buna göre $A=(a,b,c)$ bir üçgen bulanık sayıları ise A 'nın durulaştırılmış hali formül 14'te gösterildiği gibidir:

$$A = \frac{a + b + c}{3} \quad (14)$$

Daha önce yapılan çalışmalarda, geometrik ortalama kullanılarak yapılan durulaştırma işlemine pek rastlanmamaktadır. Ancak, geometrik ortalama kullanılarak gerçekleştirilen durulaştırma işlemi, bulanık sayının olası değerine en yakın sonucu sağladığı için, bu yöntemin kullanılması da uygun bir tercihtir (Göksu, 2011).

1.5. Karar Verme Süreci

İnsanoğlu var oluşundan itibaren, çeşitli seçenekler içerisinde kendisi için en uygun olanın seçimi konusunda problemlerle çokça karşılaşmıştır. Bu kararlardan bazıları sebepsiz veya içgüdüselken, bazılarında ise kazanımlarından ve sahip oldukları deneyimlerinden faylanmışlardır. İçgüdüsel olarak verilmiş kararlarda soyut kavramlar ile ilgili de karar verilebilmektedir. Soyut kavramlar ile ilgili ortaya konan kararlar, sezgiseldir ve kişiden kişiye farklılık göstermektedir (Öztürk, 2011). Farklı endüstriyel alanlarda fırsatları

değerlendirmek ve başarı elde etmek için birçok işlem aşamasında doğru ve etkili karar verme metodlarına olan gereklilik günden güne artmaktadır. Karar verme, ortaya konan bir sorunun analizi ve en iyi sonuca ulaşmak için, belirli ölçütler ve alternatiflerle, mevcut olan bütün alternatifler arasından birini veya birden fazlasını en çok yarar durumu gözetilerek seçim yapma işlemidir. Birçok işkolunda uygulaması bulunan; karar verme süreci ve yöntemleri, geçtiğimiz yıllarda artan bilimsel çalışmalarla denizcilik sektörünü de içine alan sorunların çözümlerinde kullanılmasını tercih edilir hale gelmiştir (Menteş, 2010).

1.6. Çok Kriterli Karar Verme

Karar verme aşamasında öncelikle soruna odaklı, seçim için birden fazla alternatifin ya da seçeneğin olması gereklidir. Uygulama bölümünde ise problemin durumuna istinaden, genellikle olarak karmaşık yapılı, her biri bir diğerine bağımlı veya bağımsız birden fazla kriter ve alternatif bulunabilmektedir. Kriterler, bu süreçte anahtar bir rol oynamakta olup, alternatiflerin etkilerini oranlamayı sağlaması ve alternatiflerin yorumlanması için temelde belirlenecek niteliklerden oluşan değerlendirme kıstasların olmasından geçer. Bu değerlendirme ölçütleri sonuçları direkt olarak etkileyeceğinden dolayı kriterlerin belirlenmesi oldukça detay gerektiren bir çalışma yapılmasını zorunlu hale getirir. Başka bir deyişle kriterler, çözüm aşamasında karar verme için ihtiyaç duyulan ölçütleri ve sınırları belirlemektedir. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) problemlerinde alternatiflerin önem seviyelerine göre dizilmesi ve öncelikli alternatifin seçimi karar vericiler için değerlendirme sürecinin unsurudur (Jahanshahloo vd., 2006). Çok kriterli yapının değerlendirilmesi için farklı modellemeler ve niteliklere sahip çok kriterli karar verme yöntemleri ortaya atılmıştır (Öztürk, 2011; Özdemir ve Güneroğlu, 2015). ÇKKV teknikleri, 1960'lı yıllarda literatüre karar vermeye yardımcı ihtiyaçları için girmiştir. ÇKKV yöntemlerinin temel amacı, alternatiflerin, seçeneklerin ve kriterlerin çok sayıda olduğu durumlarda karar verme sistemini kontrollü bir şekilde yapılabilmesi ve sonucu zahmetsiz ve çabuk bir şekilde elde edilebilmesidir. Birden fazla ÇKKV yöntemi geliştirilmesiyle birlikte karar vericiler hangi yöntemleri kullanacağı konusunda zorluk yaşayabilmektedirler. Bu sebeple karar probleminin oluşturulması, önceliklerin sıralaması yapılması, alternatifler değerlendirme değerlerinin toplanması ve öneri yapılması adımlarının izlenmesi karar vericilerin kendileri için doğru yöntemi bulması ve uygun sonuçları elde etmesini sağlamaktadır.

1.7. Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme

Karar verenlerin hükümlerini sözlü olarak anlattıkları veya tarafsız olarak hüküm veremedikleri çok kriterli karar problemlerinde Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi kullanılır. Ek olarak bu yöntem, karar verenlerin öznel ve tahmini yargılarını matematiksel limitler dahiline alır ve daha açık alternatifler kümesi vererek gerçeğe yakın bir çözüm sunmaktadır. Bellman ve Zadeh (1970); Zimmermann (1978) klasik ÇÖNKV çalışma sahasına bulanık küme kavramını entegre etmişlerdir. Klasik ÇÖNKV metoduyla çözüme ulaşamayan veya kabul görmeyen problemleri çözecek yeni metod için gelecekte çoğunluğun kabul edeceği yeni bir yöntem sunmuşlardır (Menteş, 2010).

Bulanık ÇÖNKV yöntemlerinin iki aşamadan meydana geldiğini belirtmiştir. Birinci aşama, seçeneklerin her birisi için tüm öz niteliklerin memnuniyet derecelerinin saptanması aşaması, ikincisi aşamada ise tüm memnuniyet derecelerinin toplanması ile seçeneklerin sıralanması için, bulanık sıralama yöntemlerinin uygulanması aşamasıdır (Zimmermann, 1987). Klasik ÇKKV tekniklerinde, kriterlerin ağırlıkları ve önem derecelerine ait bilgilerin kesin şekilde bilindiği varsayılır. Ancak bu kesin veriler reelde yüzleşilen problemleri modellemede yeterli değildir. Bu hedefe göre oluşturulan karar verme tekniklerinin çoğunluğu tek bir nicel kriterleri içine almaktadır. Halbuki gerçek yaşamda karar verme süreci hem sayısal hem de sayısal olmayan kriterlerden azımsanamayacak derecede etkilenmektedir. Bulanık ÇKKV yöntemlerinde ise kriterleri ve alternatifleri değerlendirmede sözel değişkenlerin kullanılmasına olanak sunulmasının yanı sıra, net olmayan verilerin matematiksel hale getirilebilmesi ile etkili sonuçlar vermektedir (Aydın, 2009). Klasik ÇKKV problemlerinde uygulanan birçok metodun bulanık versiyonları oluşturulmuştur. Bu çalışmada bulanık AHP kullanılacağı için; bu yaklaşımdan bahsedilecektir.

1.7.1. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP)

Karar verme sürecinde seçim işlemi yapmak için genelde hem somut kavramlar hem de soyut kavramlar göz önüne alındığı için ortaya belirsizlikler çıkmaktadır. Bu belirsizliklerle sonuca ulaşmaktaki zorlulardan dolayı bulanık mantık ileri sürülmüştür. Bulanık mantıkla kullanılan yöntemlerle yapılan seçimler daha iyi sonuçlar ortaya koymaktadır. Analitik hiyerarşik süreci belirsizlik durumlarında karar yardımcısı olarak yeterli olmamasından dolayı, bulanık mantık ve AHP bütünleştirilmiş ve bulanık analitik

hiyerarşi prosesi ileri sürülmüştür. Karar verici genelde net değerler barındıran değerlendirmede bulunmaz ve fasılalı değerlendirmelerle daha güvenilir ilerler (Göksu ve Güngör, 2008).

- Buckley Yaklaşımı Algoritması ve Çözüm Basamakları (1985)

Buckley, yaklaşımında geometrik toplama metodunu bulanık ağırlıkları ve performans sonuçlarını ortaya koyabilmek amacıyla kullanmıştır (Yacan, 2016). Bu metot, bulanık durumların genelleştirilmesiyle karşılaştırma matrislerinde tek çözüm elde edilmesini sağlamaktadır (Dayanandan ve Kalimuthu, 2018). Geometrik ortalama yolu çok sayıda katılımcı bulunan anketlerin sonuçlarını tek bir matrise indirgenebilesini sağlar.

$\tilde{A}^k$ katılımcılara ait karar matrisleri olmak şartı ile Tablo 8’de yer alan üçgensel bulanık sayılara göre hazırlanır.

$$\tilde{A}^k = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{A}_{12} & \tilde{A}_{1y} \\ \tilde{A}_{21} & 1 & \tilde{A}_{2y} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{A}_{x1} & \tilde{A}_{x2} & 1 \end{bmatrix} \quad (15)$$

Katılımcıların cevapları ile elde edilen tüm veriler aşağıda verilen ağırlıklı ortalama formülü ile düzenlenir (Kafalı, 2014).

$$\tilde{A}_{xy} = \frac{Z_1 A_{xy}^1 + Z_2 A_{xy}^2 \cdots Z_k A_{xy}^k}{Z_1 + Z_1 + \cdots + Z_k} \quad (16)$$

Denklem 15’te x ve y’nin aralarındaki karşılaştırma değeri $\tilde{A}_{xy}$ olarak gösterilir. k katılımcısının ağırlık değeri Z_k olarak gösterilir. x ve y kriterlerinin katılımcıların değerlendirmelerinin karşılaştırma değeri ise A_{xy}^k olarak gösterilir ve sonrasında karar matrisi denklem 17’de bulunan matristeki ifade edilir.

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{A}_{12} & \cdots & \tilde{A}_{1y} \\ \tilde{A}_{21} & 1 & \cdots & \tilde{A}_{2y} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{A}_{x1} & \tilde{A}_{x2} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (17)$$

İlk olarak karar matrisi oluşturulur ve sonrasında ise her bir katılımcının kriter ağırlıkları geometrik toplama yapılarak teke düşürülür.

$$\tilde{b}_1 = (\tilde{a}_{l1} \otimes \tilde{a}_{l2} \otimes \dots \otimes \tilde{a}_{ly})^{1/y} \quad (18)$$

eşitliği bu sebep ile kullanılmaktadır. Bu eşitlikte toplam kriter sayısı n ile ifade edilir, i ve n kriteri içerisinde oluşan bulanık karşılaştırma değeri a_{in} olarak gösterilir. Karşılaştırılması yapılan kriterlerin geometrik ortalaması ise b_i olarak gösterilir. Kriterlerin her birinin ağırlıkları ise,

$$\tilde{w}_i = \tilde{b}_i \otimes 1/(\tilde{b}_1 + \tilde{b}_2 + \dots + \tilde{b}_n) \quad (19)$$

formülü ile hesabı tutulur, sonrasında bulanık sayıların karşılık geldiği mutlak değerlere dönüştürülebilmesi ve bütün kriterlerin arasında bulunan bağıl aralıkların hesaplanması gerekir.

$$B = \frac{b_1 + b_2 + b_3}{3} \quad (20)$$

Bulunan bağıl ağırlıkların daha iyi değerlendirilebilmesini sağlamak amacı ile normalizasyon işlemi yapılır.

$$(w_i^R)^N = \frac{w_i^N}{\sum_{i=1}^n w_i^N} \quad (21)$$

Her kritere ait normalize edilmiş olan değerlerin ağırlıkları $(W_i^R)^N$ ile gösterilir. Kriterlerin toplam sayısı ise n ile gösterilir. Bağıl bulanık ağırlık ve bağıl mutlak ağırlık alt kriterlerin birbirleri içerisindeki önem sıralamalarını belirlemek için hesaplanır.

$$(W_i^R)^{SN} = (W)^N \otimes (W_i)^{SN} \quad (W_i^R)^{SN} = (W)^N \quad (22)$$

$$(W_i^R)^{SN} = (W^R)^N \otimes (W_i^R)^{SN} \quad (23)$$

- Chang Yaklaşımının Algoritması Çözüm Basamakları (1996)

Kriterler ve alternatifler belirlendikten sonra, üçgensel bulanık sayılar kullanılarak karar vericilerin cevapladığı anketler bir araya getirilir ve bu anket cevaplarının geometrik ortalaması hesaplanır. Bu adımın ardından, yöntemin uygulanması aşağıdaki şekilde olmaktadır (Chang, 1996).

1.basamak: $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ amaç kümesi olup, $Q = q_1, q_2, \dots, q_n$ hedef kümesidir. Saptanan her amaç için g_i ifadesi genişletilmiş analiz değeri kullanılır. Her bir amacı bulmak için m adet genişletilmiş analiz değeri,

$M_{gi}^1, M_{gi}^2, \dots, M_{gi}^m$ $i = 1, 2, \dots, n$ şeklinde bulunur.

Tüm M_{gi}^j ($j = 1, 2, \dots, m$) ifadeleri üçgensel bulanık sayı biçimindedir. i . amacın bulanık sentetik değer olarak ifadesi,

$$S_i = \sum_{j=1}^n M_{gi}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad (24)$$

Birinci basamağın sonunda denklem 23 uygulanır.

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} = \left[\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right] \quad (25)$$

2.basamak: $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ anlatımının olasılığı denklem 25 ile bulunmaktadır.

$$V(M_2 \geq M_1) = \begin{cases} 1, & m_2 \geq m_1 \\ 0, & l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{diğer} \end{cases} \quad (26)$$

Bu durumda kesişim noktası her iki durum için de mevcuttur. $M1$ ve $M2$ 'yi karşılaştırmak için $V(M2 \geq M1)$ ve $V(M1 \geq M2)$ değerlerinin her ikisinin de bilinmesi gerekmektedir.

3.basamak: İlk satırdaki elemanlar, diğer satırlardaki elemanlarla karşılaştırılır. Bu karşılaştırmalar sonucunda elde edilen en düşük değer ($d'(A_1)$) alınır. Benzer şekilde, ikinci satırdaki elemanlar da diğer tüm satırlarla karşılaştırılır ve en düşük değer ($d'(A_2)$) seçilir. Bu işlem, diğer tüm satırlar için devam ettirilir ve her bir satır için bulunan en küçük değerler birleştirilerek ağırlık vektörü elde edilir.

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (27)$$

4.basamak: Ağırlık vektörü normalize edilir ve bu aşamada W' , bulanık olmayan bir değer olarak elde edilir.

5.basamak: Bu basamağa kadar gerçekleştirilen işlemler, hem alternatiflerin her bir kriter için ikili karşılaştırmalarını hem de kriterlerin ikili karşılaştırmalarını kapsar. Bu karşılaştırmaların matris çarpımı alınarak nihai sonuca ulaşılır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Çalışmanın bu bölümünde, gemilerde yakıt tüketimini etkileyen faktörlerin anketler aracılığıyla uzmanlar tarafından cevaplanmış ikili kıyaslamalar BAHP yöntemi yaklaşımları olan ile Chang (1996) ve Buckley (1985) modellenmiştir. Buckley (1985) ve Chang (1996) yaklaşımlarında, uzman görüşleri birleştirilerek gemilerde yakıt tüketimini etkileyen faktörler sıralanmaya çalışılmıştır. 17 uzman tarafından yapılan 8 genel ve 62 alt kriter karşılaştırması ile iki farklı yaklaşım kullanılması nedeniyle fazla işlem ve karmaşanın önüne geçmek amacıyla bu bölümde yalnızca 1. uzmanın teknik özellikler ve uygulama bölümündeki yanıtları örnek olarak modellenmiştir.

Tablo 6. Araştırma model safhaları

Adımlar	Araştırma Modeli
1. Safha	Problemin belirlenmesi
2. Safha	Araştırma için faydalanılacak olan yönteme karar verilmesi
3. Safha	Anket sorularının hazırlanması
4. Safha	Anketin uygulanacağı kişilerin belirlenmesi
5. Safha	Anketin uygulanması
6. Safha	Anket cevaplarından elde edilen verilerin Bulanık AHP (Buckley ve Chang Yaklaşımı) yöntemi ile sıralanması

Tablo 7. Kriterlerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel ifadeler ve bunların bulanık sayılarla karşılıkları

Sözel İfadeler	Bulanık Karşılığı
Üstteki Kriter Mutlak Derecede Önemli	(7,7,9)
Üstteki Kriter Çok Daha Önemli	(5,7,9)
Üstteki Kriter Orta Derecede Önemli	(3,5,7)

Tablo 7'nin devamı

Üstteki Kriter Biraz Daha Önemli	(1,3,5)
Her İki Kriter de Eşit Derecede Önemli	(1,1,3)
Alttaki Kriter Biraz Daha Önemli	(1/5,1/3,1)
Alttaki Kriter Orta Derecede Önemli	(1/7,1/5,1/3)
Alttaki Kriter Çok Daha Önemli	(1/9,1/7,1/5)
Alttaki Kriter Mutlak Derecede Önemli	(1/9,1/7,1/7)

Uzmanlardan elde edilen veriler dilsel ifadelerden oluştuğu ve bu veriler üzerinde yapılacak hesaplamalar için matematiksel ifadelerin gerekli olması nedeniyle, dilsel ifadeler Tablo 8'de verilen ölçeğe göre üçgensel bulanık sayılara dönüştürülmüştür. Tablo 11'de yer alan Uzman 1 tarafından “Teknik özellikler ve uygulama” ile ilgili doldurulan anket, Tablo 12'de üçgen bulanık sayılara dönüştürülmüştür.

2.1. Gemilerde Yakıt Tüketimini Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi

Araştırma kapsamında gemilere yakıt tüketimini etkileyen faktörler belirlenmeye çalışılmıştır. Bu bağlamda faktörler 8 ana başlık altında toplanmıştır. İncelenen faktörler aşağıda belirtilmiştir.

Tablo 8. Gemilerde yakıt tüketimini etkileyen kriterler

Tüm Kriterler	
1. Teknik özellikler ve uygulama	
Atık ısıdan geri kazanım	T1
Liman elektriği kullanımı	T2
Hafif yapıli gemilerin inşası	T3
Gemi ana boyutlarının optimizasyonu	T4
Tekne altını hava kabarcığı ile yağlama tekniği	T5
Gemi kış tarafı tasarımı	T6

Tablo 8'in devamı

Otomatik açılıp kapanabilen yelken kullanımı	T7
Yaşam mahallinin elips şeklinde ve alçak dizayn edilmesi	T8
2. Makine operasyon uygulamaları	
Ana makine türü (Dizel, turbo şarj...)	M1
Yakıt türü (Alternatif yakıtlar)	M2
Makine bakım tutumu, doğru ve yedek parça kullanımı	M3
Yakıt ve katkı maddelerinin kullanımı	M4
Makine operasyonlarında yük optimizasyonu	M5
Makine ve egzoz gazı çalışma sıcaklık ortalamaları	M6
Skavenç hava sıcaklığı ve miktarı	M7
Yakıtın doğru seçimi ve depolanması (Stabilite ve kompabilite sorunları) yakıtın içeriğindeki aşındırıcı partiküllerin miktarı ve etkisi	M8
Yakıtın makineye gelene kadar hazırlanması (Isıl değeri ve doğru sıcaklık ve sepere edilmesi)	M9
Makine bakımlarında planlı önleyici ve kestirimci bakım yöntemlerinin kullanılması	M10
Makine ateşleme zamanlamasının hassasiyeti	M11
3. Gemi gövde formu (Teknenin kondisyonu)	
Teknenin formu/tasarımı /dizaynı/katsayıları	G1
Teknenin titreşimi	G2
Pürüzlülük ve hasar (Borda dahil)	G3
Tekne yüzey kaplama uygulamaları	G4
Çift dümen gibi slip değerinin (Geminin aynı rotadan saparak seyir yapması) azaltılması	G5
Geminin en boy oranının yüksekliği optimizasyonu	G6
4. Bakım tutum ve regülasyonlar	
Karina temizliği/kirlenme	B1
Luboil yağ değişim periyotları	B2
Enerji Verimliliği ve Emisyon Regülasyonlarına uyum	B3
Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi	B4
Gemi havuzlama periyotları	B5

Tablo 8'in devamı

Dizel jeneratör yönetimi & Şaft jeneratörü	B6
Gemilerde güç yönetimi uygulamaları	B7
5. Stabilité	
Draft	S1
Yük durumu	S2
Balast durumu	S3
Uygun gemi trimi (Trim-draft optimizasyonu)	S4
Squat etkisi	S5
Bank etkisi	S6
6. Çevresel etkiler ve sefer durumu	
Hava durumu (Sıcaklık/Bağıl nem vb.)	C1
Denizin durumu	C2
Derinlik (Sığ su etkisi gibi)	C3
Akıntı	C4
Rüzgâr	C5
Seyir türü ve süreleri (Kanal, boğaz geçişleri, buzlu su, demir, laid-up vb.)	C6
Gemi manevra sıklığı ve süreleri	C7
7. Gemi kullanımı, personel etkisi	
Liman periyodu	P1
Deniz şartlarına göre uyun hız	P2
Oto pilotun etkin kullanımı	P3
Uygun rota	P4
Personel tecrübesi	P5
Taşınan yük (Stif, tender yükler vb.)	P6
Deniz ve hava durumuna göre seyir planlama	P7
Gemi yükleme durumu (Alternatif yükleme-blok yükleme, ambar üstü vb.)	P8
Manevra tecrübesi ve deneyimi	P9
8. Pervane	
RPM	K1
Kavitasyon	K2
Pervane gemi dizayn uyumu	K3

Tablo 8'in devamı

Kanat alanı	K4
Kanat kesiti	K5
Kanat sayısı	K6
Gemi gövdesindeki pervane boşlukları nedeniyle oluşan direncin minimize edilmesi	K7
Pervane yüzeyinin sürtünmeyi azaltacak nanoteknolojik ürünlerle kaplanması	K8

2.2. Karar Vericilerin Belirlenmesi ve Anket Uygulaması

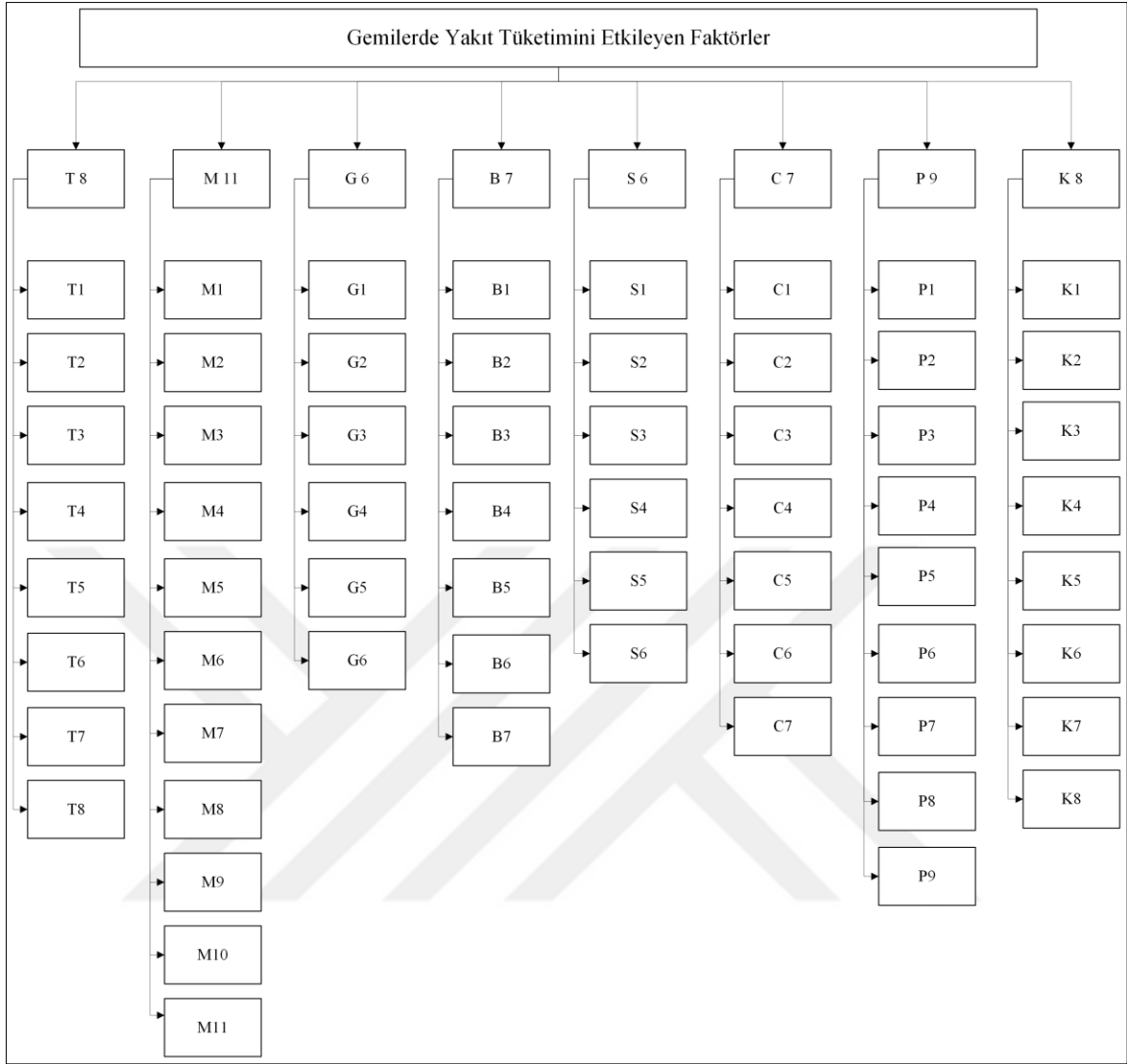
Araştırma çerçevesinde anketler uygulanmış ve bu anketler, bulanık çok kriterli karar verme yöntemleriyle irdelenmiştir. Bulanık çok kriterli karar verme yöntemlerindeki birinci adım, ikili karşılaştırma matrisleri kullanılarak uzman görüşlerinin sözel olarak alınmasıdır. Bu nedenle, kriterlerin önem derecelerinin belirlenebilmesi amacıyla uzmanlardan anketler aracılığıyla görüşler alınmıştır. Bu amaçla, önceden belirlenen 8 ana başlık ve bunların içerdiği 62 alt kriterin önem derecelerini belirlemek için uzmanlara anketler uygulanmıştır. Gemi tecrübesi bulunan ve ana makine bilgisine sahip 17 uzman anketleri doldurmuş, bu uzmanların katılımcı profili Tablo 10'da sunulmuştur. Anketin uzmanlar tarafından doldurulması ve karışıklık yaşanmaması için çoktan seçmeli olarak hazırlanan anket bilgisayar ortamında ve yüz yüze görüşmelerle doldurulması sağlanmıştır.

Tablo 9. Uzman profilleri

Katılımcılar	Eğitim Düzeyi	Sektörde YIL Olarak Tecrübe	Meslekte Çalışılan Pozisyon
Uzman 1	Yüksek Lisans- Doktora	13-20	Gemi İnşa Mühendisi
Uzman 2	Yüksek Lisans- Doktora	13-20	Akademisyen
Uzman 3	Önlisans- Lisans	13-20	Uzakyol Baş Müh.
Uzman 4	Önlisans- Lisans	13-20	Uzakyol 1. Mühendis
Uzman 5	Yüksek Lisans- Doktora	0-6	Uzakyol Vardiya Zabiti

Tablo 9'un devamı

Uzman 6	Yüksek Lisans- Doktora	21 ve üstü	Uzakyol Baş Müh.
Uzman 7	Yüksek Lisans- Doktora	13-20	Akademisyen
Uzman 8	Yüksek Lisans- Doktora	21 ve üstü	Akademisyen
Uzman 9	Yüksek Lisans- Doktora	13-20	Güverte Enspektörü
Uzman 10	Önlisans- Lisans	13-20	Uzakyol Vardiya Müh.
Uzman 11	Yüksek Lisans- Doktora	13-20	Makine Enspektörü
Uzman 12	Önlisans- Lisans	13-20	Uzakyol Baş Müh.
Uzman 13	Önlisans- Lisans	13-20	Makine Enspektörü
Uzman 14	Önlisans- Lisans	13-20	Makine Enspektörü
Uzman 15	Önlisans- Lisans	13-20	Güverte Enspektörü
Uzman 16	Önlisans- Lisans	6-12	Uzakyol 1. Mühendis
Uzman 17	Önlisans- Lisans	13-20	Uzakyol Baş Müh.



Şekil 15. Gemilerde yakıt tüketimini etkileyen faktörler için hiyerarşik karar verme modeli

2.3. Uzman Görüşlerinin Üçgensel Bulanık Sayılara Dönüştürülmesi

Uzmanlardan elde edilen verilerin dilsel ifadeler şeklinde olması ve bu veriler üzerinde yapılacak hesaplamalar için matematiksel ifadelerin gerekli olması nedeniyle, dilsel ifadeler Tablo 6'daki ölçeğe göre üçgen bulanık sayılara dönüştürülmüştür.

Teknik özellikler ve uygulama aşağıdaki şekilde kodlanmıştır.

- Atık ısıdan geri kazanım (T1)
- Liman elektriği kullanımı (T2)
- Hafif yapıli gemilerin inşası (T3)
- Gemi ana boyutlarının optimizasyonu (t4)
- Tekne altını hava kabarcığı ile yağlama tekniği (T5)

- Gemi kıç tarafı tasarımı (T6)
- Otomatik açılıp kapanabilen yelken kullanımı (T7)
- Yaşam mahallinin elips şeklinde ve alçak dizayn edilmesi (T8)

Tablo 10. Uzman 1 tarafından doldurulan teknik özellikler ve uygulama anketi

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
T1	---	Her İki Kriter de Eşit Derecede Önemli	Alttaki Kriter Biraz Daha Önemli	Alttaki Kriter Biraz Daha Önemli	Üstteki Kriter Orta Derecede Önemli	Üstteki Kriter Orta Derecede Önemli	Üstteki Kriter Çok Daha Önemli	Üstteki Kriter Çok Daha Önemli
T2	Her İki Kriter de Eşit Derecede Önemli	---	Alttaki Kriter Biraz Daha Önemli	Alttaki Kriter Biraz Daha Önemli	Alttaki Kriter Biraz Daha Önemli	Alttaki Kriter Biraz Daha Önemli	Üstteki Kriter Çok Daha Önemli	Üstteki Kriter Çok Daha Önemli
T3	Üstteki Kriter Biraz Daha Önemli	Üstteki Kriter Biraz Daha Önemli	---	Alttaki Kriter Biraz Daha Önemli	Üstteki Kriter Çok Daha Önemli	Üstteki Kriter Çok Daha Önemli	Üstteki Kriter Mutlak Derecede Önemli	Üstteki Kriter Çok Daha Önemli
T4	Üstteki Kriter Biraz Daha Önemli	Üstteki Kriter Biraz Daha Önemli	Üstteki Kriter Biraz Daha Önemli	---	Üstteki Kriter Mutlak Derecede Önemli	Üstteki Kriter Mutlak Derecede Önemli	Üstteki Kriter Mutlak Derecede Önemli	Üstteki Kriter Mutlak Derecede Önemli
T5	Alttaki Kriter Orta Derecede Önemli	Üstteki Kriter Biraz Daha Önemli	Alttaki Kriter Çok Daha Önemli	Alttaki Kriter Mutlak Derecede Önemli	---	Üstteki Kriter Mutlak Derecede Önemli	Üstteki Kriter Mutlak Derecede Önemli	Üstteki Kriter Mutlak Derecede Önemli
T6	Alttaki Kriter Orta Derecede Önemli	Üstteki Kriter Biraz Daha Önemli	Alttaki Kriter Çok Daha Önemli	Alttaki Kriter Mutlak Derecede Önemli	Alttaki Kriter Mutlak Derecede Önemli	---	Üstteki Kriter Mutlak Derecede Önemli	Üstteki Kriter Çok Daha Önemli
T7	Alttaki Kriter Çok Daha Önemli	Alttaki Kriter Çok Daha Önemli	Alttaki Kriter Mutlak Derecede Önemli	Alttaki Kriter Mutlak Derecede Önemli	Alttaki Kriter Mutlak Derecede Önemli	Alttaki Kriter Mutlak Derecede Önemli	---	Alttaki Kriter Biraz Daha Önemli
T8	Alttaki Kriter Çok Daha Önemli	Alttaki Kriter Çok Daha Önemli	Alttaki Kriter Çok Daha Önemli	Alttaki Kriter Mutlak Derecede Önemli	Alttaki Kriter Mutlak Derecede Önemli	Alttaki Kriter Çok Daha Önemli	Üstteki Kriter Biraz Daha Önemli	---

Tablo 11. Uzman 1 teknik özellikler ve uygulama bulanık ağırlıkları

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
T1	1,000 1,000 1,000	1,000 1,000 3,000	0,200 0,333 1,000	0,200 0,333 1,000	3,000 5,000 7,000	3,000 5,000 7,000	5,000 7,000 9,000	5,000 7,000 9,000
T2	0,333 1,000 1,000	1,000 1,000 1,000	0,200 0,333 1,000	0,200 0,333 1,000	0,200 0,333 1,000	0,200 0,333 1,000	5,000 7,000 9,000	5,000 7,000 9,000
T3	1,000 3,000 5,000	1,000 3,000 5,000	1,000 1,000 1,000	0,200 0,333 1,000	5,000 7,000 9,000	5,000 7,000 9,000	7,000 7,000 9,000	5,000 7,000 9,000
T4	1,000 3,000 5,000	1,000 3,000 5,000	1,000 3,000 5,000	1,000 1,000 1,000	7,000 7,000 9,000	7,000 7,000 9,000	7,000 7,000 9,000	7,000 7,000 9,000
T5	0,142 0,200 0,333	1,000 3,000 5,000	0,111 0,142 0,200	0,111 0,142 0,142	1,000 1,000 1,000	7,000 7,000 9,000	7,000 7,000 9,000	7,000 7,000 9,000
T6	0,142 0,200 0,333	1,000 3,000 5,000	0,111 0,142 0,200	0,111 0,142 0,142	0,111 0,142 0,142	1,000 1,000 1,000	7,000 7,000 9,000	5,000 7,000 9,000
T7	0,111 0,142 0,200	0,111 0,142 0,200	0,111 0,142 0,142	0,111 0,142 0,142	0,111 0,142 0,142	0,111 0,142 0,142	1,000 1,000 1,000	0,200 0,333 1,000
T8	0,111 0,142 0,200	0,111 0,142 0,200	0,111 0,142 0,200	0,111 0,142 0,142	0,111 0,142 0,142	0,111 0,142 0,200	1,000 3,000 5,000	1,000 1,000 1,000

- BAHP Yöntemi Buckley Modelleme Yaklaşımı

İlk olarak, Buckley (1985) yaklaşımının 3. adımı olarak, Tablo 12'de verilen karar matrisinin geometrik ortalaması, Denklem 22'de belirtildiği şekilde alınarak Tablo 13'teki değerler elde edilmiştir. Diğer adımda, geometrik ortalaması alınan matrisler, Denklem 23 kullanılarak bulanık ağırlıklı karar matrislerine dönüştürülür. Bu değerler Tablo 13'te yer almaktadır.

Tablo 12. Teknik özellikler ve uygulamaların satır geometrik ortalamaları

Geometrik Ortalamalar			
T1	1,316	1,845	3,232
T2	0,583	0,939	1,732
T3	1,907	3,039	4,486
T4	2,645	3,994	5,485
T5	0,939	1,196	1,557
T6	0,536	0,735	0,928
T7	0,157	0,202	0,252
T8	0,192	0,266	0,336
Σ	8,277	12,219	18,011

Tablo 13. Bulanık ağırlıklı karar matrisi

Bulanık Ağırlıklı Karar Matrisleri			
T1	0,159	0,149	0,179
T2	0,070	0,077	0,096
T3	0,230	0,251	0,249
T4	0,320	0,327	0,305
T5	0,113	0,098	0,087
T6	0,065	0,060	0,052
T7	0,019	0,017	0,014
T8	0,023	0,022	0,019

Bulanık ağırlıklı karar matrisinde elde edilen değerler Denklem 16 aracılığı ile durulaştırılıp, Tablo 14’teki değerler elde edilmiştir.

Tablo 14. Teknik özellikler ve uygulama durulaştırılmış değerleri

Kriter İsimleri	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Durulaştırılmış Değerler	0,163	0,081	0,243	0,317	0,099	0,059	0,017	0,021

Elde edilen durulaştırılmış değerler Denklem 26 aracılığı ile normalizasyon işlemi yapılarak Tablo 14'te gösterildiği şekilde bulunmuştur.

Tablo 15. Teknik özellikler ve uygulama Buckley yaklaşımıyla değerleri

Kriterler	Mutlak Ağırlıklar	%
Atık ısıdan geri kazanım (T1)	0,162	16,2
Liman elektriği kullanımı (T2)	0,081	8,1
Hafif yapıli gemilerin inşası (T3)	0,243	24,3
Gemi ana boyutlarının optimizasyonu (T4)	0,317	31,7
Tekne altını hava kabarcığı ile yağlama tekniğı (T5)	0,099	9,9
Gemi kık tarafı tasarımı (T6)	0,058	5,8
Otomatik açılıp kapanabilen yelken kullanımı (T7)	0,016	1,6
Yaşam mahallinin elips şeklinde ve alçak dizayn edilmesi (T8)	0,021	2,1

- BAHP Yöntemi Chang Modelleme Yaklaşımı

Tablo 14'te yer alan bulanık değerlendirme ağırlıkları toplanarak, Tablo 16'da gösterilen toplam bulanık ağırlık değerleri hesaplanmıştır.

Tablo 16. Teknik özellikler ve uygulama satır toplam bulanık ağırlıkları

Toplam Bulanık Ağırlıklar			
T1	18,400	26,633	38,000
T2	12,133	17,333	24,000
T3	25,200	35,667	48,000
T4	32,000	38,000	52,000
T5	23,365	25,486	33,676
T6	14,476	18,629	24,819
T7	1,867	2,190	2,971
T8	2,667	4,857	7,086
Σ	130,108	168,795	230,552

Tablo 16’da verilen toplam bulanık ağırlık veriler tersi alınarak, Tablo 17’de verilen sentetik değerler elde edilir.

Tablo 17. Sentetik boyut (yapay büyüklük) değerleri

Sentetik Boyut Değerleri			
T1	0,080	0,158	0,292
T2	0,053	0,103	0,184
T3	0,109	0,211	0,369
T4	0,139	0,225	0,400
T5	0,101	0,151	0,259
T6	0,063	0,110	0,191
T7	0,008	0,013	0,023
T8	0,012	0,029	0,054

Tablo 18. Normalize edilmemiş W’ ağırlık vektörleri

Kriter İsimleri	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Ağırlık Vektörleri (W’)	0,695	0,272	0,943	1	0,618	0,312	0	0

Tablo 18’de elde edilen normalize edilmemiş ağırlık vektörleri normalize edilerek her kriterin bulanık olmayan mutlak ağırlık vektörleri bulunur. Tablo 19’da Uzman 1 tarafından değerlendirilen, teknik özellikler ve uygulama Chang yaklaşımı ile büyüklükleri bulunmuştur.

Tablo 19. Teknik özellikler ve uygulama Chang yaklaşımıyla değerleri

Kriterler	Kriter Numarası	Mutlak Ağırlıklar	%
Atık ısıdan geri kazanım	T1	0,180	18
Liman elektriği kullanımı	T2	0,070	7
Hafif yapıli gemilerin inşası	T3	0,245	24,5
Gemi ana boyutlarının optimizasyonu	T4	0,260	26
Tekne altını hava kabarcığı ile yağlama tekniğı	T5	0,161	16,1
Gemi kıç tarafı tasarımı	T6	0,081	8,1
Otomatik açılıp kapanabilen yelken kullanımı	T7	0	0
Yaşam mahallinin elips şeklinde ve alçak dizayn edilmesi	T8	0	0

- Bağıl Ağırlıkların Hesaplanması

Alt kriterlerin kendi aralarında daha iyi bir şekilde irdelenip karşılaştırmaların yapılabilmesi için bağıl ağırlıkların bulunması gerekmektedir. Tablo 20 ve Tablo 21’de teknik özellikler ve uygulama Uzman 1 değerlendirmesi Buckley ve Chang yaklaşımında değerleri gösterilmektedir.

Tablo 20. Uzman 1’in Buckley yaklaşımı ile tüm kriterler için değerlendirmesi

	Tüm Kriterler	Kriter Numarası	W	Bağıl ağırlık	Mutlak Ağırlıklar (%)
	Teknik özellikler ve uygulama		0,1598	-	-
1	Atık ısıdan geri kazanım	T1	0,1625	0,0260	3
2	Liman elektriğı kullanımı	T2	0,0811	0,0130	1
3	Hafif yapıli gemilerin inşası	T3	0,2436	0,0389	4
4	Gemi ana boyutlarının optimizasyonu	T4	0,3169	0,0506	5
5	Tekne altını hava kabarcığı ile yağlama tekniğı	T5	0,0993	0,0159	2
6	Gemi kıç tarafı tasarımı	T6	0,0588	0,0094	1
7	Otomatik açılıp kapanabilen yelken kullanımı	T7	0,0165	0,0026	0
8	Yaşam mahallinin elips şeklinde ve alçak dizayn edilmesi	T8	0,0212	0,0034	0

Tablo 20'nin devamı

	Makine operasyon uygulamaları		0,4228	-	-
1	Ana makine türü (Dizel, turbo şarj...)	M1	0,2086	0,0882	9
2	Yakıt türü (Alternatif yakıtlar)	M2	0,1103	0,0466	5
3	Makine bakım tutumu, doğru ve yedek parça kullanımı	M3	0,1890	0,0799	8
4	Yakıt ve katkı maddelerinin kullanımı	M4	0,0921	0,0389	4
5	Makine operasyonlarında yük optimizasyonu	M5	0,1152	0,0487	5
6	Makine ve egzoz gazı çalışma sıcaklık ortalamaları	M6	0,0472	0,0200	2
7	Skavenç hava sıcaklığı ve miktarı	M7	0,0352	0,0149	1
8	Yakıtın doğru seçimi ve depolanması (Stabilite ve kompabilite sorunları) yakıtın içeriğindeki aşındırıcı partiküllerin miktarı ve etkisi	M8	0,0408	0,0173	2
9	Yakıtın makineye gelene kadar hazırlanması (Isıl değeri ve doğru sıcaklık ve separe edilmesi)	M9	0,0343	0,0145	1
10	Makine bakımlarında planlı önleyici ve kestirimci bakım yöntemlerinin kullanılması	M10	0,1000	0,0423	4
11	Makine ateşleme zamanlamasının hassasiyeti	M11	0,0272	0,0115	1
	Gemi gövde formu (Teknenin kondisyonu)		0,0132	-	-
1	Teknenin formu/tasarımı /dizaynı/katsayıları	G1	0,4927	0,0065	1
2	Teknenin titreşimi	G2	0,1690	0,0022	0
3	Pürüzlülük ve hasar (Borda dahil)	G3	0,0792	0,0010	0
4	Tekne yüzey kaplama uygulamaları	G4	0,0965	0,0013	0
5	Çift dümen gibi slip değerinin (Geminin aynı rotadan saparak seyir yapması) azaltılması	G5	0,0575	0,0008	0
6	Geminin en boy oranının yüksekliği optimizasyonu	G6	0,1051	0,0014	0
	Bakım tutum ve regülasyonlar		0,0571	-	-
1	Karina temizliği/kirlenme	B1	0,2094	0,0120	1
2	Luboil yağ değişim periyotları	B2	0,0932	0,0053	1
3	Enerji Verimliliği ve Emisyon Regülasyonlarına uyum	B3	0,1981	0,0113	1
4	Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi	B4	0,2145	0,0122	1
5	Gemi havuzlama periyotları	B5	0,0969	0,0055	1
6	DG yönetimi & Şaft jeneratörü	B6	0,0518	0,0030	0
7	Gemilerde güç yönetimi uygulamaları	B7	0,1362	0,0078	1

Tablo 20'nin devamı

	Stabilite		0,0210	-	-
1	Draft	S1	0,1197	0,0025	0
2	Yük durumu	S2	0,1498	0,0031	0
3	Balast durumu	S3	0,1102	0,0023	0
4	Uygun gemi trimi (Trim-draft optimizasyonu)	S4	0,2270	0,0048	0
5	Squat etkisi	S5	0,2466	0,0052	1
6	Bank etkisi	S6	0,1468	0,0031	0
	Çevresel etkiler ve sefer durumu		0,0339	-	-
1	Hava durumu (Sıcaklık/Bağıl nem vb.)	C1	0,0715	0,0024	0
2	Denizin durumu	C2	0,0638	0,0022	0
3	Derinlik (Sığ su etkisi gibi)	C3	0,1989	0,0067	1
4	Akıntı	C4	0,2578	0,0087	1
5	Rüzgâr	C5	0,1185	0,0040	0
6	Seyir türü ve süreleri (Kanal, boğaz geçişleri, buzlu su, demir, laid-up vb.)	C6	0,1259	0,0043	0
7	Gemi manevra sıklığı ve süreleri	C7	0,1636	0,0055	1
	Gemi kullanımı, personel etkisi		0,1471	-	-
1	Liman periyodu	P1	0,0435	0,0064	1
2	Deniz şartlarına göre uyun hız	P2	0,1828	0,0269	3
3	Oto pilotun etkin kullanımı	P3	0,1677	0,0247	2
4	Uygun rota	P4	0,1762	0,0259	3
5	Personel tecrübesi	P5	0,1425	0,0210	2
6	Taşınan Yük (Stif, tender yükler vb.)	P6	0,0337	0,0050	0
7	Deniz ve hava durumuna göre Seyir Planlama	P7	0,1010	0,0149	1
8	Gemi yükleme durumu (Alternatif yükleme-blok yükleme, ambar üstü vb.)	P8	0,0716	0,0105	1
9	Manevra tecrübesi ve deneyimi	P9	0,0810	0,0119	1
	Pervane		0,1450	-	-
1	RPM	K1	0,0537	0,0078	1
2	Kavitasyon	K2	0,1749	0,0254	3
3	Pervane gemi dizayn uyumu	K3	0,1581	0,0229	2
4	Kanat alanı	K4	0,1043	0,0151	2
5	Kanat kesiti	K5	0,1307	0,0190	2
6	Kanat sayısı	K6	0,0873	0,0127	1
7	Gemi gövdesindeki pervane boşlukları nedeniyle oluşan direncin minimize edilmesi	K7	0,1287	0,0187	2
8	Pervane yüzeyinin sürtünmeyi azaltacak nanoteknolojik ürünlerle kaplanması	K8	0,1624	0,0236	2

Tablo 21. Uzman 1'in Chang yaklaşımı ile tüm kriterler için değerlendirilmesi

	Tüm Kriterler	Kriter Numarası	W	Bağıl ağırlık	Mutlak Ağırlıklar (%)
	Teknik özellikler ve uygulama		0,2079	-	-
1	Atık ısıdan geri kazanım	T1	0,1809	0,0376	4
2	Liman elektriği kullanımı	T2	0,0708	0,0147	1
3	Hafif yapılı gemilerin inşası	T3	0,2457	0,0511	5
4	Gemi ana boyutlarının optimizasyonu	T4	0,2604	0,0541	5
5	Tekne altını hava kabarcığı ile yağlama tekniği	T5	0,1610	0,0335	3
6	Gemi kıç tarafı tasarımı	T6	0,0812	0,0169	2
7	Otomatik açılıp kapanabilen yelken kullanımı	T7	0,0000	0,0000	0
8	Yaşam mahallinin elips şeklinde ve alçak dizayn edilmesi	T8	0,0000	0,0000	0
	Makine operasyon uygulamaları		0,3776	-	-
1	Ana makine türü (Dizel, turbo şarj...)	M1	0,1849	0,0698	7
2	Yakıt türü (Alternatif yakıtlar)	M2	0,1539	0,0581	6
3	Makine bakım tutumu, doğru ve yedek parça kullanımı	M3	0,1797	0,0678	7
4	Yakıt ve katkı maddelerinin kullanımı	M4	0,1121	0,0423	4
5	Makine operasyonlarında yük optimizasyonu	M5	0,1559	0,0589	6
6	Makine ve egzoz gazı çalışma sıcaklık ortalamaları	M6	0,0652	0,0246	2
7	Skavenç hava sıcaklığı ve miktarı	M7	0,0140	0,0053	1
8	Yakıtın doğru seçimi ve depolanması (Stabilite ve kompabilite sorunları) yakıtın içeriğindeki aşındırıcı partiküllerin miktarı ve etkisi	M8	0,0092	0,0035	0
9	Yakıtın makineye gelene kadar hazırlanması (Isıl değeri ve doğru sıcaklık ve separe edilmesi)	M9	0,0000	0,0000	0
10	Makine bakımlarında planlı önleyici ve kestirimci bakım yöntemlerinin kullanılması	M10	0,1250	0,0472	5
11	Makine ateşleme zamanlamasının hassasiyeti	M11	0,0000	0,0000	0
	Gemi gövde formu (Teknenin kondisyonu)		0,0000	-	-
1	Teknenin formu/tasarımı /dizayn/katsayıları	G1	0,4982	0,0000	0
2	Teknenin titreşimi	G2	0,2654	0,0000	0
3	Pürüzlülük ve hasar (Borda dahil)	G3	0,0754	0,0000	0

Tablo 21'in devamı

4	Tekne yüzey kaplama uygulamaları	G4	0,0949	0,0000	0
5	Çift dümen gibi slip değerinin (Geminin aynı rotadan saparak seyir yapması) azaltılması	G5	0,0000	0,0000	0
6	Geminin en boy oranının yüksekliği optimizasyonu	G6	0,0662	0,0000	0
	Bakım tutum ve regülasyonlar		0,0000	-	-
1	Karina temizliği/kirlenme	B1	0,1701	0,0000	0
2	Luboil yağ değişim periyotları	B2	0,1087	0,0000	0
3	Enerji Verimliliği ve Emisyon Regülasyonlarına uyum	B3	0,1989	0,0000	0
4	Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi	B4	0,2028	0,0000	0
5	Gemi havuzlama periyotları	B5	0,1379	0,0000	0
6	DG yönetimi & Şaft Jeneratörü	B6	0,0285	0,0000	0
7	Gemilerde güç yönetimi uygulamaları	B7	0,1531	0,0000	0
	Stabilite		0,0000	-	-
1	Draft	S1	0,1694	0,0000	0
2	Yük durumu	S2	0,1422	0,0000	0
3	Balast durumu	S3	0,1307	0,0000	0
4	Uygun gemi trimi (Trim-draft optimizasyonu)	S4	0,1821	0,0000	0
5	Squat etkisi	S5	0,2085	0,0000	0
6	Bank etkisi	S6	0,1671	0,0000	0
	Çevresel etkiler ve sefer durumu		0,0000	-	-
1	Hava durumu (Sıcaklık/Bağıl nem vb.)	C1	0,0819	0,0000	0
2	Denizin durumu	C2	0,0629	0,0000	0
3	Derinlik (Sığ su etkisi gibi)	C3	0,1877	0,0000	0
4	Akıntı	C4	0,1983	0,0000	0
5	Rüzgâr	C5	0,1441	0,0000	0
6	Seyir türü ve süreleri (Kanal, boğaz geçişleri, buzlu su, demir, laid-up vb.)	C6	0,1539	0,0000	0
7	Gemi manevra sıklığı ve süreleri	C7	0,1712	0,0000	0
	Gemi kullanımı, personel etkisi		0,2075	-	-
1	Liman periyodu	P1	0,0406	0,0084	1
2	Deniz şartlarına göre uyum hız	P2	0,1446	0,0300	3
3	Oto pilotun etkin kullanımı	P3	0,1439	0,0299	3
4	Uygun rota	P4	0,1560	0,0324	3
5	Personel tecrübesi	P5	0,1420	0,0295	3
6	Taşınan yük (Stif, tender yükler vb.)	P6	0,0437	0,0091	1

Tablo 21'in devamı

7	Deniz ve hava durumuna göre seyir planlama	P7	0,1203	0,0250	2
8	Gemi yükleme durumu (Alternatif yükleme-blok yükleme, ambar üstü vb.)	P8	0,1088	0,0226	2
9	Manevra tecrübesi ve deneyimi	P9	0,1000	0,0208	2
	Pervane		0,2071	-	-
1	RPM	K1	0,0728	0,0151	2
2	Kavitasyon	K2	0,1349	0,0279	3
3	Pervane gemi dizayn uyumu	K3	0,1332	0,0276	3
4	Kanat alanı	K4	0,1207	0,0250	2
5	Kanat kesiti	K5	0,1358	0,0281	3
6	Kanat sayısı	K6	0,1110	0,0230	2
7	Gemi gövdesindeki pervane boşlukları nedeniyle oluşan direncin minimize edilmesi	K7	0,1364	0,0283	3
8	Pervane yüzeyinin sürtünmeyi azaltacak nanoteknolojik ürünlerle kaplanması	K8	0,1551	0,0321	3

Uzman 1'e ait değerlendirme sonucu ile belirlenen ilk 5 kriter Buckley yaklaşımı ile Tablo 22'de, Chang yaklaşımı ile Tablo 23'te gösterilmiştir.

Tablo 22. Uzman 1'e ait ilk 5 kriter Buckley yaklaşımı

Sıra No	(Uzman1, Buckley)	Kriter Numarası	Bağıl Mutlak Ağırlıklar
1	Ana makine türü (Dizel, turbo şarj...)	M1	0,09
2	Makine bakım tutumu, doğru ve yedek parça kullanımı	M3	0,08
3	Yakıt türü (Alternatif yakıtlar)	M2	0,05
4	Gemi ana boyutlarının optimizasyonu	T4	0,05
5	Makine operasyonlarında yük optimizasyonu	M5	0,05

Tablo 23. Uzman 1'e ait ilk 5 kriter Chang

Sıra No	(Uzman 1, Chang)	Kriter Numarası	Bağıl Mutlak Ağırlıklar
1	Ana makine türü (Dizel, turbo şarj...)	M1	0,07
2	Makine bakım tutumu, doğru ve yedek parça kullanımı	M3	0,07
3	Yakıt türü (Alternatif yakıtlar)	M2	0,06
4	Makine operasyonlarında yük optimizasyonu	M5	0,06
5	Gemi ana boyutlarının optimizasyonu	T4	0,05

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapılan çalışmada, gemilerde yakıt tüketimini etkileyen faktörler 8 bölüm ve 62 kriter üzerinden, 17 karar verici tarafından anket yoluyla değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler, BAHF yöntemine dayanarak Buckley ve Chang yaklaşımlarıyla modellenmiş ve bu çalışmaların büyüklükleri yüzde olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar Tablo 24 ve Tablo 25'te sunulmaktadır.

Tablo 24. Buckley yöntemi ile tüm kriterler

	Tüm Kriterler	Kriter Numarası	W	Bağıl ağırlık	Mutlak Ağırlıklar (%)
	Teknik özellikler ve uygulama		0,2490		
1	Atık ısıdan geri kazanım	T1	0,164	0,0408	4
2	Liman elektriği kullanımı	T2	0,1077	0,0268	3
3	Hafif yapıli gemilerin inşası	T3	0,1321	0,0328	3
4	Gemi ana boyutlarının optimizasyonu	T4	0,2080	0,0517	5
5	Tekne altını hava kabarcığı ile yağlama tekniği	T5	0,1941	0,0483	5
6	Gemi kış tarafı tasarımı	T6	0,087	0,0216	2
7	Otomatik açılıp kapanabilen yelken kullanımı	T7	0,0652	0,0162	2
8	Yaşam mahallinin elips şeklinde ve alçak dizayn edilmesi	T8	0,0411	0,0102	1
	Makine operasyon uygulamaları		0,4005		
1	Ana makine türü (Dizel, turbo şarj...)	M1	0,2259	0,0905	9
2	Yakıt türü (Alternatif yakıtlar)	M2	0,1531	0,0613	6
3	Makine bakım tutumu, doğru ve yedek parça kullanımı	M3	0,1285	0,0515	5
4	Yakıt ve katkı maddelerinin kullanımı	M4	0,1318	0,0528	5
5	Makine operasyonlarında yük optimizasyonu	M5	0,1257	0,0503	5
6	Makine ve egzoz gazı çalışma sıcaklık ortalamaları	M6	0,0319	0,0128	1
7	Skavenç hava sıcaklığı ve miktarı	M7	0,0264	0,0106	1

Tablo 24'ün devamı

8	Yakıtın doğru seçimi ve depolanması (Stabilite ve kompabilite sorunları) yakıtın içeriğindeki aşındırıcı partiküllerin miktarı ve etkisi	M8	0,0510	0,0204	2
9	Yakıtın makineye gelene kadar hazırlanması (Isıl değeri ve doğru sıcaklık ve separe edilmesi)	M9	0,0293	0,0117	1
10	Makine bakımlarında planlı önleyici ve kestirimci bakım yöntemlerinin kullanılması	M10	0,0728	0,0292	3
11	Makine ateşleme zamanlamasının hassasiyeti	M11	0,0230	0,0092	1
	Gemi gövde formu (Teknenin kondisyonu)		0,0408		
1	Teknenin formu/tasarımı /dizaynı/katsayıları	G1	0,2735	0,0112	1
2	Teknenin titreşimi	G2	0,1078	0,0044	0
3	Pürüzlülük ve hasar (Borda dahil)	G3	0,1885	0,0077	1
4	Tekne yüzey kaplama uygulamaları	G4	0,2082	0,0085	1
5	Çift dümen gibi slip değerinin (Geminin aynı rotadan saparak seyir yapması) azaltılması	G5	0,0822	0,0034	0
6	Geminin en boy oranının yüksekliği optimizasyonu	G6	0,1394	0,0057	1
	Bakım tutum ve regülasyonlar		0,0687		
1	Karina temizliği/kirlenme	B1	0,2662	0,0183	2
2	Luboil yağ değişim periyotları	B2	0,1018	0,0070	1
3	Enerji Verimliliği ve Emisyon Regülasyonlarına uyum	B3	0,2011	0,0138	1
4	Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi	B4	0,1970	0,01355	1
5	Gemi havuzlama periyotları	B5	0,0946	0,0065	1
6	Dizel jeneratör yönetimi & Şaft jeneratörü	B6	0,0595	0,0041	0
7	Gemilerde güç yönetimi uygulamaları	B7	0,0796	0,00547	1
	Stabilite		0,0443		
1	Draft	S1	0,2312	0,0102	1
2	Yük durumu	S2	0,1657	0,0073	1
3	Balast durumu	S3	0,1250	0,0055	1
4	Uygun gemi trimi (Trim-draft optimizasyonu)	S4	0,2784	0,0123	1
5	Squat etkisi	S5	0,1182	0,0052	1
6	Bank etkisi	S6	0,0812	0,0036	0

Tablo 24'ün devamı

	Çevresel etkiler ve sefer durumu		0,0430		
1	Hava durumu (Sıcaklık/Bağıl nem vb.)	C1	0,0859	0,0037	0
2	Denizin durumu	C2	0,2054	0,0088	1
3	Derinlik (Sığ su etkisi gibi)	C3	0,0926	0,0039	0
4	Akıntı	C4	0,1767	0,0076	1
5	Rüzgâr	C5	0,1643	0,007078	1
6	Seyir türü ve süreleri (Kanal, boğaz geçişleri, buzlu su, demir, laid-up vb.)	C6	0,1208	0,0052	1
7	Gemi manevra sıklığı ve süreleri	C7	0,1539	0,0066	1
	Gemi kullanımı, personel etkisi		0,0970		
1	Liman periyodu	P1	0,0485	0,0047	0
2	Deniz şartlarına göre uyun hız	P2	0,2467	0,0239	2
3	Oto pilotun etkin kullanımı	P3	0,1233	0,0119	1
4	Uygun rota	P4	0,1738	0,0168	2
5	Personel tecrübesi	P5	0,1191 2	0,0115	1
6	Taşınan Yük (Stif, tender yükler vb.)	P6	0,0438	0,0042	0
7	Deniz ve hava durumuna göre seyir planlama	P7	0,1411	0,0136	1
8	Gemi yükleme durumu (Alternatif yükleme-blok yükleme, ambar üstü vb.)	P8	0,0341	0,0033	0
9	Manevra tecrübesi ve deneyimi	P9	0,0694	0,0067	1
	Pervane		0,0562		
1	RPM	K1	0,1532	0,0086	1
2	Kavitasyon	K2	0,1135	0,0063	1
3	Pervane gemi dizayn uyumu	K3	0,2075	0,0116	1
4	Kanat alanı	K4	0,0912	0,0051	1
5	Kanat kesiti	K5	0,0725	0,0040	0
6	Kanat sayısı	K6	0,0564	0,0031	0
7	Gemi gövdesindeki pervane boşlukları nedeniyle oluşan direncin minimize edilmesi	K7	0,1408	0,0079	1
8	Pervane yüzeyinin sürtünmeyi azaltacak nanoteknolojik ürünlerle kaplanması	K8	0,1645	0,0092	1

Tablo 25. Chang yöntemi ile tüm kriterler

	Tüm Kriterler	Kriter Numarası	W	Bağıl ağırlık	Mutlak Ağırlıklar (%)
	Teknik özellikler ve uygulama		0,4348		
1	Atık ısıdan geri kazanım	T1	0,1746	0,0759	8
2	Liman elektriği kullanımı	T2	0,1027	0,0446	4
3	Hafif yapılı gemilerin inşası	T3	0,1391	0,0604	6
4	Gemi ana boyutlarının optimizasyonu	T4	0,2055	0,0893	9
5	Tekne altını hava kabarcığı ile yağlama tekniği	T5	0,2135	0,0928	9
6	Gemi kış tarafı tasarımı	T6	0,1107	0,0481	5
7	Otomatik açılıp kapanabilen yelken kullanımı	T7	0,0535	0,0232	2
8	Yaşam mahallinin elips şeklinde ve alçak dizayn edilmesi	T8	0	0	0
	Makine operasyon uygulamaları		0,5651		
1	Ana makine türü (Dizel, turbo şarj...)	M1	0,1746	0,0986	10
2	Yakıt türü (Alternatif yakıtlar)	M2	0,1544	0,0872	9
3	Makine bakım tutumu, doğru ve yedek parça kullanımı	M3	0,1428	0,0807	8
4	Yakıt ve katkı maddelerinin kullanımı	M4	0,1482	0,0837	8
5	Makine operasyonlarında yük optimizasyonu	M5	0,1419	0,0802	8
6	Makine ve egzoz gazı çalışma sıcaklık ortalamaları	M6	0,0182	0,0102	1
7	Skavenç hava sıcaklığı ve miktarı	M7	0	0	0
8	Yakıtın doğru seçimi ve depolanması (Stabilite ve kompabilite sorunları) yakıtın içeriğindeki aşındırıcı partiküllerin miktarı ve etkisi	M8	0,0927	0,0523	5
9	Yakıtın makineye gelene kadar hazırlanması (Isıl değeri ve doğru sıcaklık ve separe edilmesi)	M9	0,0147	0,0083	1
10	Makine bakımlarında planlı önleyici ve kestirimci bakım yöntemlerinin kullanılması	M10	0,111	0,0627	6
11	Makine ateşleme zamanlamasının hassasiyeti	M11	0	0	0

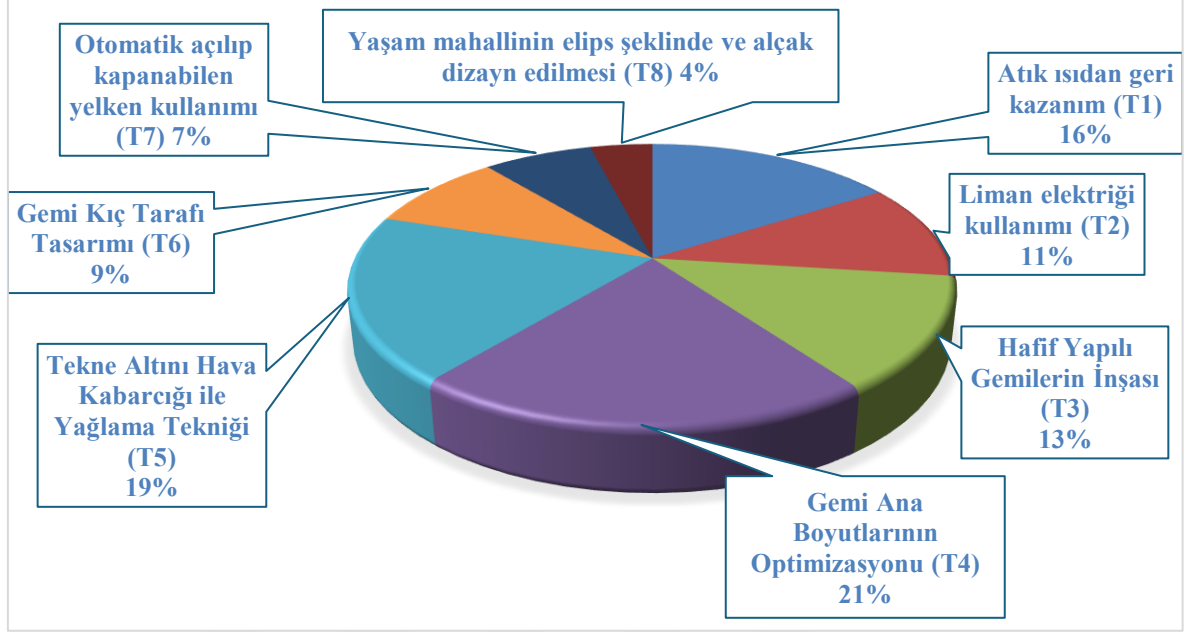
Tablo 25'in devamı

	Gemi gövde formu (Teknenin kondisyonu)		0		
1	Teknenin formu/tasarımı /dizaynı/katsayıları	G1	0,2589	0	0
2	Teknenin titreşimi	G2	0,0940	0	0
3	Pürüzlülük ve hasar (Borda dahil)	G3	0,2066	0	0
4	Tekne yüzey kaplama uygulamaları	G4	0,2516	0	0
5	Çift dümen gibi slip değerinin (Geminin aynı rotadan saparak seyir yapması) azaltılması	G5	0,0320	0	0
6	Geminin en boy oranının yüksekliği optimizasyonu	G6	0,1566	0	0
	Bakım tutum ve regülasyonlar		0		
1	Karina temizliği/kirlenme	B1	0,2516	0	0
2	Luboil yağ değişim periyotları	B2	0,1082	0	0
3	Enerji Verimliliği ve Emisyon Regülasyonlarına uyum	B3	0,2281	0	0
4	Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi	B4	0,2396	0	0
5	Gemi havuzlama periyotları	B5	0,1300	0	0
6	Dizel jeneratör yönetimi & Şaft jeneratörü	B6	0	0	0
7	Gemilerde güç yönetimi uygulamaları	B7	0,0422	0	0
	Stabilite		0		
1	Draft	S1	0,2215	0	0
2	Yük durumu	S2	0,1869	0	0
3	Balast durumu	S3	0,1388	0	0
4	Uygun gemi trimi (Trim-draft optimizasyonu)	S4	0,2675	0	0
5	Squat etkisi	S5	0,1471	0	0
6	Bank etkisi	S6	0,0379	0	0
	Çevresel etkiler ve sefer durumu		0		
1	Hava durumu (Sıcaklık/Bağıl nem vb.)	C1	0,0749	0	0
2	Denizin durumu	C2	0,1833	0	0
3	Derinlik (Sığ su etkisi gibi)	C3	0,0888	0	0
4	Akıntı	C4	0,1728	0	0
5	Rüzgâr	C5	0,1698	0	0
6	Seyir türü ve süreleri (Kanal, boğaz geçişleri, buzlu su, demir, laid-up vb.)	C6	0,1418	0	0
7	Gemi manevra sıklığı ve süreleri	C7	0,1683	0	0
	Gemi kullanımı, personel etkisi		0		
1	Liman periyodu	P1	0	0	0
2	Deniz şartlarına göre uygun hız	P2	0,2392	0	0

Tablo 25'in devamı

3	Oto pilotun etkin kullanımı	P3	0,1588	0	0
4	Uygun rota	P4	0,2038	0	0
5	Personel tecrübesi	P5	0,1600	0	0
6	Taşınan yük (Stif, tender yükler vb.)	P6	0	0	0
7	Deniz ve hava durumuna göre Seyir Planlama	P7	0,1846	0	0
8	Gemi yükleme durumu (Alternatif yükleme-blok yükleme, ambar üstü vb.)	P8	0	0	0
9	Manevra tecrübesi ve deneyimi	P9	0,0533	0	0
	Pervane		0		
1	RPM	K1	0,1653	0	0
2	Kavitasyon	K2	0,1398	0	0
3	Pervane gemi dizayn uyumu	K3	0,2174	0	0
4	Kanat alanı	K4	0,1071	0	0
5	Kanat kesiti	K5	0,0553	0	0
6	Kanat sayısı	K6	0	0	0
7	Gemi gövdesindeki pervane boşlukları nedeniyle oluşan direncin minimize edilmesi	K7	0,1456	0	0
8	Pervane yüzeyinin sürtünmeyi azaltacak nanoteknolojik ürünlerle kaplanması	K8	0,1692	0	0

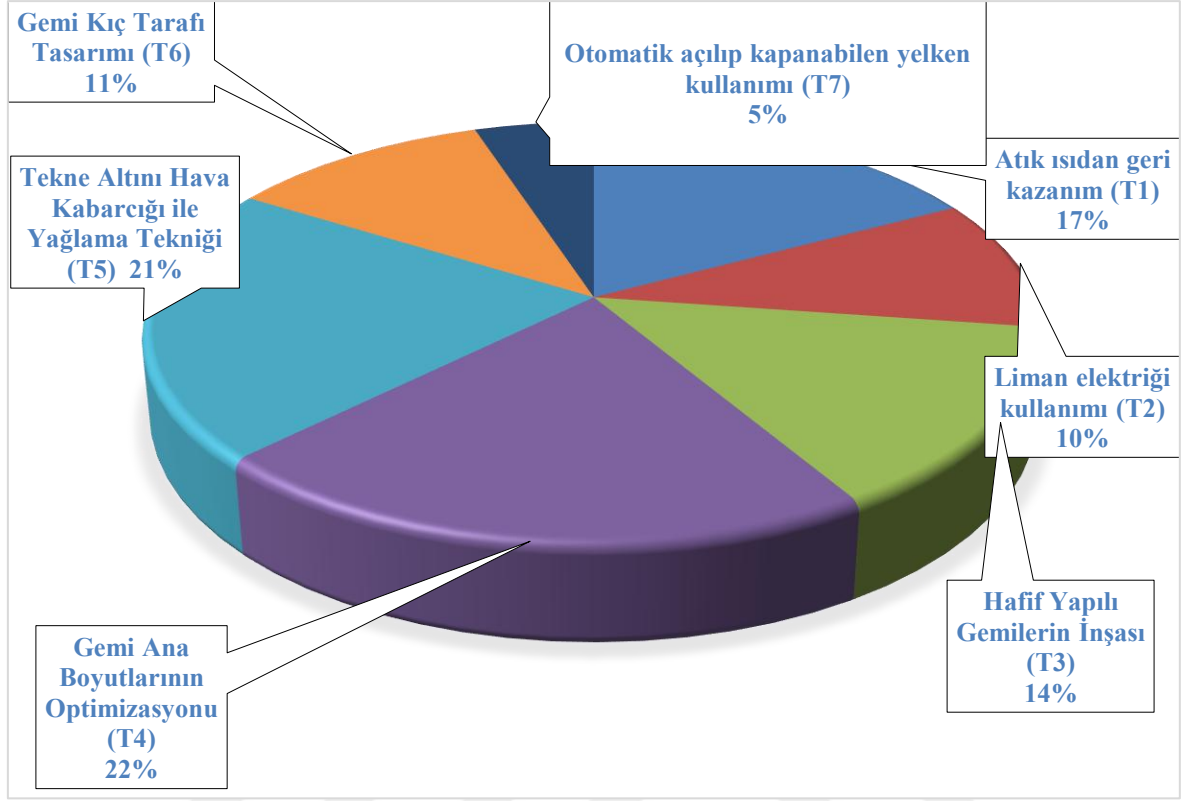
Buckley yaklaşımı ile teknik özellikler ve uygulama Şekil 16’da verilmiştir.



Şekil 16. Buckley yaklaşımı ile teknik özellikler ve uygulama

Şekil 16’da görüldüğü üzere %21’lik oranla ‘gemi Ana boyutlarının optimizasyonu’ en etkili faktördür. ‘Tekne altını hava kabarcığı ile yağlama tekniği’ %19’luk oranla takip etmektedir. %16 ile ‘atık ısıdan geri kazanım’ bir diğer etkili unsurdur. ‘Hafif yapılu gemilerin inşası’ %13’lük oranla dördüncü sırada yer almaktadır. Bunu %11 ile ‘Liman elektriği kullanımı’, %9 ile ‘Gemi kıç tarafı tasarımı’, %7’lik oranla ‘Otomatik açılıp kapanabilen yelken kullanımı’ ve son olarak %4’lük oranla ‘Yaşam mahallinin elips şeklinde ve alçak dizayn edilmesi’ takip etmektedir.

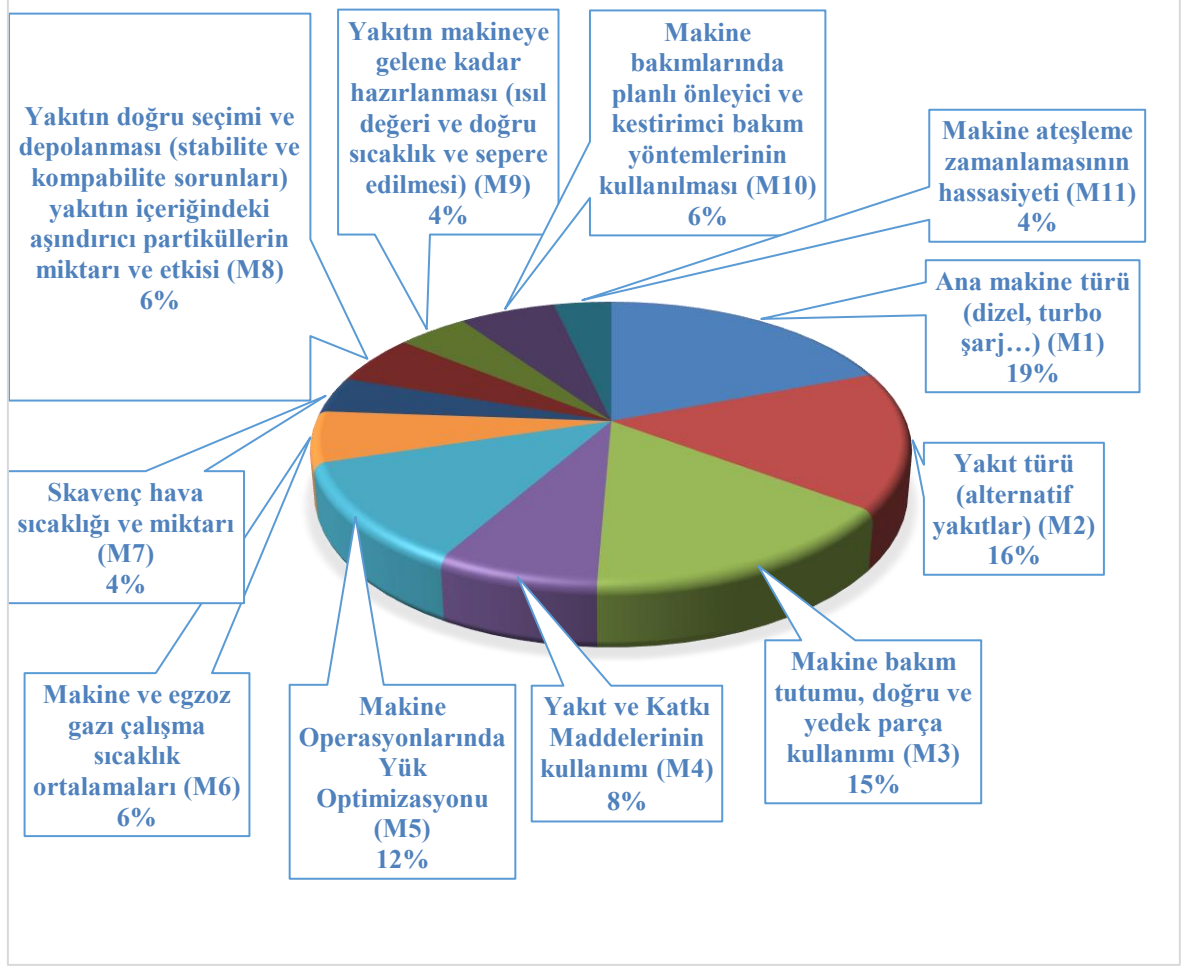
Chang yaklaşımı ile teknik özellikler ve uygulama Şekil 17’de verilmiştir.



Şekil 17.Chang yaklaşımı ile teknik özellikler ve uygulama

Şekil 17’de görüldüğü üzere %22’lik oranla ‘Gemi ana boyutlarının optimizasyonu’ en etkili faktördür. ‘Tekne altını hava kabarcığı ile yağlama tekniği’ %21’lik oranla takip etmektedir. %17 ile ‘Atık ısıdan geri kazanım’ bir diğer etkili unsurdur. ‘Hafif yapılu gemilerin inşası’ %14’lük oranla dördüncü sırada yer almaktadır. Bunu %11 ile ‘Gemi kış tarafı tasarımı’, %10 ile ‘Liman elektriği kullanımı’, %5’lik oranla ‘Otomatik açılıp kapanabilen yelken kullanımı’ yer almaktadır. ‘Yaşam mahallinin elips şeklinde ve alçak dizayn edilmesinin’ oranı çok az olduğu için grafikte yer almamaktadır.

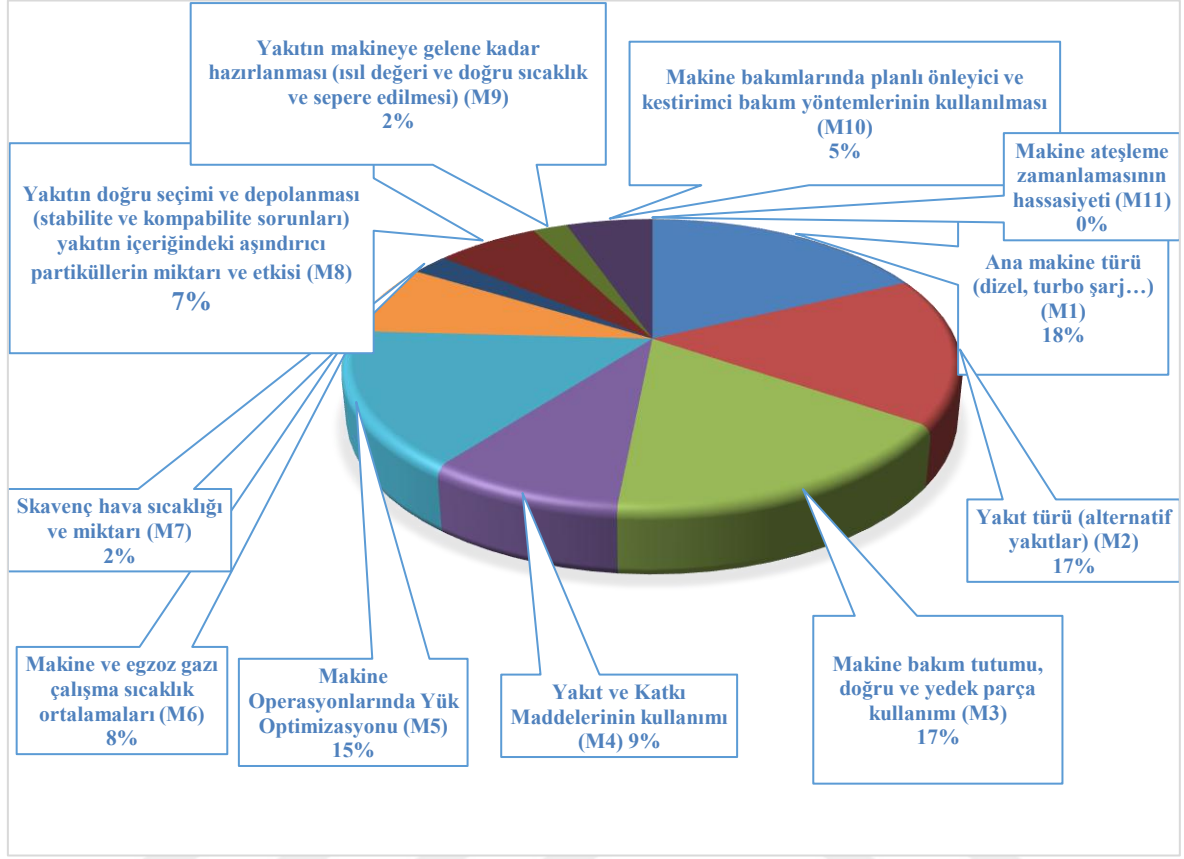
Buckley yaklaşımı ile makine operasyon uygulamaları Şekil 18’de verilmiştir.



Şekil 18. Buckley yaklaşımı ile makine operasyon uygulamaları

Şekil 18’de görüldüğü üzere %19’luk oran ile ‘Ana makine türü (dizel, turbo şarj...)’ en önemli faktördür. ‘Yakıt türü (alternatif yakıtlar)’ 16%’lık oran ile ikinci sırada yer almaktadır. ‘Makine bakım tutumu, doğru ve yedek parça kullanımı’ 15% ile üçüncü önemli faktördür. ‘Makine operasyonlarında yük optimizasyonu’ 12%’lik oranla dördüncü sırada yer almaktadır. %8 ile ‘Yakıt ve katkı maddelerinin kullanımı’ bir diğer etkili faktördür. Bunu %6’lık oranla ‘Makine bakımlarında planlı önleyici ve kestirimci bakım yöntemlerinin kullanılması’, ‘Yakıtın doğru seçimi ve depolanması (stabilite ve kompabilite sorunları) yakıtın içeriğindeki aşındırıcı partiküllerin miktarı ve etkisi’, ‘Makine ve egzoz gazı çalışma sıcaklık ortalamaları’ takip etmektedir. Son olarak ‘Yakıtın makineye gelene kadar hazırlanması (ısı değeri ve doğru sıcaklık ve sepere edilmesi)’, ‘Skavenç hava sıcaklığı ve miktarı’ ve ‘Makine ateşleme zamanlamasının hassasiyeti’ %4’lük bir orana sahiptir.

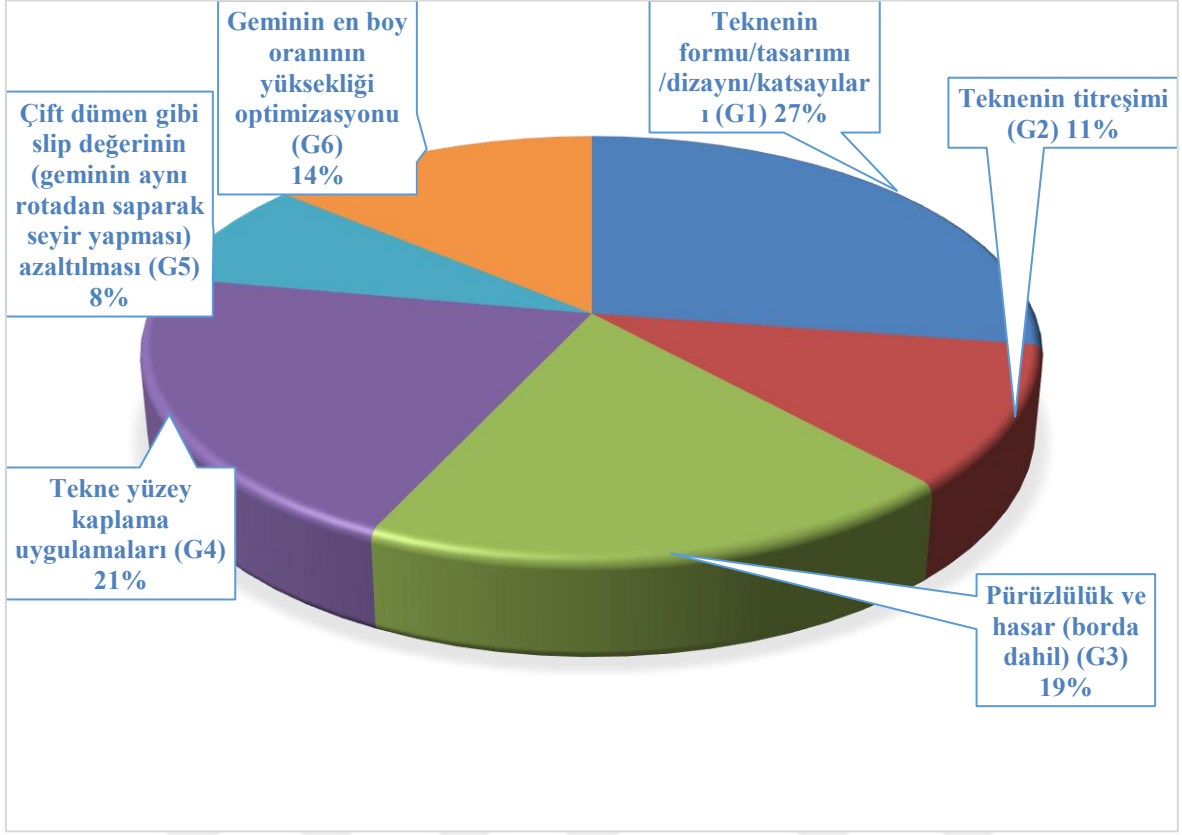
Chang yaklaşımı ile makine operasyon uygulamaları Şekil 19’da verilmiştir.



Şekil 19. Chang yaklaşımı ile makine operasyon uygulamaları

Şekil 19’da görüldüğü üzere %18’lik oran ile ‘ana makine türü (dizel, turbo şarj...)’ en önemli faktördür. ‘Yakıt türü (alternatif yakıtlar)’ ve ‘makine bakım tutumu, doğru ve yedek parça kullanımı’ %17’ile takip eden önemli faktörlerdir. ‘Makine operasyonlarında yük optimizasyonu’ %15’lik oranla takip etmektedir. %9 ile ‘Yakıt ve katkı maddelerinin kullanımı’ bir diğer etkili faktördür. Bunu %8’lik oranla ‘Makine ve egzoz gazı çalışma sıcaklık ortalamaları’ takip etmektedir. ‘Yakıtın doğru seçimi ve depolanması (stabilite ve kompabilite sorunları) yakıtın içeriğindeki aşındırıcı partiküllerin miktarı ve etkisi’ %7’dir. ‘Makine bakımlarında planlı önleyici ve kestirimci bakım yöntemlerinin kullanılmasının’ oranı %5’tir. ‘Yakıtın makineye gelene kadar hazırlanması (ısıl değeri ve doğru sıcaklık ve separe edilmesi)’ ve ‘Skavenç hava sıcaklığı ve miktarı’ %2’dir. Son olarak ‘Makine ateşleme zamanlamasının hassasiyeti’ oranı sıfıra yakındır ve en son sırada yer almaktadır.

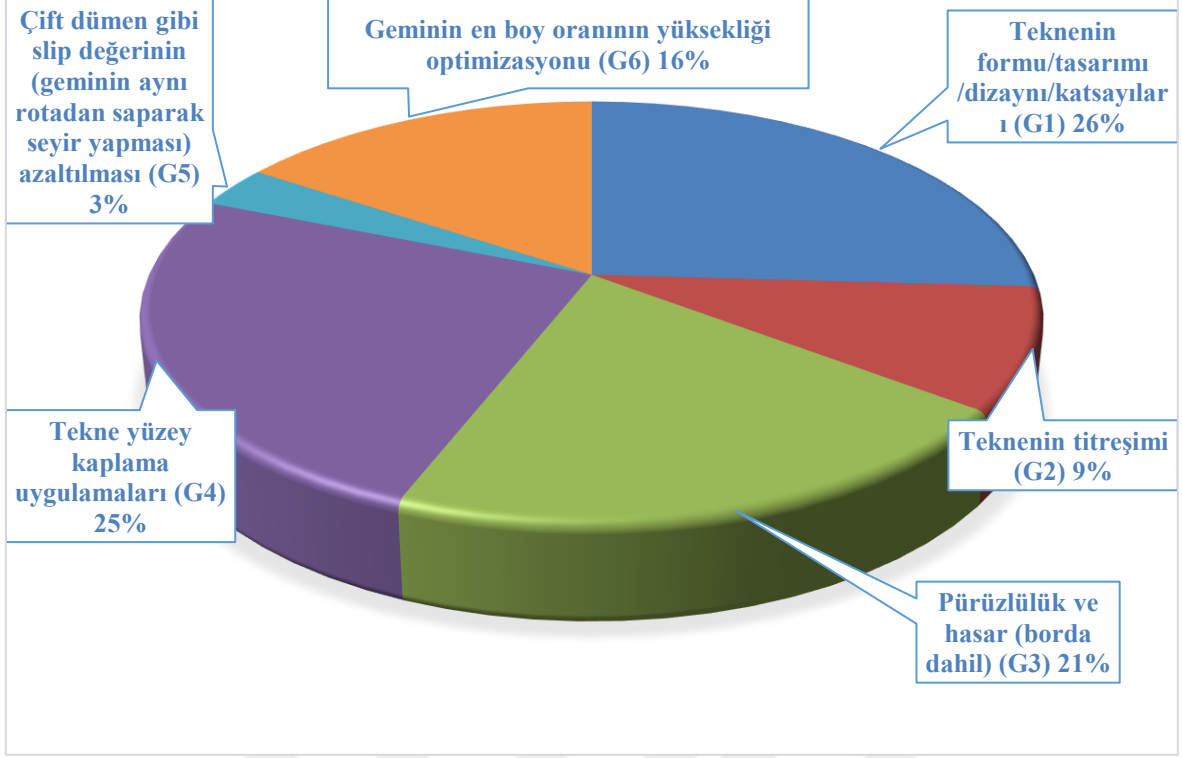
Buckley yaklaşımı ile gemi gövde formu (teknenin kondisyonu) Şekil 20’de verilmiştir.



Şekil 20. Buckley yaklaşımı ile gemi gövde formu (teknenin kondisyonu)

Şekil 20’de görüldüğü üzere ‘Teknenin formu/tasarımı /dizaynı/katsayıları’ %27’lik oranla en önemli faktördür. ‘Tekne yüzey kaplama uygulamaları’ %21’lik oran ile ikinci sırada yer almaktadır. ‘Pürüzlülük ve hasar (borda dahil)’ %19 ile üçüncü sırada yer almaktadır. Bunu %14 ile ‘Geminin en boy oranının yüksekliği optimizasyonu’ takip etmektedir. ‘Teknenin titreşimi’ %11 ve ‘Çift dümen gibi slip değerinin (geminin aynı rotadan saparak seyir yapması) azaltılması’ %8 oranına sahiptir.

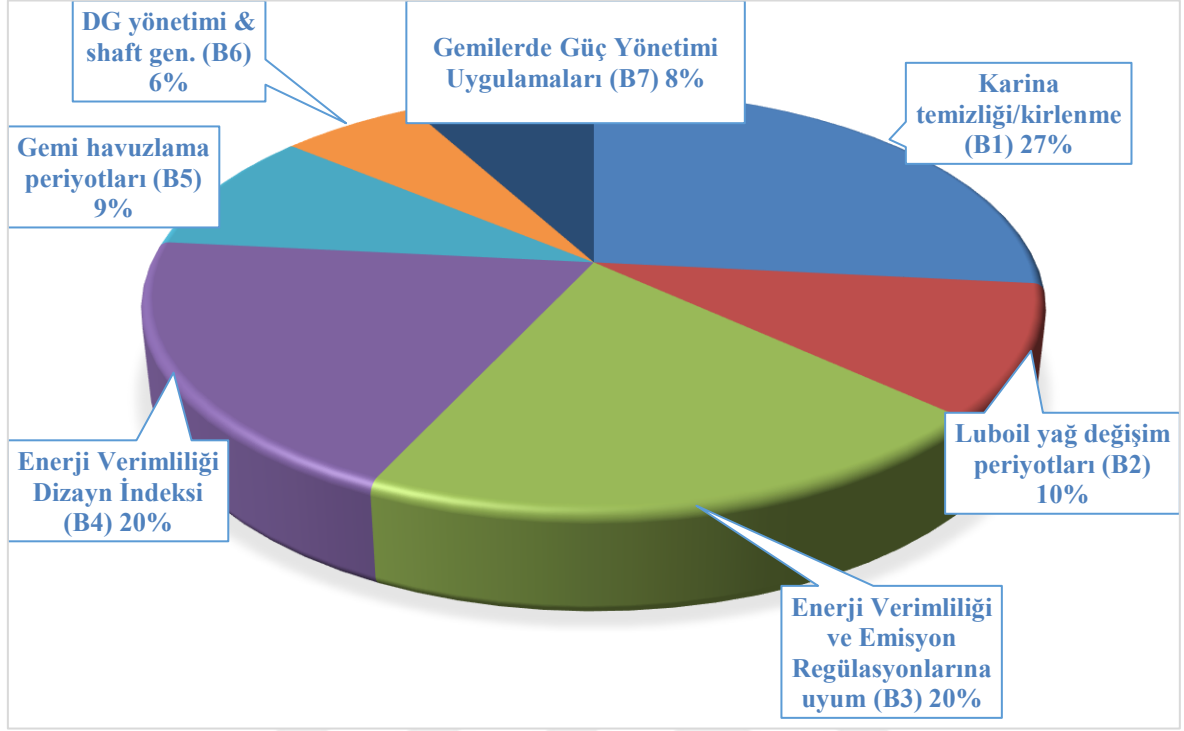
Chang yaklaşımı ile gemi gövde formu (teknenin kondisyonu) Şekil 21’de verilmiştir.



Şekil 21. Chang yaklaşımı ile gemi gövde formu (teknenin kondisyonu)

Şekil 21’de görüldüğü üzere ‘Teknenin formu/tasarımı /dizaynı/katsayıları’ %26’lık oranla en önemli faktördür. ‘Tekne yüzey kaplama uygulamaları’ %25’lik oran ile ikinci sırada yer almaktadır. ‘Pürüzlülük ve hasar (borda dahil)’ %21 ile üçüncü sırada yer almaktadır. Bunu %16 ile ‘Geminin en boy oranının yüksekliği optimizasyonu’ takip etmektedir. ‘Teknenin titreşimi’ %9 ve ‘Çift dümen gibi slip değerinin (geminin aynı rotadan saparak seyir yapması) azaltılması’ %3 oranına sahiptir.

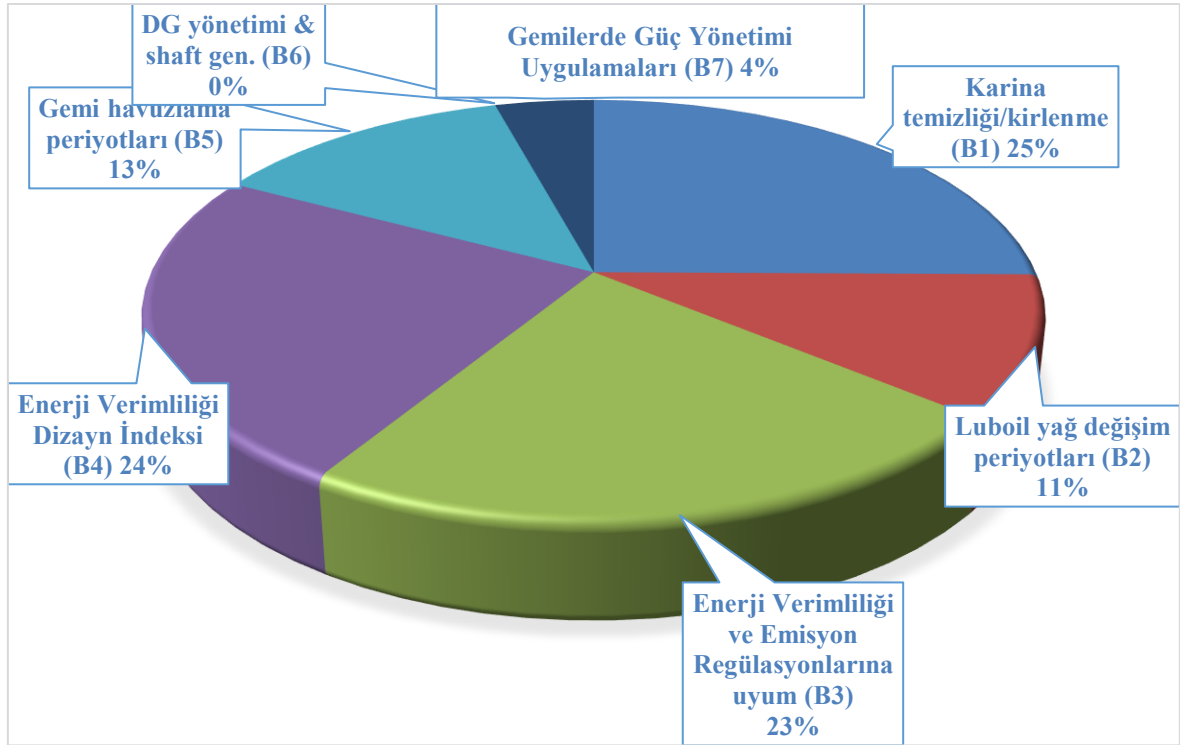
Buckley yaklaşımı ile bakım tutum ve regülasyonlar Şekil 22’de verilmiştir.



Şekil 22. Buckley yaklaşımı ile bakım tutum ve regülasyonlar

Şekil 22’de görüldüğü üzere ‘Karina temizliği/kirlenme’ %27’lik oran ile yakıt tüketimin etkileyen faktörler arasında ilk sırada yer almaktadır. %20’lik oranla ‘Enerji Verimliliği ve Emisyon Regülasyonlarına uyum’ ve ‘Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi’ takip etmektedir. ‘Luboil yağ değişim periyotları’ %10’luk bir paya sahiptir. ‘Gemi havuzlama periyotları’ %9 oranı ile beşinci sıradadır. Bunu %8’lik oranla ‘Gemilerde güç yönetimi uygulamaları’, ardından %6’lık oranla ‘Dizel jeneratör yönetimi & shaft jeneratörü’ takip etmektedir.

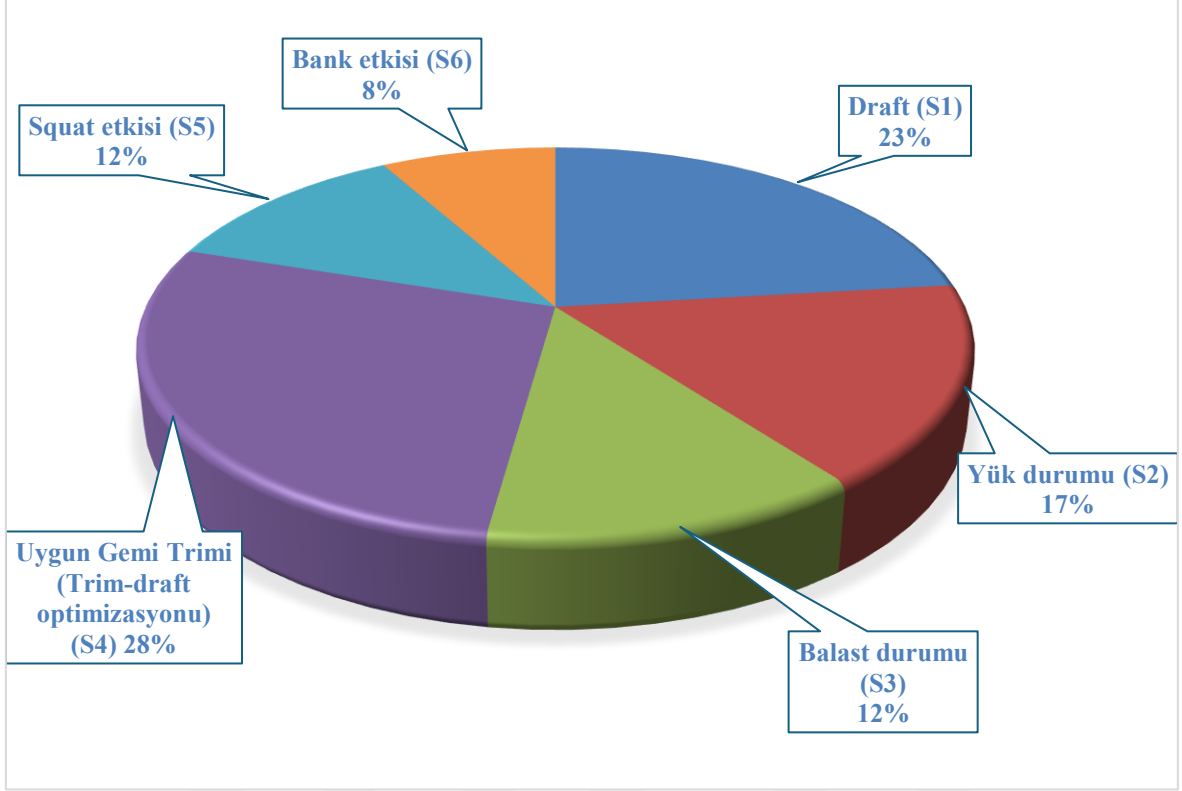
Chang yaklaşımı ile bakım tutum ve regülasyonlar Şekil 23’te verilmiştir.



Şekil 23. Chang yaklaşımı ile bakım tutum ve regülasyonlar

Şekil 23’te görüldüğü üzere ‘Karina temizliği/kirlenme’ %25’lik oran ile yakıt tüketimin etkileyen faktörler arasında ilk sırada yer almaktadır. %24’lük oranla ‘Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi’ %23’lük oran ile ‘Enerji Verimliliği ve Emisyon Regülasyonlarına uyum’ takip etmektedir. ‘Gemi havuzlama periyotları’ %13’lük bir paya sahiptir. ‘Luboil yağ değişim periyotları’ %11’lik bir paya sahiptir. Bunu %4 oran ile ‘Gemilerde güç yönetimi uygulamaları’ vardır. ‘Dizel jeneratör yönetimi & shaft jeneratörü’ payı çok düşüktür.

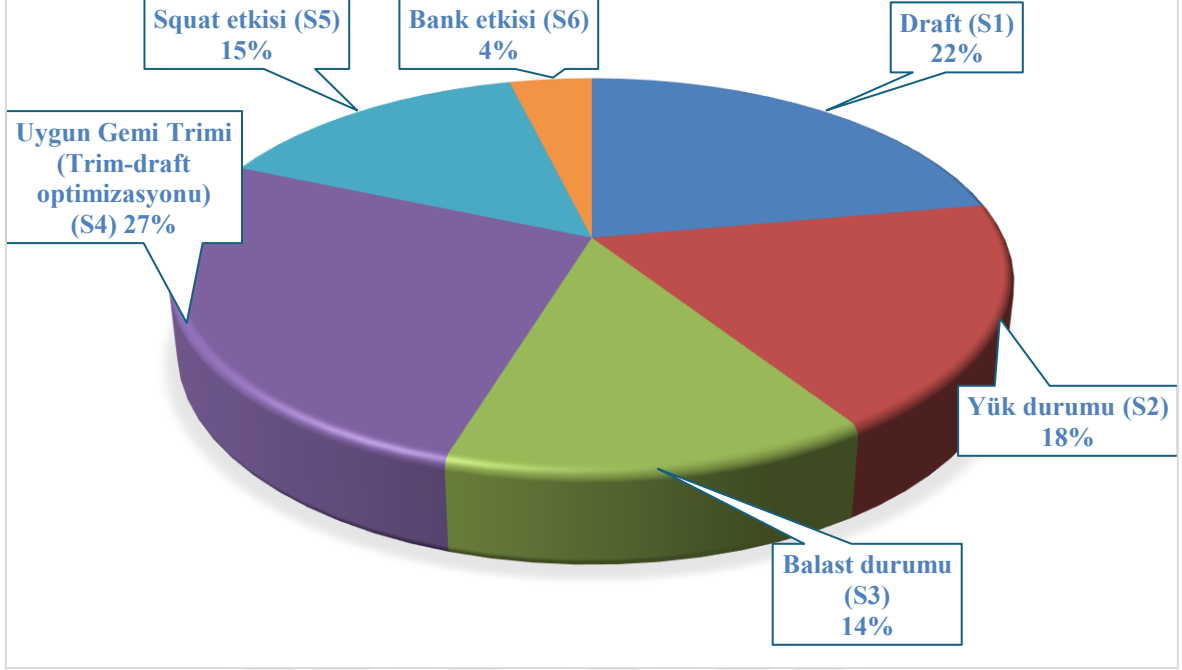
Buckley yaklaşımı ile stabilite Şekil 24’te verilmiştir.



Şekil 24. Buckley yaklaşımı ile stabilite

Şekil 24’te görüldüğü üzere ‘Uygun gemi trimi (trim-draft optimizasyonu)’ faktörü %28’lik bir oranla en büyük paya sahiptir. Bunu %23 ile ‘Draft’, %17 ile ‘yük durumu’ takip etmektedir. ‘Balast durumu’ ve ‘Squat etkisine’ bakıldığında ise oranın %12 olduğu görülmektedir. En az etkileyen faktör ise %8’lik pay ile ‘Bank etkisidir’.

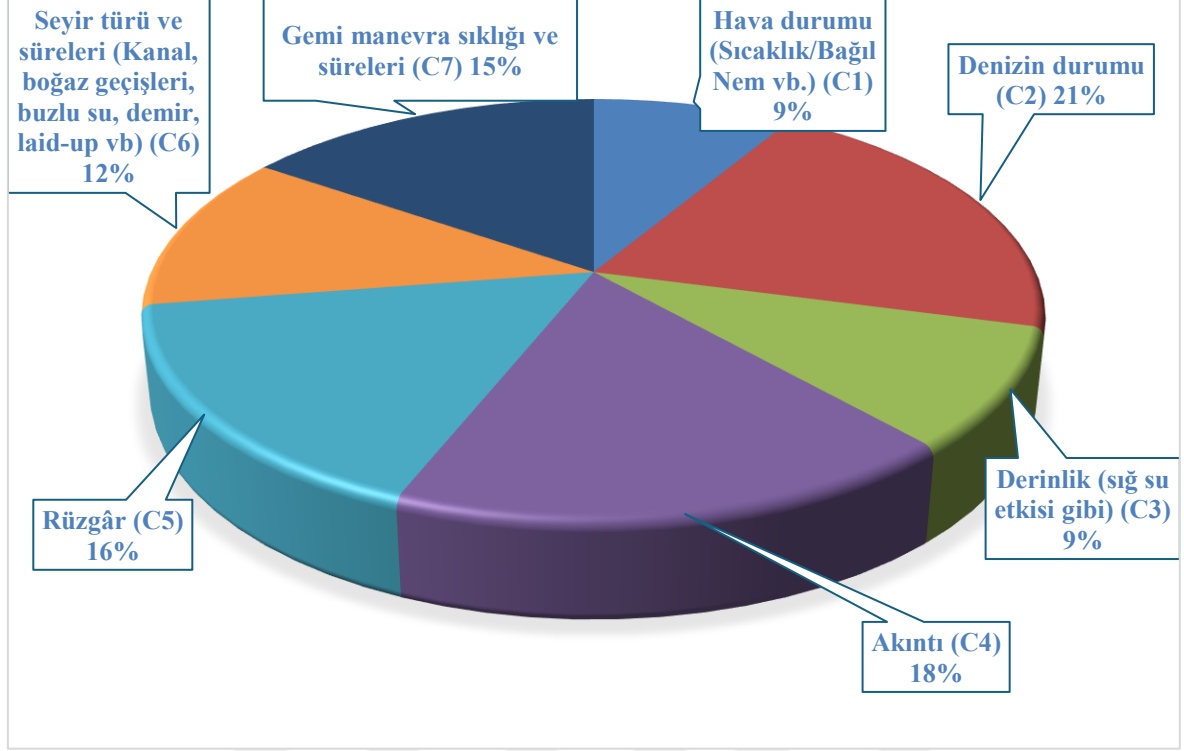
Chang yaklaşımı ile stabilite Şekil 25’te verilmiştir.



Şekil 25. Chang yaklaşımı ile stabilite

Şekil 25’te görüldüğü üzere ‘Uygun gemi trimi (trim-draft optimizasyonu)’ faktörü %27’lik bir oranla en büyük paya sahiptir. Bunu %22 ile ‘Draft’, %18 ile ‘Yük durumu’ takip etmektedir. ‘Balast durumu’ %14 ve ‘Squat etkisine’ bakıldığında ise oranın %15 olduğu görülmektedir. En az etkileyen faktör ise %4’lük pay ile ‘Bank etkisidir’.

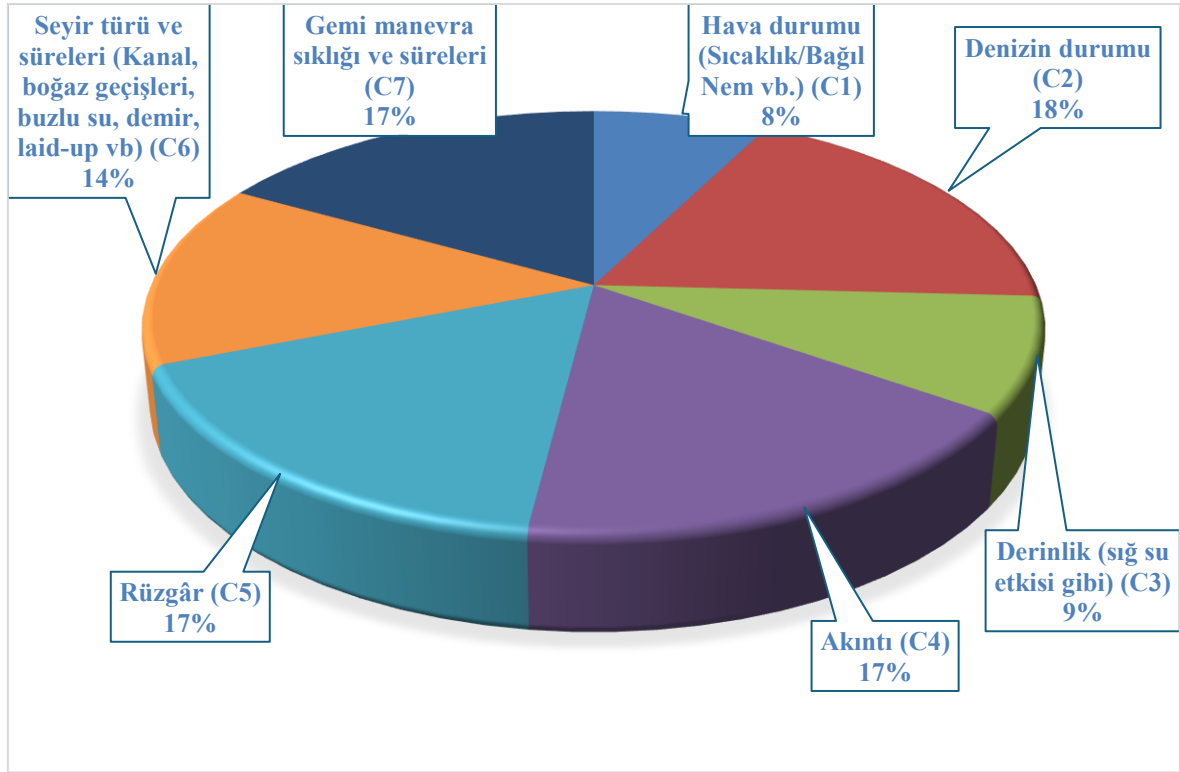
Buckley yaklaşımı ile çevresel etkiler ve sefer durumu Şekil 26’da verilmiştir.



Şekil 26. Buckley yaklaşımı ile çevresel etkiler ve sefer durumu

Şekil 26’da görüldüğü üzere ‘Denizin durumu’ faktörü %21’lik pay ile ilk sırada yer almaktadır. %18 oranı ile ‘Akıntı’ faktörü takip etmektedir. ‘Rüzgârın etkisi’ %16’dır ve %15’lik oran ile ‘Gemi manevra sıklığı ve süreleri’ takip etmektedir. ‘Seyir türü ve süreleri (Kanal, boğaz geçişleri, buzlu su, demir, laid-up vb.)’ faktörünün oranı %12’dir. %9’luk oran ile ‘Hava durumu (Sıcaklık/Bağıl Nem vb.)’ ve ‘Derinlik (sığ su etkisi gibi)’ en son sırada yer almaktadır.

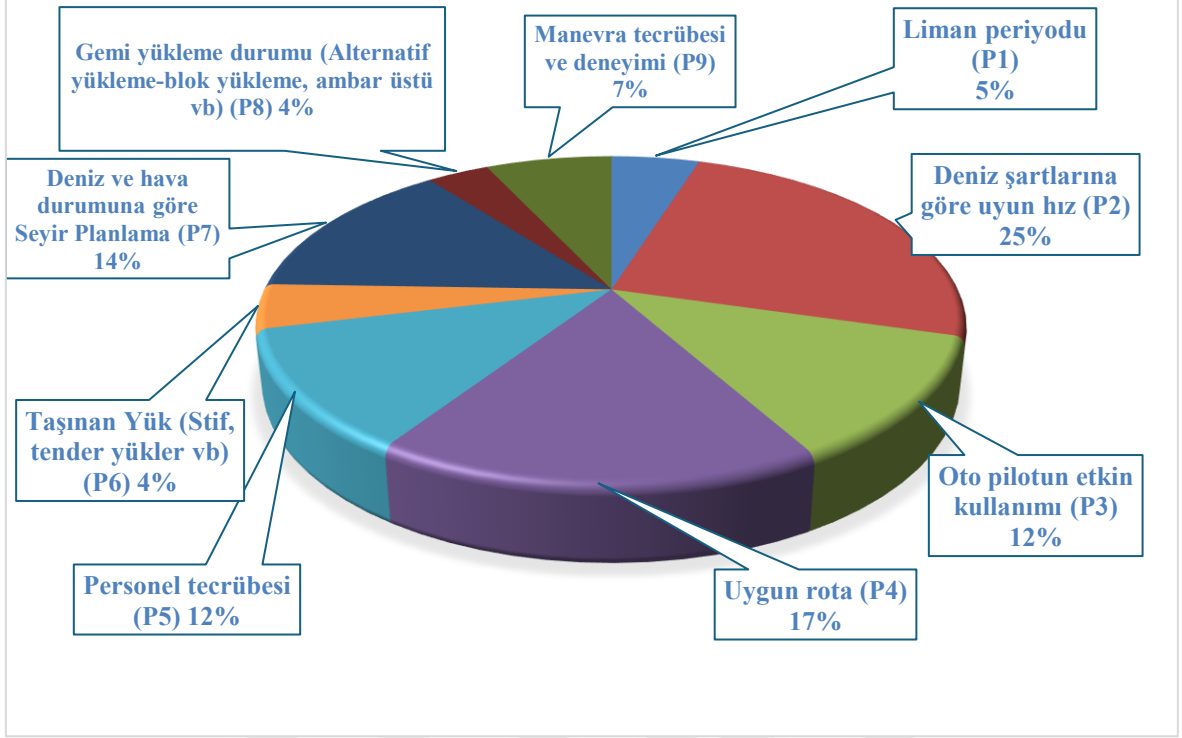
Chang yaklaşımı ile çevresel etkiler ve sefer durumu Şekil 27’de verilmiştir.



Şekil 27. Chang yaklaşımı ile çevresel etkiler ve sefer durumu

Şekil 27’de görüldüğü üzere ‘Denizin durumu’ faktörü %18’lik pay ile ilk sırada yer almaktadır. %17 oranı ile ‘Akıntı’, ‘Rüzgâr’ ve ‘Gemi manevra sıklığı ve süreleri’ faktörü takip etmektedir. ‘Seyir türü ve süreleri (Kanal, boğaz geçişleri, buzlu su, demir, laid-up vb.)’ faktörünün oranı %14’tür. %8’lik oran ile ‘Hava durumu (sıcaklık/bağıl nem vb.)’ en son sırada yer almaktadır.

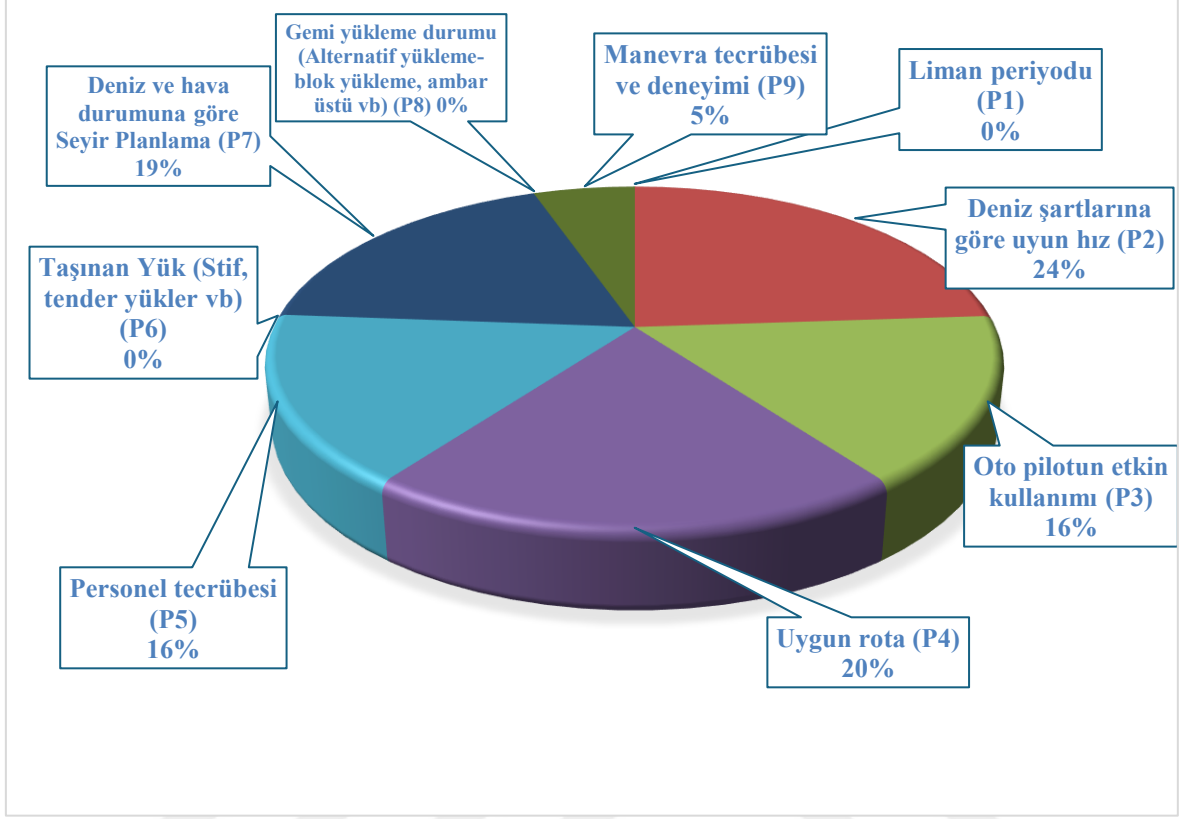
Buckley yaklaşımı ile gemi kullanımı, personel etkisi Şekil 28’de verilmiştir.



Şekil 28. Buckley yaklaşımı ile gemi kullanımı, personel etkisi

Şekil 28’de görüldüğü üzere ‘Deniz şartlarına göre uyum hız’ faktörü %25’lik pay ile ilk sırada yer almaktadır. ‘Uygun rota’ faktörü %17 ile takip etmektedir. ‘Deniz ve hava durumuna göre seyir planlama’ %14’lük paya sahiptir. ‘Oto pilotun etkin kullanımı’ ve ‘Personel tecrübesi’ %12’lik oranla takip etmektedir. ‘Manevra tecrübesi ve deneyimi’ %7, ‘Liman periyodu’ %5, ‘Gemi yükleme durumu (alternatif yükleme-blok yükleme, ambar üstü vb.)’ ve ‘Taşınan yük (Stif, tender yükler vb.)’ %4’lük paya sahiptir.

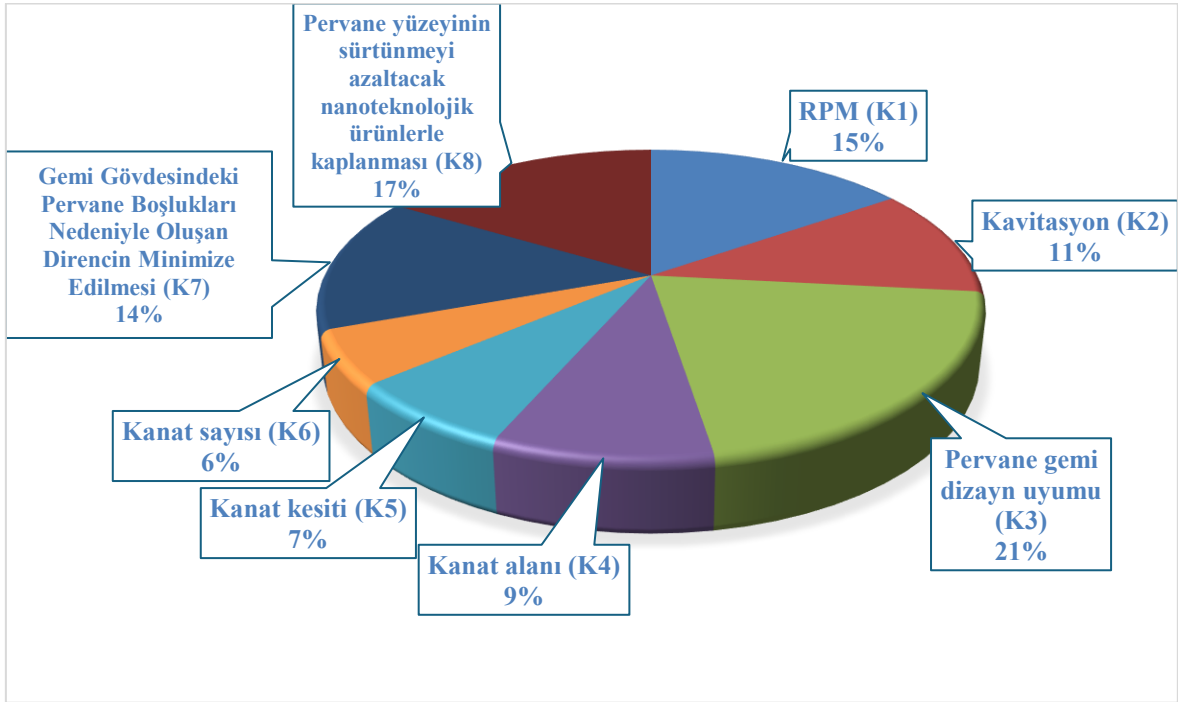
Chang yaklaşımı ile gemi kullanımı, personel etkisi Şekil 29’da verilmiştir.



Şekil 29. Chang yaklaşımı ile gemi kullanımı, personel etkisi

Şekil 29’da görüldüğü üzere ‘Deniz şartlarına göre uyum hız’ faktörü %24’lük pay ile ilk sırada yer almaktadır. ‘Uygun rota’ faktörü %20 ile takip etmektedir. ‘Deniz ve hava durumuna göre seyir planlama’ %19’luk paya sahiptir. ‘Oto pilotun etkin kullanımı’ ve ‘Personel tecrübesi’ %16’lık oranla takip etmektedir. ‘Manevra tecrübesi ve deneyimi’ %5, ‘Liman periyodu’, ‘Gemi yükleme durumu (alternatif yükleme-blok yükleme, ambar üstü vb.)’ ve ‘Taşınan yük (Stif, tender yükler vb.)’ faktörlerinin etkileri çok azdır.

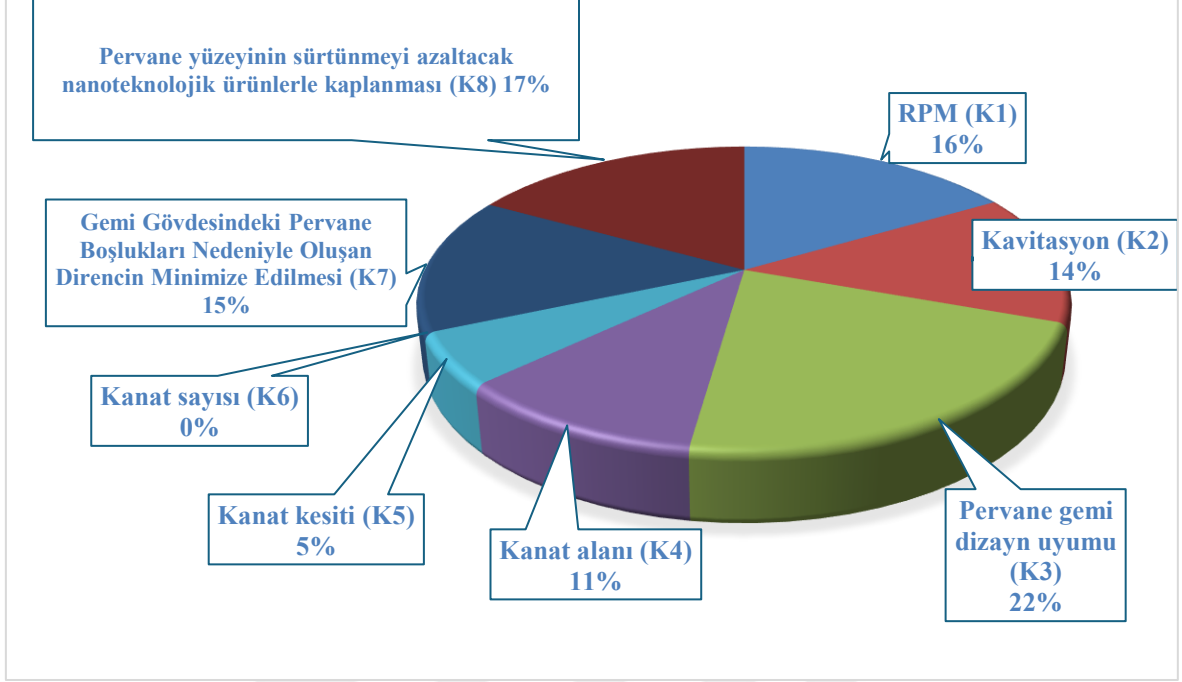
Buckley yaklaşımı ile pervane Şekil 30’da verilmiştir.



Şekil 30. Buckley yaklaşımı ile pervane

Şekil 30’da görüldüğü üzere ‘Pervane gemi dizayn uyumunun’ %21’lik oran ile en önemli faktör olduğu görülmektedir. ‘Pervane yüzeyinin sürtünmeyi azaltacak nanoteknolojik ürünlerle kaplanması’ %17 ile takip etmektedir. ‘RPM’ faktörü %15 ile üçüncü sırada yer almaktadır. ‘Gemi gövdesindeki pervane boşlukları nedeniyle oluşan direncin minimize edilmesi’ faktörü etkisi %14’tür. ‘Kaviteasyon’ %11, ‘Kanat alanı’ %7 ve ‘Kanat sayısı’ %6 oranı ile takip etmektedir.

Chang yaklaşımı ile pervane Şekil 31’de verilmiştir.



Şekil 31. Chang yaklaşımı ile pervane

Şekil 31’de görüldüğü üzere ‘pervane gemi dizayn uyumunun’ %22’lik oran ile en önemli faktör olduğu görülmektedir. ‘Pervane yüzeyinin sürtünmeyi azaltacak nanoteknolojik ürünlerle kaplanması’ %17 ile takip etmektedir. ‘RPM’ faktörü %16 ile üçüncü sırada yer almaktadır. ‘Gemi gövdesindeki pervane boşlukları nedeniyle oluşan direncin minimize edilmesi’ faktörü etkisi %15’tir. ‘Kavitasyon’ %14, ‘Kanat alanı’ %11 ve ‘Kanat kesiti’ %5 oranı ile takip etmektedir. ‘Kanat sayısının’ etkisinin çok az olduğu görülmektedir.

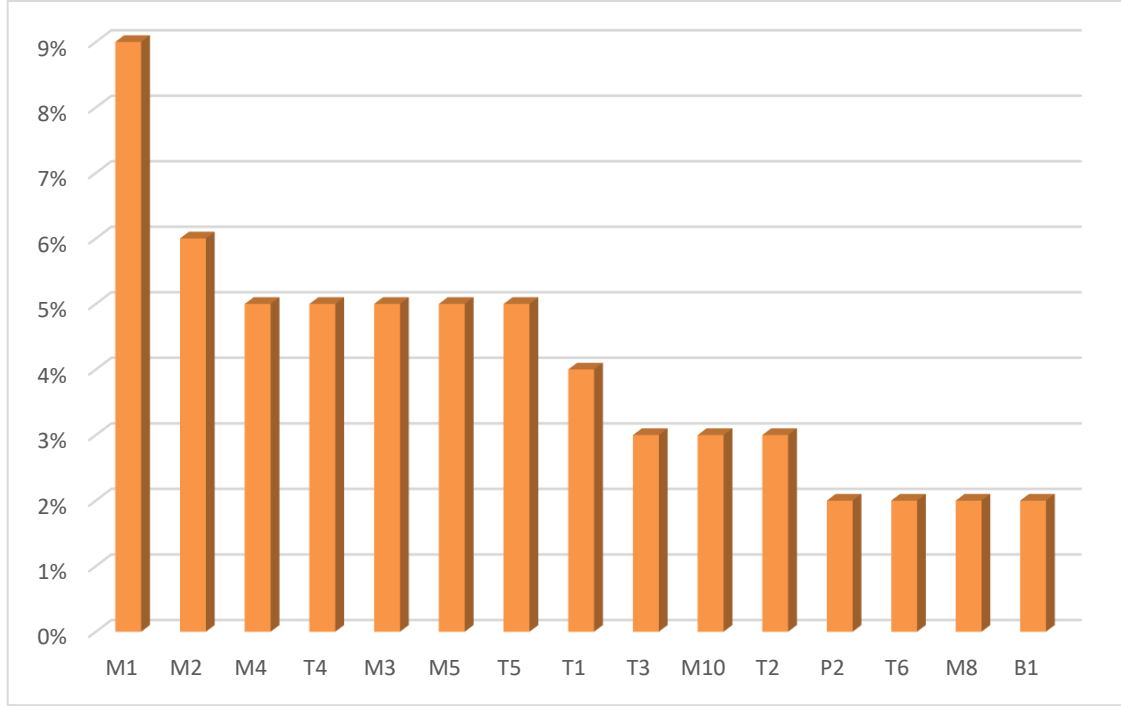
Tablo 26. Buckley yaklaşımına göre ilk 15 kriter

	Kriter	Kriter Numarası	
1	Ana makine türü (dizel, turbo şarj...)	M1	9%
2	Yakıt türü (alternatif yakıtlar)	M2	6%
3	Yakıt ve katkı maddelerinin kullanımı	M4	5%
4	Gemi ana boyutlarının optimizasyonu	T4	5%
5	Makine bakım tutumu, doğru ve yedek parça kullanımı	M3	5%
6	Makine operasyonlarında yük optimizasyonu	M5	5%
7	Tekne altını hava kabarcığı ile yağlama tekniği	T5	5%
8	Atık ısıdan geri kazanım	T1	4%
9	Hafif yapılı gemilerin inşası	T3	3%
10	Makine bakımlarında planlı önleyici ve kestirimci bakım yöntemlerinin kullanılması	M10	3%
11	Liman elektriği kullanımı	T2	3%
12	Deniz şartlarına göre uyum hız	P2	2%
13	Gemi kıç tarafı tasarımı	T6	2%
14	Yakıtın doğru seçimi ve depolanması (stabilite ve kompabilite sorunları) yakıtın içeriğindeki aşındırıcı partiküllerin miktarı ve etkisi	M8	2%
15	Karina temizliği/kirlenme	B1	2%

Tablo 27. Chang yaklaşımına göre ilk 15 kriter

	Kriter	Kriter Numarası	
1	Ana makine türü (dizel, turbo şarj...)	M1	10%
2	Tekne altını hava kabarcığı ile yağlama tekniği	T5	9%
3	Gemi ana boyutlarının optimizasyonu	T4	9%
4	Yakıt türü (alternatif yakıtlar)	M2	9%
5	Yakıt ve katkı maddelerinin kullanımı	M4	8%
6	Makine bakım tutumu, doğru ve yedek parça kullanımı	M3	8%
7	Makine operasyonlarında yük optimizasyonu	M5	8%
8	Atık ısıdan geri kazanım	T1	8%
9	Makine bakımlarında planlı önleyici ve kestirimci bakım yöntemlerinin kullanılması	M10	6%
10	Hafif yapılı gemilerin inşası	T3	6%
11	Yakıtın doğru seçimi ve depolanması (stabilite ve kompabilite sorunları) yakıtın içeriğindeki aşındırıcı partiküllerin miktarı ve etkisi	M8	5%
12	Gemi kıç tarafı tasarımı	T6	5%
13	Liman elektriği kullanımı	T2	4%
14	Otomatik açılıp kapanabilen yelken kullanımı	T7	2%
15	Makine ve egzoz gazı çalışma sıcaklık ortalamaları	M6	1%

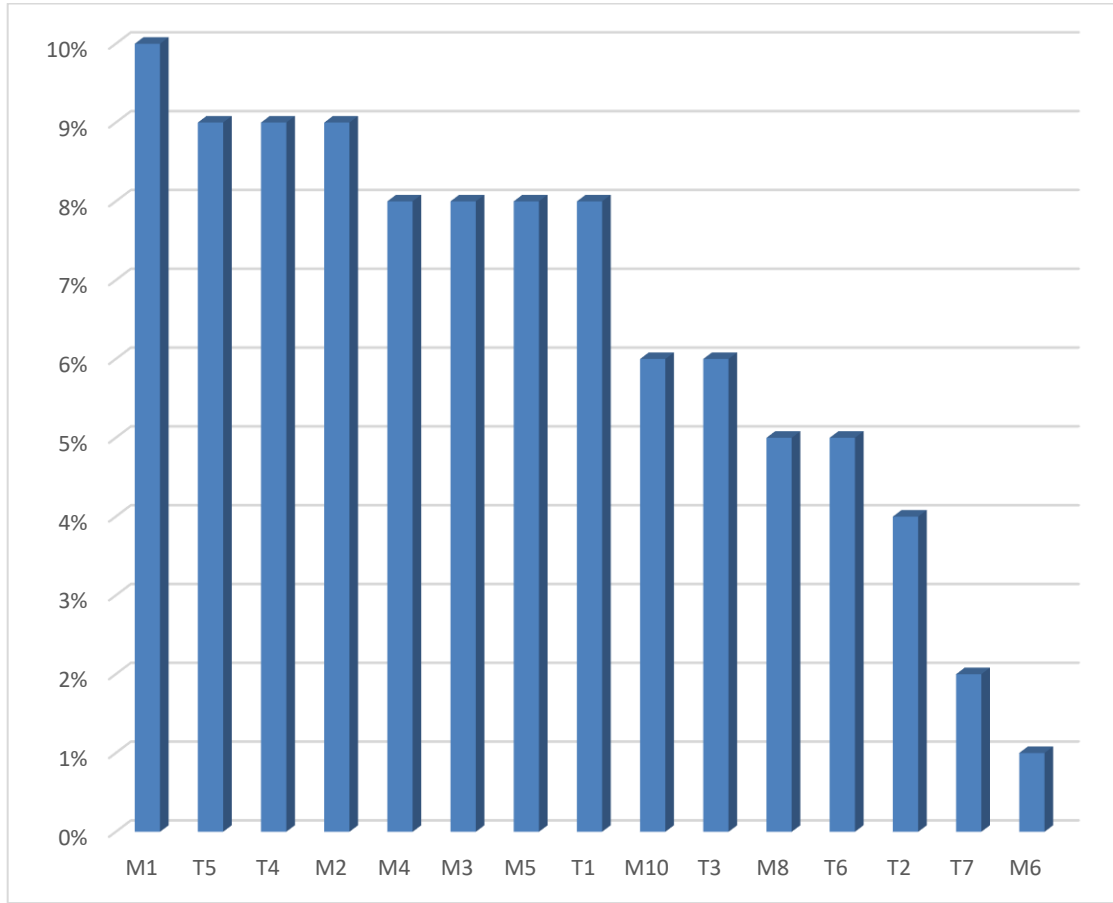
Buckley yöntemi ile en önemli ilk 15 kriter Şekil 32’de gösterilmiştir.



Şekil 32. Buckley yöntemi ile en önemli ilk 15 kriter

Şekil 32’de görüldüğü üzere Buckley yaklaşımı açısından %9’luk oran ile Ana makine türü (dizel, turbo şarj...) (M1) gemilerde yakıt tüketimini etkileyen faktörlerin ilk sırasında yer almaktadır. Yakıt türü (alternatif yakıtlar) (M2) %6’lık bir paya sahiptir ve bunu %5’lik oranla yakıt ve katkı maddelerinin kullanımı (M4), Gemi ana boyutlarının optimizasyonu (T4), Makine bakım tutumu- doğru ve yedek parça kullanımı (M3), Makine operasyonlarında yük optimizasyonu (M5), Tekne altını hava kabarcığı ile yağlama tekniği (T5) takip etmektedir. Atık ısıdan geri kazanım (T1) %4’lük bir orana sahiptir. Hafif yapıli gemilerin inşası (T3), Makine bakımlarında planlı önleyici ve kestirimci bakım yöntemlerinin kullanılması (M10), Liman elektriği kullanımı (T2) %3 oranla takip etmektedir. Deniz şartlarına göre uyum hız (O2), Gemi kış tarafı tasarımı (T6), Yakıtın doğru seçimi ve depolanması (stabilite ve kompabilite sorunları)-yakıtın içeriğindeki aşındırıcı partiküllerin miktarı ve etkisi (M8), Karina temizliği/kirlenme (B1) faktörleri %2’lik bir payla sıralanmaktadır.

Chang yöntemi ile en önemli ilk 15 kriter Şekil 33'te gösterilmiştir.



Şekil 33. Chang yöntemi ile en önemli ilk 15 kriter

Şekil 33'te görüldüğü üzere Chang yaklaşımı açısından %10'luk oran ile Ana makine türü (dizel, turbo şarj...) (M1) gemilerde yakıt tüketimini etkileyen faktörlerin ilk sırasında yer almaktadır. Tekne altını hava kabarcığı ile yağlama tekniği (T5), Gemi ana boyutlarının optimizasyonu (T4), Yakıt türü (alternatif yakıtlar) (M2) %9'luk bir paya sahiptir. Bunu %8'lik oranla Yakıt ve katkı maddelerinin kullanımı (M4), Makine bakım tutumu- doğru ve yedek parça kullanımı (M3), Makine operasyonlarında yük optimizasyonu (M5), Atık ısıdan geri kazanım (T1) takip etmektedir. Makine bakımlarında planlı önleyici ve kestirimci bakım yöntemlerinin kullanılması (M10) ve Hafif yapıli gemilerin inşası faktörü (T3), %6'lık oranla takip etmektedir. Yakıtın doğru seçimi ve depolanması (stabilite ve kompabilite sorunları) (M8) ve Gemi kış tarafı tasarımı (T6) %5'lik paya sahiptir. Liman elektriği kullanımı (T2) %4 oranla takip etmektedir. Otomatik açılıp kapanabilen yelken kullanımı (T7) %2 ve Makine ve egzoz gazı çalışma sıcaklık ortalamaları (M6) %1'lik paya sahiptir.

Bu çalışmada gemilerde yakıt tüketimini etkileyen faktörler sıralanmıştır. Sıralamanın yapılması için BAHP yönteminin Buckley ve Chang yaklaşımları kullanılmıştır.

Yapılan hesaplamalar sonucunda personel etkisinin oranı %1'dir. Uygun hız %2, trim %1, rüzgâr ve denizin durumu %1'lik paya sahiptir. Literatüre bakıldığında gemi seyir esnasındaki yakıt tüketimi, geminin hızı ve buna karşılık gelen makine yakıt tüketim miktarıyla beraber, geminin kaptanı, başmühendisi ve diğer personelin sahip olduğu tecrübeye ve dikkate de bağlıdır. Yakıt tüketimini etkileyen diğer faktörler; deniz ve hava koşulları, mevcut draftı ve trimi ile makinelerin yaşı da bulunur (Beşikçi ve Şihmantepe, 2020).

Buckley yaklaşımına göre elde ettiğimiz sonuçlarda tekne yüzeyi temizliği faktörü %2'lik paya sahiptir. Literatür incelendiğinde Kocatepe (2015) çalışmasında tekne yüzeyi temizliğini incelemiştir. Talay vd. (2014) çalışmalarında bu faktörün tanker gemilerinde %3, konteyner ve RO-RO gemilerinde %2'lik payı olduğu sonucunu elde etmişlerdir.

Deniz şartlarına göre uygun hız faktörü Buckley yaklaşımı sonucunda %2'lik paya sahiptir. Kaya (2019), yaptığı çalışmada tekne yüzeyi temizliğinin ve hız optimizasyonunun yakıt tüketimi ve enerji verimliliği üzerinde oldukça etkili olduğu sonucuna varmıştır. Sert ve Bilgili (2019), çalışmaları sonucunda düzensiz hat kuruyük gemilerinde hız optimizasyonunun etkili olduğu sonucunu elde etmişlerdir. Millet (2022), yaptığı çalışmada gemi kaynaklı emisyonları incelemiş ve seyir hızını düşürmenin emisyon üzerinde doğrudan etkili olduğu sonucuna varmıştır.

Gemi boyutu, manevra sıklığı da yakıt tüketimini etkileyen faktörler arasındadır. Yapılan hesaplamalar sonucunda gemi boyutunun etkisi %5 ve manevra sıklığının oranı %1'dir. Guo vd. (2022), yaptıkları çalışmada bu faktörlerin yakıt tüketimi ve emisyonlar üzerinde etkili olduğu sonucunu elde etmişlerdir.

Uygun gemi trimi faktörü çalışmada %1'lik bir paya sahiptir. Literatüre bakıldığında Elkafas (2022), Cepowski ve Drazd (2023) yakıt tüketimi ve enerji verimliliği üzerine yaptıkları çalışmalarda uygun trimin etkisinin kayda değer olduğu sonucuna varmışlardır.

Bu sonuçlar ışığında gemilerde yakıt tüketimini etkileyen birçok faktör incelendiğinde genel bağlamda literatüre paralel sonuçlar elde edilmiştir. Fakat bu çalışmada faktörlerin etkilerinin sıralamasında 'Ana makine türü (Dizel, turbo şarj...)' en önemli faktör olduğu sonucu elde edilmiştir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, gemilerde yakıt tüketimini etkileyen faktörleri Buckley ve Chang yaklaşımlarına göre analiz ederek en önemli kriterleri belirlemiş ve bu doğrultuda çeşitli öneriler geliştirilmeyi amaçlamıştır. Elde edilen bulgular ışığında gelecekte yapılacak araştırmalara yönelik bazı sonuçlara ulaşılmış olup bu kapsamda çeşitli öneriler sunulmaya çalışılmıştır. Buna göre; her iki yaklaşımda da "ana makine türü" en önemli faktör olarak tespit edilmiştir. Bu doğrultuda, gemi ana makinelerinin yakıt verimliliğini artırmaya yönelik teknolojik gelişmelerin incelenmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu üzerine daha fazla çalışma yapılması doğru bir yaklaşım olacağı düşünülmektedir. Buckley yaklaşımına göre ikinci sırada yer alan "yakıt türü" faktörü, alternatif yakıtların denizcilik sektöründe kullanımına ilişkin detaylı araştırmaların önemini ortaya koymaktadır. LNG, biyoyakıtlar ve hidrojen gibi çevre dostu yakıtların gemi makineleriyle uyumu ve operasyonel performansı üzerine çalışmaların artırılması ve bu sayede karbon ayak izinin azaltılmasına katkı sağlayacağı, günümüz güncel uygulamaları kapsamında yer alan denizcilikte yeşil dönüşüm konusunu da destekler niteliktedir.

Çalışmanın bir diğer dikkat çeken sonucunda hem Buckley hem de Chang yaklaşımında öne çıkan "gemi ana boyutlarının optimizasyonu" dur. Bu sonuç, gemi tasarım sürecinde ana boyutların belirlenmesinin, operasyonel verimlilik ve maliyet optimizasyonu açısından kritik bir faktör olduğunu göstermektedir. Buckley ve Chang yaklaşımlarının her ikisi de farklı metodolojik çerçevelere sahip olmalarına rağmen, gemi ana boyutlarının optimizasyonunun, yakıt tüketimi, taşıma kapasitesi ve manevra kabiliyeti gibi önemli parametreler üzerinde doğrudan etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle, Buckley yaklaşımının bulanık mantık temelli ağırlıklandırma yöntemi, gemi ana boyutlarının belirlenmesinde daha esnek ve adaptif bir çözüm sunarken, Chang yaklaşımının hiyerarşik yapısı, karar verme sürecinde daha sistematik bir değerlendirme imkânı sağlamaktadır. Her iki yaklaşımın da sonuçları, gemi tasarımında optimum boyutlandırmanın, yakıt verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik açısından stratejik bir öneme sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Buna ek olarak, analiz sonuçları, gemi ana boyutlarının optimizasyonunun, özellikle belirli rota ve operasyonel gereksinimler göz önünde bulundurulduğunda, daha da büyük bir önem kazandığını göstermektedir. Gelecekte yapılacak çalışmalar, farklı gemi

tipleri ve operasyonel senaryolar için Buckley ve Chang yaklaşımlarının karşılaştırmalı analizine odaklanarak, daha kapsamlı bir değerlendirme sağlayabilir.

Tekne Altı Yağlama Teknolojisinin Uygulanabilirliği: Chang yaklaşımına göre yüksek öneme sahip olan "tekne altını hava kabarcığı ile yağlama" tekniğinin farklı gemi tipleri üzerindeki etkilerinin detaylı şekilde araştırılması gerekmektedir. Bu sistemin operasyonel ve ekonomik açıdan avantajlarının değerlendirilmesi, yaygın kullanımına katkı sağlayabilir. Çalışma sonuçlarına göre "Makine bakım tutumu ve doğru yedek parça kullanımı" ile "makine operasyonlarında yük optimizasyonu" gibi unsurların, yakıt tüketimi üzerindeki etkilerini azaltmak için planlı ve kestirimci bakım stratejilerine yönelik çalışmaların artırılması önem arz etmektedir. "Örneğin, gemi makinelerinde durum izleme sistemlerinin yaygınlaştırılması, anlık veri analizi yoluyla arıza risklerini önceden tespit etmeye olanak tanıyabilir. Bu sayede, yalnızca planlı bakım süreçleri değil, aynı zamanda kestirimci bakım uygulamaları da optimize edilerek gereksiz duruş süreleri ve operasyonel maliyetler azaltılabilir. Bununla birlikte, doğru yedek parça kullanımı, makine bileşenlerinin ömrünü uzatırken, düşük kaliteli veya uyumsuz parçaların neden olduğu enerji kayıplarının önüne geçebilir. Özellikle, üretici spesifikasyonlarına uygun yedek parçaların tercih edilmesi ve lojistik süreçlerin verimli yönetilmesi, bakım süreçlerinde zaman kaybını minimize ederek gemi operasyonlarının sürdürülebilirliğini artırabilir. Ayrıca, makine operasyonlarında yük optimizasyonuna yönelik yapay zekâ tabanlı karar destek sistemlerinin kullanımı, motor performansının dinamik olarak ayarlanmasını sağlayarak gereksiz yakıt tüketimini engelleyebilir. Bu tür akıllı sistemler, gemi yük dağılımı, çevresel koşullar ve operasyonel gereksinimler doğrultusunda en uygun motor çalışma parametrelerini belirleyerek enerji verimliliğinin arttırılabileceği düşünülmektedir. Bu kapsamda, gemi işletmeciliğinde yakıt tüketimini minimize etmek ve operasyonel verimliliği arttırmak için planlı ve kestirimci bakım stratejilerine yönelik araştırmaların derinleştirilmesi hem ekonomik hem de çevresel açıdan önemli kazanımlar sağlayacağı tahmin edilmektedir. Çalışma sonuçlarındaki bir diğer nokta da gemi makinelerinde açığa çıkan atık ısıнын değerlendirilmesidir. Bu kapsamda, atık ısıнын geri kazanımına yönelik olarak sektörde kullanılan bazı yenilikçi çözümler dikkat çekmektedir. Örneğin, egzoz gazı ekonomizerleri (waste heat recovery systems- WHRS), gemi ana makinelerinden çıkan yüksek sıcaklıktaki egzoz gazlarını kullanarak suyu buhara dönüştürmekte ve buhar türbinleri aracılığıyla ilave enerji üretimi sağlamaktadır. Bu sistemler, özellikle uzun mesafe sefer yapan büyük tonajlı gemilerde yaygın olarak kullanılmakta ve yakıt tüketiminde %5 ila %10 arasında tasarruf sağlayabilmektedir. Bunun

yanı sıra, termal yağ sistemleri, atık ısıyı kullanarak gemideki diğer ısıtma gereksinimlerini karşılamak için kullanılmaktadır. Örneğin, bazı LNG taşıyıcılarında, bu sistemler geminin kendi yakıtını buharlaştırmak ve motorlarda kullanımını optimize etmek amacıyla aktif olarak entegre edilmektedir. Bir diğer dikkat çekici uygulama ise organik rankine çevrimi (ORC) tabanlı enerji geri kazanım sistemleridir. Geleneksel buhar türbinlerine kıyasla daha düşük sıcaklıklarda çalışabilen ORC sistemleri, atık ısıdan elektrik üretmek için alternatif bir yöntem sunmaktadır. Özellikle, yolcu gemileri ve Ro-Ro gemilerinde bu sistemlerin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Son olarak, kombi kazan (composite boiler) sistemleri, geminin makinelerinden kaynaklanan atık ısıyı kullanarak kazan suyunu ısıtmakta ve böylece yardımcı kazanlardaki yakıt tüketimini düşürmektedir. Bu yöntem, özellikle tanker ve konteyner gemilerinde enerji verimliliğini artıran bir uygulama olarak öne çıkmaktadır. Bu tür teknolojilerin yaygınlaştırılması, denizcilik sektöründe yakıt tasarrufu sağlamanın yanı sıra karbon emisyonlarını azaltarak çevresel sürdürülebilirliğe de katkıda bulunacaktır. Gelecekte, gemi dizaynında atık ısı geri kazanım sistemlerinin daha entegre bir şekilde planlanması ve bu teknolojilere yönelik Ar-Ge çalışmalarının artırılması, sektör genelinde enerji verimliliğini önemli ölçüde artırabileceği tahmin edilmektedir. Çalışmanın bir diğer sonucu ise deniz şartlarına göre uygun hız seçimi ve uygun gemi trimi gibi operasyonel kararların yakıt tüketimi üzerindeki etkisi olarak gözükmektedir. Özellikle, hız optimizasyonu ve trim ayarlamaları konusunda geliştirilen çeşitli karar destek sistemleri, modern gemi işletmeciliğinde yakıt verimliliğini artırmak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin, hava ve deniz durumu bazlı hız optimizasyon sistemleri, geminin seyir esnasında karşılaşılabileceği dalga yüksekliği, akıntılar ve rüzgâr gibi çevresel faktörleri analiz ederek en uygun hızı belirlemekte ve böylece gereksiz yakıt tüketimini önlemektedir. Büyük konteyner gemilerinde kullanılan tam zamanında varış (Just-in-Time (JIT) arrival) stratejisi, limana varış zamanını optimize ederek gereksiz hızlanma ve yavaşlamalardan kaynaklanan yakıt tüketimini minimize etmektedir. Bunun yanı sıra, dinamik trim optimizasyon sistemleri, geminin yük dağılımını ve draft seviyesini analiz ederek en düşük direnci sağlayacak trim ayarlarını önermektedir. Örneğin, bazı tanker ve dökme yük gemilerinde kullanılan Autotrim sistemleri, balast suyu yönetimini otomatikleştirerek en uygun trim değerlerine ulaşmayı sağlamaktadır. Yapılan çalışmalar, doğru trim ayarlamalarının yakıt tüketiminde %3 ila %5 oranında tasarruf sağlayabileceğini göstermektedir. Bunlara ek olarak, makine işletme yönetim sistemleri (Engine Performance Monitoring- EPM), makinelerin verimli çalışmasını sağlamak için operasyonel verileri

gerçek zamanlı analiz etmekte ve gemi personeline enerji tasarrufu sağlayacak öneriler sunmaktadır. Özellikle, dizel motorlu gemilerde kullanılan Vessel Performance Monitoring sistemleri (VPM), hız ve güç yönetimi konularında kaptan ve başmühendise sürekli geri bildirim sağlayarak enerji yönetimini optimize etmektedir. Düzenleyici Politikalar ve Regülasyonların Geliştirilmesi: "Karina temizliği/kirlenme" ve "pervane-gemi dizayn uyumu" gibi faktörlerin, yakıt tüketimini doğrudan etkilediği belirlenmiştir. Bu doğrultuda, ulusal ve uluslararası denizcilik düzenlemelerinin yakıt verimliliğini artıracak şekilde yenilenmesi ve etkin denetim mekanizmalarının oluşturulması önerilmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışmada belirlenen kritik faktörler, gelecekte yapılacak araştırmalar için önemli bir rehber niteliği taşımaktadır. Yakıt tüketiminin azaltılmasına yönelik geliştirilecek yeni teknolojiler ve operasyonel stratejiler, sektöre uygulanabilir çözümler sunarak denizcilik faaliyetlerinde sürdürülebilirliği artıracaktır.

5. KAYNAKLAR

- Acciaro, M., Hoffmann, P. N., & Eide, M. S. (2013). The energy efficiency gap in maritime transport. *Journal of Shipping and Ocean Engineering*, 3(1-2), 1.
- Akgül, U. (2010). Sürdürülebilir kalkınma: Uygulamalı antropolojinin eylem alanı. *Antropoloji*, (24), 133-164.
- Akin, N. G. (2017). İşletme bölümü öğrencilerinin meslek seçimini etkileyen faktörlerin bulanık dematel yöntemi ile değerlendirilmesi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 13(4), 873-890.
- Akman, M. (2017). Bir Petrol Tankeri İçin Organik Rankine Çevrimi Atık Isı Geri Kazanım Sisteminin Termodinamik Analizi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Anantharaman, M., Garaniya, V., Khan, F., & Lewarn, B. (2015). Marine engines and their impact on the economy, technical efficiency and environment. *Marine Engineering*, 50(3), 360-367.
- Ayan, M., & Baykal, T. (2010). Uluslararası denizcilik örgütü ve çevre: Türkiye'nin örgüt içindeki durumu/International maritime organization and the environment: Turkey's in status the organization. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(13), 275-297.
- Ayrancı, E., (2017). Sürdürülebilirlik kavramı kapsamında çevreye duyarlı üretim: Firmaların çevreye duyarlı üretime geçişlerinde devlet desteklerinin etkisi. Kocaeli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli.
- Bazari, Z., & Longva, T. (2011). Assessment of IMO mandated energy efficiency measures for international shipping: estimated CO2 emissions reduction from introduction of mandatory, *Lloyd's Register* 62 (18). MEPC.63/INF.2
- Bannstrand, M., Jonsson, A., Johnson, H., & Karlsson, R. (2016). Study on the Optimization of Energy Consumption as Part of Implementation of a Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP), International Maritime Organisation (IMO), London, UK.
- Brynolf, S., Fridell, E., & Andersson, K. (2014). Environmental Assessment of Marine Fuels: Liquefied Natural Gas, Liquefied Biogas, Methanol and Bio-methanol. *Journal of Cleaner Production*. 74: 86-95.
- Bulduk, B. (2023). Gemi Ana Makineleri ve Bakım Teknikleri, Karabük Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Karabük.

- Chen C., Ruiz M.T., Delefortrie G., Mei T., Vantorre M., & Lataire E. (2019). Parameter estimation for a ship's roll response model in shallow water using an intelligent machine learning method. *Ocean Engineering*, 191, 106479.
- Chryssakis, C., Balland, O., Tvette, H. A., & Brandsæter, A. (2014). Alternative fuels for shipping. *DNV GL Strategic Research & Innovation Position Paper*, 17.
- Chu-Van, T., Ristovski, Z., Pourkhesalian, A.M., Rainey, T., Garaniya, V., Abbassi, R., Kimball, R., Cong, N.L., Jahangiri, S., & Brown, R.J. (2019). A comparison of particulate matter and gaseous emission factors from two large cargo vessels during manoeuvring conditions. *Energy Reports*, 5, 1390-1398.
- Cui, X., Yang, C., Serrano, J. R., & Shi, M. (2018). A performance degradation evaluation method for a turbocharger in a diesel engine. *Royal Society open science*, 5(11), 181093.
- Çoban, M. N., & Ölmez, Ü. (2017). Mavi ekonomi ve mavi büyüme. *Electronic Turkish Studies*, 12(3).
- Dedes, E. K., Hudson, D. A., & Turnock, S. R. (2012). Assessing the potential of hybrid energy technology to reduce exhaust emissions from global shipping. *Energy policy*, 40, 204-218.
- Demir, A. (2022). Paris Anlaşması ve 26. Taraflar Konferansı (COP 26)'nda Türkiye değerlendirmesi: yükümlülükler ve sorumluluklar. *Biyolojik Çeşitlilik ve Koruma*, 15(2), 162-170.
- Deniz, C., & Zincir, B. (2016). Environmental and economical assessment of alternative marine fuels. *Journal of Cleaner Production*, 113, 438-449.
- Destebaşı, A. N., Yavuz, Ö., & Toplar, S. (2015). Yeşil ekonomi ile sürdürülebilir kalkınma. Ege Üniversitesi 18. Uluslararası İktisat Öğrencileri Kongresi, 28-30 Nisan 2015, İzmir.
- Divya, K. C., & Østergaard, J. (2009). Battery energy storage technology for power systems—An overview. *Electric Power Systems Research*, 79(4), 511–520.
- Durmaz, M., Kalender, S. S., & Ergin, S. (2016). Bir feribottan yayılan emisyonların deneysel olarak incelenmesi. *GİDB Dergi*, (06), 3-12.
- Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi, (2002). Johannesburg. (https://www.mfa.gov.tr/dunya-surdurulebilir-kalkinma-zirvesi_johannesburg_-26-agustos---4-eylul-2002_.tr.mfa).
- ECORYS, (2012). Blue growth: scenarios and drivers for sustainable growth from the oceans, seas and coasts. *Deltares ve Oceanic Development*. Third Interim Report.
- Elgohary, M. M., Seddiek, I. S., & Salem, A. M. (2015). Overview of Alternative Fuels with Emphasis on the Potential of Liquefied Natural Gas as Future Marine Fuel. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: *Journal of Engineering for the Maritime Environment*. 229(4): 365-375.

- ESPON, (2014). Opportunities and threats for territorial cohesion: Blue Growth and Urban Poverty. Report from the ESPON Open Seminar in Nafplion- Greece, 4 and 5 June 2014.
- Ge, Y., Qiu, Q., & Wu, Q. (2011). A multi-agent framework for thermal aware task migration in many-core systems. *IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems*, 20(10), 1758-1771.
- He, J., An, Q., Jin, J., Feng, S., & Zhang, K. (2023). Experimental Study and Simulation of Cavitation Shedding in Diesel Engine Nozzle using Proper Orthogonal Decomposition and Large Eddy Simulation. *Journal of Thermal Science*, 32(4), 1487-1500.
- Huang, C., Ni, X., Ge, D., Li, S., Zhang, W., Liu, J., & Zhang, T. (2024). Visualization of MF/Diesel RCCI Combustion Process and Soot Emission. *Journal of Thermal Science*, 33(2), 779-792.
- Hüffmeier, J. M. J. (2021). State-of-the-art methods to improve energy efficiency of ships, *J. Mar. Sci. Eng.* 9.
- Hürol, H.Y. (2014). A Study on Social Sustainability: The Case of Doğanbey Urban Renewal Project in Bursa. Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- IMO, Amendments to the Annex of the Protocol of 1997 to Amend the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as Modified by the Protocol of 1978 Relating Thereto, 2016. [https://www.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/278\(70\).pdf](https://www.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/278(70).pdf).
- IMO, Annex 9. Resolution MEPC.213(63, Adopted on 2 march 2012. 2012 Guidelines for the development of a ship energy efficiency management plan 213 (2013) 1–12.
- IMO, Guidelines for the Development of A Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP), 2012, 2012, [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCDocuments/MEPC.213\(63\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCDocuments/MEPC.213(63).pdf).
- IMO, Guidelines for the Development of a Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP), 2016, 2016, ([https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCDocuments/MEPC.282\(70\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCDocuments/MEPC.282(70).pdf).)
- IMO, Guidelines for Voluntary Use of the Ship Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI), 2009. (<https://gm.imo.org/wp-content/uploads/2017/05/Circ-684-EEOI-Guidelines.pdf>.)
- IMO, Guidelines on operational carbon intensity indicators and the calculation methods, CII guidelines, G1), RESOLUTION MEPC, Annex 352 (78) (2022) 1–5, 14, ([https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCDocuments/MEPC.352\(78\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCDocuments/MEPC.352(78).pdf).)

- IMO, Guidelines on Survey and, Certification of the Attained Energy Efficiency Existing SHIP Index (EEXI)2022, Resolution MEPC.351, Annex 13 (78) (2022) 1–14. [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCDocuments/MEPC.351\(78\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MEPCDocuments/MEPC.351(78).pdf).
- IMO, IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships, RESOLUTION MEPC, Annex 377 (80) (2023) 1–17, 1, ([https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/MediaCentre/PressBriefings/Documents/Resolution%20MEPC.377\(80\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/MediaCentre/PressBriefings/Documents/Resolution%20MEPC.377(80).pdf).)
- İncedayı, D. (2004). Çevresel Duyarlılık Bağlamında Davranış Biçimi Olarak Sürdürülebilirlik. Mimarlar Odası Yayınları, *Mimarlık Dergisi*, 318, 39-43.
- Kalawi, D. (2021). İstanbul Gelişim Üniversitesinde Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Kullanarak Sürdürülebilir Kampüs Modeli Tasarımı. İstanbul Gelişim Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Karakaya, E. (2016). Paris iklim anlaşması: içeriği ve Türkiye üzerine bir değerlendirme. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3(1), 1-12.
- Karan, H., & Karan, G. (2003). Deniz Ticareti Mevzuatı, Ankara: *Ankara Üniversitesi Yayınları*.
- Kaya, N. (2015). Hidrojen kullanan turbofanlı bir insansız hava aracının ekserjetik sürdürülebilirlik analizi. Anadolu Üniversitesi, Doktora Tezi, Eskişehir.
- Kayhan, A. (2013). Birleşmiş milletler çevre programı üzerine bir inceleme. *Milletlerarası Hukuk ve Milletlerarası Özel Hukuk Bülteni*, 33(1), 61-90.
- Kımillı, Z.M. (2006). Depreme Duyarlı Bölgelerde Sürdürülebilir Mimari Tasarım; Isparta/Mavikent Örneği. Süleyman Demirel Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- Kisbenedek, E., & Andersson, N. (2018). Review on Recent Advances for Marine Turbocharger Technologies.
- Knežević, V., Orović, J., Stazić, L., & Čulin, J. (2020). Fault tree analysis and failure diagnosis of marine diesel engine turbocharger system. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(12), 1004.
- Korçak, M., & Dal, A. R. Denizyolu taşımacılığında düşük kükürtlü yakıt uygulamasının stratejik önemi ve Türkiye'ye yansması için akademik araştırmalar-I, 265.
- Kuran, F. (2020). Moda markalarında sürdürülebilirlik.
- Li, K., & Li, X. (2023). Analysis on the Development of LNG Clean Energy Technology for Inland Ships in China. In E3S Web of Conferences, *EDP Sciences*, 393, p. 02001.

- Mammadov, N. (2021). Uluslararası Petrol Krizlerinde Petrokimya Sektörü İşletmelerinin Maliyetleri ve Denetlenebilirliği: Azerbaycan Petrokimya Sektöründe Bir Uygulama. Bursa Uludağ Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Bursa.
- Martínez-Vázquez, R. M., Milán-García, J., & de Pablo Valenciano, J. (2021). Challenges of the Blue Economy: evidence and research trends. *Environmental Sciences Europe*, 33(1), 61.
- Meadows, D. H., & Meadows, D. (1972). Limits to growth, Report to the Club of Rome, New York: Universe Books, Mileti, Dennis S. (1999) Disasters by Design: A Reassessment of Natural Hazards in the United States, Joseph
- Mızık, E. T., & Yiğit Avdan, Z. (2020). Sürdürülebilirliğin temel taşı: ekolojik ayak izi.
- Millet, Y., Fidan, Y., & Akoğlu, N. (2021). Ticari Gemilerden Kaynaklanan Karbon Emisyonları Üzerine Bir Araştırma.
- Mohanty S. K., Dush, P., & Gupta, A. (2019). Blue Economy Enhancing Growth and Sustainability, Research and Information System for Developing Countries. Blue Economy Forum. Retrieved from <http://ris.org.in/blueeconomy-enhancing-growth-and-sustainability>
- Mueller L., Jakobi G., Czech H., Stengel B., Orasche J., Arteaga-Salas J.M., Karg E., Elsasser M., Sippula O., Streibel T., Slowik J.G., Prevot A.S.H, Jokiniemi J., Rabe R., Harndorf H., Michalke B., Schnelle- Kreis J., & Zimmermann R. (2015). Characteristics and temporal evolution of particulate emissions from a ship diesel engine *Appl.energy*, 155, pp.204-217.
- Murphy, S., (2006). Principles of International Law, Thomson-West, United States, 2006. s. 377.).
- Naimoğlu, M. (2022). The impact of economic growth, trade openness and technological progress on renewable energy use in Turkey: Fourier eg cointegration approach. *Ege Akademik Bakış*, 22(3), 309-322.
- Ng, M. (2015). Container vessel fleet deployment for liner shipping with stochastic dependencies in shipping demand. *Transportation Research Part B: Methodological*, 74, 79-87.
- Nikitakos, N., Dalaklis, D., & Siousiouras, P. (2018). Real Time Awareness for MRV Data 53–63, (https://doi.org/10.1007/978-3-319-74576-3_5.)
- NMTIF, (2015). (Norwegian Ministry of Trade, Industry and Fisheries, 2015).
- Oğuz, Y. A. (2024). Denizyolu Taşımacılığının Küresel Tedarik Zincirlerindeki Önemi. *TAM Akademi Dergisi*, 3(1), 86-103.
- Özalemdar, L. (2021). Biyoloji eğitimi ve ekonomi. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 39, 67-90.

- Pamuk, R., & Kuruoğlu, M. (2016). İnşaat sektöründe sürdürülebilirlik ve bina inşaatlarında evrensel uygulama örnekleri. *Beykent Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(1).
- Paul B.D., (2008), A history of the concept of sustainable development: literature review, *The Annals of The University of Oradea*, 17(2), 581.
- Sayar, Z., Gültekin, A.B., & Dikmen, Ç.B., (2009). Sürdürülebilir Mimarlık Kapsamında Ahşap ve PVC Doğramaların Değerlendirilmesi, 5. Uluslararası İleri Teknoloji Sempozyumu (İATS'09), 13-15 Mayıs, Karabük, 2067-2072.
- Sayın, H., & Duman, H. (2019). Türk ticaret kanunu kapsamında taşınma eşyası taşıma sözleşmesi ve bu sözleşmeden doğan sorumluluk, Anadolu Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.
- Shekhawat, D., Spivey, J. J., & Berry, D. A. (2011). Fuel cells: technologies for fuel processing. *Amsterdam: Elsevier*.
- Smith, T.W.P., Jalkanen, J.P., Anderson, B.A., Corbett, J.J., Faber, J., & S. Hanayama, Third IMO GHG Study 2014: Executive Summary and Final Report, 2015, p. 327.
- Sun, Z., & Zheng, J. (2016). Finding potential hub locations for liner shipping. *Transportation Research Part B: Methodological*, 93, 750-761.
- Şenol, S. (2020). Gemi kökenli emisyonlara dayalı alternatif sevk sistemleri. *GİDB Dergi*, 18. ([https://en.wikipedia.org/wiki/Berth_\(moorings\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Berth_(moorings)))
- Taymaz, İ., & Benli, M. (2009). Metanolün taşıtlarda enerji kaynağı olarak farklı kullanım yöntemlerinin incelenmesi. *Engineer & the Machinery Magazine*, (596).
- Temur, H., (2011). Edirne Geleneksel Konut Mimarisinin Sürdürülebilirlik Bağlamında Enerji Verimliliği ve Değerlendirilmesi. Isıl Analiz Açısından, Trakya Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Edirne.
- Tran, T. A. (2020). The novelty numerical simulation method for reducing the fuel oil consumption and the greenhouse gas emission in shipping transportation industry. *Cogent Environmental Science*, 6(1), 1809072.
- Tufan, M. Z., & Özel, C. (2012). Sürdürülebilirlik kavramı ve yapı malzemeleri için sürdürülebilirlik kriterleri. *Uluslararası Sürdürülebilir Mühendislik ve Teknoloji Dergisi*, 2(1), 6-13.
- Umemura, C., Ogawa, K., Murahashi, T., & Yamada, Y. (2012, November). Development of Commercial Hybrid Vehicle Automatic Transmission System. In Proceedings of the FISITA 2012 World Automotive Congress: Volume 3: Future Automotive Powertrains (I), *Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg*, (417-425).
- United Nations (2019). Blue Economy Concept Paper. Retrieved from <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/2978BEconcept.pdf>

- United Nations (2019). Blue Economy Concept Paper. Retrieved from <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/2978BEconcept.pdf>
- URL-1. (2024, Nisan 25). (<https://dilekasan.com/kurumsal-surdurulebilirlik-nedir/>) adresinden alındı.
- URL- 2. (2024, Eylül 12). <https://sdgs.un.org/2030agenda> adresinden alındı.
- URL- 3. (2023, Kasım 8). <https://kadinbalikcilardernegi.org/mavi-ekonomi/> adresinden alındı.
- URL- 4. (2024, Eylül 13). (<https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Cutting-GHG-emissions.aspx>) adresinden alındı.
- URL- 5. (2023, Aralık 23). <https://sdgs.un.org/topics/atmosphere> adresinden alındı.
- URL- 6. (2024, Eylül 12). <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/2023-IMO-Strategy-on-Reduction-of-GHG-Emissions-from-Ships.aspx> adresinden alındı.
- URL- 7. (2024, Eylül 12). (<https://www.imo.org/en/mediacentre/hottopics/pages/cutting-ghg-emissions.aspx>) adresinden alındı.
- URL- 8. (2024, Eylül 11). <https://www.ukpandi.com/news-and-resources/articles/2022/imo-tier-iii-nitrogen-oxide-nox-emission-compliance/> adresinden alındı.
- URL- 9. (2024, Eylül 13). [https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Nitrogen-oxides-\(NOx\)-%E2%80%93Regulation-13.aspx](https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Nitrogen-oxides-(NOx)-%E2%80%93Regulation-13.aspx) adresinden alındı.
- URL- 10. (2024, Mart 9). <https://www.mfa.gov.tr/birlesmis-milletler-cevre-programi.tr.mfa> adresinden alındı.
- URL- 11. (2024, Nisan 26). <https://co2notr.com/surdurulebilir-yakitlar/#:~:text=S%C3%BCrd%C3%BCr%C3%BClebilir%20yak%C4%B1tlar%2C%20yenilenebilir%20veya%20d%C3%BCC%5%9F%C3%BCk,%C3%A7e%C5%9Fitli%20s%C3%BCrd%C3%BCr%C3%BClebilir%20yak%C4%B1t%20t%C3%BCrleri%20vard%C4%B1r> adresinden alındı.
- URL 12. (2023, Mayıs 9). chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://arastirma.tarimorman.gov.tr/ktae/Belgeler/BiyoyakitSempozyumu_kitabi.pdf adresinden alındı.
- URL- 13. (2024, Temmuz 17). chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://iklim.gov.tr> adresinden alındı.
- Usta,G., & Sarı, A. (2021). Denizyolu ticareti, ekonomik büyüme ve dış ticaret haddi arasındaki ilişkinin incelenmesi: türkiye için ardl yaklaşımı. Nazilli İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 2(1), 31-44.

- UTIKAD, (2013). Uluslararası Taşımacılık ve Lojistik Hizmet Üretenleri Derneği. Deniz ticaretinin ekonomideki yeri.
- Uyanık, T. (2022). Veriye dayalı yöntemler yardımı ile kimyasal tankerde yakıt tüketimi tahmini. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 14(2), 190-205.
- Veldhuis, I. J. S., Richardson, R. N., & Stone, H. B. J. (2007). Hydrogen fuel in a marine environment. *International Journal of Hydrogen Energy*, 32(13), 2553-2566.
- Winnes H., & Fridelle E. (2010). Emissions of NO and particles from manoeuvring ships, *Transp. Res. D*, 15, pp. 204-211.
- Yalçın, E. (2021). Dünyanın Sınırlarında Yeni Bir Gerçek: Sürdürülebilirlik.
- Yalçıntaş, D., Gülmez, M., & Özeltürkay, E. Y. (2021). Türkiye’de Sürdürülebilirlik Konusunda Yazılan Lisansüstü Tezlerin İçerik Analizi ile İncelenmesi. *Pazarlama İçgörüsü Üzerine Çalışmalar*, 5(2), 50-58.
- Yapıcı, M. (2009). Gemilerde uygun olmayan yakıt ve yetersiz silindir yağlama yağının ağır devirli gemi dizel motorlarına etkileri üzerine bir çalışma. *Journal of ETA Maritime Science*.
- Yavuz, V. A. (2010). Sürdürülebilirlik kavramı ve işletmeler açısından sürdürülebilir üretim stratejileri/concept of sustainability and sustainable production strategies for business practices. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(14), 63-86.
- Yılmaz, Ö. T. (2021). Türkiye’de sürdürülebilir mavi ekonomi için balıkçılık desteklerinin değerlendirilmesi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(3), 906-923.
- Yılmaz, V. (2018). Sürdürülebilir kalkınma ve yeşil büyüme arasındaki ilişki. *Journal of International Management, Educational and Economics Perspectives*, 6(2), 79-89.
- Yüksel, F. (2024). Sürdürülebilirlik İlkeleri Uyum Raporu ve Raporlamayı Etkileyen Faktörler: BİST İmalat Sektöründe Bir İnceleme. *Hitit Sosyal Bilimler Dergisi*, 17(Sp. Issue), 24-41.

6. EKLER

EK-1: Etik Kurul Raporu



HİZMETE ÖZEL
T.C.
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Hukuk Müşavirliği



Sayı : E-82554930-050.01.04-449251 **300 / 2591**
Konu : Doç. Dr. Sercan EROL'un Etik Kurul
Kararı

28.11.2023

Sn. Doç. Dr. Sercan EROL

İlgi : 27.11.2023 tarihli ve E-26014373-050.01.04-448704 sayılı yazı.

KTÜ-Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi öğretim üyelerinden Doç. Dr. Sercan EROL'un "**Yakıt Tüketimini Azaltmaya Yönelik Stratejik Karar Verme Yaklaşımı (Gemilerde Yakıt Tüketimini Etkileyen Faktörler ve Bu Faktörlerin Değerlendirilmesi)**" adlı proje kapsamında anket çalışması için gerekli olan Etik Kurul incelemesi yapılmış ve başvurunuz onay verilmiştir. Bilgilerinize ve gereğini rica ederim.

Prof. Dr. Akif CİNEL
Rektör Yardımcısı

Ek: Doç. Dr. Sercan EROL'un Etik Kurul Kararı

Bu belge güvenli elektronik imlele onaylanmıştır.
Doğrulama Kod: 106D4D0D-9222-4A75-89AE-9C29C38749F4 Doğrulama Adres: <https://www.turkiye.gov.tr/karadeniz-teknik-universitesi-ebys>

61080 – Trabzon /
TÜRKİYE
Tel: 04623772107

Faks: 04623774399

www.ktu.edu.tr

Ayrıntılı Bilgi İçin İrtibat
Belgin ŞEN
hukukmusavirligi@ktu.edu.tr

Sayfa
1 / 1



EK-2: Araştırmada Kullanılan Anket

Anket Formu

Denizyolu taşımacılığında en önemli gider kalemlerinden biri yakıt maliyetleridir. Yakıt maliyetleri yakıtın fiyatı, türü ve tüketime bağlı olarak değişmektedir. Bir geminin yakıt tüketimi çeşitli kriterlere bağlıdır. Bunlardan bazıları; geminin hızı, personelin tecrübesi, bakım tutum, makine türü, sefer bölgesi, yükleme durumu şeklinde sıralanabilir. Bu araştırma kapsamında, yakıt tüketimini etkileyen faktörlerin sıralanması amaçlanmaktadır. Yakıt tüketimini etkileyen kriterlerin tamamı anket sorularında mevcuttur. Çalışmada katılımcıların görüşlerini değerlendirmeye yönelik sayısal bir yöntem kullanılacağından, aşağıda verilen anketin açıklamalara göre doldurulması araştırma sonuçlarının verimi için oldukça önemlidir. Araştırmadaki katılımcıların kimlik bilgileri kesinlikle açıklanmayacaktır. Bu çalışmaya katkılarınız için şimdiden teşekkür ederiz.

Bu anketle ilgili bilgi almak ve görüş iletmek isterseniz aşağıdaki mail adresleriyle irtibata geçiniz.

Tez Danışmanı

Sercan EROL

sercerol@ktu.edu.tr

Karadeniz Teknik Üniversitesi

Tezi Hazırlayan

Dilek BALAMAN

dilekgedik@ktu.edu.tr

Karadeniz Teknik Üniversitesi

Ek 2: (Devamı)

Araştırmada Kullanılan Anket

Bölüm 1: Demografik Özellikler

1.	Cinsiyetiniz	• Kadın • Erkek
2.	Yaşınız	• 18-32 • 33-47 • 48 ve üzeri
3.	Eğitim Düzeyiniz	• Önlisans- Lisans • Yüksek Lisans- Doktora
4.	Sektörde YIL Olarak Tecrübeniz	• 0-6 • 6-12 • 12 ve üstü
5.	Meslekte Çalıştığınız Pozisyon	• Uzakyol Kaptanı • Uzakyol Baş Mühendisi • Uzakyol 1. Zabit • Uzakyol 1. Mühendis • Uzakyol Vardiya Zabiti • Uzakyol Vardiya Mühendisi • Gemi İnşa Mühendisi • Akademisyen • Makine Enspektörü • Güverte Enspektörü • Diğer:

Ek 2: (Devamı)

Bölüm 2: Anket soruları

Not: Anket sorularını aşağıdaki açıklamayı göz önünde bulundurarak cevaplayınız.

*Üstte yazan kriter için önem sırası;

Mutlak derece önemli> Çok daha önemli> Orta derece önemli> Biraz daha önemli

Altta yazan kriter için önem sırası;

Mutlak derece önemli> Çok daha önemli> Orta derece önemli> Biraz daha önemli

*Her iki kriterin eşit derecede olduğunu düşünüyorsanız o seçenek ortada bulunmaktadır.

1. Teknik özellikler ve uygulama

1. Atık ısıdan geri kazanım—Liman elektriği kullanımı
2. Atık ısıdan geri kazanım—Hafif Yapılı Gemilerin İnşası
3. Atık ısıdan geri kazanım—Gemi Ana Boyutlarının Optimizasyonu
4. Atık ısıdan geri kazanım—Tekne Altını Hava Kabarcığı ile Yağlama Tekniği
5. Atık ısıdan geri kazanım—Gemi Kıç Tarafı Tasarımı
6. Atık ısıdan geri kazanım—Otomatik açılıp kapanabilen yelken kullanımı
7. Atık ısıdan geri kazanım—Yaşam mahallinin elips şeklinde ve alçak dizayn edilmesi
8. Liman elektriği kullanımı—Hafif yapıli gemilerin inşası
9. Liman elektriği kullanımı—Gemi ana boyutlarının optimizasyonu
10. Liman elektriği kullanımı—Tekne Altını Hava Kabarcığı ile Yağlama Tekniği
11. Liman elektriği kullanımı—Gemi Kıç Tarafı Tasarımı
12. Liman elektriği kullanımı—Otomatik açılıp kapanabilen yelken kullanımı
13. Liman elektriği kullanımı—Yaşam mahallinin elips şeklinde ve alçak dizayn edilmesi
14. Hafif Yapılı Gemilerin İnşası—Gemi Ana Boyutlarının Optimizasyonu
15. Hafif Yapılı Gemilerin İnşası—Tekne Altını Hava Kabarcığı ile Yağlama Tekniği
16. Hafif Yapılı Gemilerin İnşası—Gemi Kıç Tarafı Tasarımı
17. Hafif Yapılı Gemilerin İnşası—Otomatik açılıp kapanabilen yelken kullanımı
18. Hafif Yapılı Gemilerin İnşası—Yaşam mahallinin elips şeklinde ve alçak dizayn edilmesi
19. Gemi Ana Boyutlarının Optimizasyonu—Tekne Altını Hava Kabarcığı ile Yağlama Tekniği
20. Gemi Ana Boyutlarının Optimizasyonu—Gemi Kıç Tarafı Tasarımı
21. Gemi Ana Boyutlarının Optimizasyonu—Otomatik açılıp kapanabilen yelken kullanımı

Ek 1: (Devamı)

22. Gemi Ana Boyutlarının Optimizasyonu—Yaşam mahallinin elips şeklinde ve alçak dizayn edilmesi
23. Tekne Altını Hava Kabarcığı ile Yağlama Tekniği—Gemi kıç tarafı tasarımı
24. Tekne Altını Hava Kabarcığı ile Yağlama Tekniği—Otomatik açılıp kapanabilen yelken kullanımı
25. Tekne Altını Hava Kabarcığı ile Yağlama Tekniği—Yaşam mahallinin elips şeklinde ve alçak dizayn edilmesi
26. Gemi Kıç Tarafı Tasarımı—Otomatik açılıp kapanabilen yelken kullanımı
27. Gemi Kıç Tarafı Tasarımı—Yaşam mahallinin elips şeklinde ve alçak dizayn edilmesi
28. Otomatik açılıp kapanabilen yelken kullanımı—Yaşam mahallinin elips şeklinde ve alçak dizayn edilmesi

2. Makine operasyon uygulamaları

1. Ana makine türü (dizel, turboşarj...) —Yakıt türü (alternatif yakıtlar)
2. Ana makine türü (dizel, turboşarj...) —Makine bakım tutumu, doğru ve yedek parça kullanımı
3. Ana makine türü (dizel, turboşarj...) —Yakıt ve Katkı Maddelerinin kullanımı
4. Ana makine türü (dizel, turboşarj...) —Makine Operasyonlarında Yük Optimizasyonu
5. Ana makine türü (dizel, turboşarj...) —Makine ve egzoz gazı çalışma sıcaklık ortalamaları
6. Ana makine türü (dizel, turboşarj...) —Skavenç hava sıcaklığı ve miktarı
7. Ana makine türü (dizel, turboşarj...) —Yakıtın doğru seçimi ve depolanması (stabilite ve kompabilite sorunları) yakıtın içeriğindeki aşındırıcı partiküllerin miktarı ve etkisi
8. Ana makine türü (dizel, turboşarj...) —Yakıtın makineye gelene kadar hazırlanması (ısı değeri ve doğru sıcaklık ve sepete edilmesi)
9. Ana makine türü (dizel, turboşarj...) —Makine bakımlarında planlı önleyici ve kestirimci bakım yöntemlerinin kullanılması
10. Ana makine türü (dizel, turboşarj...) —Makine ateşleme zamanlamasının hassasiyeti
11. Yakıt türü (alternatif yakıtlar) —Makine bakım tutumu, doğru ve yedek parça kullanımı
12. Yakıt türü (alternatif yakıtlar) —Yakıt ve Katkı Maddelerinin kullanımı
13. Yakıt türü (alternatif yakıtlar) —Makine Operasyonlarında Yük Optimizasyonu
14. Yakıt türü (alternatif yakıtlar) —Makine ve egzoz gazı çalışma sıcaklık ortalamaları
15. Yakıt türü (alternatif yakıtlar) —Skavenç hava sıcaklığı ve miktarı
16. Yakıt türü (alternatif yakıtlar) —Yakıtın doğru seçimi ve depolanması (stabilite ve kompabilite sorunları) yakıtın içeriğindeki aşındırıcı partiküllerin miktarı ve etkisi
17. Yakıt türü (alternatif yakıtlar) —Yakıtın makineye gelene kadar hazırlanması (ısı değeri ve doğru sıcaklık ve sepete edilmesi)
18. Yakıt türü (alternatif yakıtlar) —Makine bakımlarında planlı önleyici ve kestirimci bakım yöntemlerinin kullanılması
19. Yakıt türü (alternatif yakıtlar) —Makine ateşleme zamanlamasının hassasiyeti

Ek 1: (Devamı)

20. Makine bakım tutumu, doğru ve yedek parça kullanımı—Yakıt ve Katkı Maddelerinin kullanımı
21. Makine bakım tutumu, doğru ve yedek parça kullanımı—Makine Operasyonlarında Yük Optimizasyonu
22. Makine bakım tutumu, doğru ve yedek parça kullanımı—Makine ve egzoz gazı çalışma sıcaklık ortalamaları
23. Makine bakım tutumu, doğru ve yedek parça kullanımı—Skavenç hava sıcaklığı ve miktarı
24. Makine bakım tutumu, doğru ve yedek parça kullanımı—Yakıtın doğru seçimi ve depolanması (stabilite ve kompabilite sorunları) yakıtın içeriğindeki aşındırıcı partiküllerin miktarı ve etkisi
25. Makine bakım tutumu, doğru ve yedek parça kullanımı—Yakıtın makineye gelene kadar hazırlanması (ısıl değeri ve doğru sıcaklık ve sepete edilmesi)
26. Makine bakım tutumu, doğru ve yedek parça kullanımı—Makine bakımlarında planlı önleyici ve kestirimci bakım yöntemlerinin kullanılması
27. Makine bakım tutumu, doğru ve yedek parça kullanımı—Makine ateşleme zamanlamasının hassasiyeti
28. Yakıt ve Katkı Maddelerinin kullanımı—Makine Operasyonlarında Yük Optimizasyonu
29. Yakıt ve Katkı Maddelerinin kullanımı—Makine ve egzoz gazı çalışma sıcaklık ortalamaları
30. Yakıt ve Katkı Maddelerinin kullanımı—Skavenç hava sıcaklığı ve miktarı
31. Yakıt ve Katkı Maddelerinin kullanımı—Yakıtın doğru seçimi ve depolanması (stabilite ve kompabilite sorunları) yakıtın içeriğindeki aşındırıcı partiküllerin miktarı ve etkisi
32. Yakıt ve Katkı Maddelerinin kullanımı—Yakıtın makineye gelene kadar hazırlanması (ısıl değeri ve doğru sıcaklık ve sepete edilmesi)
33. Yakıt ve Katkı Maddelerinin kullanımı—Makine bakımlarında planlı önleyici ve kestirimci bakım yöntemlerinin kullanılması
34. Yakıt ve Katkı Maddelerinin kullanımı—Makine ateşleme zamanlamasının hassasiyeti
35. Makine Operasyonlarında Yük Optimizasyonu—Makine ve egzoz gazı çalışma sıcaklık ortalamaları
36. Makine Operasyonlarında Yük Optimizasyonu—Skavenç hava sıcaklığı ve miktarı
37. Makine Operasyonlarında Yük Optimizasyonu—Yakıtın doğru seçimi ve depolanması (stabilite ve kompabilite sorunları) yakıtın içeriğindeki aşındırıcı partiküllerin miktarı ve etkisi
38. Makine Operasyonlarında Yük Optimizasyonu—Yakıtın makineye gelene kadar hazırlanması (ısıl değeri ve doğru sıcaklık ve sepete edilmesi)
39. Makine Operasyonlarında Yük Optimizasyonu—Makine bakımlarında planlı önleyici ve kestirimci bakım yöntemlerinin kullanılması
40. Makine Operasyonlarında Yük Optimizasyonu—Makine ateşleme zamanlamasının hassasiyeti
41. Makine ve egzoz gazı çalışma sıcaklık ortalamaları—Skavenç hava sıcaklığı ve miktarı

Ek 1: (Devamı)

42. Makine ve egzoz gazı çalışma sıcaklık ortalamaları—Yakıtın doğru seçimi ve depolanması (stabilite ve kompabilite sorunları) yakıtın içeriğindeki aşındırıcı partiküllerin miktarı ve etkisi
43. Makine ve egzoz gazı çalışma sıcaklık ortalamaları—Yakıtın makineye gelene kadar hazırlanması (ısıl değeri ve doğru sıcaklık ve sepete edilmesi)
44. Makine ve egzoz gazı çalışma sıcaklık ortalamaları—Makine bakımlarında planlı önleyici ve kestirimci bakım yöntemlerinin kullanılması
45. Makine ve egzoz gazı çalışma sıcaklık ortalamaları—Makine ateşleme zamanlamasının hassasiyeti
46. Skavenç hava sıcaklığı ve miktarı—Yakıtın doğru seçimi ve depolanması (stabilite ve kompabilite sorunları) yakıtın içeriğindeki aşındırıcı partiküllerin miktarı ve etkisi
47. Skavenç hava sıcaklığı ve miktarı—Yakıtın makineye gelene kadar hazırlanması (ısıl değeri ve doğru sıcaklık ve sepete edilmesi)
48. Skavenç hava sıcaklığı ve miktarı—Makine bakımlarında planlı önleyici ve kestirimci bakım yöntemlerinin kullanılması
49. Skavenç hava sıcaklığı ve miktarı—Makine ateşleme zamanlamasının hassasiyeti
50. Yakıtın doğru seçimi ve depolanması (stabilite ve kompabilite sorunları) yakıtın içeriğindeki aşındırıcı partiküllerin miktarı ve etkisi—Yakıtın makineye gelene kadar hazırlanması (ısıl değeri ve doğru sıcaklık ve sepete edilmesi)
51. Yakıtın doğru seçimi ve depolanması (stabilite ve kompabilite sorunları) yakıtın içeriğindeki aşındırıcı partiküllerin miktarı ve etkisi—Makine bakımlarında planlı önleyici ve kestirimci bakım yöntemlerinin kullanılması
52. Yakıtın doğru seçimi ve depolanması (stabilite ve kompabilite sorunları) yakıtın içeriğindeki aşındırıcı partiküllerin miktarı ve etkisi—Makine ateşleme zamanlamasının hassasiyeti
53. Yakıtın makineye gelene kadar hazırlanması (ısıl değeri ve doğru sıcaklık ve sepere edilmesi) —Makine bakımlarında planlı önleyici ve kestirimci bakım yöntemlerinin kullanılması
54. Yakıtın makineye gelene kadar hazırlanması (ısıl değeri ve doğru sıcaklık ve sepere edilmesi) —Makine ateşleme zamanlamasının hassasiyeti
55. Makine bakımlarında planlı önleyici ve kestirimci bakım yöntemlerinin kullanılması—Makine ateşleme zamanlamasının hassasiyeti

3. Gemi gövde formu (teknenin kondisyonu)

1. Teknenin formu/tasarımı /dizaynı/katsayıları—Teknenin titreşimi
2. Teknenin formu/tasarımı /dizaynı/katsayıları—Pürüzlülük ve hasar (borda dahil)
3. Teknenin formu/tasarımı /dizaynı/katsayıları—Tekne yüzey kaplama uygulamaları
4. Teknenin formu/tasarımı /dizaynı/katsayıları—Çift dümen gibi slip değerinin (geminin aynı rotadan saparak seyir yapması) azaltılması
5. Teknenin formu/tasarımı /dizaynı/katsayıları—Geminin en boy oranının yüksekliği optimizasyonu
6. Teknenin titreşimi—Pürüzlülük ve hasar (borda dahil)
7. Teknenin titreşimi—Tekne yüzey kaplama uygulamaları

Ek 1: (Devamı)

8. Teknenin titreşimi—Çift dümen gibi slip değerinin (geminin aynı rotadan saparak seyir yapması) azaltılması
9. Teknenin titreşimi—Geminin en boy oranının yüksekliği optimizasyonu
10. Pürüzlülük ve hasar (borda dahil) — Tekne yüzey kaplama uygulamaları
11. Pürüzlülük ve hasar (borda dahil) — Çift dümen gibi slip değerinin (geminin aynı rotadan saparak seyir yapması) azaltılması
12. Pürüzlülük ve hasar (borda dahil) — Geminin en boy oranının yüksekliği optimizasyonu
13. Tekne yüzey kaplama uygulamaları—Çift dümen gibi slip değerinin (geminin aynı rotadan saparak seyir yapması) azaltılması
14. Tekne yüzey kaplama uygulamaları—Geminin en boy oranının yüksekliği optimizasyonu
15. Çift dümen gibi slip değerinin (geminin aynı rotadan saparak seyir yapması) azaltılması—Geminin en boy oranının yüksekliği optimizasyonu

4. Bakım tutum ve regülasyonlar

1. Karina temizliği/kirlenme—Luboil yağ değişim periyotları
2. Karina temizliği/kirlenme—Enerji Verimliliği ve Emisyon Regülasyonlarına uyum
3. Karina temizliği/kirlenme—Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi
4. Karina temizliği/kirlenme—Gemi havuzlama periyotları
5. Karina temizliği/kirlenme— Dizel jeneratör yönetimi & Şaft jeneratörü
6. Karina temizliği/kirlenme—Gemilerde Güç Yönetimi Uygulamaları
7. Luboil yağ değişim periyotları—Enerji Verimliliği ve Emisyon Regülasyonlarına uyum
8. Luboil yağ değişim periyotları—Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi
9. Luboil yağ değişim periyotları—Gemi havuzlama periyotları
10. Luboil yağ değişim periyotları— Dizel jeneratör yönetimi & Şaft jeneratörü
11. Luboil yağ değişim periyotları—Gemilerde Güç Yönetimi Uygulamaları
12. Enerji Verimliliği ve Emisyon Regülasyonlarına uyum—Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi
13. Enerji Verimliliği ve Emisyon Regülasyonlarına uyum—Gemi havuzlama periyotları
14. Enerji Verimliliği ve Emisyon Regülasyonlarına uyum— Dizel jeneratör yönetimi & Şaft jeneratörü
15. Enerji Verimliliği ve Emisyon Regülasyonlarına uyum—Gemilerde Güç Yönetimi Uygulamaları
16. Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi—Gemi havuzlama periyotları
17. Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi— Dizel jeneratör yönetimi & Şaft jeneratörü
18. Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi—Gemilerde Güç Yönetimi Uygulamaları
19. Gemi havuzlama periyotları— Dizel jeneratör yönetimi & Şaft jeneratörü
20. Gemi havuzlama periyotları—Gemilerde Güç Yönetimi Uygulamaları
21. Dizel jeneratör yönetimi & Şaft jeneratörü—Gemilerde Güç Yönetimi Uygulamaları

Ek 1: (Devamı)

5. Stabilite

1. Draft—Yük durumu
2. Draft—Balast durumu
3. Draft—Uygun Gemi Trimi (Trim-draft optimizasyonu)
4. Draft—Squat etkisi
5. Draft—Bank etkisi
6. Yük durumu—Balast durumu
7. Yük durumu—Uygun Gemi Trimi (Trim-draft optimizasyonu)
8. Yük durumu—Squat etkisi
9. Yük durumu—Bank etkisi
10. Balast durumu—Uygun Gemi Trimi (Trim-draft optimizasyonu)
11. Balast durumu — Squat etkisi
12. Balast durumu—Bank etkisi
13. Uygun Gemi Trimi (Trim-draft optimizasyonu) — Squat etkisi
14. Uygun Gemi Trimi (Trim-draft optimizasyonu) — Bank etkisi
15. Squat etkisi—Bank etkisi

6. Çevresel etkiler ve sefer durumu

1. Hava durumu (Sıcaklık/Bağıl Nem vb.) — Denizin durumu
2. Hava durumu (Sıcaklık/Bağıl Nem vb.) — Derinlik (sığ su etkisi gibi)
3. Hava durumu (Sıcaklık/Bağıl Nem vb.) — Akıntı
4. Hava durumu (Sıcaklık/Bağıl Nem vb.) — Rüzgâr
5. Hava durumu (Sıcaklık/Bağıl Nem vb.) — Seyir türü ve süreleri (Kanal, boğaz geçişleri, buzlu su, demir, laid-up vb.)
6. Hava durumu (Sıcaklık/Bağıl Nem vb.) — Gemi manevra sıklığı ve süreleri
7. Denizin durumu—Derinlik (sığ su etkisi gibi)
8. Denizin durumu—Akıntı
9. Denizin durumu—Rüzgâr
10. Denizin durumu—Seyir türü ve süreleri (Kanal, boğaz geçişleri, buzlu su, demir, laid-up vb.)
11. Denizin durumu—Gemi manevra sıklığı ve süreleri
12. Derinlik (sığ su etkisi gibi) — Akıntı
13. Derinlik (sığ su etkisi gibi) — Rüzgâr
14. Derinlik (sığ su etkisi gibi) — Seyir türü ve süreleri (Kanal, boğaz geçişleri, buzlu su, demir, laid-up vb.)
15. Derinlik (sığ su etkisi gibi) — Gemi manevra sıklığı ve süreleri
16. Akıntı—Rüzgâr
17. Akıntı—Seyir türü ve süreleri (Kanal, boğaz geçişleri, buzlu su, demir, laid-up vb.)
18. Akıntı—Gemi manevra sıklığı ve süreleri
19. Rüzgâr—Seyir türü ve süreleri (Kanal, boğaz geçişleri, buzlu su, demir, laid-up vb.)

Ek 1: (Devamı)

20. Rüzgâr—Gemi manevra sıklığı ve süreleri
21. Seyir türü ve süreleri (Kanal, boğaz geçişleri, buzlu su, demir, laid-up vb.) —Gemi manevra sıklığı ve süreleri

7. Gemi kullanımı, personel etkisi

1. Liman periyodu—Deniz şartlarına göre uygun hız
2. Liman periyodu—Oto pilotun etkin kullanımı
3. Liman periyodu—Uygun rota
4. Liman periyodu—Personel tecrübesi
5. Liman periyodu—Taşınan Yük (Stif, tender yükler vb.)
6. Liman periyodu—Deniz ve hava durumuna göre Seyir Planlama
7. Liman periyodu—Gemi yükleme durumu (Alternatif yükleme-blok yükleme, ambar üstü vb.)
8. Liman periyodu—Manevra tecrübesi ve deneyimi
9. Deniz şartlarına göre uygun hız—Oto pilotun etkin kullanımı
10. Deniz şartlarına göre uygun hız—Uygun rota
11. Deniz şartlarına göre uygun hız—Personel tecrübesi
12. Deniz şartlarına göre uygun hız—Taşınan Yük (Stif, tender yükler vb.)
13. Deniz şartlarına göre uygun hız—Deniz ve hava durumuna göre Seyir Planlama
14. Deniz şartlarına göre uygun hız—Gemi yükleme durumu (Alternatif yükleme-blok yükleme, ambar üstü vb.)
15. Deniz şartlarına göre uygun hız—Manevra tecrübesi ve deneyimi
16. Oto pilotun etkin kullanımı—Uygun rota
17. Oto pilotun etkin kullanımı—Personel tecrübesi
18. Oto pilotun etkin kullanımı—Taşınan Yük (Stif, tender yükler vb.)
19. Oto pilotun etkin kullanımı—Deniz ve hava durumuna göre Seyir Planlama
20. Oto pilotun etkin kullanımı—Gemi yükleme durumu (Alternatif yükleme-blok yükleme, ambar üstü vb.)
21. Oto pilotun etkin kullanımı—Manevra tecrübesi ve deneyimi
22. Uygun rota—Personel tecrübesi
23. Uygun rota—Taşınan Yük (Stif, tender yükler vb.)
24. Uygun rota—Deniz ve hava durumuna göre Seyir Planlama
25. Uygun rota —Gemi yükleme durumu (Alternatif yükleme-blok yükleme, ambar üstü vb.)
26. Uygun rota—Manevra tecrübesi ve deneyimi
27. Personel tecrübesi—Taşınan Yük (Stif, tender yükler vb.)
28. Personel tecrübesi—Deniz ve hava durumuna göre Seyir Planlama
29. Personel tecrübesi—Gemi yükleme durumu (Alternatif yükleme-blok yükleme, ambar üstü vb.)
30. Personel tecrübesi—Manevra tecrübesi ve deneyimi

Ek 1: (Devamı)

31. Taşınan Yük (Stif, tender yükler vb.) —Deniz ve hava durumuna göre Seyir Planlama
32. Taşınan Yük (Stif, tender yükler vb.) —Gemi yükleme durumu (Alternatif yükleme-blok yükleme, ambar üstü vb.)
33. Taşınan Yük (Stif, tender yükler vb.) —Manevra tecrübesi ve deneyimi
34. Deniz ve hava durumuna göre Seyir Planlama—Gemi yükleme durumu (Alternatif yükleme-blok yükleme, ambar üstü vb.)
35. Deniz ve hava durumuna göre Seyir Planlama—Manevra tecrübesi ve deneyimi
36. Gemi yükleme durumu (Alternatif yükleme-blok yükleme, ambar üstü vb.) — Manevra tecrübesi ve deneyimi

8. Pervane

1. RPM—Kavitasyon
2. RPM—Pervane gemi dizayn uyumu
3. RPM—Kanat alanı
4. RPM—Kanat kesiti
5. RPM—Kanat sayısı
6. RPM—Gemi Gövdesindeki Pervane Boşlukları Nedeniyle Oluşan Direncin Minimize Edilmesi
7. RPM—Pervane yüzeyinin sürtünmeyi azaltacak nanoteknolojik ürünlerle kaplanması
8. Kavitasyon—Pervane gemi dizayn uyumu
9. Kavitasyon—Kanat alanı
10. Kavitasyon—Kanat kesiti
11. Kavitasyon—Kanat sayısı
12. Kavitasyon—Gemi Gövdesindeki Pervane Boşlukları Nedeniyle Oluşan Direncin Minimize Edilmesi
13. Kavitasyon—Pervane yüzeyinin sürtünmeyi azaltacak nanoteknolojik ürünlerle kaplanması
14. Pervane gemi dizayn uyumu—Kanat alanı
15. Pervane gemi dizayn uyumu—Kanat kesiti
16. Pervane gemi dizayn uyumu—Kanat sayısı
17. Pervane gemi dizayn uyumu—Gemi Gövdesindeki Pervane Boşlukları Nedeniyle Oluşan Direncin Minimize Edilmesi
18. Pervane gemi dizayn uyumu—Pervane yüzeyinin sürtünmeyi azaltacak nanoteknolojik ürünlerle kaplanması
19. Kanat alanı—Kanat kesiti
20. Kanat alanı—Kanat sayısı
21. Kanat alanı—Gemi Gövdesindeki Pervane Boşlukları Nedeniyle Oluşan Direncin Minimize Edilmesi
22. Kanat alanı—Pervane yüzeyinin sürtünmeyi azaltacak nanoteknolojik ürünlerle kaplanması

Ek 1: (Devamı)

23. Kanat kesiti—Kanat sayısı
24. Kanat kesiti—Gemi Gövdesindeki Pervane Boşlukları Nedeniyle Oluşan Direncin Minimize Edilmesi
25. Kanat kesiti—Pervane yüzeyinin sürtünmeyi azaltacak nanoteknolojik ürünlerle kaplanması
26. Kanat sayısı—Gemi Gövdesindeki Pervane Boşlukları Nedeniyle Oluşan Direncin Minimize Edilmesi
27. Kanat sayısı—Pervane yüzeyinin sürtünmeyi azaltacak nanoteknolojik ürünlerle kaplanması
28. Gemi Gövdesindeki Pervane Boşlukları Nedeniyle Oluşan Direncin Minimize Edilmesi—Pervane yüzeyinin sürtünmeyi azaltacak nanoteknolojik ürünlerle kaplanması



ÖZGEÇMİŞ

Dilek BALAMAN, İlköğrenimini Sümer İlköğretim Okulu'nda bitirdikten sonra lise eğitimini 2014 yılında Konak Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2015-2016 öğretim yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği bölümünde lisans eğitimine başladı. 2021 yılında bu bölümü tamamlayarak Uzakyol Vardiya Zabiti ehliyeti aldı. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim dalında tezli yüksek lisans programına başladı. 2022 yılından itibaren Karadeniz Teknik Üniversitesi Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır. İyi derecede İngilizce ve orta derecede Almanca bilmektedir.