

**T.C.
ULAŞTIRMA, DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI**

**GEMİLERİN OPERASYONEL ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN
ANALİZİ İLE GEMİLERDE ENERJİ VERİMLİLİĞİNE
İLİŞKİN ULUSAL MEVZUAT UYARLAMASI**

DENİZCİLİK UZMANLIK TEZİ

Engin ERAT, Denizcilik Uzman Yardımcısı

İstanbul Liman Başkanlığı

**Danışman
Mustafa KIRAN, İstanbul Liman Başkanlığı Gemi Sürvey Kurulu Başkanı**

Ekim 2014

**T.C.
ULAŞTIRMA, DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI**

**GEMİLERİN OPERASYONEL ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN
ANALİZİ İLE GEMİLERDE ENERJİ VERİMLİLİĞİNE
İLİŞKİN ULUSAL MEVZUAT UYARLAMASI**

DENİZCİLİK UZMANLIK TEZİ

Engin ERAT, Denizcilik Uzman Yardımcısı

İstanbul Liman Başkanlığı

**Danışman
Mustafa KIRAN, İstanbul Liman Başkanlığı Gemi Sürvey Kurulu Başkanı**

Ekim 2014

Görev Yaptığı Birim : İstanbul Liman Başkanlığı / Gemi Sürvey Kurulu
Tezin Teslim Edildiği Birim : Personel ve Eğitim Dairesi Başkanlığı

T.C.
ULAŞTIRMA, DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI

Engin ERAT tarafından hazırlanmış ve sunulmuş “Gemilerin Operasyonel Enerji Verimliliğinin Analizi İle Gemilerde Enerji Verimliliğine İlişkin Ulusal Mevzuat Uyarlaması” başlıklı tez Bakanlığımız sınav kurulu tarafından kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

.....

Kurul Üyesi

.....

Kurul Üyesi

.....

Kurul Üyesi

.....

Kurul Üyesi

.....

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
ÖZET	vii
ABSTRACT.....	iii
TABLO LİSTESİ.....	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
EK LİSTESİ.....	vii
KISALTMA LİSTESİ	viii
SİMGE LİSTESİ.....	ix
I. GİRİŞ	1
II. AMAÇ VE YÖNTEM	5
III. DENİZCİLİKTE SERA GAZI SALINIMI	7
3.1. Sera Gazları ve Çevreye Olumsuz Etkileri	7
3.2. Denizcilikte Düşük Karbon Salınımının Tarihi	8
IV. GEMİLERDE ENERJİ VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN ÖNEMLİ BAŞLIKLAR.....	11
4.1. Gemi Enerji Verimliliği Yönetim Planı (SEEMP).....	11
4.2. Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi (EEDI)	13
4.3. Enerji Verimliliği Operasyonel İndikatörü (EEOI).....	17
4.4. Uluslararası Enerji Verimliliği Belgesi (IEEC)	19
4.5. Enerji Verimliliği İndikatörleri	20
V. GEMİLERDE ENERJİ VERİMLİLİĞİNİ ETKİLEYEN ANA FAKTÖRLER.....	22
5.1. Rüzgar Direnci	22
5.2. Dalga Direnci	25
5.3. Tekne ve Pervane Yüzey Kirliliği.....	27
5.3.1. Pürüzlülük/Kirlilik Oluşma Nedenleri ve Koruyucu Önlemler.....	27
5.3.2. Antifouling Boya Türleri ve Kirliliğe Etkileri	29
5.3.3. Pürüzlülük Sebebiyle Oluşan İlave Gemi Direnci Hesaplama Formülleri	29
5.4. Farklı Hava ve Deniz Koşullarında Hız Kayıpları ve Güç Gereksinimi Artışı.....	31
VI. OPERASYONEL ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN GERÇEK GEMİ VERİLERİ İLE ANALİZİ	34
6.1. Analizde Uygulanacak Yöntem	34
6.2. Analizde Kullanılan Gemilere Ait Bilgiler	38
6.3. Gemilerin Genel Performansı	40

6.4.	Zaman İçinde Oluşan Kirliliğin Gemi Performansı Üzerinde Etkileri	42
6.4.1.	Kirliliğin Temizlik Öncesinde EEOI ve Hız Üzerinde Etkileri	42
6.4.2.	Farklı Deniz Durumlarında Hız Kayıplarının Zamanla Değişimi	47
6.5.	Bakımın Gemi Operasyonu Üzerinde Etkileri	50
6.5.1.	Pervane Temizliğinin Etkileri	52
6.5.2.	Tekne Yüzey Temizliğinin Etkileri	55
6.5.3.	Tekne Yüzey ve Pervane Temizliklerinin Etkileri	58
6.6.	Temizlik Bakımlarının Maliyet Kazancı Analizi	62
6.7.	Çevresel Koşulların Gemi Operasyonu Üzerinde Etkileri	68
6.8.	Analizler Sonucunda Oluşturulan Formüller	74
6.8.1.	Zamanın EEOI Üzerinde Etki Eşitlikleri	74
6.8.2.	Değişik Hızlar İçin Baş ve Kıç Doğrultu Eşitlikleri	75
6.8.3.	Değişik Hızlar İçin Deniz Durumu Eşitlikleri	77
6.8.4.	Süreç içerisinde Oluşan Hız Kaybı Eşitlikleri	79

VII. GEMİLERDE ENERJİ VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN ULUSAL MEVZUAT

	GEREKLİLİĞİ VE ÖRNEK MEVZUAT UYARLAMASI	82
7.1.	Türkiye'nin İstatistikî Enerji Verileri ve Enerji Verimliliğinin Gerekliliği	82
7.2.	Enerji Verimliliği Hususunda Türkiye'de Yürürlükte Olan Mevzuat	88
7.3.	Türkiye'de Sera Gazı Salınımı İstatistikleri ve Denizciliğin Yeri	90
7.4.	Türkiye'nin Sera Gazı Salınımının Azaltılmasına Yönelik Taraf Olduğu Uluslararası Sözleşmeler	97
7.5.	Türkiye'nin MARPOL Ek VI Sözleşmesine Taraf Olması ve Ek VI'nın Getirilmesi	101
7.6.	Kabotaj ve Liman Seferi Bölgelerinde Çalışan Türk Bayraklı Gemilerin Enerji Verimliliği Analizi	104
7.6.1.	Kabotaj ve Liman Seferi Bölgelerinde Çalışan Türk Bayraklı Gemilerin Cinslerine Göre Enerji Verimliliği Analizi	105
7.6.2.	Kabotaj ve Liman Seferi Bölgelerinde Çalışan Türk Bayraklı Gemilerin Hizmet Sınıflarına Göre Enerji Verimliliği Analizi	110
7.7.	Kabotaj ve Liman Sefer Bölgelerinde Çalışan Türk Bayraklı gemilerde Enerji Verimliliğine İlişkin Kriterlerinin Belirlenmesi	111
7.7.1.	EEDI Değerinin Azaltılmasına Yönelik Uygulanabilecek Teknolojik Seçenekler	112
7.7.2.	SEEMP ile Enerji Verimliliğini Arttırmada Uygulanabilecek Önlemler	114
7.7.3.	Ulaşılmış ve Gerekli EEDI Uygulanması Gereken Gemi Cinslerinin ve Referans Eğrileri Değerlerinin Belirlenmesi	116
7.7.3.1.	Balık Avlama Gemileri için Referans Eğri Değerinin Belirlenmesi ve Uygulanabilecek Teknolojik Önlem Seçenekleri	119
7.7.3.2.	Yolcu Gemileri için Referans Eğri Değerinin Belirlenmesi ve Uygulanabilecek Teknolojik Önlem Seçenekleri	122

7.7.3.3. Römorkörler için Referans Eğri Değerinin Belirlenmesi ve Uygulanabilecek Teknolojik Önlem Seçenekleri	127
7.7.3.4. Yatlar için Referans Eğri Değerinin Belirlenmesi ve Uygulanabilecek Teknolojik Önlem Seçenekleri	129
7.7.3.5. Feribotlar için Referans Eğri Değerinin Belirlenmesi ve Uygulanabilecek Teknolojik Önlem Seçenekleri	131
7.7.3.6. Petrol/Akaryakıt Tankerleri için Referans Eğri Değerinin Belirlenmesi ve Uygulanabilecek Teknolojik Önlem Seçenekleri	134
7.8. Gemilerde Enerji Verimliliği Hususunda Ulusal Mevzuatta Yapılabilecek Düzenlemeler ve Etkileri	137
7.8.1. Yönetmelik Taslağı ile Öngörülen CO ₂ Salınım Azalımı	143
7.8.2. Yönetmelik Taslağının Maliyet Açısından Analizi	147
VIII. TARTIŞMA VE SONUÇ	152
KAYNAKLAR	160
ÖZGEÇMİŞ	163
EKLER.....	164

ÖNSÖZ

Gemilerde operasyonel enerji verimliliği konusunda verisel analizlerin ve ülkemiz için gemilerde enerji verimliliği hususunda mevzuat önerilerinin sunulduğu bu tez çalışmasına yapmış oldukları büyük katkılardan dolayı mesai arkadaşlarım Onur TURHAN'a, Fatih İNAN'a ve Muhammed Ali KART'a teşekkür eder, desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen ve hep yanımda olan biricik oğlum Mustafa'yı karnında taşıyan sevgili eşim Yelda ERAT'a şükranlarımı sunarım.

Engin ERAT

GEMİLERİN OPERASYONEL ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN ANALİZİ İLE GEMİLERDE ENERJİ VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN ULUSAL MEVZUAT UYARLAMASI

ENGİN ERAT

ÖZET

Denizcilik sektörü son yıllarda sera gazları salınımının azaltılması için ciddi önlemlerin alınması ve yakıt fiyatlarındaki hızlı artış sebepleriyle yakıt tüketiminin azaltılmasına yönelik büyük baskı altındadır. Bunun yanında, yakıt tüketimi masrafları toplam gemi operasyon masrafları içinde büyük bir paya sahiptir. Bu sebeplerden ötürü, çevresel performans ve enerji verimliliği denizcilikte masrafların azaltılması ve daha çevreci gemi operasyonları yapılması konularında çalışmalar yapan gemi işletenleri için başlıca konulardan bir haline gelmiştir. Yakıt tasarrufu sağlanabilmesi amacıyla yapılan tekne bakımı ve akılcı gemi işletmeciliği şirketlere önemli katkılar sağlayabilmektedir.

Bu çalışmanın başlangıç aşamasında, denizcilik kaynaklı sera gazı salınımına ait verilerden ve IMO nezdinde bu konularla ilgili tarihsel süreç içerisinde yapılan çalışmalardan bahsedildi. Bu konjonktürde enerji verimliliğinin gerekliliğine vurgu yapıldı. Tez çalışmasının esas konusunu oluşturan operasyonel faaliyetlerin gemi enerji verimliliği üzerinde etkisinin incelenmesi maksatlı, dört gemiye ait günlük rapor verileri; tekne yüzey temizliği, deniz ve hava durumu gibi çevre koşulları baz alınarak incelendi. Enerji verimliliği operasyonel indikatörü ve deniz mili başına ana makine yakıt tüketimi, ana performans indikatörleri olarak kabul edildi. Bu araştırma ile tekne ve pervane temizliğinden önce ve sonraki periyotlarda yakıt tüketim değerlerinin analiz edilmesi ve bu bakımların yakıt tüketimi üzerinde nasıl etkilere sahip olduklarının incelenmesi amaçlandı. Ayrıca, farklı deniz durumu ve hava ve dalga yönlerinin gemi performansı üzerinde nasıl bir etkiye sahip olduğu incelendi.

Ayrıca, bu çalışma ile, Türkiye'deki enerji tüketimi ve enerji kaynaklarıyla ilgili verilerin analizi ile birlikte sera gazı salınımındaki artış hızına ve denizciliğin bundaki rolüne dikkat çekilerek, Türkiye'de gemilerde enerji verimliliğinin arttırılmasına yönelik nasıl bir mevzuat çalışması yapılması gerektiğinden bahsedildi ve taslak mevzuat çalışması sunuldu.

**THE OPERATIONAL ENERGY EFFICIENCY ANALYSIS OF SHIPS
AND NATIONAL LEGISLATION ADAPTATION REGARDING
SHIP ENERGY EFFICIENCY**

ENGİN ERAT

ABSTRACT

The maritime industry has been under pressure in recent years due to the restrictions on the mitigation of greenhouse gas emissions and heavy increase of fuel prices. Additionally, fuel consumption costs have important share in total shipping costs. Due to these reasons, peripheral performance and energy efficiency turned into one of the major issues in the maritime sector for ship management companies who have been working on cost reduction and environmentally friendly ship operations. Hull-propeller cleaning maintenance and intelligent operations which are practiced for obtaining fuel saving can make major contributions to the shipping companies.

In the front-end phase of this study, data regarding greenhouse gas emission sourced from maritime industry and studies made on this subject in the presence of IMO are mentioned. Necessity of energy efficiency is emphasized in this conjuncture. The noon data of four ships are examined in terms of fouling and environmental conditions such as sea state and sea direction in order to investigate the effects of operational activities on ship energy efficiency which forms the basis of this thesis. Energy efficiency operational indicator and main engine fuel consumption per nautical mile are considered as main performance indicators. This research's aim is to analyze fuel consumption figures before and after hull and propeller cleaning and determine how these activities affect fuel consumption of ships. This research also aims to determine the effects of different environmental conditions such as sea state, wind and wave direction on ship's speed.

In this study, national legislation adaptation is also to be formed for obtaining energy efficiency improvement in Turkish Flag ships by pointing out high increase rate in greenhouse gas emission in Turkey and mentioning navigation's part in this. Encountered problems with related to the energy issue in Turkey and energy consumption figures are to be highlighted as well.

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1: Denizcilik faaliyetlerine bağlı artan hava kirleticileri	8
Tablo 2: EEDI uygulanan gemi tipleri.....	14
Tablo 3: Değişik gemi tipleri için referans eğrisi parametreleri	15
Tablo 4: Yüzde olarak referans eğri değerinde yapılacak azaltma faktörleri (X)	16
Tablo 5: Yakıt tipleri ve C_F değerleri	18
Tablo 6: EEOI raporlama sayfası örneği	19
Tablo 7: Beaufort Rüzgar Skalası.....	23
Tablo 8: Douglas Deniz Durumu Skalası	25
Tablo 9: Farklı Beaufort sayılarında m ve n için Aertssen değerleri.....	32
Tablo 10: Gemi özellikleri.....	38
Tablo 11: Gemilere yapılan tekne ve pervane temizlik işlemleri	52
Tablo 12: Temizlik bakımlarının EEOI üzerindeki yüzdesel etkisi	61
Tablo 13: Tüm gemiler için temizlik bakımlarının getirdiği yakıt ve maliyet tasarrufu tablosu.....	67
Tablo 14: Belirli hızlarda zamana bağlı EEOI belirleme formülleri	75
Tablo 15: Baş ve kıç yönler için hıza bağlı yakıt tüketimi (T/NM) hesaplama formülleri	77
Tablo 16: Farklı deniz durumları için hıza bağlı yakıt tüketimi (T/NM) hesaplama formülleri	78
Tablo 17: Farklı hız koşulları için süreç içerisinde hız kaybı bulma formülleri.....	80
Tablo 18: Sektörlere göre Türkiye'de toplam seragazı emisyonları (1990-2011)	90
Tablo 19: Türkiye'de sera gazı bazında salınım miktarı (1990-2011).....	91
Tablo 20: Türkiye'de taşımacılık alt sektörlerinin sera gazı salınımı verileri.....	94
Tablo 21: Türkiye'de denizcilik yakıtları kaynaklı sera gazı salınımları.....	94
Tablo 22: Kabotaj ve liman seferi bölgelerinde çalışan Türk Bayraklı gemilerin durumu ve enerji verimliliği gösterge verileri	105
Tablo 23: EEDI azaltım önlemleri ve tahmini yüzdesel azalımı	113
Tablo 24: SEEMP ile ilgili enerji verimliliği önlemleri ve tahmini yüzdesel verimlilik	115

Tablo 25: Yönetmelik taslağı kapsamındaki gemilerin durumu ve enerji verimliliği gösterge verileri.....	140
Tablo 26: Gemi cinslerine göre EEDI azaltımı teknik önlemleri maliyetleri ve 2019-2050 yılları arası gemi adedi, yakıt tüketim ve CO ₂ salınımı değerleri.....	149

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1: MEPC çalışma grubu zaman çizelgesi	9
Şekil 2: SEEMP ve EEDI'nın uygulamaya girmesinden sonra CO ₂ salınım değişimi ...	10
Şekil 3: Baş dalga etkileri ve gemi hareketleri sebebiyle dalga direnci değişimi.....	26
Şekil 4: Gemilerin Rota Haritası.....	39
Şekil 5: Gemilerin 2012-2013 yıllarına ait performans döngüsü.	41
Şekil 6: Süreç içerisinde EEOI-Hız değişimleri (A1 gemisi).....	43
Şekil 7: Süreç içerisinde EEOI-Hız değişimleri (A2 gemisi).....	44
Şekil 8: Süreç içerisinde EEOI-Hız değişimleri (A3 gemisi).....	44
Şekil 9: Süreç içerisinde EEOI-Hız değişimleri (A4 gemisi).....	44
Şekil 10: Gemi hızına bağlı EEOI-Zaman değişimleri (A1 gemisi).....	46
Şekil 11: Gemi hızına bağlı EEOI-Zaman değişimleri (A2 gemisi).....	46
Şekil 12: Gemi hızına bağlı EEOI-Zaman değişimleri (A3 gemisi).....	47
Şekil 13: Gemi hızına bağlı EEOI-Zaman değişimleri (A4 gemisi).....	47
Şekil 14: Farklı deniz durumlarında zaman içinde hız kayıpları (A1 gemisi).....	49
Şekil 15: Farklı deniz durumlarında zaman içinde hız kayıpları (A2 gemisi).....	49
Şekil 16: Farklı deniz durumlarında zaman içinde hız kayıpları (A3 gemisi).....	49
Şekil 17: Farklı deniz durumlarında zaman içinde hız kayıpları (A4 gemisi).....	50
Şekil 18: Pervane temizliği etkileri için operasyonların karşılaştırılması (A2 gemisi) ..	54
Şekil 19: Tekne temizliği etkileri için operasyonların karşılaştırılması (A1 gemisi).....	57
Şekil 20: Tekne temizliği etkileri için operasyonların karşılaştırılması (A2 gemisi).....	58
Şekil 21: Temizlikten önce ve sonra EEOI değişimleri (A1 gemisi)	59
Şekil 22: Temizlikten önce ve sonra EEOI değişimleri (A2 gemisi)	60
Şekil 23: Temizlikten önce ve sonra EEOI değişimleri (A4 gemisi)	61
Şekil 24: A1 gemisi için ana makina yakıt tüketim miktarları değişimi	64
Şekil 25: A1 gemisi için yakıt tasarrufu ve toplam maliyet tasarrufu değişimi	65

Şekil 26: A2 gemisi için ana makina yakıt tüketim miktarları değişimi	66
Şekil 27: A2 gemisi için yakıt tasarrufu ve toplam maliyet tasarrufu değişimi	66
Şekil 28: Baş ve kıç deniz yönlerinde yakıt tüketimi /deniz mili değişimi (A1 gemisi)	70
Şekil 29: Baş ve kıç deniz yönlerinde yakıt tüketimi /deniz mili değişimi (A2 gemisi)	71
Şekil 30: Baş ve kıç deniz yönlerinde yakıt tüketimi /deniz mili değişimi (A3 gemisi)	71
Şekil 31: Baş ve kıç deniz yönlerinde yakıt tüketimi /deniz mili değişimi (A4 gemisi)	71
Şekil 32: Farklı deniz durumlarının yakıt tüketimi /deniz mili üzerinde etkileri (A1 gemisi)	73
Şekil 33: Farklı deniz durumlarının yakıt tüketimi /deniz mili üzerinde etkileri (A2 gemisi)	73
Şekil 34: Farklı deniz durumlarının yakıt tüketimi /deniz mili üzerinde etkileri (A3 gemisi)	73
Şekil 35: Farklı deniz durumlarının yakıt tüketimi /deniz mili üzerinde etkileri (A4 gemisi)	74
Şekil 36: Bütün gemiler için belirli hızlarda zaman içinde EEOI değişimi.....	74
Şekil 37: Bütün gemiler için baş ve kıç yönden gelen deniz durumu etkilerinin hıza göre değişimi	76
Şekil 38: Bütün gemiler için ortalama deniz durumu etkilerinin hıza göre değişimi	78
Şekil 39: Farklı deniz durumlarında bütün gemiler için süreç içerisinde oluşan hız kayıpları	80
Şekil 40: Türkiye'de enerji tüketiminin kaynaklar bazında dağılımı	83
Şekil 41: Türkiye'de yerli kaynaklardan toplam enerji üretimi ve tüketimi	84
Şekil 42: TÜFE ve ortalama akaryakıt fiyat düzeyleri (2003=100)	85
Şekil 43: Türkiye'nin toplam sera gazı emisyonu (1990-2011).....	91
Şekil 44: Türkiye'de yakıt tüketimi alt başlığında sektörlere göre CO ₂ salınımı yüzdesi	92
Şekil 45: Türkiye'de CO ₂ eşdeğeri olarak taşımacılık sektörü sera gazı salınım değerleri	93
Şekil 46: Türkiye'de uluslararası deniz taşımacılığı kaynaklı sera gazı salınımı	95
Şekil 47: Türkiye'de uluslararası deniz taşımacılığı kaynaklı CO ₂ eşdeğeri cinsinden CH ₄ ve N ₂ O salınımı	95

Şekil 48: MARPOL EK VI SO _x emisyon limitleri	102
Şekil 49: MARPOL EK VI NO _x emisyon limitleri.....	103
Şekil 50: Hizmet sınıflarına göre gemilerin MGEVG yüzdeleri	111
Şekil 51: Yeni nesil Balık Avlama gemisi dizaynları.....	121
Şekil 52: Balık Avlama gemileri için Referans Eğri Değerlerinin belirlenmesi	122
Şekil 53: Yolcu Gemisi sınıfı gemiler için Referans Eğri Değerlerinin belirlenmesi ..	126
Şekil 54: Yüksek Hızlı Hafif Yolcu Gemisi sınıfı gemiler için Referans Eğri Değerlerinin belirlenmesi.....	126
Şekil 55: Yatlar için Referans Eğri Değerlerinin belirlenmesi	131
Şekil 56: Araba Ferileri için Referans Eğri Değerlerinin belirlenmesi	133
Şekil 57: Feribot (Yolcu+Araba+Kuruyük) cinsi gemiler için Referans Eğri Değerlerinin belirlenmesi	134
Şekil 58: Petrol/Akaryakıt Tankeri için Referans Eğri Değerlerinin belirlenmesi.....	136
Şekil 59: 1980-2050 yılları arası yönetmelik taslağı kapsamındaki gemilerin azaltılmış CO ₂ salınımı.....	145
Şekil 60: 2017-2050 yılları arası SEEMP ve EEDI kaynaklı CO ₂ azaltım miktarı	146
Şekil 61: Yönetmelik kapsamındaki yeni inşa gemiler için 2050 yılında "Marjinal Azaltma Maliyeti Eğrisi"	150

EK LİSTESİ **Sayfa**

EK-1 : Ulusal Sefer Yapan Gemilere “Gemi Enerji Verimliliğine İlişkin MARPOL EK VI Bölüm IV Kuralları”nın Uygulanmasına İlişkin Yönetmelik Uyarlaması Taslağı..	164
EK-2 : Gemilere ait Performans Döngü Verileri	174
EK-3 : Gemilerin Süreç İçerisinde EEOI-Hız Değişimlerine Ait Verileri	175
EK-4 : Gemilerin Farklı Deniz Durumlarında Zaman İçinde Hız Kayıpları Verileri ..	176
EK-5 : Gemilerin Baş Ve Kıç Deniz Yönlerinde Yakıt Tüketimi /Deniz Mili Değişimi Verileri	177
EK-6 : Gemilerin Farklı Deniz Durumu Kuvvetlerine Göre Yakıt Tüketimi /Deniz Mili (Ton/Nm) Değişimi Verileri	178
EK-7 : Gemilerin Süreç İçerisinde EEOI ve Yakıt Tüketimi Verileri Değişimi	179

KISALTMA LİSTESİ

AB	Avrupa Birliği
AEEDI	Ulaşılmış Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi
AHR	Tekne Pürüzlülük Analizörü
APİ	Anahtar Performans İndikatörü
BM	Birleşmiş Milletler
BMİDÇS	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
BN	Beafort Sayısı
Btep	Bin Ton Eşdeğer Petrol
DWT	Ded Veyt Ton
ECA	Emisyon Kontrol Sahası
EEDI	Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi
EEOI	Enerji Verimliliği Operasyonel İndikatörü
ETA	Tahmini Varış Zamanı
Fn	Froud Sayısı
Gg	Gigagram
GT	Gros Ton
HFCs	Hidroflorokarbonlar
HFO	Ağır Fuel Oil
IAPP	Uluslararası Hava Kirliliği Önleme
IEEC	Uluslararası Enerji Verimliliği Belgesi
IMO	Uluslararası Denizcilik Örgütü
IOPP	Uluslararası Petrol Kirliliği Önleme
kn	Knot
KP	Kyoto Protokolü
KPIs	Ana Performans İndikatörleri
LFO	Hafif Fuel Oil
LNG	Sıvılaştırılmış Doğal Gaz
LPG	Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
MAM	Marjinal Azaltma Maliyeti
MARPOL	Denizlerin Gemiler Tarafından Kirletilmesinin Önlenmesine Ait Uluslararası Sözleşme
MDO	Gemi Dizel Oil
MEPC	Deniz Çevresi Koruma Komitesi
MGEVG	Mevcut Gemi Enerji Verimliliği Göstergesi
MJ	Mega Jul
MMO	Makine Mühendisleri Odası
M.Ö.	Milattan Önce
MT	Milyon Ton
MtCO ₂ eq	Milyon ton CO ₂ eşdeğeri
Mtep	Milyon Ton Eşdeğer Petrol
OECD	Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü'

op	Operasyon
PFCs	Perflorokarbonlar
ppm	Milyonda Bir Birim
REEDI	Gerekli Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi
SEEMP	Gemi Enerji Verimliliği Yönetim Planı
SPC	Kendi Kendini Temizleyen Kopolimerler
SOLAS	Denizde Can Emniyeti Uluslararası Sözleşmesi
T/NM	Ton/ Deniz Mili
TBMM	Türkiye Büyük Millet Meclisi
TBT	Tributilin
tep	Ton Eşdeğer Petrol
TÜFE	Tüketici Fiyatları Endeksi
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
VOC	Uçucu Organik Bileşenler

SİMGE LİSTESİ

\$	Amerikan Doları
C _b	Blok Katsayısı
CH ₄	Metan
CO ₂	Karbon Dioksit
µm	Mikro Metre
N ₂ O	Diazot Monoksit
SF ₆	Kükürt Heksaflorür
SO ₂	Kükürt Dioksit
V	Gemi hızı

I. GİRİŞ

Teknolojinin arttığı, mesafelerin kısaldığı ve ticarete konu olan malların çeşitlenip, miktarının arttığı bir ortamda taşımacılık dünya ticaretinde geçmişte hiç olmadığı boyutlarda önem kazanmıştır. Taşımacılıkta, maliyetlerin ucuzluğu, taşınan mal miktarı ve güvenlik en önemli unsurlardır. Günümüzde bütün bu sayılan unsurlar açısından denizyolu taşımacılığı diğer taşıma türlerine oranla, daha fazla tercih edilen bir konuma gelmiştir.

Denizyolu taşımacılığı, insanların ve malların denizde hareket eden araçlar vasıtasıyla bir yerden diğer bir yere taşınması olarak tanımlanabilir. Denizyolu taşımacılığının, tarihi çok eskilere dayanmaktadır. M.Ö. 3200'de deniz taşımacılığının ilk örnekleri olarak belirtilen, Mısır'lıların kullandıkları sahil botlarından bu güne denizyolu taşımacılığı, teknolojik gelişmelere paralel olarak gelişmiş ve her dönemde ticaretin en önemli unsuru olmuştur (Rodrigue, J-P *v.d.*, 2009).

Denizyolu taşımacılığının gelişiminde, coğrafi keşiflerle yeni bölgelerin keşfedilmesi ve sanayileşme ile birlikte buhar teknolojisinin gemilerde kullanılmaya başlanmasının önemli etkisi olmuş, bu sayede uzun rotalarda seyahat edebilecek ve geçmişe nazaran daha fazla yük taşıma imkanına sahip gemiler inşa edilmesi mümkün hale gelmiştir. Günümüzde de gemi inşa ve dizel makineler konularında önemli teknolojik gelişmeler yaşanmaktadır ve bunun sonucunda yük taşıma kapasitesi daha büyük gemilerle daha hızlı, daha güvenli ve daha uzun mesafeler kat edebilen gemiler üretilmektedir.

Fakat bu teknolojik gelişmeler denizcilikle uğraşan şirketlere beraberinde bazı problemlerde getirmektedir. Özellikle yakıt tüketim miktarında önemli artışlara sebep olarak çevre ve şirket kazançları üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Denizcilik şirketleri bu durumun farkındadır ve gemi operasyon maliyetlerini düşürmek veya şirket kazançlarını

arttırmaya yönelik optimum operasyon ve bakım yaklaşımlarını bulmak için mücadele vermektedirler. Güneş ve rüzgar enerjisi gibi diğer enerji kaynakları olmasına rağmen günümüz teknolojisinde petrol türevi yakıtlar bir geminin sevki ve işletilmesinde işlevsel ve uygulanabilir tek kaynaktır. Petrol türevi yakıtların kullanılması nedeniyle, çevreye zararlı gazların salınımı bu şirketlerin yakıt tüketimi konusunda daha hassas olmaları ile ilgili diğer bir önemli nedendir.

Enerji verimli olmanın önemi ve sera gazı salınımlarının çevre üzerinde yarattığı olumsuz etki ile ilgili anlayış Kyoto Protokolünün yürürlüğe girmesiyle daha çok göz önüne gelmeye başladı. Kyoto Protokolü, gelişmiş ülkelerin sera gazı salınımlarını 1990 yılına göre %5.2 azaltmalarını öngören bir anlaşmadır. Aralık 1997'de Birleşmiş Milletler tarafından kabul edilmiş ve Şubat 2005'te yürürlüğe girmiştir. Amaç altı sera gazının – karbon dioksit, metan, azot oksit, kükürt hekzaflorür, hidroflorokarbon ve perflorokarbon salınım değerlerini azaltmaktır. Bu protokolde bahsedilen gazların oluşma kaynakları kategorize edilmiştir ve taşımacılık bu kategorilerden biridir. Denizcilik endüstrisi için Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) sera gazı salınımının azaltılması yönelik denetleyici ve kural koyucu kurumdur. Denizyolu taşımacılığı hava ve karayolu taşımacılıklarına oranla daha çevre dostu bir taşımacılık yöntemi olmasına rağmen, elde edilen verilere göre 2007 yılı içerisinde gemilerden kaynaklı 870 milyon ton karbon dioksit salınımı olmuştur, bu aynı yıl içinde toplam karbon dioksit salınımının %2.7'sine denk gelmektedir (IMO, 2009a). Bu veriler ışığında IMO, gemilerde enerji verimliliğinin artırılması ve sera gazı salınımlarının azaltılması yönelik kurallar oluşturarak yürürlüğe koymuştur ve çoğu ülke bu kuralları kabul ederek kendi bayrağına taşıyan gemilerde uygulanmasını zorunlu kılmıştır. Birçok denizcilik firması bu kurallardan sonra enerji verimliliğini arttırmaya ve sera gazı salınımlarını azaltmaya yönelik çözümler bulma gereksimi içine düşmüştür.

Gemilerde enerji verimliliğini artırmanın ve CO₂ salınımını azaltmanın çeşitli yolları olmasına rağmen geliştirilmiş seyahat planlaması ve düzenli bakım tutum ile en pratik ve etkin şekilde bunu uygulamak mümkündür. Bu yüzden gemi işletmeciliği ile uğraşan şirketlerin dikkatli sefer planlaması yaparak ve bakım stratejileri geliştirerek yakıt tüketimini

düşürmesi dolayısıyla da karbon salınımının azaltılmasına yönelik çözümler bulmaları önemlidir. Enerji tüketimine yönelik denetimler yapmak ve kayıtlar tutmak optimum performansı bulma yolunda ve yakıt tüketimini azaltmada çok önemli yere sahiptir ve uzun vadede şirketlere büyük ekonomik kazançlar sağlamaktadır.

Bu çalışma; gemi seyahat planlaması, enerji verimliliği ve CO₂ salınımının uygulamadaki kurallar kapsamında birbirleriyle ilişkilerini ortaya koymaktadır. IMO Enerji Verimliliği Operasyonel İndikatörü (EEOI) ve deniz mili başına ana makina yakıt tüketimi (T/NM) bu çalışmadaki başlıca performans indikatörleridir. İki farklı performans indikatörü seçilmesinin sebebi gemi operasyon işleyişinin çok yönlü ve çeşitli olarak ele alınabilmesidir. Deniz Çevresi Koruma Komitesi (MEPC) gemi sahipleri ve operatörlerine yardım maksatlı yakıt tüketimi azaltılması ve efektif gemi operasyonlarına yönelik gönüllü kullanım esaslı EEOI kılavuzları oluşturmuştur. EEOI'dan başka IMO, gemi enerji verimliliği ile ilgili Gemi Enerji Verimliliği Yönetim Planı (SEEMP) ve Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi (EEDI) gibi başka kurallarda oluşturarak yürürlüğe koymuştur.

Gemi işletme firmaları, bu tez yardımıyla bakım-tutum konusunda da gemi operasyon analizlerini doğru şekilde yaparak karşılaşılabilecekleri olumsuz sonuçlardan kaçınılabirler. Gemilerinin enerji performanslarını takip ederek ve kendi filoları için enerji verimliliği ile ilgili denetimler yaparak şirketlerinin hedef ve politikalarıyla karşılaştırmalı değerlendirmeler yapabileceklerdir. Böylelikle filoları için en optimum bakım tutum koşullarını oluşturarak enerji verimliliklerini arttırabileceklerdir.

Bu çalışmada ayrıca, gemilerin yakıt tüketim verimliliğinin gemiler farklı çevresel koşullar altındayken nasıl değiştiği incelenecektir. Gemiler, bu koşullar dizayn aşamasında göz önüne alınarak projelendirilirler. Fakat dizayn aşamasında öngörülenle geminin gerçek çalışma hayatında verebileceği tepkiler iyi seyahat planlamaları yapılmaması sonucu farklılıklar gösterebilir. Bu planlamalar yapılırken geminin hızını ve yakıt tüketimini etkileyebilecek rüzgar yönü, deniz durumu ve gemi rotası gibi birçok çevre değişkeni vardır. Bu çalışmada, gerçek hayatta faaliyette bulunan dört gemiye ait günlük rapor verileri

toplanarak gemilerin yakıt tüketim değerlerinin nasıl değiştiği incelenecektir. Elde edilen veriler aşağıda maddeler halinde belirtilen etkilere karşı gemi performansının nasıl değiştiğini görmek için analizler yapılacaktır;

- Gemi Hızı
- Rüzgar
- Dalga

Her bir günlük veri raporu için çevresel koşul verileri günlük olarak bu konuda eğitilmiş ve yetkili gemi adamları tarafından kayıt altına alınmıştır. Bu verilerle yapılacak analizler ile gemilerin takip ettikleri rota, yön gibi verilerle rüzgar ve dalga parametrelerinin gemi performansı üzerinde nasıl etkilere sahip olduğu incelenecektir.

Mühendislerin gemilerde yakıt tüketimini azaltmasına olanak veren birçok gemi bakım yöntemi vardır. Bunlardan yüzey pürüzlülüğüne engel olmak için yapılan ve bütün gemilerin rutin ve vazgeçilmezi olan tekne ve pervane temizliği artık havuza çıkmak yerine denizde de kolaylıkla yapılabilmektedir. Şirketler servis performans analizleri yapılırken tekne ve pervaneye ait gerekli bakım-tutum işlemlerinin yapılıp yapılmadığına dikkat etmek zorundadır. Bu gereklilik göz önüne alınarak çalışmada, değişik tekne ve pervane bakımlarında gemi servis performansının bakımdan önce, sonra ve zaman içinde nasıl etkilendiğinin analizi yapılacaktır. Yukarıda bahsedildiği gibi seçilen bazı gemiler yıl içerisinde değişik tekne ve pervane temizliği uygulaması görmüşlerdir. Bu da bize gemiler üzerinde farklı tekne ve pervane temizliği uygulamalarının yakıt tüketimdeki dalgalanmalarla gemi enerji verimliliği üzerinde nasıl bir etki yarattığını görmemize olanak verecektir.

Bu çalışmada ayrıca, Türkiye'nin sera gazlarının doğaya salınımlarının azaltılmasına ve iklim değişikliğine yönelik hangi uluslararası anlaşmalara taraf olduğu, ulusal mevzuat anlamında ne gibi düzenlemelerin yapıldığı incelenecektir. Genel olarak, Denizlerin Gemiler Tarafından Kirletilmesinin Önlenmesi Sözleşmesi (MARPOL) ve MARPOL EK VI ile ilgili Türkiye'nin hangi adımları attığı ve Türk Bayraklı gemilerde enerji verimliliği arttırmaya yönelik mevzuatta ne gibi değişiklikler yapılabileceği konusunda tavsiyelerde bulunulacaktır.

II. AMAÇ VE YÖNTEM

Bu tezin temel olarak yazılma amacı, tekne ve pervane kirliliğinin, çevresel koşulların ve temizlik bakımlarının gemi yakıt tüketimi ve enerji verimliliği üzerinde etkilerini gerçek gemilerden elde edilen verilerin analizi sonucunda ortaya çıkarmaktır. Ayrıca bu çalışmadan elde edilecek veriler ışığında enerji verimliliğinin önemli ölçüde artırılabilmesi ispatı yapılarak, denizcilik kaynaklı sera gazında artışın yaşandığı ve dışa enerji bağımlı olan ülkemizde denizcilik alanında enerjiyi daha doğru şekilde sarf etmek, daha çevreci ve daha karlı gemi operasyonları yaparak deniz ticaretine katkıda bulunmak amaçlı, ülkemizde konuya ilişkin mevzuat hazırlanması hususunda tavsiyeler sunmaktır.

Bu amaçlar doğrultusunda takip edilecek yöntemler aşağıda listeler halinde bulunmaktadır;

- Gemilerde direnç kaynaklarının belirlenmesi ve bunların operasyon modlarına göre incelenmesi,

- IMO tarafından gemilerde enerji verimliliği ile ilgili oluşturulan yeni kavramların tanıtılması ve gemi performans indikatörlerinin belirlenmesi,

- Gemi işletmecisi şirketlerden gerçek operasyon verilerini toplanması ve performans indikatörlerinin belirlenmesi,

- Zaman içinde yakıt tüketim miktarı değişikliklerini kontrol ederek gemi enerji verimliliği üzerine tekne yüzey kirliliği etkilerinin değerlendirilmesi,

- Gemi operasyonlarında tekne ve pervane temizliğinin etkilerinin incelenmesi,

- Deniz durumu, rüzgar ve dalga yönünün gemi operasyonu üzerinde enerji tüketimi açısından etkilerinin belirlenmesi,

- Hız, yakıt tüketimi ve çevre koşulları arasındaki ilişkinin kurulması,
- Türkiye'de sera gazı salınım verilerini analiz edilmesi ve denizciliğin bundaki yerinin belirlenmesi,
- Türkiye'de enerji tüketimi ve enerji kaynağı rezervlerine ilişkin verilerin analiz edilmesi ve enerji verimliliğine ilişkin politikalar uygulanması gerekliliğinin vurgulanması,
- Türkiye'nin enerji verimliliği artırılması ve sera gazı salınımının azaltımına ilişkin ulusal ve uluslararası alanda kabul ettiği sözleşme, protokol, çalışma ve yönetmeliklerin belirlenmesi,
- Türkiye'de MARPOL EK VI konusunda atılan adımların tartışılması,
- Türkiye'de gemilerde enerji verimliliğine ilişkin mevzuat hazırlamada nasıl bir yol izlenebileceğinin belirlenmesi.

III. DENİZCİLİKTE SERA GAZI SALINIMI

3.1. Sera Gazları ve Çevreye Olumsuz Etkileri

İklim sisteminde önemli doğal faktörlerin başında sera etkisi gelmektedir. En sade anlatımla sera etkisi; açık bir havada kısa dalgalı güneş ışınımının önemli bir kısmı atmosferi geçerek yeryüzüne ulaşır ve ulaşan bu ışınımın orada emilir. Bu arada yerkürenin sıcak yüzeyinden salınan uzun dalgalı yer ışınımının bir kısmı da uzaya çıkmadan önce atmosferdeki sera gazları tarafından emilir. Uzun dalgalı bu ışınımın daha sonra tekrar salınır. Atmosferdeki gazlar gelen güneş ışınımına karşı geçirgenken, geri salınan uzun dalgalı yer ışınımına karşı daha az geçirgen olması nedeniyle yerkürenin ısınımında dengesizlik yaratan bu doğal sürece sera etkisi denilmektedir (Türkeş, M. v.d., 2000).

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Sözleşmesi (BMİDÇS), 1987 tarihli Birleşmiş Milletler Ozon Tabakasının Korunması Sözleşmesi Montreal Protokolü ile kontrol altına alınamayan bütün sera gazlarını içermektedir. Ancak Kyoto Protokolü, Ek-A'ya göre aşağıdaki 6 sera gazını dikkate almaktadır: Karbon dioksit (CO₂), Metan (CH₄), Diazot monoksit (N₂O) Nitröz Oksit, Hidroflorokarbonlar (HFCs), Perflorokarbonlar (PFCs), Kükürt heksaflorür (SF₆).

Denizcilik sektörü kaynaklı emisyonlar özellikle limanlarda ve kapalı denizlerde hava kirliliğini önemli miktarda arttırmaktadır. Eğer konuya ilişkin herhangi bir önlem alınmazsa, Avrupa Birliği sınırları dahilinde gemi kaynaklı SO₂ gibi belirli kirleticilerin emisyonları artan denizcilik faaliyetleri sonucunda 2020 yılında kara bazlı emisyonlardan daha fazla olacaktır (Fernandez, 2013).

Uluslararası deniz taşımacılığı dünyadaki sera gazı emisyonlarının %3'ünü oluşturmaktadır ve böylelikle küresel ısınmaya da sebep olmaktadır. IMO'ya göre eğer konuya ilişkin herhangi bir önlem alınmazsa bu oran 2050 yılında %18'e ulaşacaktır. Uluslararası deniz taşımacılığı 2020 yılına kadar CO₂ ve diğer sera gazı emisyonlarını %20 oranında azaltmakla yükümlüdür ve daha sonrasında da yapılacak düzenlemelerle önemli azaltımlar gerçekleştirilmesi istenecektir (Fernandez, 2013).

Günümüzde gemi kaynaklı emisyonlar limanlarda ve kıyı alanlarında oluşan kükürt birikiminin %10-20 sini oluşturmaktadır ancak 2020 yılında bu oranın bazı kıyı alanlarında %50 ye ulaşması tahmin edilmektedir (Fernandez, 2013).

Tablo 1: Denizcilik faaliyetlerine bağlı artan hava kirleticileri (Kaynak: Fernandez, 2013)

	SO_x	NO_x	PM	CO	CO₂	CH₄	VOC
1990	7,9	14	1	1,3	562	0,05	0,4
2000	11	19	1,2	1,7	778	0,007	0,6
2007	15	25	1,8	2,5	1050	0,1	0,8

3.2. Denizcilikte Düşük Karbon Salınımının Tarihi

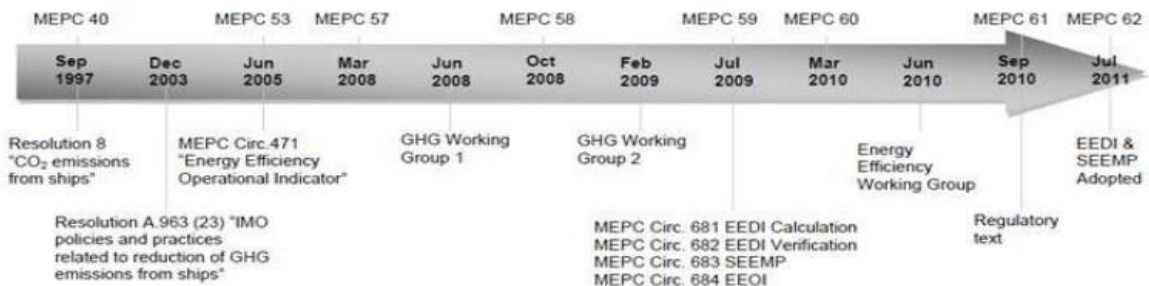
Denizcilikte düşük karbon salınımı 1990'ların ortalarından beri IMO toplantılarında görüşülmektedir. Gelişmelerde en çok yol 1997 yılında MARPOL kapsamında alınmıştır. Bu konvansiyona göre CO₂ ve enerji verimliliği konularında karar alma ve yönetmelikler oluşturma yetkisi MEPC'ye verilmiştir. Çalışmalar daha sonra 2000 yılında MEPC'nin 45. oturumu ile gemi kaynaklı sera gazlarının salınımı azaltılmasına ilişkin taslak kılavuzlar yayımlanması ile devam etti. 2003 yılında ise sera gazı salınımlarının azaltılmasına yönelik bir mekanizma oluşturulması kararlaştırıldı ve 2005 yılında kabul edildi. Nihayetinde IMO, 2009 yılında çevreye karşı daha duyarlı ve verimli denizcilik yapılmasına ilişkin yönetmelikleri yürürlüğe koydu.

IMO'nun kullandığı CO₂ salınımının azaltılmasına ve enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik yaklaşım iki farklı bölümde açıklanabilir. Bunlardan birincisi "her

gemiye özgü enerji verimliliğinin artırılmasına ilişkin teknik ve operasyonel tedbirler" iken ikincisi, "endüstride karbon salınımının azaltılmasına ilişkin düzenleyici tedbirler"dir. Genel anlamda her iki yöntemde denizcilikte enerji verimliliğini arttırmaya yönelik kabul görmüş önemli kıstaslardır.

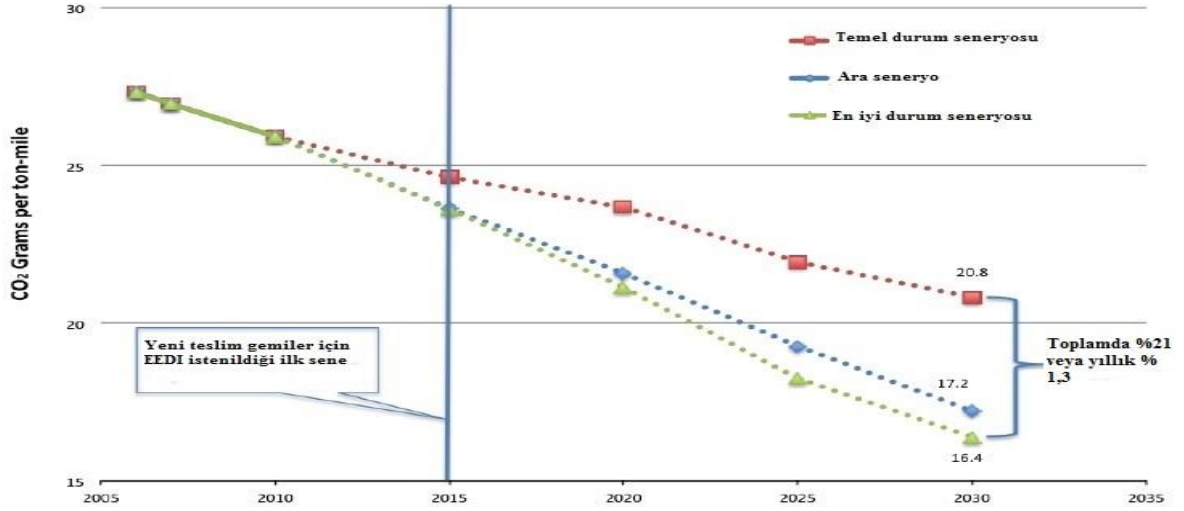
Düşük karbon salınımına ulaşmada birincil yöntem olarak yakıt tüketim değerlerini azaltmak gelirken, ikincil olarak düşük veya sıfır karbon içerikli alternatif yakıt türlerinin geliştirilmesi ve kullanılması gelmektedir. Bu iki yöntemde teknik ve operasyonel yaklaşım başlığı altında toplanır. Teknik olarak alınabilecek tedbirler arasında ise tekne dizaynı, pervane dizaynı, yeni tekne yüzey kirliliği önleyici malzemeler geliştirilmesi ve alternatif yakıt seçenekleri kullanan gelişmiş makineler üretilmesi gösterilebilir. Operasyonel anlamda ise hava ve deniz koşullarını, optimum trim ve hızı, çevresel koşulları ve liman ve lojistik dağılım sürelerini dikkate alarak bakım-tutum ve sefer planlama stratejileri geliştirmek gösterilebilir.

Yukarıda bahsedilen düzenleyici yaklaşımları destekleyici nitelikte olarak IMO Temmuz 2011'de bir çalışma planını kabul etti. Filonun zaman içinde gösterdiği verimlilik performansını izlemek için uygulanabilir bir yaklaşım sunan ve gemi performansını optimize etmek için değerlendirilecek bazı seçenekler sağlayan SEEMP tüm gemiler için zorunlu hale getirildi. Yeni gemiler için ise EEDI uygulamaya konuldu. 1 Ocak 2013 tarihinden itibaren SEEMP ve EEDI ile ilgili uygulamalar yürürlüğe girmiştir. MEPC ayrıca gönüllü kullanıma dayalı gemi işletenleri ve sahiplerine yardım amaçlı EEOI kılavuzu da oluşturmuştur.



Şekil 1: MEPC çalışma grubu zaman çizelgesi (Kaynak: MEPC, 2010)

Bu çalışmada, gemilerde enerji verimliliğini analizi için EEOI ele alınacaktır. EEOI'nın değişik dalga ve rüzgar koşullarında nasıl değişimler gösterdiği ve tekne ve pervane temizliğinin EEOI üzerinde nasıl bir etkiye sahip olduğu incelenecektir.



Şekil 2: SEEMP ve EEDI'nın uygulamaya girmesinden sonra CO₂ salınım değişimi (Kaynak: Wagang, 2012)

Şekil 2'de gösterildiği gibi CO₂ salınımını IMO tarafından belirlenen 3 senaryoyu temel almıştır ve 2030 yılına kadar IMO'nun salınım tahminlerini göstermektedir. Şekil 2 ayrıca SEEMP ve EEDI'dan önce ve sonra denizcilik sektöründen kaynaklı karbon emisyon eğilimlerini göstermektedir. IMO bu 3 senaryoyu da ikinci sera gazı çalışmasında sunmuştur. Temel durum senaryosu (kırmızı çizgi) yeni kuralların yürürlüğe girmediği farz edilerek karbon emisyon yüzdesindeki azalmayı göstermektedir. En iyi durum senaryosu (yeşil çizgi) kuralların herhangi bir gecikme olmadan yürürlüğe girdiği durumda göstermektedir. Ara senaryo (mavi çizgi) kuralların dünyada ki gemi filosunun yarısının 4 yıllık bir gecikmeyle uyguladığı durumda karbon emisyon eğilimini göstermektedir (Wagang, 2012). IMO'nun bu konuda temel amacı denizcilikte düşük veya sıfır karbon salınımını sağlamaktır. EEDI, SEEMP ve EEOI gibi parametreler yürürlüğe girmiştir ve IMO günümüzde olduğu gibi gelecekte de bu amaç doğrultusunda çalışmalarda bulunacak ve yeni kuralları yürürlüğe koyacaktır.

IV. GEMİLERDE ENERJİ VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN ÖNEMLİ BAŞLIKLAR

4.1. Gemi Enerji Verimliliği Yönetim Planı (SEEMP)

15 Temmuz 2011 tarihinde MEPC.203 (62) ile kabul edilen MARPOL Ek VI Bölüm IV gerekliliklerine uygunluk için 400 GT ve üzeri uluslararası sefer yapan bütün gemilerde işletilmeleri sırasında enerji verimliliğinin dikkate alındığının doğrulanabilmesi için Gemi Enerji Verimliliği Yönetim Planının (SEEMP) bulunması zorunlu hale getirilmiştir. Bütün yeni gemilerde (1 Ocak 2013 ve sonrası yapım sözleşmesi yapılmış/yapım sözleşmesi olmayan ancak 1 Ocak 2013 ve sonrası inşa aşamasında veya omurgası kızığa konmuş/ 1 Temmuz 2015 ve sonrası teslim edilen gemiler) geminin EEDI değerinin hesaplandığı ve gemide gemiye özgü SEEMP bulunduğunun doğrulanması için başlangıç sürveyi yapılarak uluslararası enerji verimliliği sertifikası (IEEC) düzenlenecektir. Mevcut gemilerde ise SEEMP'in hazırlandığının ve gemide bulunduğunun teyidi 1 Ocak 2013 tarihinden sonraki ilk ara veya yenileme sürveyinde (hangisi önce ise) yapılacaktır. Gemiye özgü olarak hazırlanacak SEEMP'in IMO'nun Res. MEPC.213(63) sayılı Kararı ile hazırladığı kılavuza uygun olması gerekmektedir.

Gemi Enerji Verimliliği Yönetim Planı, üstlenilen enerji tasarrufu önlemlerini ve bu önlemlerin enerji verimliliğinin geliştirmesi açısından ne kadar etkili olduğunu belirler. Ayrıca, geminin enerji verimliliğini daha da geliştirmek için hangi önlemlerin kabul edilebileceğini tanımlar (Türk Loydu, 2012).

SEEMP, şirket tarafından gemiye özel bir plan olarak geliştirilmelidir. SEEMP, bir geminin enerji verimliliğini dört adımda geliştirmeyi amaçlar: “planlama” (planning), “uygulama” (implementation), “izleme” (monitoring), “öz değerlendirme ve gelişim”

(improvement). Bu bileşenler, gemi enerji yönetimini sürekli geliştirme döngüsünde kritik bir rol oynarlar. Döngünün her tekrarlanışında, bazı SEEMP öğeleri değiştirilmeye ihtiyaç duyacakken diğer öğeler eskisi gibi kalabilir (Türk Loydu, 2012).

Planlama, SEEMP'in en önemli safhasıdır. Bu, hem geminin mevcut durumda enerji kullanımının, hem de gemi enerji verimliliğinin beklenen gelişiminin ilk olarak belirlendiği safhadır. Bu nedenle en uygun, etkin ve uygulanabilir planın geliştirilebilmesi için planlamaya yeterli vaktin ayrılması teşvik edilmektedir (Türk Loydu, 2012).

Yakıt tüketimini ve CO₂ emisyonunu azaltımını sağlayan SEEMP'in operasyonel ölçütleri üç bölümde kategorize edilebilir;

- *Geliştirilmiş teknik ve operasyonel yönetim*: Bu kapsamda yapılacaklar arasında; hava durumuna göre rota belirleme, hız optimizasyonu, tam zamanında ulaşım, optimum gemi trimi, optimum balast, tekne bakımı, tahrik sistemi bakımı, geliştirilmiş filo yönetimi, enerji yönetimi, atık ısının geri kazanılması, optimum şaft gücü, dümen ve rota tutma kontrol sistemlerinin (otomatik pilotlar) optimum kullanımı, optimum pervane ve pervaneye gelen akımları sağlama sayılabilir.

- *Geliştirilmiş lojistik ve filo planlaması*: Lojistik zincirin optimize edilmesi, varış zamanlarının düzeltilmesi, daha iyi rota belirleme, gemi kiracısı, işleteni ve sahibi arasında daha verimli olabilecek kontrat formatları oluşturma bu kapsamda yapılacaklar arasında sayılabilir.

- *Liman ilişkili yapılacaklar*: Bu yöntemler daha çok büyük kapasiteli limanlara uygulanabilir. Hızlı liman operasyonları, hızlı yükleme ve boşaltma yapmayı sağlayacak liman tesislerinin oluşturulması ve limancılık işini iyi bilen personel çalıştırılması bu yöntemler arasında sıralanabilir.

Denizcilik firmalarının kendi planlamalarını oluşturmasından sonra, ikinci adım olarak yaptıkları plana özgü "uygulama" sistemlerini oluşturmak zorundadırlar. Üçüncü adım

"izleme aşamasında" yapılması gerekli en önemli eylem düzenli ve düzgün kayıt tutmadır. Bütün filonun enerji verimliliği en doğru şekilde gemi ve şirket personeli tarafından tutulan kayıtlarla en doğru biçimde izlenmelidir. Son olarak "öz değerlendirme ve gelişim" enerji verimliliği yönetiminin son aşaması olarak ortaya çıkar. Planlar doğrultusunda uygulamaya geçildikten sonra izleme safhasında ortaya çıkan eksikliklerin bu aşamada kök nedenleri araştırılarak uygun çözümler bulunur ve öz değerlendirme yapılarak çözümlerden sonra oluşan yeni sistemle gelişim sağlanmış olur.

4.2. Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi (EEDI)

IMO, MEPC'nin 15 Temmuz 2011 tarihinde yapılan 62. oturumunda, gemilerde enerji verimliliğini arttırarak, gemi kaynaklı sera gazı salınımını azaltmak amacıyla MARPOL EK VI'ya Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi (EEDI) eklenmesini kabul etmiştir.

Enerji verimliliği dizayn indeksi (EEDI), dizel-elektrik, türbin ve hibrit sevk sistemine sahip gemiler haricinde 400 gros ton ve üzeri yeni gemilerin teorik olarak CO₂ emisyon performanslarının ölçülmesi için geliştirilmiş olup, gemi dizayn ve makine performans verilerinden hesaplanır. Bu indeksin uygulanmasının nedeni, geminin dizayn safhasında geminin enerji verimliliğini etkileyen yenilikçi ve teknolojik gelişmeleri teşvik etmektir. EEDI, Tablo 2'de gösterilen özellikte ve tipte gemilere uygulanabilmektedir (Yılmaz, 2013).

Tablo 2: EEDI uygulanan gemi tipleri (Kaynak: Url-1)

Gemi Tipi	Özellik
Yolcu Gemisi	SOLAS Bölüm 1 Düzenleme 2’de tanımlandığı gibi 12’den fazla yolcu taşıyan gemiler.
Dökme Yük Gemileri	SOLAS Bölüm 9 Düzenleme 1’de tanımlandığı gibi dökme yük taşıyan genellikle tek güverteli kargo boşluklarının üst tarafında tankları olacak şekilde inşa edilmiş gemiler örneğin cevher gemileri.
Gaz Tankerleri	SOLAS Bölüm II-1 Düz. 3’de tanımlanan gaz tankerleri
Tanker	MARPOL Ek I Düzenleme 1’de tanımlanan petrol tankerleri veya Ek II Düzenleme 1’de tanımlanan kimyasal tankerler
Konteyner Gemisi	Ambarlarında ve güvertesinde konteyner taşımak üzere dizayn edilmiş gemiler
RO-RO Kargo Gemisi veya Araç Taşıyıcılar	Boş araba ve kamyon taşımak üzere dizayn edilmiş çok güverteli ro-ro kargo gemileri
RO-RO Kargo Gemisi Hacim Taşıyıcılar	Araç metre (lane meter) başına 4 Ton/m’den az taşımak üzere dizayn edilmiş ulaşım üniteleri taşıyan gemiler
RO-RO Kargo Gemisi Ağırlık Taşıyıcılar	Araç metre başına 4 Ton/m ve üzeri taşımak üzere dizayn edilmiş ulaşım üniteleri taşıyan gemiler
Genel Yük Gemileri	Çok güverteli veya tek güverteli, ana olarak genel yük taşımak üzere dizayn edilmiş gemiler.
RO-RO Yolcu Gemisi	SOLAS Bölüm II-1, Kısım A, Düzenleme 2.23’de tanımlanan yolcu gemileri

01.01.2013 tarihinden itibaren inşa edilen, 400 GT ve üzeri, uluslararası sefer yapan tüm yeni gemiler için “ulaşılabilir enerji verimliliği dizayn indeksi” (Ulaşılabilir EEDI) değeri hesaplanır. Bu değerin, IMO’nun istatistiki çalışmalar sonucunda belirlemiş olduğu “gerekli enerji verimliliği dizayn indeksi” (Gerekli EEDI) değerinin altında olması gerekmektedir. Ulaşılabilir enerji verimliliği dizayn indeksi (UEEDI) aşağıdaki formülle (4.1) hesaplanır (IMO, 2009b);

$$\frac{\left(\prod_{j=1}^n f_j \right) \left(\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)} \cdot C_{FME(i)} \cdot SFC_{ME(i)} \right) + (P_{AE} \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE}^*) + \left(\prod_{j=1}^n f_j \cdot \sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTI(i)} - \sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{AE_{eff(i)}} \right) (C_{FAE} \cdot SFC_{AE}) - \left(\sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{eff(i)} \cdot C_{FME} \cdot SFC_{ME}^{**} \right)}{f_i \cdot f_c \cdot Capacity \cdot f_w \cdot V_{ref}} \quad (4.1)$$

Gerekli enerji verimliliği dizayn indeksi (GEEDI) (4.2) ile hesaplanır (IMO, 2009b).

$$\text{Ulaşılmış EEDI (UEEDI)} \leq \text{GEEDI} = (1 - X/100) \times \text{Referans Eğri Değeri} \quad (4.2)$$

Referans eğrisi değeri ise Denklem (4.3) ile belirlenir. Referans eğrisi değerleri müsaade edilen maksimum EEDI değerlerini göstermektedir (IMO, 2009b).

$$\text{Referans eğri değeri} = a \times b^c \quad (4.3)$$

Bu denklemde, eğriyi belirlemede kullanılan parametrelerin değişik gemi tipleri için değerleri Tablo 3'te gösterilmektedir.

Tablo 3: Değişik gemi tipleri için referans eğrisi parametreleri (Kaynak: IMO, 2009b)

Gemi Tipleri	a	b	c
Dökme Yük Gemisi	961,79	Geminin DWT'u	0,477
Gaz Tankeri	1120,00	Geminin DWT'u	0,456
Tanker	1218,80	Geminin DWT'u	0,488
Konteyner Gemisi	174,22	Geminin DWT'u	0,201
Genel Yük Gemisi	107,48	Geminin DWT'u	0,216
Soğutmalı Kargo Gemisi	227,01	Geminin DWT'u	0,244
Kombine Taşıyıcı	1219,00	Geminin DWT'u	0,488

Tablo 4'te ise, yüzde olarak referans eğri değerinde yapılacak azaltma faktörleri gösterilmektedir;

Tablo 4: Yüzde olarak referans eğri değerinde yapılacak azaltma faktörleri (X)
(Kaynak: IMO, 2009b)

Gemi Tipi	Boyut	Faz 0 01.01.2013- 31.12.2014	Faz 1 01.01.2015- 31.12.2019	Faz 2 01.01.2020- 31.12.2024	Faz 3 01.01.2025-
Dökme Yük Gemisi	20000 DWT ve üzeri	0	10	20	30
	10000- 20000 DWT	Mevcut Değil	0-10*	0-20*	0-30*
Gaz Taşıyıcı Gemi	10000 DWT ve üzeri	0	10	20	30
	2000-10000 DWT	Mevcut Değil	0-10*	0-20*	0-30*
Tanker	20000 DWT ve üzeri	0	10	20	30
	4000-20000 DWT	Mevcut Değil	0-10*	0-20*	0-30*
Konteyner Gemisi	15000 DWT ve üzeri	0	10	20	30
	10000- 15000 DWT	Mevcut Değil	0-10*	0-20*	0-30*
Genel Kargo Gemisi	15000 DWT ve üzeri	0	10	15	30
	3000-15000 DWT	Mevcut Değil	0-10*	0-15*	0-30*
Soğutuculu Kargo Gemisi	5000 DWT ve üzeri	0	10	15	30
	3000-5000 DWT	Mevcut Değil	0-10*	0-15*	0-30*
Kombine Taşıyıcı	20000 DWT ve üzeri	0	10	20	30
	4000-20000 DWT	Mevcut Değil	0-10*	0-20*	0-30*

*sembolü azaltma faktörünün lineer interpolasyonla verilen iki tekne boyutu yapılacağı anlamına gelmektedir.

4.3. Enerji Verimliliği Operasyonel İndikatörü (EEOI)

IMO, gemi operatörlerine yakıt tüketimi ve taşınan yük açısından verimliliklerini takip edebilmelerine yardımcı olmak için yeni bir indikatör olan enerji verimliliği operasyonel indikatörünü (EEOI) oluşturmuştur. EEOI şirketlere gönüllü kullanıma dayanan bir kılavuz olarak sunulmuştur.

Bir geminin enerji verimliliği sayısal olarak izlenmelidir. Bu işlem oluşturulmuş bir yöntemle, tercihen uluslararası bir standartla yapılmalıdır. IMO tarafından geliştirilen EEOI, çalışmakta olan bir geminin ve/veya filonun enerji verimliliğine dair sayısal bir gösterge elde etmek için uluslararası olarak oluşturulmuş araçlardan biridir ve bu amaçla kullanılabilir. Bu nedenle, uygun başka sayısal ölçme yöntemleri bulunsa da EEOI başlıca izleme aracı olarak değerlendirilebilir (Türk Loydu, 2012).

Kullanıldığı takdirde, EEOI'nın IMO tarafından geliştirilen kılavuza (MEPC.1/Circ.684) uygun olarak hesaplanması ve gerektiğinde belirli bir gemi ya da ticari operasyona göre ayarlanabilir olması tavsiye edilmektedir.

Bu kılavuz; operasyondaki bir geminin enerji verimliliği için indikatör konseptini, taşınan yük birimi başına emilen CO₂ formunda açıklayarak verimlilik ifadesi oluşturur. Kılavuzun şirketler tarafından hedef olarak kullanılacak hesaplama metodu olması planlanmıştır ve gemi operasyon verimliliğinin incelenmesi için performans dayalı bir yaklaşım sunar (IMO, 2009c).

EEOI'nın oluşturulabilmesi için aşağıda belirtilen adımların atılması gereklidir (IMO, 2009c).

- 1- EEOI için hesaplama yapılacak periyodun belirlenmesi
- 2- Toplanacak veriler için veri kaynaklarının belirlenmesi
- 3- Verilerin toplanması
- 4- Verilerin uygun formata dönüştürülmesi ve
- 5- EEOI'nın hesaplanması

Her şirket kendi verimlilik değerini belirlemek ve kendi standartlarını oluşturmakta serbest bırakılmıştır. IMO, ağır fuel oil (HFO) ve gemi dizel oil (MDO) tüketimleri ile taşınan yük ve sefer mesafesi arasında bağlantı oluşturmuştur. IMO'nun formülü temel ifadelerle aşağıdaki gibidir;

$$EEOI = \frac{\sum_j FC_j \times CF_j}{m_{Cargo, i} \times D_i} \quad (4.4)$$

- J: kullanılan yakıt tipini;
- i: sefer sayısını;
- FC_j : i seferinde tüketilen j yakıtı kütlesini;
- CF_j : j yakıtı için CO₂ kütle çevrim faktörü cinsinden yakıtın ağırlığını;

Tablo 5: Yakıt tipleri ve C_F değerleri (Kaynak: IMO, 2009c)

Yakıt Tipi	Referans	Karbon İçeriği	C_F (t-CO ₂ /t-Fuel)
Dizel/Gas Oil	ISO 8217 Grades DMX- DMC	0,875	3.206000
LFO	ISO 8217 Grades RMA- RMD	0,86	3.151040
HFO	ISO 8217 Grades RME-RMK	0,85	3.114400
LPG	Propan	0,819	3.000000
	Bütan	0,827	3.030000
LNG		0,75	2.750000

- m_{cargo} : taşınan yük miktarını,
- D_i : deniz mili olarak mesafeyi gösterir.

Bu formül kuruyük gemileri, tankerler, konteynır gemileri, vs. gibi bir çok gemi tipi için kullanılabilir. Formül yukarıda da belirtilen açılıma paralel şekilde belirli bir periyottaki sefer süresince tüketilen yakıt sonucu oluşan CO₂ kütlesini gösterir. EEOI birimi taşınan yük miktarına bağlıdır; örneğin ton CO₂/(ton*deniz mili), ton CO₂/ (TEU*deniz mili), ton CO₂/ (kişi sayısı*deniz mili) vs. gibidir.

EEOI'ya ek olarak, bir gemi ya da şirket için yararlı ve uygun olacaksa diğer ölçüm araçları da kullanılabilir. Diğer izleme araçlarının kullanıldığı durumlarda, izleme aracının ve yönteminin konsepti planlama safhasında belirlenebilir.

EEOI'nın hesaplanması ve verimliliğin tahmini için gemi kayıt defterlerinde toplanan veriler çok önemlidir. Bu bilgi ana makine, yardımcı makine ve kazan yakıt tüketim miktarlarını da içerir. Örnek bir EEOI raporlaması aşağıdaki gibidir;

Tablo 6: EEOI raporlama sayfası örneği, (Kaynak: IMO, 2009c)

GEMİ ADI VE TİPİ						
Sefer veya Gün	Ton cinsinden limanda ve denizde yakıt tüketim değerleri				Sefer veya zaman periyodu	
	HFO	LFO	Yakıt Tipi	Yakıt Tipi	Yük (ton ve ünite)	Mesafe (mil)
1	20	5			25.000	300
2	20	5			0	300
3	50	10			25.000	750
4	10	3			15.000	150

Ana makine, yardımcı makine ve kazan kaynaklı her türlü yakıt için tüketim miktarı gemi personeli tarafından gemi kayıt defterlerine günlük olarak düzenli bir şekilde işlenmelidir. Her yakıt tipinin EEOI formül hesabında kendine özgü katsayısı vardır. Yük, toplam dedveyti (DWT) hem yüklü hem de balast kondisyonları için belirtir. Böylelikle EEOI, balast durumu içinde fikirler oluşmasına olanak sağlar. Mesafe, yükleme limanından varış limanına kadar olan yolun deniz mili olarak ifadesidir. Bu rapor şirketlerin kara personeli tarafından gemiden günlük gelen raporlar doğrultusunda hazırlanmalıdır.

4.4. Uluslararası Enerji Verimliliği Belgesi (IEEC)

15 Temmuz 2011 tarihinde MEPC.203 (62) ile kabul edilen MARPOL EK VI Bölüm IV gerekliliklerine uygunluk için, 400 GT üzeri uluslararası sefer yapan gemilerde MARPOL EK VI Bölüm II Kural 5'e göre yapılan sörvey neticesinde uygunluk sağlandığı takdirde uluslararası enerji verimliliği belgesi alınması zorunlu hale getirilmiştir.

IACS tarafından yayımlanan birleştirilmiş tavsiye kararına göre (UI-MPC102) IEEC hem mevcut hem de yeni gemiler için zorunlu hale getirilmiştir. Mevcut gemiler için 1 Ocak 2013 tarihinden sonraki IAPP belgesine konu ilk ara veya yenileme sörveyinde (hangisi önce ise) yalnızca SEEMP'in MARPOL EK VI Bölüm II Kural 5.4.4 gereğince doğrulanmasından sonra, IEEC yayımlanacaktır. Yeni gemilerde ise geminin EEDI değerinin hesaplandığı ve gemide gemiye özgü SEEMP bulunduğu doğrulanmasına yönelik başlangıç sörveyi gerçekleştirilip uygun bulunduğu takdirde IEEC yayımlanacaktır.

Sörvey, İdare'nin kendisi veya gerekli kurallara uygun olarak yetkilendirdiği bir kuruluş tarafından yapılabilir ve IEEC aynı birim tarafından yayımlanır. IEEC gemi servis ömrü boyunca geçerlidir. Ancak geminin servisten alınması veya gemide büyük ölçekli bir değişim olması durumunda, ayrıca geminin bayrağını değiştirdiği durumlarda sertifika geçerliliğini kaybeder.

IEEC, sertifikanın kendisi ve ekinden oluşur. Sertifika bölümünde; gemiye ait bilgiler, sertifikanın verilmesine esas sörveyin yapıldığı yer ve tarih bilgileri yer alırken, ek bölümünde; gemiye ait temel bilgiler, sevk sistemiyle ilgili bilgiler, ulaşılan ve gerekli EEDI'ya ait bilgiler ve veriler, uygun SEEMP'in gemide bulunduğu dair kısım, EEDI teknik dosyasına ait bir bölüm ile onay yeri ve tarihine dair bilgiler mevcuttur.

4.5. Enerji Verimliliği İndikatörleri

Gemilerin enerji verimliliğini arttırmanın bir çok yolu vardır fakat şirketler öncelikle gemilerinin performansları için enerji indikatörlerini belirlemelidirler. Bu çalışmada standardizasyon önemli bir yere sahip olmasına rağmen gemi enerji verimliliği performans indikatörü için standart tanımlamalar mevcut değildir. EEDI ve EEOI standart gemi enerji verimliliği Anahtar Performans İndikatörü (API) için temel kaynak oluşturmalıdır. Enerji verimliliği için API tanımını oluşturan temel; ne verdiğimiz / ne aldığımız diğer bir deyişle yakıt girdisi / taşıma işidir. Yakıt girdisi tanımlaması farklı gemi tipleri için benzerlik gösterse de taşıma işi gemi tipine göre farklılık gösterebilir (örn: konteyner gemisi için taşıdıkları

konteyner sayısı, feribot ve Ro-ro gemisi için taşıdıkları araç sayısı gibi). Bu tanıma uyabilecek gemiler için muhtemel enerji verimliliği API'leri aşağıda belirtildiği gibi olabilir;

- Tüketilen yakıt / bir deniz mili boyunca taşınan kargo tonu [$\text{kg}/(\text{t} \cdot \text{nm})$]
- Tüketilen yakıt / her belirli sefer için taşınan kargo tonu [$\text{kg}/(\text{t} \cdot \text{sefer})$]
- Tüketilen yakıt enerjisi / bir deniz mili boyunca taşınan kargo tonu [$\text{MJ}/(\text{t} \cdot \text{nm})$]

Kullanılacak gemi performans indikatörlerine karar verilmesinden sonra şirketler, kendi verimliliklerini denetlemeye ve potansiyel indikatör düşürme değerlendirmelerine istekli bir yaklaşım sergilemelidirler. İndikatör düşürme potansiyeli bir çok farklı yolla sağlanabilir. Bunlardan birkaçını; geliştirilmiş sefer planlaması, hava durumuna göre rota belirleme, tam zamanında ulaşım, hız optimizasyonu, tekne bakımı, tahrik sistemi bakımı şeklinde sıralayabiliriz.

V. GEMİLERDE ENERJİ VERİMLİLİĞİNİ ETKİLEYEN ANA FAKTÖRLER

5.1. Rüzgar Direnci

Daha önceki bölümlerde belirtildiği gibi gemi performansı birçok farklı çevresel faktörden etkilenir. Bu etkiler, üzerlerinde değişiklik yapılmamış verilerin toplanması ve analiz edilmesiyle ölçülebilir hale getiriliyor. Dalga, rüzgar ve tekne yüzey kirliliği şüphe yok ki gemi performansını etkileyen en önemli faktörlerdir. İlk önce varsayımlar kabul edilerek temel seviyede hesaplar yapılır, daha sonra düzeltme faktörleri öngörülen metotlara eklenir. Sisteme dahil edilen rüzgar faktörü, dalga ve tekne yüzey kirliliğine göre ölçülebilirlik anlamında daha kolaydır. Bu değer direnci etkileyen diğer faktörlere göre daha az çeşitlilik gösterir. Bu sebepten ötürü rüzgar direncinin en doğru hesaplanabilen direnç parametresi olduğu söylenebilir.

Rüzgar estiğinde gemi ana gövdesi su üstü kısmının ve üst yapıların direnci, rüzgarın doğrultusuna ve hızına bağlı olarak değişim gösterir. Bu nedenle rüzgarlı hava koşullarındaki bir geminin hava direnci, hem sakin hava direncini hem de rüzgar direncini içermektedir. Ayrıca rüzgarın neden olduğu dalgalar da ek bir direnç oluşturur. Geminin su üstü bölümüne etkileyen rüzgar kuvveti; geminin hızını değiştirir, geminin meyil ve/veya az da olsa trim yapmasına neden olabilir ve eğer dümenle müdahale edilmezse geminin rotasını da değiştirir. Söz konusu rüzgar kuvveti gerçekte sürekli olmayıp, çoğunlukla kesiklidir ve şiddeti de bir dalgalanma gösterir (Url-2).

Rüzgar etkisi değer olarak sistem içerisinde ölçülebilir ve bu değer Reynolds Sayısı kullanılarak ifade edilebilir. Gemi operasyonları boyunca elde edilen ölçümler yaklaşık bir değere ulaşmamıza yardımcı olabilir. Tüm sistemi kapsayan Reynolds eşitliğini kullanarak

ölçek modellenmesi yapılabilir (Blendermann, 1990). Bu nedenlerden ötürü, rüzgar gücü ve rüzgar etkileri boyutsuz formda ifade edilir. Rüzgarın geliş açısı, rüzgar bileşenlerini belirlerken önemli bir yere sahiptir. Bu açı gemi seyir yönüne ve rüzgar hızına bağlı olarak değişkenlikler gösterebilir.

Rüzgar kuvvetinin ön hesaplaması, geminin çalışacağı bölgelerin önceden belirlenmesi koşulu ile gemi yapısı modellenerek yapılabilir. Rüzgar tünelleri modellenmenin yapılabilmesi için çok uygun bir metottur ve bu yolla gemi üzerinde oluşabilecek rüzgar gücü hesaplanabilir. Rüzgar tüneli testleri rüzgar etkisini belirlemede çok iyi bir seçenek olmasına rağmen bu testlerin yüksek masraflara neden olması sebebiyle her gemiye uygulanabilmesi günümüz koşullarında imkansızdır. Bu sebepten ötürü, rüzgar gücünü tahmin etmek için birçok sayısal metot geliştirilmiştir (Haddara, 1999).

Bütün bu çalışmalar gemi operasyonları boyunca değişik hava koşulları için bir yaklaşım olmasına rağmen gerçek durumu tam anlamıyla yansıtamazlar. Nümerik hesaplar için ilk önce Beaufort Rüzgar Skalası bilinmeli ve rüzgar güçleri ayrıştırılmalıdır.

Tablo 7: Beaufort Rüzgar Skalası (Kaynak: Url-3)

Sayı	Açıklama	Knot	m/s
0	Sakin	1	0.3
1	Esinti	1-3	0.3-1.5
2	Hafif Rüzgar	4 -6	1.6 -3.3
3	Tatlı Rüzgar	7 -10	3.4 -5.4
4	Orta Rüzgar	11 -16	5.5 -7.9
5	Sert Rüzgar	17 -21	8.0 -10.7
6	Kuvvetli Rüzgar	22 -27	10.8- 13.8
7	Fırtınamsı Rüzgar	28 -33	13.9- 17.1
8	Fırtına	34 -40	17.2 -20.7
9	Kuvvetli Fırtına	41 -47	20.8 -24.4
10	Tam Fırtına	48-55	24.5 -28.4
11	Çok Şiddetli Fırtına	56 -63	28.5- 32.6
12	Harikeyn (Orkan)	64 ve üstü	32.7 ve üstü

Beaufort Rüzgar Skalasından rüzgar tipinin belirlenmesinden sonra, ikinci aşama olarak rüzgar yönü etkisinin belirlenmesi gelir. Rüzgar yönünün belirlenmesi kadar rüzgar yoğunluğunun da bilinmesi önemlidir. Hava sürüklenmesi belirlenmesinde rüzgar yönü tespiti olmazsa olmazlardandır. Gemiler rüzgar gücünün ve yönünün belirlenmesi amacıyla anemometreler ile donatılırlar.

Rüzgar direncinin hesaplanmasında bir çok farklı yöntem vardır. Bütün bu yöntemlerin oluşmasında rüzgar tünel testleri temel alınır. Rüzgar direnci aşağıda belirtilen formülle hesaplanabilir;

$$R_{\text{rüzgar}} = 0.5 * \rho * V_{\text{rüzgar}}^2 C_{\text{rüzgar}} (A_T \cos^2\theta + A_L \sin^2\theta) \quad (5.1)$$

Burada;

ρ : Hava yoğunluğu (1.223 kg/m³)

V: Rüzgar hızı (m/s)

$C_{\text{rüzgar}}$: Rüzgar gücü katsayısı (genellikle rüzgar tünel testleriyle belirlenir ve 0.6-1.3 arasında değişir)

A_T : Geminin su üstü enine iz düşüm alanı (m²)

A_L : Geminin su üstü boyuna iz düşüm alanı (m²)

θ : Rüzgar geliş açısını göstermektedir.

Rüzgar gücü sabiti rüzgar yönüne bağlı olarak değişkenlik gösterir. Rüzgarın doğrultusu geminin hareket doğrultusundan bağımsız olup; 0° baştan, 180° kıça kadar herhangi bir doğrultuda olabilir. Geminin rüzgarı tam kıçtan alması durumunda; rüzgar kuvveti, direnci azaltıcı bir şekilde etki ederek gemi sevkine yardımcı olur. Geminin rüzgarı tam baştan alması durumunda ise rüzgar gemi üzerinde oluşan direnci arttırarak ekonomik bir sefer yapılmamasına neden olur.

Bu tez çalışmasında, baş ve kıç taraftan alınan rüzgarlar ayrıştırılarak rüzgarın etkileri analiz edilmeye çalışıldı. Gemiye rotasından çıkarabilecek tipte rüzgarlar (gemi boyuna eksenine dik olarak gelen) ölçülemez değerler göstermesi dolayısıyla analiz ve hesaplara katılmamıştır.

5.2. Dalga Direnci

Gemi etrafındaki pozitif basınç bölgeleri su seviyesini yukarıya doğru iter, negatif basınç bölgeleri de aşağıya doğru çeker. Yerçekimi etkisi ile bu durum dalga tepesi ve dalga çukuru şeklinde oluşur ve devam eder.

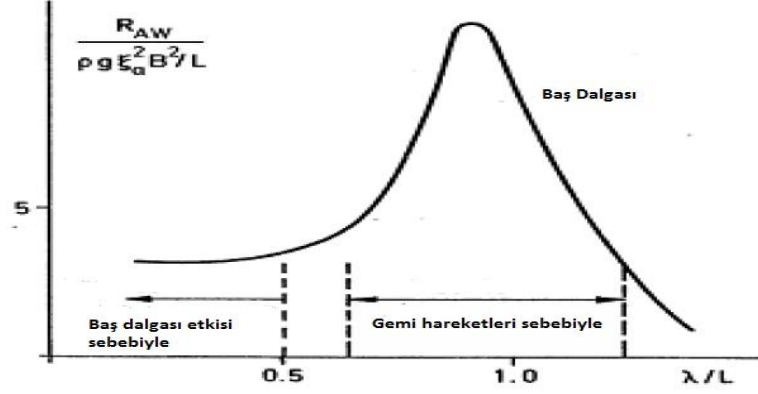
Gemiye etki eden dalga direncinin belirlenmesi dirence etki eden diğer faktörlere oranla daha kompleks bir yapıya sahiptir. Bu komplekslik sevk veriminin düşmesi ve dalga direncindeki artıştan kaynaklanmaktadır. Bu faktörlerin, dalga yüksekliği ve açısı gibi dalga karakteristiklerinden de etkilendikleri gözlemlenmiştir.

Direnç baş taraftan gelen kısa dalgalar (dalga boyu/gemi boyu < 0.5) nedeniyle artış gösterebilir. Bu artışın seviyesi dalga boyunun fonksiyonlarına bağlı olarak çeşitlilik gösterebilir. Gemi hareketleri dalga boyunun yükselmesiyle artar ve bu durum gemi boyu dalga boyuna eşit olduğu anda gemi yapısının yük altında içe ve dışa bükülmesi sebebiyle maksimum seviyeye ulaşır. Dalganın gemi hareket yönü doğrultusunda gelmesi durumunda ise ekstra bir itme gücü oluşturarak gemi sevkine yardımcı olur. Aşağıda Tablo 8'de gösterilen Douglas Deniz Durumu Skalası dalga çeşitlerini gösterir.

Tablo 8: Douglas Deniz Durumu Skalası (Kaynak: Url-4)

Deniz Durumu	Dalga yüksekliği [ft]	Dalga Yüksekliği [m]	Ortalama Dalga Yüksekliği [m]
0	0.00	0.00	0.00
1	0-1	0.00-0.30	0.15
2	1-3	0.30-0.91	0.61
3	3-5	0.91-1.52	1.22
4	5-8	1.52-2.44	1.98
5	8-12	2.44-3.66	2.51
6	12-20	3.66-6.10	4.88
7	20-40	6.10-12.19	9.15
8	>40	>12.19	>12.19
9	---	---	---

Dalga direnci gemi hareketleri ve dalganın kendi etkisinden etkilenir. Baş dalgalarının oluşturduğu dalga direnci Şekil 3'te belirtildiği gibi gösterilebilir;



Şekil 3: Baş dalga etkileri ve gemi hareketleri sebebiyle dalga direnci değişimi (Kaynak: Faltinsen ve Minsaas, 2011)

Froude sayısının dalga direnci üzerinde önemli bir etkisi vardır. Dalga boyunun hesaplanmasında önemli bir yere sahiptir. Direnç aşağıda belirtildiği gibi gösterilebilir (Journee ve Miegers, 1980);

$$R_{AW} = 2 \int_0^{\infty} \frac{R_{aw}}{\zeta a^2} S_{\zeta} \omega d\omega \quad (5.2)$$

Burada;

R_{AW} = Düzensiz dalgalarda ortalama direncini,

R_{aw} = Düzenli dalgalarda direncini,

ζ_a = Düzenli dalga genişliğini,

$S_{\zeta}(\omega)$ = Dalga spektral değerini,

ω = Dairesel dalga frekansını gösterir.

Gemi hareketleri sadece güç gereksinimini etkilemez sevk sisteminin verimliliğini de etkiler. Sevk sistemini yakından etkileyen baş-kıç vurma durumu önemli gemi hareketlerinden biridir. Pervanenin su seviyesinin dışına çıkması gibi aşırı gemi hareketleri

itme katsayısı (t) değerinde önemli düşüşlere neden olur. Bu tip durumlarda gemi verimliliği düşer ve gemi sevki için gerekli güç miktarı artar.

5.3. Tekne ve Pervane Yüzey Kirliliği

Gemilerde enerji verimliliğini arttırma yöntemlerinden bir tanesi de gemi servis halinde iken toplam direncinin düşürülerek sevk veriminin artırılmasıdır. Geminin toplam direncine etki eden çeşitli parametreler vardır. Bunlardan bir tanesi de tekne ve pervane yüzey kirliliğidir.

Tekne yüzey kirliliğinin geminin performansı üzerinde negatif bir etki yarattığı ilk denizcilik faaliyetlerinden itibaren bilinen bir gerçektir. Gemi yüzeyi; yüzeye sürülen boyalar, çevresel etkiler, dış kaplama saclarının korozyona uğraması, servis halinde iken su altında yaşayan yosun, midye gibi canlıların teknenin suyla temas eden kısımlarına yapışması (biyolojik kirlenme) gibi nedenlerle değişik şekil ve derecelerde pürüzlendir. Bu pürüzlülüğün zamanla geminin servis hızında düşüşe, gemi direncinde ve yakıt tüketiminde artışa neden olduğu bilinmektedir (Usta, 2012).

Tekne pürüzlülüğündeki artış, gemi izinde farklılık yaratacak, bu gemi izinde çalışan pervane, artan gemi direncini yenebilmek için daha fazla itme gücüne ihtiyaç duyacaktır. Pürüzlülük pervane için de benzer bir etki yapmaktadır. Pervane yüzey pürüzlülüğü arttıkça, pervane kanatlarının karşılaştığı direnç de artmaktadır. Pervane yüzey pürüzlülüğüne kavitasyon, erozyon ve biyolojik kirlenme sebep olmaktadır. Pervane yüzey pürüzlülüğündeki artış, pervane açık su verimini düşürdüğü için geminin sevk verimini de azaltmaktadır ve geminin enerji verimliliğini oldukça düşürmektedir (Usta, 2012).

5.3.1. Pürüzlülük/Kirlilik Oluşma Nedenleri ve Koruyucu Önlemler

Tekne ve pervane yüzeyinde pürüzlülüğün oluşmasının pek çok nedeni vardır. Yeni gemiler için bile kaçınılmaz olan yüzey pürüzlülüğü; korozyon, kirlenme (fouling) ve

mekanik hasar arttıkça artış gösterir. Eğer kirlenme ara havuzlama periyodunda (interdocking period) veya öncesinde kontrol edilebilirse, bir çeşit enerji kaybı olarak ihmal edilebilir boyutta kalabilir (Ünsalan, 1992).

Daha öncede bahsedildiği gibi pürüzlülük gemi performansı üzerinde olumsuz etkilere neden olması sebebiyle şirketlerin çok dikkat ettiği bir konudur. Yakıt tüketimini arttırması, daha fazla karbon emisyonuna sebep olması ve operasyon masraflarını önemli ölçüde arttırmasından ötürü tekne yüzey pürüzlülüğünün formasyonunu, süresini ve parametreleri belirlemek çok önemlidir. Mikro boyuttaki canlıların tekne yüzeyi üzerinde oluşturduğu kompozit kat pürüzlülüğünün en önemli nedenidir.

Çamur, deniz kabukluları ve bitkiler literatürde tekne yüzey kirliliklerinin temel nedeni olarak bahsedilir. Bu aşındırıcı materyal/canlılar gemi pervanesinin özellikle keskin parçalarının yüzeylerinde görülebilir. Gemi operasyon masrafları, hız ve performans değerleri özellikle gemi pervanesi üzerinde biriken bu kirlilik sebebiyle olumsuz etkilenir. Oluşan bu formasyon zaman geçtikçe artarak daha çok yakıt tüketimine neden olur.

Gemi tekne yüzeyini korozyondan korumanın bir çok yöntemi vardır. Yüzey koruyucu boyaları (anti-fouling boyalar) bunların başında gelir. Bu boyaların yüzeye uygulanış yöntemi de tekne yüzey pürüzlülüğünü dolayısıyla korozyonu direk etkileyen etkenlerden biridir. Tekne yüzeyi aşınma önleyici boya uygulamasından önce temizlenmeli ve iyice kurutulmalıdır. Tekne yüzeyi katodik oksit olması sebebiyle korozyon oluşumuna müsaittir. Yüzey oyuklarının boya kaplamasından önce mutlaka grit, asit veya alev ile işleme tabi tutulması gereklidir. Çeliğin bu işlemlerden önce atmosfere maruz bırakılması ayrıca önemlidir. Buna rağmen atmosfere maruz bırakma uzun zaman aldığı için çok tercih edilmeyen bir yöntemdir.

Kirlilik formasyonunun değişkenlik göstermesine sebep olan bakterilerin coğrafik konuma göre deniz suyunun karakteristiklerine bağlı olduğu mutlaka dikkate alınması gerekenler arasındadır.

Antifouling boyaların çeşidine, kullanımına ve tekne yüzeyine uygulama metoduna ne kadar dikkat edilse de tekne yüzey kirliliğinin tamamen engellenmesi olanaksızdır. Bu sebepten ötürü gemi işleten şirketler gemilerinin tekne ve pervane yüzey temizliğine mutlaka dikkat etmelidirler. Bu temizlik günümüz teknolojisinde gemileri havuzlamadan da gemi su üstünde iken etkin bir biçimde yapılabilmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken durum, gemilerinden maksimum verimi alabilmek için en doğru bakım zamanının belirlenmesi ve belirlenen aralıkta gerekli temizlik işlemlerinin yapılmasıdır.

5.3.2. Antifouling Boya Türleri ve Kirliliğe Etkileri

Daha evvelki bölümlerde de belirtildiği üzere kirlenme problemini kontrol edebilmek için teknenin su ile temas eden kısımlarına antifouling boyalar uygulanmaktadır. Bu boyaların pek çoğu zehirli atıklar içerdiğinden insan, deniz canlıları, deniz ve çevre için son derece zararlıdır. Bu nedenle antifouling boyalar bir takım yasalar ile sınırlandırılmıştır.

Antifouling boyalar sadece kirliliği dolayısıyla pürüzlülüğü önlemekle kalmaz, yüzey dokusunu da güçlendirirler. 4000'den fazla deniz kirliliği türü olduğundan antifouling boyalar tekne yüzeyini canlılardan korumak için çok geniş bir aktivite spektrumuna sahip olmalıdırlar. Anti-fouling boyalar arasında; kendi kendini temizleyen kopolimerler, bakır içerikli antifouling boyalar, fouling salımlı antifouling boyalar, tributilin (TBT) içermeyen SPC boyalar, tributilin içermeyen kendisini temizleyen hibrit boyalar sıralanabilir (Url-5).

5.3.3. Pürüzlülük Sebebiyle Oluşan İlave Gemi Direnci Hesaplama Formülleri

Townsin tarafından gemi performansı pürüzlülük faktörünü ve $R_t(50)$ olarak sembolize edilen ilgili parametreleri hesaplamak için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. $R_t(50)$, pürüzlülüğün en uç nokta ve en alt katman arasındaki mesafenin 50 mm olduğunun göstergesidir.

Townsin'ın standart pürüzlülük ölçme metoduna göre, Tekne Pürüzlülük Analizörü (AHR) adı verilen ölçme yöntemi kullanılmalıdır. Bu metodu kullanmak için korelasyon değeri belirlenmelidir. Bu araç yalnızca pürüzlülüğü ölçmek için korelasyon katsayısının belirlenmesiyle kullanılabilir. Korelasyon, hız dağılımı ve yüzey mesafesi arasında eşitlik bağlantısıdır. Bu eşitlikte; u hız dağılımını gösteren parametredir ve y yüzey mesafesini gösteren parametredir. Basit denklem (5.3) aşağıda belirtildiği gibi yazılabilir (Townsin, 2003);

$$u / u_{\tau} = (1 / \kappa) \ln (y u_{\tau} / \nu) + B_0 \quad (5.3)$$

κ = Von Karman sabiti

B_0 = Pürüzsüz duvar akışkan katsayısı

u_{τ} = Sürtünme hızı

Kırılma basıncı (τ_0) ve akışkan yoğunluğu (ρ) kullanılabilir;

$$u_{\tau} = (\tau_0 / \rho)^{0.5} \quad (5.4)$$

Bu eşitlik temel olarak pürüzsüz yüzeylerdeki uç katmanlar için çeşitli ölçümler için uygundur ve kullanılabilir. Bu eşitlik uç katman pürüzlülüğünün olduğu durumlarda kullanılamaz. Bu durumlarda, eşitliği tamamlamak için pürüzlülük faktörü ($-\Delta u / u_{\tau}$) kullanılmalıdır. Doğru sonuçları elde etmek için hem pürüzlülük faktörü hem de istatistiksel araştırmalar hesaplamalara dahil edilmelidir. İstatistiksel araştırmalar ile pürüzlülük fonksiyonları arasında olan korelasyon değeri bu hesaplama için belirlenmelidir. Bu iki değer arasındaki korelasyon sayısı "h" ile sembolize edilir. Bu değer spektral döngülere bağlı eşitlikle belirlenir. Aşağıdaki eşitlik (5.5) kullanılır;

$$h = (\alpha * m_0 * m_2)^{1/2} \quad (5.5)$$

m_0 ve m_2 yüzey pürüzlülük dağılımından rastgele alınan spektral döngülerdir, α ile gösterilen parametre değeri dalga yüksekliğini sembolize eder. Pürüzlülüğün istatistiksel modeli okyanus dalgalarında spektral dalga yüksekliğinin gösterimine benzerdir.

Daha sonraki çalışmaların sonucunda, R_t (50) değerinin 230 μm küçük olması durumunda $h = R_t$ (50) kabul edildiği görülür. Ortalama Tekne Pürüzlülüğünü (AHR)

hesaplama olasılığı bu kabul edilebilir değerle elde edilebilir. Bu durumda, pürüzlülükten kaynaklı ek direnç AHR cinsinden aşağıdaki formülle (5.6) ifade edilir;

$$1000 \Delta C_F = 44 [(AHR / L)^{1/3} - 10 R_n^{-1/3}] + 0.125 \quad (5.6)$$

Ek direnç katsayısı aşağıdaki formülle (5.7) hesaplanır;

$$\Delta C_F = \Delta R / 0.5 * \rho * S * V^2 \quad (5.7)$$

Bu denklemde; ΔR ek sürtünme direncini ve ρ akış yoğunluğu gösterir. Diğer semboller aşağıdaki gibidir;

L: Gemi Boyu

R_n : Gemi Reynold sayısını

V:Hız

S: Gemi ıslak alanı

5.4. Farklı Hava ve Deniz Koşullarında Hız Kayıpları ve Güç Gereksinimi Artışı

Değişik dalga ve rüzgar şartlarında oluşabilecek güç artışlarının hesabını yapmak kolay bir uğraşı değildir. Birçok parametreye bağlı kompleks operasyonel verilerin kullanılmasını gerektirir. Bu sebepten ötürü dalga ve rüzgar faktörlerinin tüm operasyonel veriler olduğu kabul edilerek bu faktörler birleştirilmelidir. Gemi hız kaybı hesabı da diğer birçok parametreye bağlıdır. Bütün bu hesaplamalar aşağıda da belirtilen birçok nedenden ötürü yapılmalıdır (Townsin ve Kwon, 1982);

- Gemi operasyon datalarının analizi
- Gemi güç sınırının doğru hesaplanması
- Ekonomik yakıt tüketimi için optimum servis süratinin bulunması
- Gemi performans değerlendirmesi

Gemi performans analizleri, gemi operatörlerine optimum gemi hızının bulmasında ve yakıt tüketimi stratejisi oluşturma konularında önemli olanaklar sağlar. Ayrıca, şirketlere

maliyeti düşük gemi operasyonları gerçekleştirmesinde yardımcı olur. Önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi, dalgaların gemi gücü üzerindeki etkilerini izlemek zor olmasına rağmen rüzgar için durum böyle değildir. Verimlilikle ilgili konularda hesaplamaların yapılarak en uygun çözümlerin bulunabilmesi için bilgisayar bazlı metotlar da kullanılabilir. Bu duruma paralel olarak son yıllarda birçok bilgisayar programı da geliştirilmiştir. "Aertssen Formülü" olarak adlandırılan ve aşağıda da gösterilen formül temel alınarak bu kapsamda bir çok çalışma gerçekleştirilmiştir (Townsin ve Kwon, 1982).

$$\frac{\Delta V}{V} * \%100 = \frac{m}{L_{pp}} + n \quad (5.8)$$

m ve n değerleri gemi tipinden bağımsız olarak ve Beaufort sayısına bağlı olarak değişkenlik gösterir. Tablo 9, m ve n değerlerini farklı Beaufort sayıları için göstermektedir (Molland, A. v.d., 2011);

Tablo 9: Farklı Beaufort sayılarında m ve n için Aertssen değerleri (Kaynak: Molland, A. v.d., 2011)

BN	Baş taraftan		Pruvadan		Bordadan		Arkadan	
	m	n	m	n	m	n	m	n
5	900	2	700	2	350	1	100	0
6	1300	6	1000	5	500	3	200	1
7	2100	11	1400	8	700	5	400	2
8	3600	18	2300	12	1000	7	700	3

Baştan (kafadan) gelen deniz durumu: Baş taraftan 30°'ye kadar olan açılar

Pruvadan gelen deniz durumu: Baş taraftan 30°-60° arası açılar

Bordadan gelen deniz durumu: Baş taraftan 60°-150° arası açılar

Arkadan gelen deniz durum: Baş taraftan 150°-180° arası açılar

Aertssen formülü sadece gemi boyuna ve Aertssen sayılarına bağlıdır. Bu nedenden ötürü Townsin, baş taraftan gelen deniz durumu için yüklü tankerlerin deplasmanlarını kullanarak basit bir formül geliştirdi. Bu formül Beaufort sayısına bağlıdır. Buna rağmen, tahmin edildiği gibi bu basit formül fırtınalı deniz koşulları için geçerliliğini kaybedebilir.

Kwon; blok katsayısını, hızı, deplasmanı, Beaufort sayılarını ve doğrultuyu kullanarak hava koşulları nedeniyle oluşacak gemi hız kayıplarını hesaplanması amaçlı bir formül geliştirmiştir. Bu formül bize gemi hız kaybının yüzdesini verir;

$$(\Delta V/V_1) 100\% = C_\beta C_U C_{Form} \quad (5.9)$$

Buradan, $\Delta V=V_1-V_2$ bağlantısını kullanarak, seçilen hava koşullarında ki gemi hızına aşağıda belirtildiği gibi ulaşılabilir.

$$V_2 = V_1 - ((\%100\Delta V/V_1) / (\%100))V_1 = V_1 - ((C_\beta C_U C_{Form}) / (\%100)) V_1 \quad (5.10)$$

Burada;

V_1 : Sakin deniz koşullarında gemi dizayn hızını (m/s);

V_2 : Seçilen hava durumunda ki gemi hızını (m/s);

$\Delta V=V_1-V_2$: Hız farkını (m/s);

C_β : Yön azaltma katsayısını (Havanın geliş açısına, Beaufort sayısına bağlıdır. Birimi yoktur.)

C_U : Hız azaltma katsayısını (Gemi blok katsayısına C_B , yükleme kondisyonuna ve Froude sayısına bağlıdır. Birimi yoktur)

C_{Form} : Gemi formu katsayısını (Gemi tipine, Beaufort sayısına BN (Bft) ve gemi deplasmanına ∇ bağlıdır. Birimi yoktur.)

$F_n = V_1 / (L_{pp}g)^{1/2}$: Gemi dizaynı ile ilgili Froude sayısını; L_{pp} kaide hatları arasındaki boyu gösterir (m); g yer çekimi ivmesini gösterir (m/s^2)

Bu mesele üstüne diğer bir çok çalışma olmasına rağmen, 7 Beaufort skalası üzerindeki durumlarda pervanenin su üstüne çıkabilmesi olasılığı sebebiyle hız kayıpları oluşabilmektedir. Bu sebepten ötürü, 6 Beaufort hava skalasının üzerinde ki durumlarda hesaplamalar doğru sonuç vermeyebilir (Kwon, 2008).

VI. OPERASYONEL ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN GERÇEK GEMİ VERİLERİ İLE ANALİZİ

6.1. Analizde Uygulanacak Yöntem

Çalışmanın bu bölümünün temel amacı, bakım ve çevresel faktörlerin gemi enerji verimliliği üzerindeki etkilerinin gerçek operasyonel verilerin kullanılmasıyla araştırılmasıdır. Bu itibarla, çeşitli parametrelerin gemi enerji verimliliği üzerinde etkilerinin belirlenebilmesi ve bunların gemi yakıt tüketimini nasıl etkilediğini ve dalgalanmalara neden olduğunu anlayabilmek için gerçek gemilere ait verilere ihtiyaç vardır. Başlangıç olarak, gemi işletmeciliği yapan ve halihazırda faaliyetlerini sürdüren bir şirketten veriler toplanmıştır ve gemi yakıt tüketimi etkilerini değerlendirmek için elde edilen verilerden hangilerinin kullanılacağı değerlendirilmiştir. Daha sonra, çeşitli bakım işlerinin ve çevresel etkilerin gemi operasyonları üzerindeki etkisi gerçek veriler kullanarak belirlenmiştir. Son olarak; yeni formüller oluşturularak çeşitli parametreler ile gemi performansı ve hızı arasında ilişki kurulmuştur.

Çalışmanın başlangıç aşaması "Günlük Rapor" olarak ta adlandırılan gemi operasyonuna ilişkin verilerin toplanmasıdır. Şirketten toplamda dört gemiye ait 2012 ve 2013 yıllarını kapsayan veriler alınarak bu çalışmada kullanılmıştır. Bu günlük rapor içerisinde gerçek gemi verilerini barındırır ve gemi personeli tarafından kayıt altına alınır, şirket personeli tarafından toplanır. Gemilerin günlük raporu aşağıda belirtilen bilgileri içerir;

- | | |
|-------------------|-----------------------|
| - Telgraf tarihi | - Sırdaki liman |
| - Liman ismi | - Sırdaki liman ETA |
| - Boylam derecesi | - Limana kalan mesafe |

- Boylam saniyesi
- Boylam kuzey güney
- Boylam doğu batı
- Gemide kalan dizel oil miktarı
- Makine devri
- Rüzgar yönü
- Rüzgar gücü
- Deniz yönü
- Deniz gücü
- Gemide kalan fuel oil miktarı
- Enlem derecesi
- Ortalama hız
- Ana makine yakıt tüketimi
- Dizel oil tüketimi
- Kazan yakıt tüketimi
- Balast bayrağı
- Yardımcı makina yakıt tüketimi
- Liman günleri

Verilerin raporlanması farklı koşullarda gemi operasyonlarındaki değişikliğin gözlemlenebilmesi için çok önemlidir. Günlük rapor, farklı ortalama hızlarda ve farklı çevresel koşullarda gerçek yakıt tüketim verilerini sağlayan tek göstergedir. Günlük rapor ayrıca, günlük operasyonu veya geminin seyir ömrünü değerlendirebilmemizi sağlayan önemli bir araçtır. Bu sebepten ötürü gemi personeli verilerin daha bilinçli, doğru ve dikkatli kayıt altına alınmasına yönelik bir eğitim almak zorundadır. Bu tez çalışmasında, verilerin toplanmasında insan kaynaklı hatalar göz ardı edilmiştir ve bütün verilerin dikkatli bir biçimde kayıt altına alındığı farz edilmiştir.

Bu bölümde, gemi operasyonlarını etkileyecek temel parametreler tanımlanarak, gemilerin enerji verimliliği üzerindeki etkilerine ışık tutabilmek için çeşitli değişkenler ile yakıt tüketimi arasında bağlantı kurulacaktır. Gemilerden elde edilen bütün veriler EEOI hesabı ve deniz mili başına ana makine fuel oil tüketimini hesaplamak maksatlı formüller oluşturmak için kullanılacaktır. Bu çalışmadaki veriler ile oluşturulacak formüller "En Küçük Kareler Yöntemi"ni kullanarak yapılmıştır.

En küçük kareler yöntemi, birbirine bağlı olarak değişen iki fiziksel büyüklük arasındaki matematiksel bağlantıyı, mümkün olduğunca gerçeğe uygun bir denklem olarak yazmak için kullanılan, standart bir regresyon yöntemidir. Bir başka deyişle bu yöntem,

ölçüm sonucu elde edilmiş veri noktalarına "mümkün olduğu kadar yakın" geçecek bir fonksiyon eğrisi bulmaya yarar.

Bu çalışmada dört gemiye ait veriler, EEOI ve deniz mili başına tüketilen yakıt değerlerini çıkarmak ve formül oluşturmak için kullanılacaktır. Kullanılan veri girdileri zamanın yanında dalga ve rüzgar kuvveti gibi gemi hızı ve yakıt tüketimini etkileyecek parametrelerdir. Sadece belirli tipteki gemilere ait veriler kullanıldığından bu durum bazı kısıtlamalar oluşturmaktadır. Örneğin, formüller blok katsayısı (C_b) 0,656-0,701 arasında ki gemilerden toplandığından sadece bu blok katsayısı aralığındaki gemiler için geçerlidir.

Bu çalışmada, EEOI ve deniz mili başına ana makine yakıt tüketimi temel anahtar performans göstergeleridir (KPI) ve gemilerin enerji verimliliği performanslarını göstermek için kullanılır. EEOI'nın operasyonel gösterge seçilmesinin nedeni, IMO tarafından gemi sahiplerini ve şirketleri performans göstergesi olarak kullanmalarını teşvik etmek için geliştirilmesidir. Diğer bir neden ise, EEOI'nın ana makine ve yardımcı makine ağır fuel oil ve dizel oil tüketim miktarları, taşınan yük miktarı ve sefer mesafesi gibi daha doğru performans değerlendirmeleri yapılmasına ortam hazırlayacak parametreleri formül yapısı içinde barındırmasıdır. Ancak bu çalışmada yardımcı makinelere ait yakıt tüketim değerleri sağlanamadığı için bu değerler EEOI hesaplarına katılmamıştır. IMO, şirketleri ve armatörleri kendi enerji verimliliği göstergelerini oluşturmak ve kullanmakta serbest bırakmıştır. Bu çalışmada ki gemi verilerinin toplandığı şirket EEOI'yı filosundaki gemilerin verimliliklerini karşılaştırabilmek için performans göstergesi olarak kullanmasına rağmen deniz mili başına ana makine yakıt tüketim miktarının (T/NM) da performans göstergesi olarak kullanılması gerektiğini belirtmiştir. Bu nedenlerden ötürü, bu iki gösterge gemilerin operasyonel performans değerlendirmelerini çeşitlendirebilmek için kullanılmıştır.

Çalışmadaki tüm performans incelemeleri seçilen gemilerin konteyner gemileri olması sebebiyle gemilerin sadece yüklü olduğu durum için yapılmıştır. Seçili gemilerin düzenli hatlarda çalışması ve çok sayıda limana uğramaları sebebiyle taşıdıkları yük miktarı kısa zaman aralıklarında değişkenlik göstermektedir. Gemiler arasında karşılaştırmanın en

doğru şekilde yapılabilmesi için verilerin gemiler benzer yük durumlarında yüklü iken seçilmesine dikkat edilmiştir. Dört gemiye ait veriler incelendiğinde ortak en çok verinin gemiler yaklaşık 16000 ton yük ile yüklü olduğu durumlarda mevcut olduğu görüldü. Bu nedenle, yük parametresinin hesaba katıldığı analizlerde veriler her durumda gemilerin 16000 (± 3) ton yük ile yüklü olduğu durumlardan alındı. Yüklü kondisyon durumunun seçilmesindeki diğer bir neden ise, gemilerin yüksüz olduğu durumlarda düşük hızlı seyir yapılması veya şirketin tercih etmesi durumunda geminin laid-up pozisyonunda kalması gibi yakıt tüketim değerlerinde dalgalanmalara neden olabilecek durumlardan kaçınmak için yüklü durumdaki gemi verilerinin seçilmesi gerekliliğidir.

Hangi verilerin kullanılacağıın belirlenmesinde ikinci kriter sakin deniz kondisyonunun belirlenmesidir. Bu itibarla, "Deniz Durumu 3" sakin deniz koşuluna en yakın koşul olması sebebiyle temel "Douglas Deniz Durumu Skalası" olarak seçilmiştir. Deniz durumu 3'ün seçilmesinin diğer bir nedeni ise toplanan verilerde Deniz Durumu 1 ve 2'ye oranla daha çok rastlanan durum olmasıdır. Deniz Durumu 1 ve 2 için değerlendirme yapmamıza olanak sağlayacak miktarda veri bulunmamaktadır. Deniz Durumu 4 ve 5, gemi operasyonlarında deniz durumu etkilerinin incelenmesinde karşılaştırmalar yapmamızı sağlayacak diğer deniz durumları olarak seçilmiştir.

Yakıt tüketimi açısından gemi hızı seçimi çok büyük önem teşkil eder. Gemi operasyonları sırasında yakıt tüketimindeki dalgalanmalara neden olabilecek en önemli etken gemi hızıdır. Bu sebeple, gemi operasyonlarında farklı hızların etkilerinin incelenmesini ilgilendiren kısımlar hariç, gemi hızı sabit olarak alınmıştır.

Yukarıda bahsedilen kriterlere göre analiz temel olarak 5 gruba bölünebilir;

- Deniz durumu 3'te farklı gemi hızları için zamana bağlı EEOI değişimleri,
- Farklı deniz durumları için zamana bağlı hız kayıpları,
- Tekne temizliğinin sabit hızda ve deniz durumu 3'te zamana bağlı olarak EEOI üzerinde etkileri,
- Dalga geliş yönü etkilerinin farklı gemi hızlarında deniz durumu 3'te Yakıt/Deniz Mil oranı üzerinde etkileri,

- Deniz durumu etkilerinin farklı hızlarda Yakıt/Deniz Mili oranı üzerinde etkileri.

Bahse konu verilerin analizi, tekne ve pervane kirliliğinin zamana bağlı olarak gemi operasyonları üzerindeki etkisinde fikir sahibi olmamızı sağlayacaktır. Ayrıca, deniz durumu ve yönünün gemilerin verimliliğini nasıl ve ne oranda değiştirdiğine ışık tutacaktır.

Bütün bu analizlerden sonra, seçilen dört gemiye ait veriler kullanılarak yeni formüller oluşturulup çevresel koşullar, gemi hızı, gemi verimliliği ve zaman arasındaki ilişki belirlenecektir. En küçük kareler yöntemi formüllerin oluşturulmasında kullanılacaktır. Bu formüller istenilen çevresel koşullarda bu gemilerin genel olarak eğilimlerini gösterecektir. Bu formüller ayrıca kötü hava koşullarında gemilerin nasıl reaksiyon vereceğini anlamamıza da yardımcı olacaktır. Formüller temel olarak değişik hızlar için EEOI değerlerini bulmada, T/NM değerlerini farklı rüzgar yönleri ve deniz durumları için bulmada ve farklı deniz durumlarında hız kayıplarını bulmada kullanılacaktır.

6.2. Analizde Kullanılan Gemilere Ait Bilgiler

Bu çalışmada operasyonel verimliliğin incelenmesi amaçlı şirketten dört gemiye ait günlük rapor formatında gerçek veriler alınmıştır. Seçilen bütün gemilerin cinsi tam konteynerdir ve ikili guruplar halinde kardeş gemi niteliklerine sahiptirler. Çalışmada gemiler A1'den A4'e kadar kodlama yapılarak isimlendirilmiştir. Gemilerin sahip olduğu temel nitelikler aşağıda tabloda belirtildiği gibidir.

Tablo 10: Gemi özellikleri

Gemi Adı	A1	A2	A3	A4
Tip	Konteyner	Konteyner	Konteyner	Konteyner
İnşa yılı	03/2011	10/2009	10/2009	07/2007
Tam Boy (m)	211	211	184	184
Genişlik (m)	30	30	25	25
Derinlik (m)	16	16	14	14
C_b	0,6565	0,6565	0,701	0,701
GT	26195	26195	17687	17687
NT	12947	12947	6711	6711
DWT	34943	34943	22016	22016
TEU	2478	2478	1604	1604
Ana Makina Gücü (kw)	21770	21770	13280	13280

Verilerden de anlaşıldığı gibi A1 ile A2 ve A3 ile A4 aralarında kardeş gemilerdir. Benzer gemilerin seçilmesiyle tutarlı sonuçların elde edilmesi planlanmıştır.

Şirketten alınan bilgiye göre dört gemide İspanya'nın ve Batı Afrika'nın çeşitli limanları arasında sadece konteyner taşımacılığına yönelik sefer yapmaktadır. Gemi rotalarındaki okyanus suyunun bazı karakteristikleri ölçülememektedir, dolayısı ile günlük raporlara eklenememiştir. Bu sebepten ötürü, bu karakteristik özelliklerin gemi kirliliği üzerindeki etkileri hesaba katılamamıştır. Okyanus suyunun hesaba katılmayan bu karakteristikleri sıcaklık, tuzluluk miktarı, suyun yoğunluğu ve deniz canlılarının çeşitliliğidir. Gemilerin genel olarak kullandıkları rota aşağıdaki Şekil 4'te mevcuttur.



Şekil 4: Gemilerin Rota Haritası

Verilerden elde edilen bütün bilgiler doğru olarak kabul edilmiştir. İnsan kaynaklı veya ekipman göstergesi kaynaklı olası hatalar gözden geçirilmiştir.

Bu tez çalışmasında, günlük raporlar ile temel olarak aşağıda belirtilen maddelerin izlenmesi amaçlanmıştır;

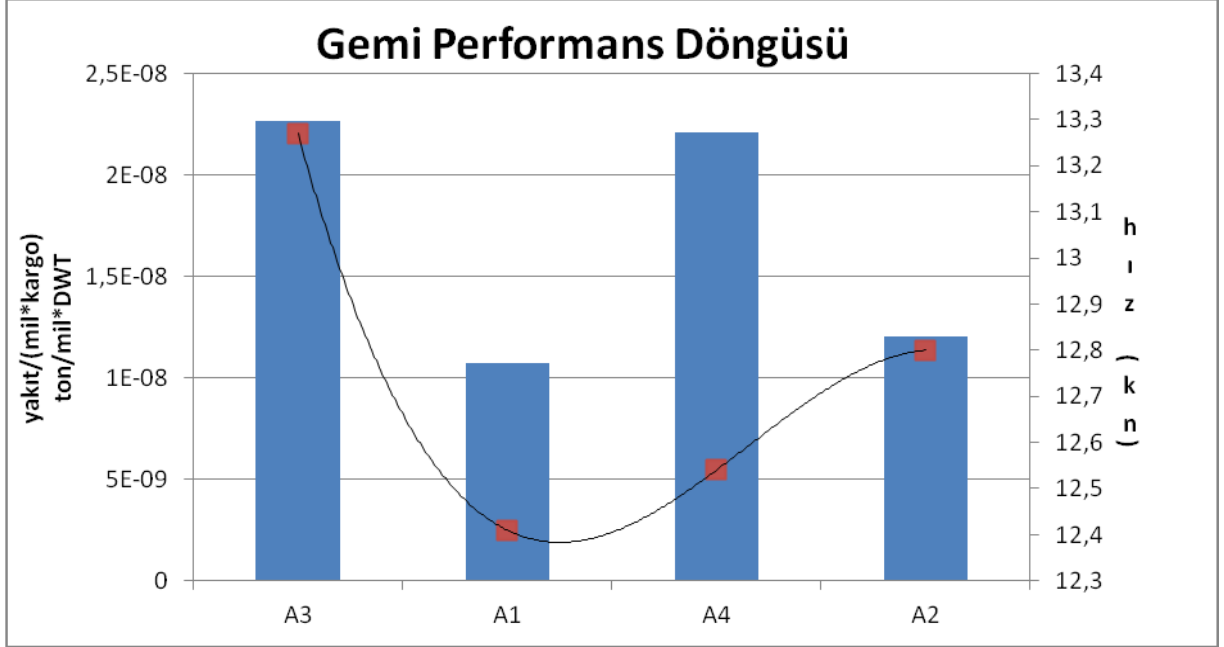
- Her bir geminin genel performansı
- Bakımın gemi performansı üzerinde etkisi
 - Tekne temizlik etkileri
 - Pervane temizlik etkileri
- Çevresel koşulların etkileri
 - Deniz durumunun gemi operasyonu üzerinde etkisi
 - Deniz yönünün etkileri
- Zaman içinde oluşan hız kayıpları

Gemi performansı hesabında doğru değerlendirmelerin yapılmasına mani olacak birçok operasyon kaynaklı engel bulunmaktadır. Gemilerin performansının karşılaştırılabilmesi için aynı veya benzer koşullar bulunmalıdır. Gemilerin operasyonları esnasında yakıt tüketimlerinde dalgalanmalara sebebiyet verecek birçok etken vardır. Bunlar arasında; her gün oluşabilecek farklı hava koşulları, hava yönü, gemi hızı, yük farklılıkları, tekne yüzey kirliliği, deplasman, trim ve sığ sular gibi bir çok sebep sayılabilir. Bu çalışmada birçok şart göz önüne alınarak ve kategorize edilmiştir. Örneğin, gemi operasyonu üzerinde deniz yönü etkilerinin değerlendirilebilmesi için aynı operasyona ait veriler kullanılmıştır. Nedeni ise geminin tekne yüzey pürüzlülüğünün veya deplasman kondisyonunun farklı operasyonlarda önemli değişiklikler gösterebilmesidir. Bahsedilenlere ek olarak, aynı gemi hızı ve aynı deniz durumu operasyon kaynaklı değişikliklerin engellenebilmesi için gruplara ayrılmıştır.

6.3. Gemilerin Genel Performansı

Gemi performansı analizinin ilk basamağı her geminin ana makine ağır fuel oil tüketiminin geminin bütün gerçek operasyon yıllarını kapsayacak şekilde hesaplanması ve her bir geminin ortalama hızının ortaya çıkarılmasıdır. Bu hesaplamalarda; yakıt tüketimi, deniz mili ve yük taşıma miktarı gemilerin 2012 ve 2013 yıllarını kapsayan seyir ömrü

performanslarının izlenmesinde kullanılmıştır. Gemilerin hem yüklü hem de balastlı durumları seyir ömrü performansı değerlendirmesinde dikkate alınmıştır.



Şekil 5: Gemilerin 2012-2013 yıllarına ait performans döngüsü

Şekil 5, yakıt tüketimi / mil*yük miktarı ve gemi hızı arasındaki ilişkiyi 2012 ve 2013 yılları için göstermektedir. Şekilden A3 gemisinin en yüksek hız ortalaması ve en yüksek yakıt tüketimi değerlerine sahip iken A1 gemisinin en düşük hız ortalaması ve en düşük yakıt tüketimi değerlerine sahip olduğu görülmektedir. A1 gemisi 12,41 knot hız ortalaması ve 0,00000001073 ton/mil*DWT yakıt tüketimi ortalaması ile en verimli gemi olarak görünmektedir. Açıkça anlaşılmaktadır ki hız ve yakıt tüketimi arasında güçlü bir bağlantı vardır. Hesaplamalarda bütün deniz durumlarında ki veriler ayırım yapılmaksızın kullanıldığından yakıt tüketimi üzerindeki deniz durumu çevresel etkileri hesaplamalarda ve grafiğin oluşturulmasında dikkate alınmamıştır. Bu bölümde oluşturulan grafik her bir geminin sadece genel durumunu çevresel koşulların yakıt tüketimi üzerindeki etkisini dikkate almadan göstermektedir. Sonraki bölümlerde bu etkilerde dikkate alınarak daha detaylı çalışmalar yapıp daha doğru sonuçlara ulaşılabilecektir.

6.4. Zaman İçinde Oluşan Kirliliğin Gemi Performansı Üzerinde Etkileri

6.4.1. Kirliliğin Temizlik Öncesinde EEOI ve Hız Üzerinde Etkileri

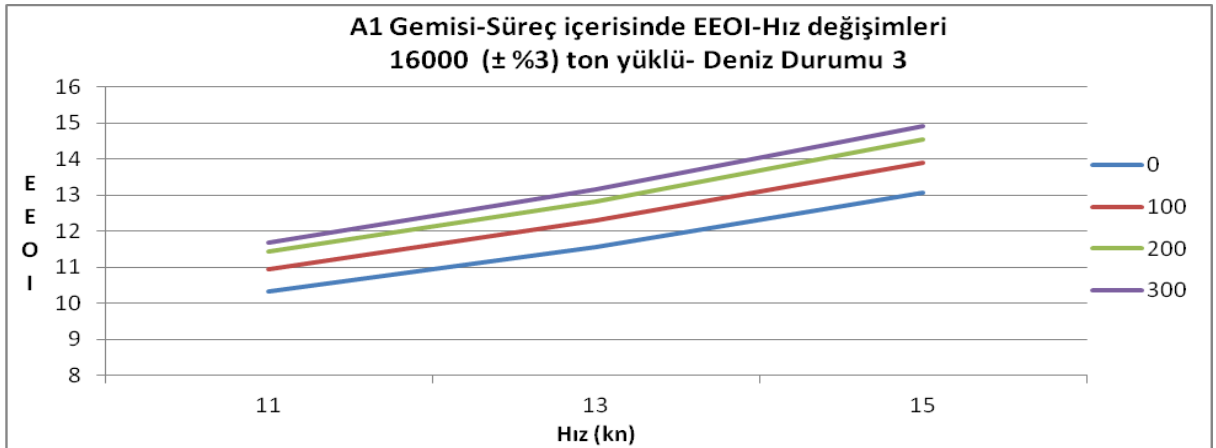
Tekne yüzey kondisyonun geliştirilmesine yönelik bir çok yeni teknolojik gelişme olmasına rağmen tekne ve pervane üzerinde oluşan kirlilik denizcilik endüstrisi için hala devam eden önemli bir problem olma özelliğini sürdürmektedir. Kirliliğin gemi performansı üzerinde önemli etkisinin olduğu şüphe olunmaz bir gerçektir. Deniz organizmalarının neden olduğu bu kirlilik zaman ve para kaybı anlamına da gelen hız kaybına neden olmaktadır. Bu sebeple, kirlenmenin doğasına anlamak ve yenilikçi çözümler getirmek çok önemli bir konudur.

Bu bölümde, değişik hız ve zaman dilimlerinde kirlenme sebebiyle oluşacak EEOI değişimlerinin toplanan verilerin analiziyle hesaplaması yapılacaktır. Zaman içerisinde kirliliğin artması beklenmekte ve bu durum geminin hız-güç arasındaki ilişkisinde değişikliklere yol açacağı düşünülmektedir. EEOI değerinin de zaman içinde kirliliğin artmasıyla yükselmesi beklenmektedir. Bunların bir diğer anlamı da geminin aynı hız değerine ulaşabilmesi için ana makinesine daha fazla yük bindirmesi gerektiğidir. Şekil 6-Şekil 9 her bir geminin 300 gün içerisinde her 100 gün için EEOI değişimlerini göstermektedir. Süreç seçiminde her bir geminin yakın bir zamanda temizlik işlemi görmesine dikkat edilmiştir. Periyodun 300 gün olarak seçilmesinin nedeni ise gemilerin temizlik faaliyetleri arasında geçen maksimum ortak zamanın 300 gün olmasıdır. İki tekne ve/veya pervane temizliği arasındaki periyodun seçilmesiyle zamanla değişen kirlilik durumunun gemilere ait EEOI değerleri üzerindeki etkisinin gözlemlenmesi hedeflenmiştir. Uygulama seçilen dört gemiye de yapılmıştır.

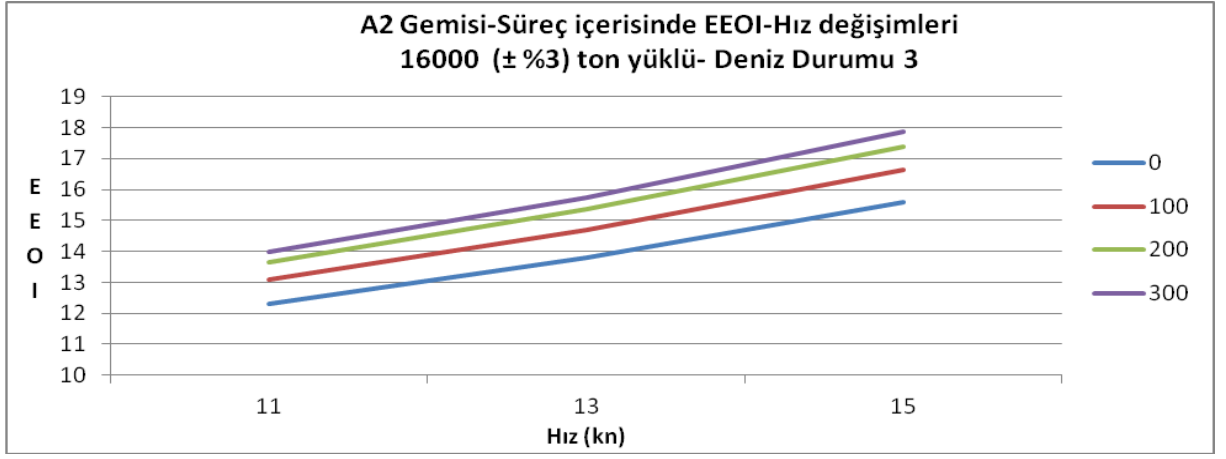
Şekil 6-Şekil 9'dan açıkça görülmüştür ki hızın artmasıyla EEOI değeri de bir artış göstermeye meyillidir. Hız aralığının 11 ile 15 knot arasında seçilmesi bu hız aralığında daha fazla verinin mevcut olmasındandır. Bütün veriler, sakin deniz koşullarını göstermesi ve kötü hava koşullarının EEOI üzerindeki olumsuz etkilerinden kaçınmak maksatlı deniz durumunun

3 olduğu durumlardan seçilmiştir. Aynı gün zarfında farklı hızların elde edilebilmesi için veriler ± 25 gün zaman toleransı içinden seçilmiştir. Örneğin, 100'üncü gün farklı EEOI değerleri ile farklı hızları göstermektedir. Verilerin bu aralığı 75'inci ve 125'inci günler arasındaki gemi günlük raporlarından alınan verileri de kapsamaktadır.

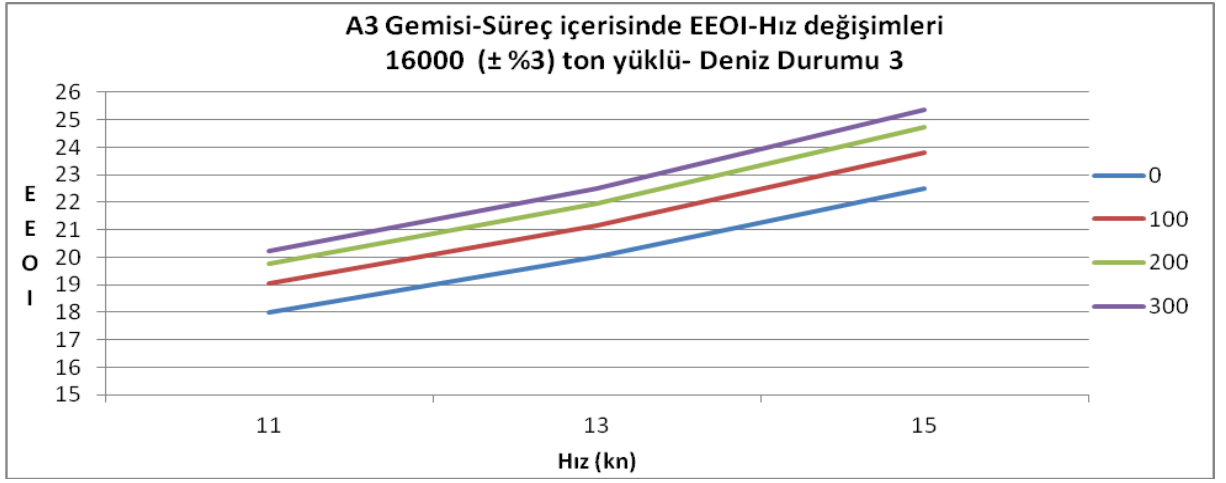
Şekiller aynı günler içerisinde hızın 11 knot'tan 15 knot'a çıktığında EEOI değerlerinde yaklaşık %24-28 arasında artış olduğuna işaret etmektedir. Bu EEOI artışının 13-15 knot arasındaki kısmının 11-13 knot arasındaki kısımdan bütün zaman dilimleri için ortalama %1 fazla olduğu görülmektedir. Bunlar EEOI formülünde, yakıt tüketimindeki artışın deniz mili mesafesindeki artıştan daha fazla olduğunun göstergesidir. Örneğin, gemi hızı iki katına çıktığında kat edilen mesafede iki katına çıkmaktadır. Fakat yakıt tüketimi iki kattan daha yüksek bir oranda artmaktadır. Bu sebepten dolayı bu çalışmada da gösterildiği üzere yüksek hızlı seyirlerde yavaş hızda seyirlere kıyasla EEOI değeri her zaman daha yüksektir. Bu durum, şirketlerin yavaş hızda seyir politikaları belirlemede ki en önemli nedenlerden biridir. Daha az yakıt tüketimi ile daha verimli seferler yapmalarına olanak sağlamaktadır.



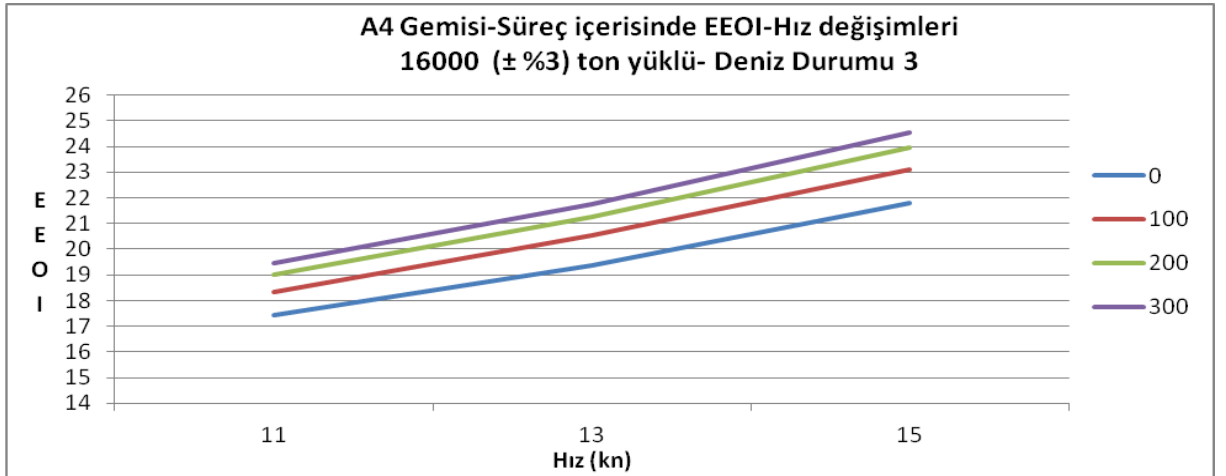
Şekil 6: Süreç içerisinde EEOI-Hız değişimleri (A1 gemisi)



Şekil 7: Süreç içerisinde EEOI-Hız değişimleri (A2 gemisi)



Şekil 8: Süreç içerisinde EEOI-Hız değişimleri (A3 gemisi)



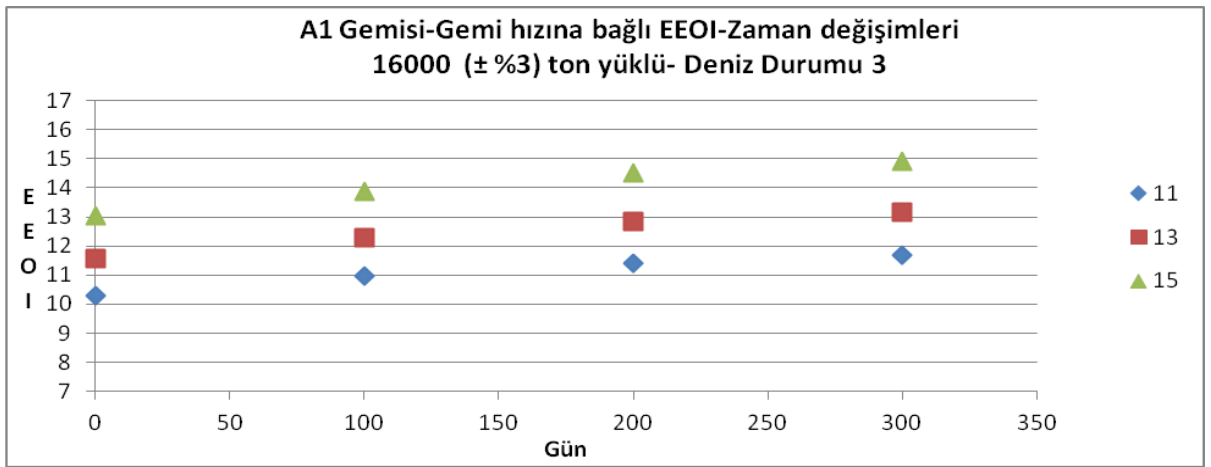
Şekil 9: Süreç içerisinde EEOI-Hız değişimleri (A4 gemisi)

Gemilerdeki kirlilik durumu günden güne artarak değişmekte ve oluşturduğu etki bir süre sonra azalmaya başlamaktadır. Bu durumun bütün gemiler için yaklaşık 200 günden sonra yaşanmaya başladığı görülmüştür. Bu durumun yaşamasının nedeni, kirliliğin süreç içerisinde aşırı yoğunlaşması sebebiyle organizmaların gemi yüzeyine yapışmaması ve gemi üzerindeki kirlilik oluşma hızının yavaşlamasıdır. Şekil 6-Şekil 9'dan ayrıca EEOI değerlerinin aynı hız oranında artmadığı görülmektedir. Örneğin, A2 gemisine ait EEOI değeri 15 knot hız değeri için 300 gün sonunda %14,61 ile en yüksek artış değerini göstermiştir. Bu artışın %11,53 lük artış ile en büyük kısmı ilk 200 günlük süreçte gerçekleşmiştir. Bu durum diğer üç gemi içinde benzerdir ve paragraf başında anlatılan etkiyi destekler niteliktedir. En düşük artış yüzdesi 11 knot hız için %11,53 ile A4 gemisine aittir. Bütün gemilerde görülmüştür ki 100 günlük periyotlar içerisinde hız arttıkça değişimdeki artış hızı da artmaktadır. Gemiler arasında farklı oranların oluşmasındaki etkenler arasında gemilerin limanda geçirdiği gün sayısı, varsa çalışmadan geçirdiği gün sayısı, yüzeye uygulanan boya tipi gibi bir çok neden gösterilebilir.

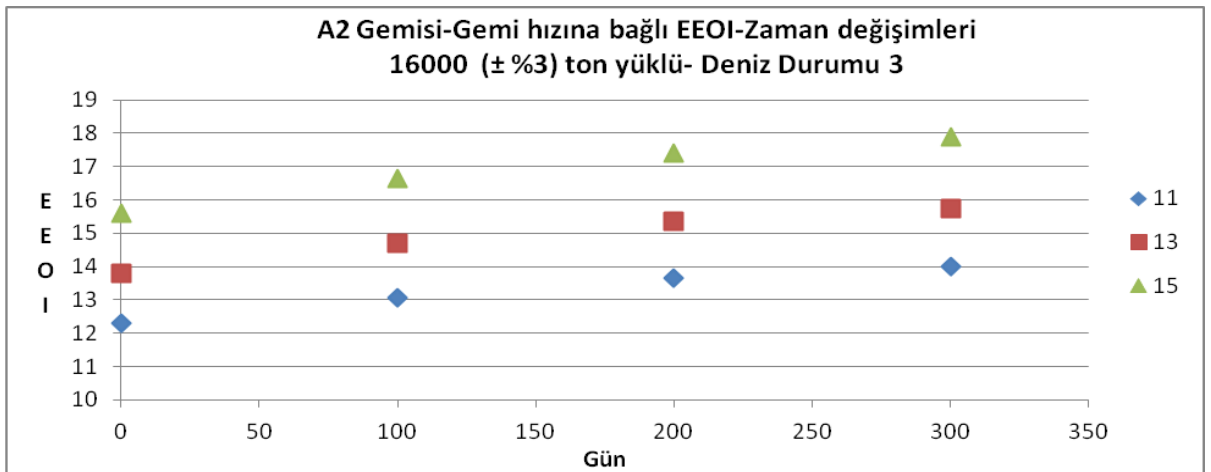
Farklı hızlardaki EEOI-Zaman değişimleri gemi operasyonlarının doğru olarak incelenebilmesi için tekne ve pervane temizliği yapılmadan önce incelenmelidir. Şekil 10-Şekil 13 EEOI açısından kirliliğin gemi hızı üzerinde yarattığı etkiyi günden güne göstermektedir. Formülasyon olarak EEOI'nın aynı hızda, yükte ve çevresel koşullarda aynı değeri vermesi beklenir. Fakat, deniz canlıları kaynaklı tekne yüzeyinde oluşan kirliliğin çoğalmasıyla gemi üzerinde oluşan direnç kuvveti artar ve gemi aynı hız performansını yakalayabilmek için daha fazla yakıt tüketmek zorunda kalır.

Aynı hız değerleri için EEOI değerleri 300 günlük süreçte %11,53-%14,61 arasında değişiklik göstermiştir. Şekil 10-Şekil 13 ± 25 gün toleransı içinde 11, 13 ve 15 knot hızları için EEOI-Zaman değişimini göstermektedir. Taşınan yük miktarının bütün gemiler için 16000 (± 3) ton seçilmesi ve hızlar belli olduğu için kat edilen mesafelerin de benzer olması sebebiyle EEOI farklılığını oluşturan temel neden yakıt tüketimindeki değişikliktir. Gemilerin aynı hız ve çevre kondisyonlarında aynı yakıt tüketim verilerini vermesi beklenmesine rağmen zaman içinde oluşan tekne ve pervane kirliliği sebebiyle yakıt tüketim değerleri artmaktadır.

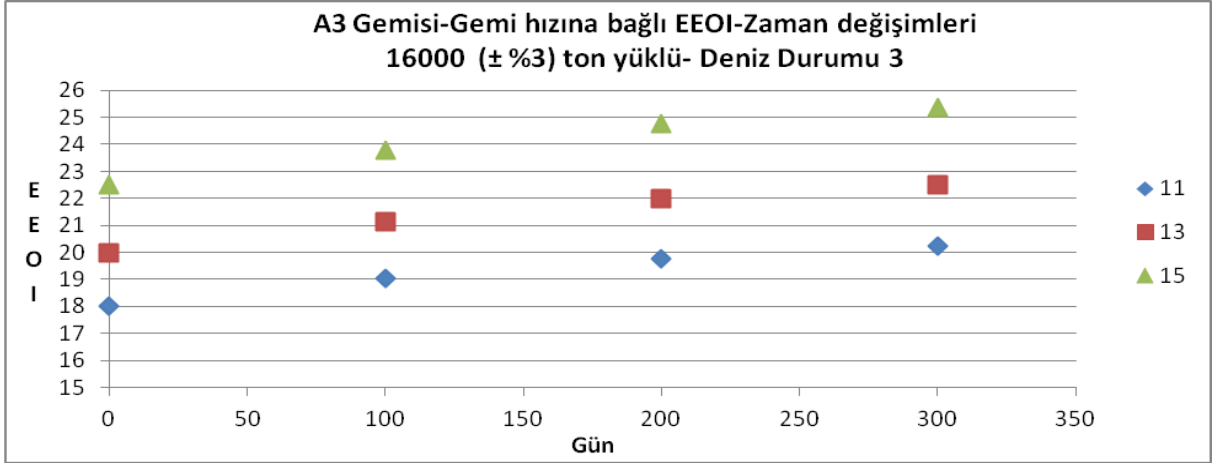
Tekne yüzey pürüzlülüğü arttıkça gemi direnci de artar ve ek güç gereksinimi oluşmasıyla aynı hızda yakıt tüketimde artış ortaya çıkar. Bu durum Şekil 10-Şekil 13'te açıkça görülmektedir. Grafikler, farklı hızlardaki EEOI değerindeki artış oranlarını göstermektedir. Artış oranlarındaki ve doğrulardaki benzerlik ayrıca dikkat çekicidir. Grafikler, EEOI değerinin yüksek hızlara oranla düşük hızlarda daha az olması sebebiyle yavaş hızda seyir yapmanın gemi operasyon verimliliği için bir avantaj teşkil ettiğini açıkça göstermektedir.



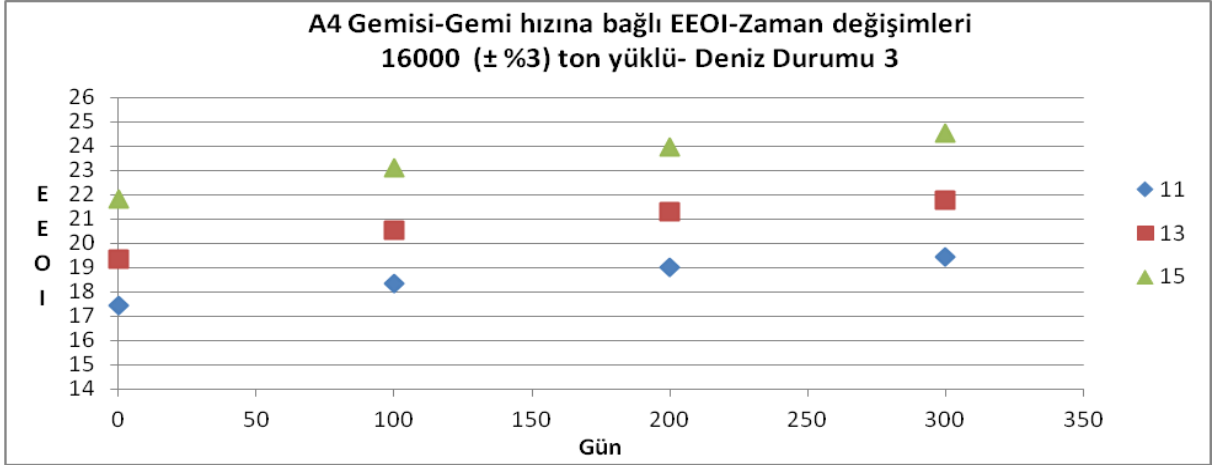
Şekil 10: Gemi hızına bağlı EEOI-Zaman değişimleri (A1 gemisi)



Şekil 11: Gemi hızına bağlı EEOI-Zaman değişimleri (A2 gemisi)



Şekil 12: Gemi hızına bağlı EEOI-Zaman değişimleri (A3 gemisi)



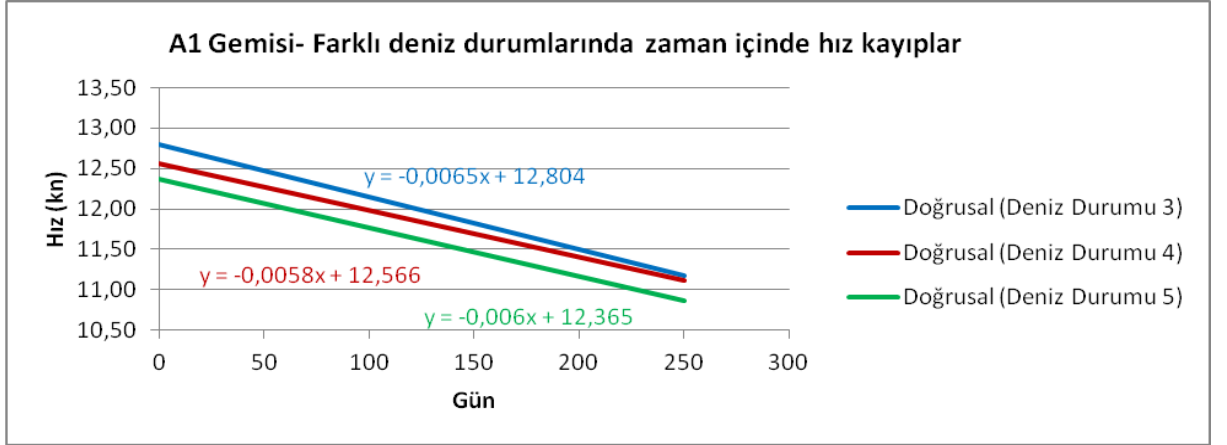
Şekil 13: Gemi hızına bağlı EEOI-Zaman değişimleri (A4 gemisi)

6.4.2 Farklı Deniz Durumlarında Hız Kayıplarının Zamanla Değişimi

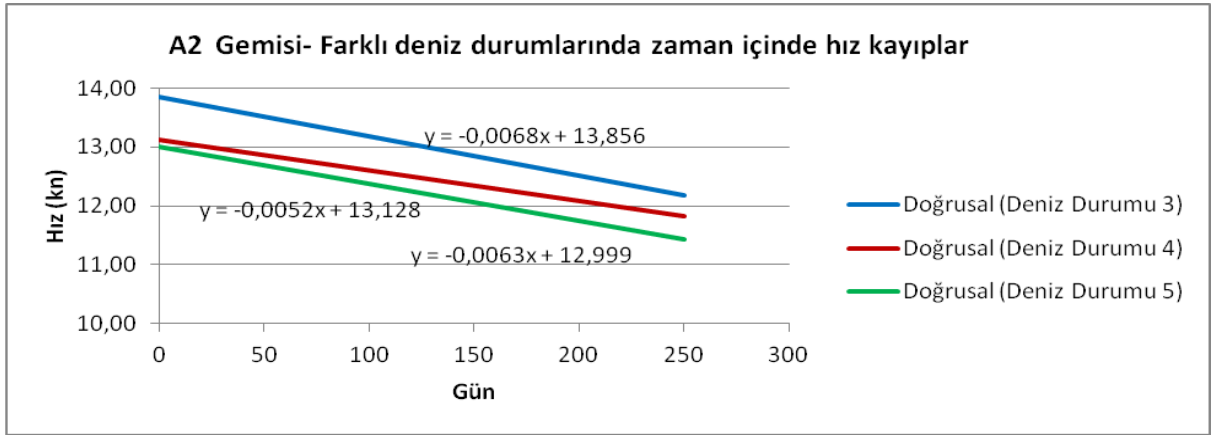
Geminin güç ve hız etkileşiminin tahmini gemilerin dizayn aşamasında deniz sınırlarının ön görülmesinde çok önemli bir yere sahiptir. Gemi hızı iki temel faktörden dolayı azaltılabilir; bunlar rüzgar, dalga, vb. kaynaklı direncin artmasıyla oluşabilecek hız azalışları ve daha az yakıt tüketimi amaçlı şirketler tarafından tercih edilen düşük hızda seyir politikası sonucu oluşan hız azalışları olarak sıralanabilir. Bu bölümde, gemi operasyon hızı üzerindeki çevresel ve zamansal etkilerin incelenebilmesi için ek direnç sebebiyle oluşan hız kayıpları incelenmiştir.

Bu bölümde, gemi hızları deniz durumu kuvvetlerine göre kategorize edilmiştir. Şekil 14-Şekil 17 gemilerin 250 günlük operasyon zamanı boyunca her 50 gün için farklı deniz durumlarında oluşan hız kayıplarını göstermektedir. Veriler ± 10 gün toleransı içinde seçilmiştir. Grafiklerden de görüldüğü gibi gemiler hızlarını ağır hava şartlarında düşürmektedir. Grafiklerde gösterilen hız her bir geminin ortalama hızını belirtilen deniz durumu ve zamanı için göstermektedir. Gemilerin hızlarını aynı gün içerisinde deniz durumunun 3'ten 5'e çıkması nedeniyle ortalama 0.65 knot değiştirmek zorunda kaldığı şekillerden anlaşılmaktadır. Önceki bölümdeki analize benzer şekilde süreç, iki tekne ve/veya pervane temizliği arasındaki periyot olarak seçilmiştir. Böylelikle, sadece zamanla değişen kirlilik durumunun ve farklı deniz durumlarının gemi hız değerleri üzerindeki etkilerinin gözlemlenmesi hedeflenmiştir.

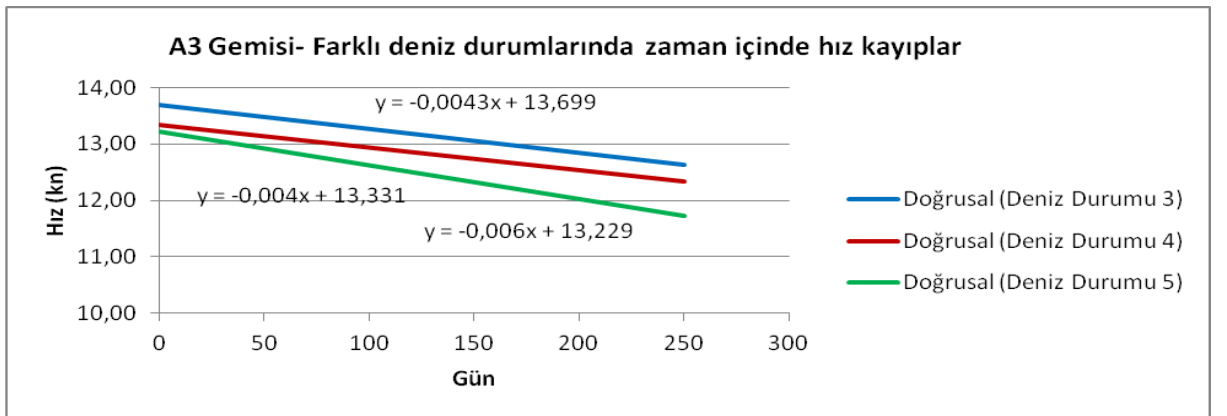
Şekil 14-Şekil 17 gemilerin zaman içinde değişen hız azalışlarını göstermektedir. 250 günlük süreç içerisinde gemiler hızlarını teknelerinde oluşan kirlilik yüzünden kaybetmektedir. Tekne üzerinde artan kirlilik ek direncin oluşumuna neden olur ve bu durum hız kaybıyla sonuçlanır. Grafiklerdeki formüller zaman ve hız arasındaki bağlantıyı verir. Örneğin, 12.804 knot A1 gemisi için deniz durumu 3'te $y = -0,0065x + 12,804$ formülüne göre maksimum hız miktarını verir. Formülde, ortalama hızın her gün için 0.0065 knot düşmesi beklenir. Bunun anlamı A1 gemisinin 100 gün sonunda Deniz Durumu 3'te toplam 0.65 knot hız kaybettiğidir. Grafiklerde gemi hızlarının operasyon periyotları içinde düşüş eğilimi gösterdiği gözlemlenmiştir. İncelemesi yapılan dört geminin 250 gün içinde bütün deniz durumlarını kapsayacak şekilde hız azalışlarının ortalama 1.37 knot olduğu görülmüştür.



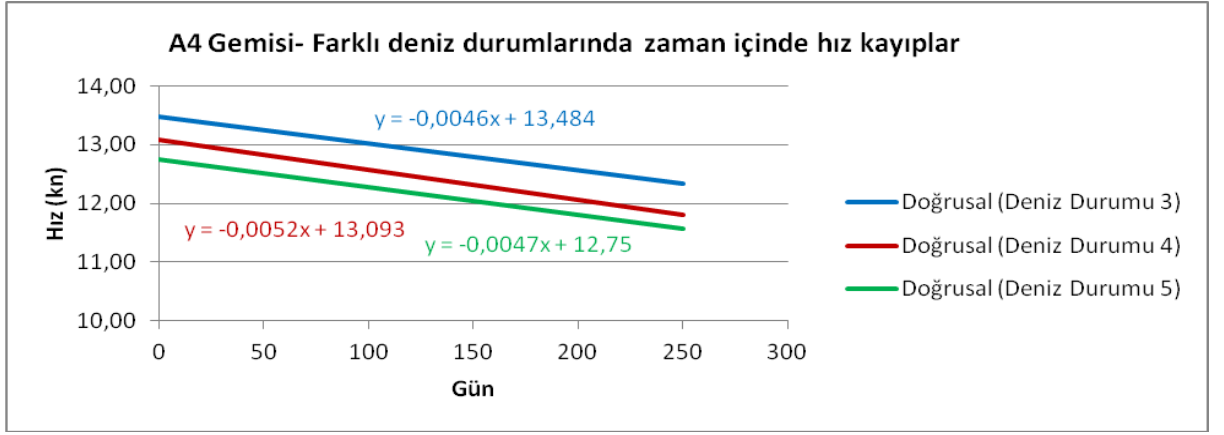
Şekil 14: Farklı deniz durumlarında zaman içinde hız kayıpları (A1 gemisi)



Şekil 15: Farklı deniz durumlarında zaman içinde hız kayıpları (A2 gemisi)



Şekil 16: Farklı deniz durumlarında zaman içinde hız kayıpları (A3 gemisi)



Şekil 17: Farklı deniz durumlarında zaman içinde hız kayıpları (A4 gemisi)

Şekillerde açıkça görülmektedir ki bütün gemiler kötü hava koşullarına maruz kaldıklarında ve zaman içerisinde kirliliğin artmasıyla hız kaybına uğramışlardır. Kardeş gemiler olan A1 ve A2 gemileri 250 günlük süreçte sırasıyla ortalama 1,50 ve 1,53 knot hız kaybına uğrarken A3 ve A4 kardeş gemileri sırasıyla ortalama 1,26 ve 1,21 knot hız kaybına uğramışlardır. Zaman içinde EEOI-Hız değişimlerinden elde edilen sonuçlara paralel bir şekilde ortalama en yüksek hız kaybı en yüksek EEOI değişim yüzdesine sahip A2 gemisinde ve ortalama en düşük hız kaybı en düşük EEOI değişim yüzdesine sahip A4 gemisinde olduğu görülmüştür. Bu durum zaman içerisinde gemide oluşan kirliliğin en büyük etkiyi A2 gemisi üzerinde ve en düşük etkiyi A4 gemisi üzerinde gösterdiğinin diğer bir ispatıdır.

Bu bölümde, hız-zaman-kirlilik arasındaki ilişki grafik ve formüllerle ifade edilmiştir. Temizlik bakımları ve çevresel koşullar gibi gemi operasyonlarını etkileyecek diğer etkenler ve özellikle dalga ve rüzgar kuvvetlerinin büyüklüğü ve yönü etkileri ileriki bölümlerde incelenmiştir.

6.5. Bakımın Gemi Operasyonu Üzerinde Etkileri

Tekne üzerinde oluşan kirlilik yüksek oranda direncin oluşmasına ve bu itibarla şirketlerin masraflarının artmasına neden olabilmektedir. Gemilerin yüzey kondisyonu çok

önemlidir ve şirketler bu kondisyonu iyileştirebilmek için çelik sac değişimi ve/veya anti-fouling boyaların kullanılması yollarını seçmektedir. Sualtı tekne temizliği ve pervane temizliği çok efektif bakım seçenekleridir ve tekne ve pervane kondisyonunu iyileştirerek gemiyi havuza çıkarmadan kirliliğin azaltılmasını sağlar. Bu bakım daha düşük yakıt tüketimi değerlerine ulaşılmasına ve operasyonel verimliliği arttırmaya zemin oluşturur.

Pervane temizliği ve tekne temizliği şirketler tarafından en çok tercih edilen bakım yöntemidir. Bu bakımlar geminin yakıt tüketim performansında önemli iyileşmeler sağlamakla birlikte geminin servis ömrünün uzatılmasına da önemli katkı sağlar. Gemilerde yakıt tüketiminin azaltılmasına yönelik kazanlar, yardımcı makineler, diğer sevk sistemi üniteleri gibi diğer makine ve ekipmanlara yapılacak olan bakımlar verimlilik artışı sağlasa da, sağlanan performans tekne ve pervane temizliğine oranla düşük seviyelerde kalır. Bu uygulamaların pahalı olması sebebiyle, elde edilen verim-maliyet skalası düşük seviyelerde kalmaktadır.

Denizde Can Emniyeti Uluslararası Sözleşmesi (SOLAS) Bölüm I Kural 10 gereği gemiler 5 yıllık periyot içinde en az iki dip sörveyi yaptırmak zorundadır ve iki dip sörveyi arası aralık 36 ayı geçemez. Yolcu gemilerinde bu durumun her sene tekrarlanması gerekir. Gemi tipine ve yaşına bağlı olarak ta başlangıç ve yenileme sörveyleri haricinde ki dip sörveyi havuzlama gerektirmeden kamera ile sualtı sörveyi ile geçiştirilebilirler. Şirketler özellikle bu sörvey periyotları esnasında da tekne ve pervane bakımlarını yaptırabilirler fakat 2.5 sene periyodu temizlik için uzun bir süreçtir ve gemiler mutlaka bu periyot öncesinde bakım temizliği faaliyetlerine tabi tutulmalıdırlar. Havuzlama masrafları şirketlere çok ciddi ekonomik maliyet getirdiklerinden, şirketler genellikle kamera ile sualtı sörveyini ve sualtı tekne ve pervane temizliğini tercih etmektedir.

Bu çalışmada şirketten toplanan dört gemiye ait verilerin incelenmesi neticesinde üç geminin tekne ve/veya pervane temizliği işlemine maruz kalması sebebiyle bu bölümde sadece bu üç gemi için analiz yapılmıştır. Şirketten elde edilen bilgilere göre gemiler üzerinde

yapılan tekne ve pervane temizlik ve bakım işlemlerine ilişkin detaylar Tablo 11'de gösterildiği gibidir.

Tablo11: Gemilere yapılan tekne ve pervane temizlik işlemleri

Gemi Adı	Tarih	Havuzda bakım uygulaması	Su altı tekne temizliği	Su altı pervane temizliği
A1	8 Haziran 2012	Hayır	Evet	Evet
	31 Mayıs 2013	Hayır	Evet	Hayır
A2	16 Ocak 2013	Hayır	Hayır	Evet
	15 Nisan 2013	Hayır	Evet	Evet
	30 Ağustos 2013	Hayır	Evet	Hayır
A4	07-16 Temmuz 2012	Evet	Hayır	Hayır

Gemi sualtı temizliği, temizlik yerlerine göre iki bölüme ayrılabilir; tekne yüzey temizliği ve pervane temizliği. Şirketler gemilerinin tekne yüzey ve pervane kondisyonlarına göre bunlardan sadece birini veya her ikisini aynı anda yaptırabilirler. Tablo 11'de görüldüğü gibi her iki durum içinde çeşitli temizlik bakım işlemleri yapılmıştır. Tablo 11'de, şirketin A4 gemisini 7-16 Temmuz 2012 tarihleri arasında special sörvey için havuza çektiği ve bakım işlemlerini gerçekleştirdiği görülmektedir. Şirketler, temizlik bölgesi ve yöntemine göre hangi bakımın gemilerinde verimliliği ve performansı ne kadar arttırdığını takip edebilirler ve tekne ve pervane temizliğinin aynı anda veya ayrı yapıldığı durumlarda birbirlerinin etkileşimlerini tespit edebilirler.

Bu bölümde yapılan çalışmalarda EEOI ve yakıt tüketim değeri değişimlerinin incelenmesinde uygun sonuçların elde edilebilmesi için temizliklerden önce ve sonra gemi hız değerleri sabit tutulmuştur. Her üç gemi içinde sabit hız değeri 13 knot seçilmiştir. Bu seçimler bütün gemiler için ± 0.3 knot tolerans aralığı içerisinde yapılmıştır.

6.5.1. Pervane Temizliğinin Etkileri

Bir geminin manevra hareketini sağlayan en önemli kısımlardan birisi pervanelerdir. Pervaneler buldukları gemi tiplerine ve büyüklüklerine göre; iki, üç, dört ve beş kanatlı

yapılabilirler. Günümüzde ticari maksat ile yapılmış olan gemilerde tek pervane sistemi benimsenirken, yüksek manevra gücü ve sürat gerektiren gemilerde pervane adetleri çoğaltılır.

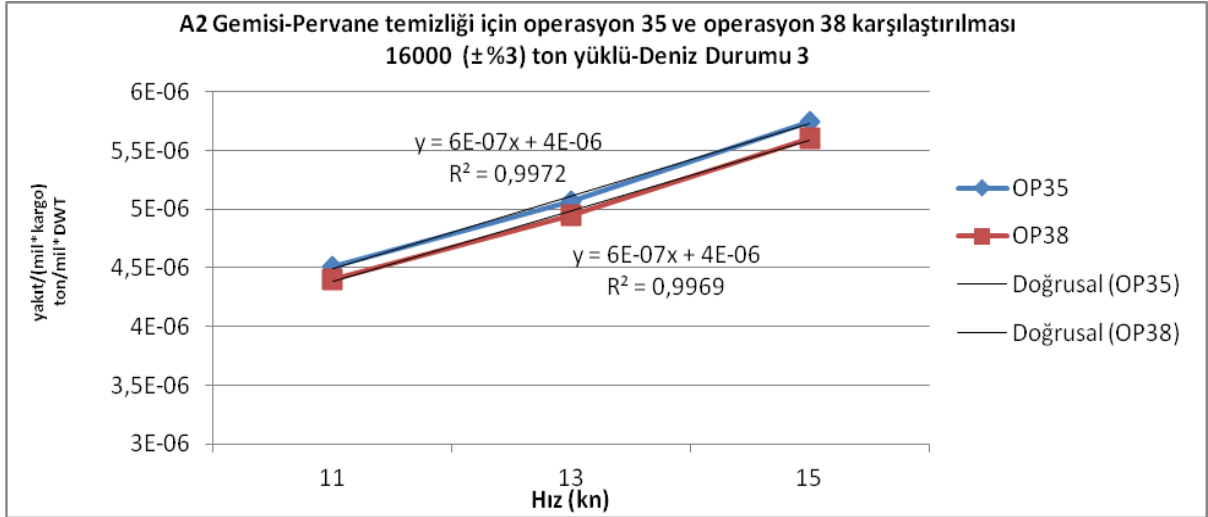
Pervane kanatları deniz organizmalarının birikimi sonucunda kirlenmeye maruz kalırlar ve bu kirlenme sebebiyle gemi hızında, yakıt tüketim verilerinde ve dolayısı ile gemi operasyonel verimliliğinde olumsuz etkilerin oluşmasına neden olmaktadır. Kirliliğin önlenmesine yönelik bazı koruyucu kimyasallar uygulanmasına rağmen bu kirliliği tam olarak engelleyememekte, çevreye karşı bazı olumsuz etkilerinin olmasından dolayı da kimyasalların kullanımı çok teşvik edilmemektedir. Bu sorunla başa çıkabilmenin başlıca yöntemi hız kayıpları, yakıt tüketimi artışı gibi gemi verilerini düzenli takip ederek belirlenen periyodik aralıklarla sualtı pervane temizliliğinin yapılmasıdır. Denizcilik şirketleri de çoğunlukla bu yolu seçmektedir.

Bu çalışmada seçilen dört gemi içerisinde üç tanesi pervane temizliğine tabi tutulmasına rağmen bunlardan sadece A2 gemisinde tekne temizliği uygulanmayarak sadece pervane temizliği yapılmıştır. Tekne temizliği etkilerinin ana makine yakıt tüketimi üzerindeki etkisinden kaçınmak için bu bölümde sadece pervane temizliği görmüş olan A2 gemisi için analiz yapılmıştır. Böylelikle sadece pervane temizliği etkisinin geminin yakıt tüketimi ve operasyonel verimliliği üzerinde oluşturduğu etki saptanabilmiştir.

A2 gemisi 16 Ocak 2013 tarihinde sadece sualtı pervane temizliği işlemine tabi tutulmuştur. Şirket tarafından verilen bilgiye göre temizlik işlemi pervanenin bütün kanatlarına uygulanmıştır. Bu sebeplerden ötürü, pervane temizliği öncesi ve sonrasındaki operasyonlar arasında yapılacak karşılaştırma sonucunda ortaya çıkacak yakıt tüketimindeki değişiklikler, sadece pervane temizliğinin yapılması sonucu ortaya çıkan değişiklikler olarak kabul edilecektir.

Pervane temizliği A2 gemisi için operasyon 35'ten sonra uygulanmasına rağmen karşılaştırma operasyon 38 ile yapılmıştır. Operasyon 36 ve 37 ile karşılaştırma

yapılamamasının nedeni bu dönemlerde kıyaslama yapılabilecek uygun gemi verilerinin bulunmamasıdır. Operasyon 35 ile 38 arasında 15 gün gibi kısa bir sürecin olması nedeniyle bu durum herhangi bir olumsuzluk yaratmamaktadır. A2 gemisi için pervane temizliği öncesi (op 35) ve sonrası (op 38) operasyonların karşılaştırmasını gösteren Şekil 18 aşağıdaki gibidir.



Şekil 18: Pervane temizliği etkileri için operasyonların karşılaştırılması (A2 gemisi)

Şekil 18 yakıt tüketim değişikliğini her deniz mili ve her yük tona göre farklı hızlarda göstermektedir. Bu grafikler hazırlanırken bahsedilen bu verilerden başka bir çok detaya dikkat edilmiştir. Operasyon seçimlerinde pervane temizliğinden hemen önceki ve hemen sonraki periyotlar seçilmiştir. Bu seçimle pervane temizliği ile elde edilecek en doğru değişiklik görülebilecektir. Ayrıca temizlikten hemen sonraki dönem seçilerek süreç içinde tekrar oluşacak kirliliğin etkileri minimize edilmektedir. En düşük deniz durumu seçimine dikkat edilmiştir. Böylelikle de kötü hava koşullarının etkileri minimize edilmeye çalışılmıştır. Deniz durumu 3 seçilmesinin nedeni en çok verinin bu durumdaki kondisyonda mevcut olmasındandır.

Hesaplamalarda, taşınan yük miktarının mevcut olması geminin farklı seferlerde farklı miktarlarda yük taşıyabilecek olmasındandır. Farklı yük miktarlarının olması geminin seyir kondisyonunu dolayısı ile verimlilik değerlerini etkiler. Çevre şartları, taşınan yük

miktarı gibi yakıt tüketimini etkileyebilecek her etken operasyonların karşılaştırılmasında bir birine benzer seçilmiştir.

Pervane temizliliğinin etkilerinin incelendiği bu bölümde A2 gemisi için operasyon 35 ve operasyon 38'den yukarıda bahsedilen şartlara uygun üçer gün seçilmiştir. Pervane temizliği ise bahse konu operasyonlar arasındaki süreçte A2 gemisi limanda iken yapılmıştır.

Grafikten de açık olarak görülmektedir ki geminin kat ettiği mesafe ve taşıdığı yük miktarı başına tükettiği yakıt miktarı pervane temizliğinden sonra gözle görülür bir azalım göstermektedir. Taşınan yükün miktarı ve kat edilen mesafe başına tüketilen yakıt miktarındaki düşüş A2 gemisi için %2,51'dir. Bahsedilen tüketim miktarı ana makina tarafından tüketilen heavy fuel oil'e aittir.

Grafik ayrıca geminin pervanesinin kirli olduğu kondisyonda geminin aynı hıza ulaşması için daha fazla güç tüketmesi gerektiğini göstermektedir. Örneğin A2 gemisi 13 knot hız için temizlik periyodundan önce (operasyon 35) 0.00000507 ton/nm x DWT yakıt tüketmek zorunda iken yine 13 knot hız için temizlik periyodundan sonra (operasyon 38) 0.00000494 ton/nm x DWT yakıt tüketmek zorundadır. Bu geminin pervanesinin kirli olduğu durumda 13 knot hızı sürdürebilmesi için %2,55 daha fazla yakıt ton/ nm x DWT tüketmesi gerektiğini göstermektedir.

6.5.2. Tekne Yüzey Temizliğinin Etkileri

Tekne yüzey kirliliği derecesinin yüksekliği yakıt tüketimi yönünden ciddi maliyetlerin oluşmasına neden olmaktadır. Özellikle günümüzdeki yakıt fiyatları göz önüne alındığında ihmal edilemeyecek kadar önemli bir konu olduğu görülmektedir.

Günümüz teknolojisinde üzerinde kirlilik oluşmasını tamamen engelleyecek tipte anti-fouling boyalar üretilmemektedir. Bazı boyalar aşırı kirlenmeye diğerlerinden daha dayanıklıdır, bazıları kirliliğin oluşumunu sağlayan mikro organizmaların yapışmasını daha da

zorlaştırır, bazısında oluşan kirliliğin temizlenmesi daha kolaydır ve bazısı gemi seyir halindeyken üstünde oluşan kirliliği denize döker. Fakat cinsi ne olursa olsun hiçbir boya kirliliği tamamen engelleyemez.

Oluşan kirliliği önlemenin tek yolu onu temizlemektir. Bu, kuru havuzlarda basınçlı yıkama sistemleriyle boyanın tipine bağlı olarak değişken sonuçlar göstererek yapılabilir. Ayrıca çeşitli sualtı yöntemlerin uygulanmasıyla da bu sorun çözümlenebilir. Sualtı yöntemlerinde bazısı diğerine göre daha efektiftir fakat pahalıdır, bazısı etkili sonuçlar çıkarabilir fakat genel kullanım için pratik değildir (sualtı yüksek basınçlı yıkama gibi).

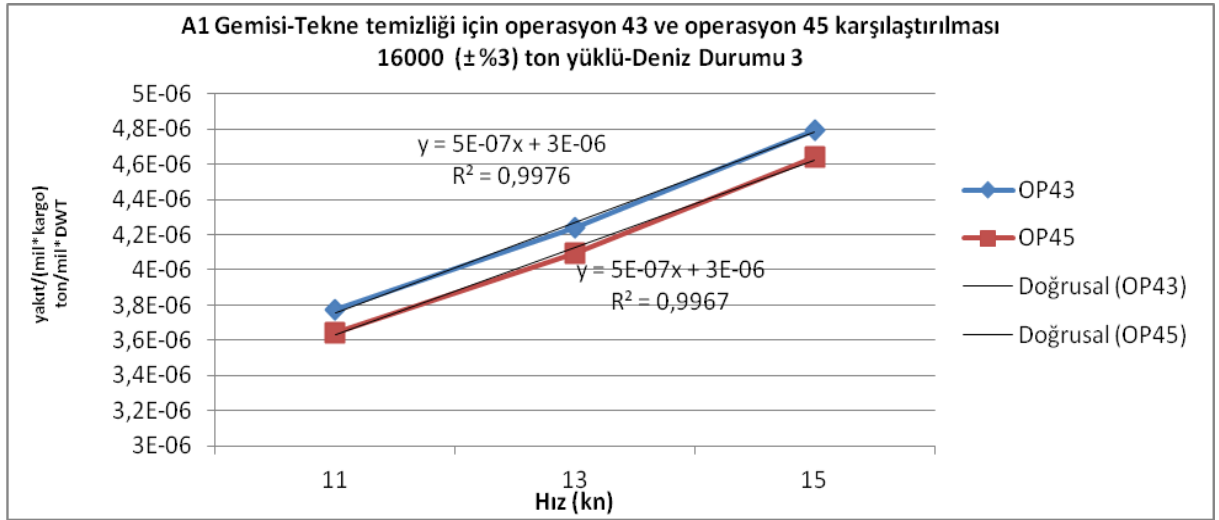
Tekne yüzey temizliği gemi operasyonunun en önemli parçalarından biridir. Bir gemi veya filoyu verimli ve ekonomik yönetmek için mutlaka dikkatle incelenmesi gereken bir verimlilik arttırıcı yöntemdir. Şirketler için tekne yüzey temizliğini havuzda yapmak çok maliyetli olacağından çoğunlukla sualtı yöntemlerin tercih edilerek gemilerin limanda buldukları süre zarfında bu işler yapılmaktadır. Sualtında yapılan tekne yüzey temizlikleri ile şirketler ciddi oranda yakıt tüketimlerini azaltarak önemli ekonomik kazançlar sağlamaktadır.

Bu bölümde, sadece tekne yüzey temizliği işlemi uygulanmış A1 ve A2 gemileri için analizler yapılmıştır. A1 gemisi 31 Mayıs 2013 tarihinde A2 gemisi 30 Ağustos 2013 tarihinde sadece sualtı tekne temizliği işlemine tabi tutulmuştur. Şirket tarafından, tekne temizliğinden sonra tekne yüzeyinin temizlik yüzdesi (temiz veya %10 kirlilik devam ediyor gibi) konusunda net bilgi veremediği için bu işleme maruz kalan gemilerin yüzeylerinin tamamen temizlendiği ve herhangi bir hasar oluşmadığı kabulleri yapılmıştır.

Tekne temizliği A1 gemisi için operasyon 44'ten sonra uygulanmasına rağmen karşılaştırma operasyon 43 ile 45 arasında yapılmıştır. Operasyon 44 ile karşılaştırma yapılamamasının nedeni bu dönemde kıyaslama yapılabilecek uygun gemi verilerinin bulunmamasıdır. Operasyon 43 ile 45 arasında 17 gün gibi kısa bir sürecin olması nedeniyle bu durum herhangi bir olumsuzluk yaratmamaktadır. Benzer durum A2 gemisi içinde

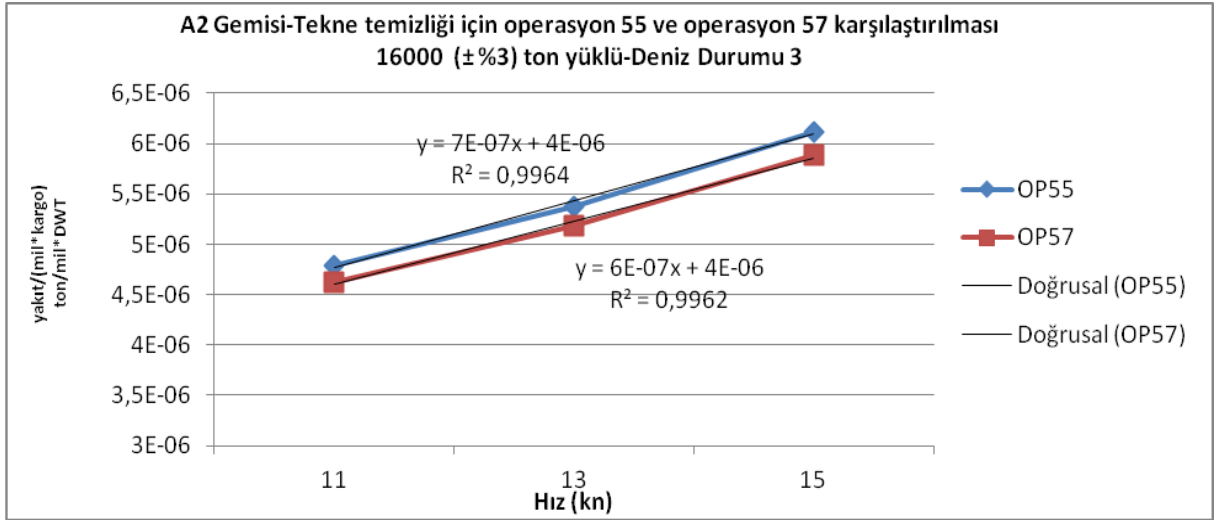
mevcuttur. A2 gemisi için tekne temizliği operasyon 55'ten sonra yapılmasına rağmen karşılaştırma operasyon 57 ile yapılmıştır. Operasyon 55 ile 57 arasında 25 gün gibi bir sürecin olması nedeniyle bu durumda ciddi bir olumsuzluk yaratmamaktadır.

Şekil 19, A1 gemisi için operasyon 43 (temizlikten önce) ve operasyon 45 (temizlikten sonra) arasında yakıt tüketim değişikliğini her deniz mili ve her yük tona göre farklı hızlarda göstermektedir. Şekilden de anlaşıldığı gibi her iki operasyonda da aynı hız aralıklarında temizlik işleminin ardından yakıt tüketiminde düşüş görülmüştür.



Şekil 19: Tekne temizliği etkileri için operasyonların karşılaştırılması (A1 gemisi)

Şekil 19'da görüldüğü gibi A1 gemisi için tekne temizliğinden sonra, taşınan yük miktarı ve kat edilen mesafe başına tüketilen yakıt miktarında %3,36 düşüş görülmüştür. A1 gemisi 15 knot hız için temizlik periyodundan önce 0.00000480 ton/nm x DWT yakıt tüketmek zorunda iken yine 15 knot hız için temizlik periyodundan sonra 0.00000464 ton/nm x DWT yakıt tüketmek zorundadır. Bu geminin pervanesinin kirli olduğu durumda 15 knot hızı sürdürebilmesi için %3,23 daha fazla yakıt ton/ nm x DWT tüketmesi gerektiğini göstermektedir.



Şekil 20: Tekne temizliği etkileri için operasyonların karşılaştırılması (A2 gemisi)

Şekil 20 ise A2 gemisi için tekne temizliği etkilerini göstermektedir. A2 gemisinde tekne temizliği uygulamasından sonra yaklaşık %3,58 ton/ nm x DWT civarında yakıt tüketimi düşüşü görülmüştür.

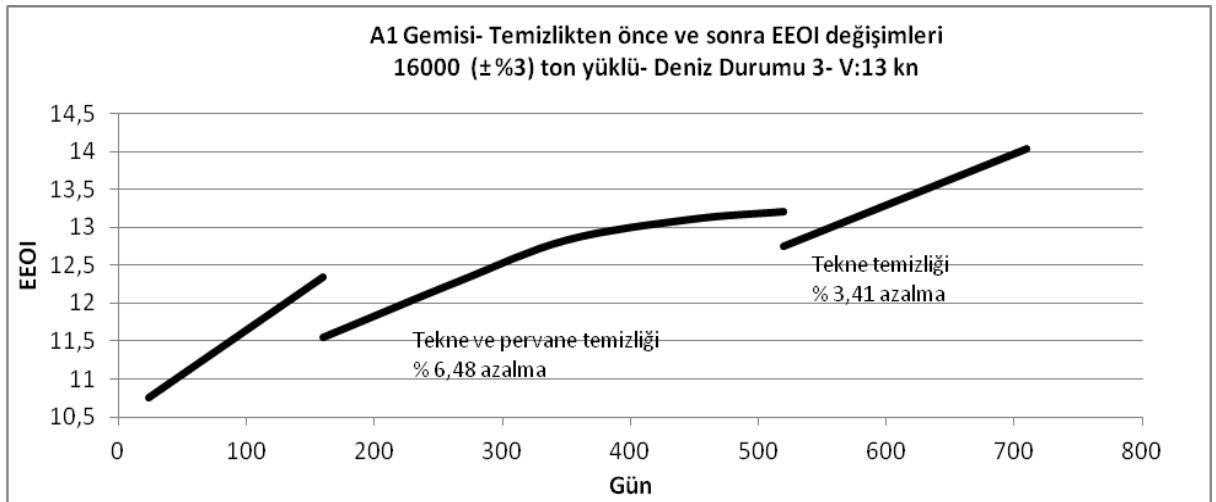
Daha önce bahsedildiği üzere hesaplardaki verileri içeren yakıt tüketimini etkileyebilecek her etken operasyonların karşılaştırılmasında bir birine benzer seçilmiştir. Ayrıca, operasyonlardaki bütün veriler deniz durumunun 3 olduğu koşullardan alınmıştır.

6.5.3. Tekne Yüzey ve Pervane Temizliklerinin Etkileri

Şirket bazı durumlarda hem pervane temizliğini hem de tekne temizliğini aynı anda yapma yolunu tercih etmiştir. Diğer bakım aktivitelerinde olduğu gibi şirket yapılan çalışmanın sonucunda elde edilen temizlilik oranına ve yapılan işin kalitesine ilişkin bilgileri kayıt altına almadığından, tekne temizliği ve pervane temizliğinin kusursuz yapılarak kirliliğin tamamen kaybolduğu varsayımı yapılmıştır.

Tablo 11'de gösterildiği gibi A1 gemisine 8 Haziran 2012'de sualtı tekne ve pervane temizliği, A2 gemisine 15 Nisan 2013'te sualtı tekne ve pervane temizliği ve A4 gemisine 16 Temmuz 2012'de detayları yazara sağlanamayan havuzda bakım işlemleri uygulanmıştır.

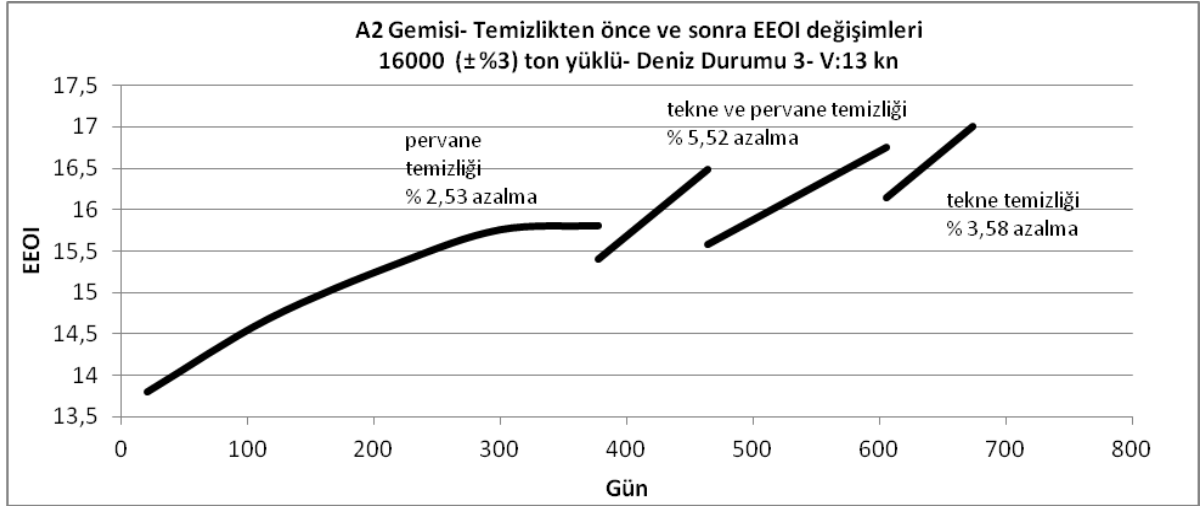
Bu bölümde, günlük raporların mevcut olduğu periyotlar boyunca oluşan EEOI değişimleri temizlik aktivitelerinin operasyonel verimlilik üzerinde etkisini gözlemlemek için incelenmiştir. Şekil 21-Şekil 23, EEOI değerindeki dalgalanmaları 2012 ve 2013 yıllarını içerisinde temizlik uygulamalarından önceki ve sonraki periyotları kapsayacak şekilde temizlik uygulaması yapılmış her gemi için göstermektedir. Şirket tarafından gemilere ait verilerin yalnızca 2012 ve 2013 yılları için sağlanması sebebiyle incelemeler sadece bu yıllar için yapılmıştır.



Şekil 21: Temizlikten önce ve sonra EEOI değişimleri (A1 gemisi)

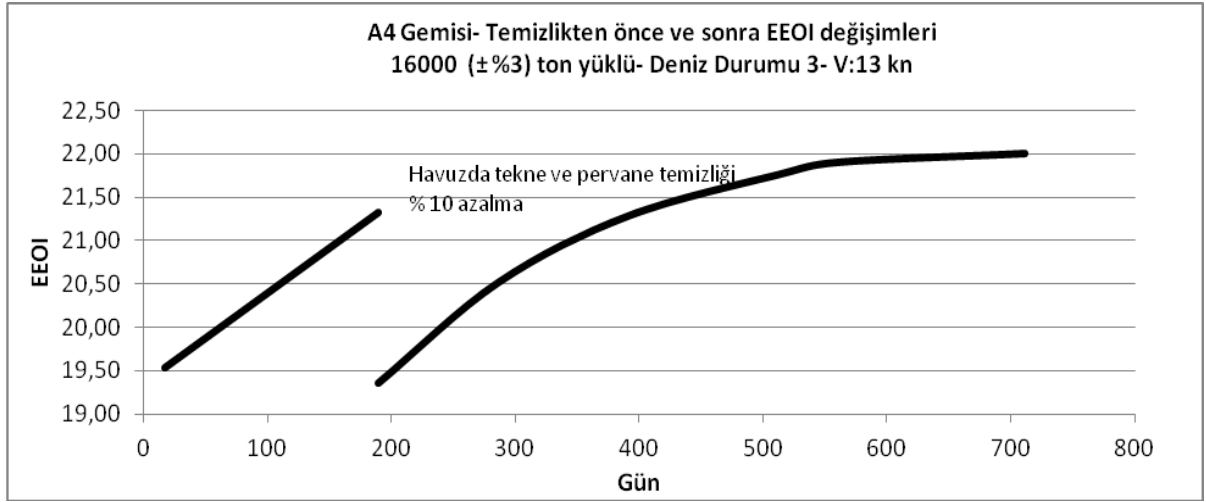
Şekil 21, A1 gemisi için temizlik periyotlarından önce ve sonra EEOI'nın zamana bağlı olarak değişimini göstermektedir. A1 gemisine 160. günde tekne ve pervane temizliği uygulamasından sonra EEOI değerinde %6,48 düşüş sağlanmıştır. 160. günden sonra 460. gün civarına kadar EEOI değişik oranlarda artış göstermesine rağmen yaklaşık 460. günden sonra EEOI artış hızı durma noktasına gelerek zirve noktaya ulaştığı görülmüştür. Bu durum tekne ve pervane kirliliğinin zirve noktaya ulaştığının da göstergesidir. 520. günde gemiye tekne temizliği uygulaması yapılmıştır. Tekne temizliği ile yükselişe geçen EEOI değerinde

%3,41 düşüş sağlanmıştır. 520. günde tekne temizliğinden sonra tekrar artışa geçen EEOI değeri 710. günde 14,04'e yükselmiştir.



Şekil 22: Temizlikten önce ve sonra EEOI değişimleri (A2 gemisi)

Şekil 22, A2 gemisi için temizlik periyotlarından önce ve sonra EEOI'nın zamana bağlı olarak değişimini göstermektedir. A2 gemisi 378. günde pervane temizliği işlemi görmüştür. Bu temizlik işlemi ile EEOI değerinde %2,53 düşüş sağlanmıştır. 464. günde tekne ve pervane temizliği uygulaması ile EEOI değerinde %5,52 düşüş sağlanmıştır. 605. günde üçüncü temizlik işlemi olarak tekne temizliği yapılarak EEOI %3,58 düşürülmüştür. Her temizlikten sonra süreç içerisinde EEOI artış göstermiştir. A1 gemisine benzer şekilde 300. günden sonra tekne ve pervane kirliliğinin zirveye yaklaşmasıyla EEOI 378. gün ki temizliğe kadar çok yavaş artış göstermiştir.



Şekil 23: Temizlikten önce ve sonra EEOI değişimleri (A4 gemisi)

Şekil 23 A4 gemisi için havuz periyodundan önce ve sonra EEOI'nın zamana bağlı olarak değişimini göstermektedir. A4 gemisi için EEOI havuzlanma zamanı olan 190. güne kadar düzenli artış göstermiştir. 190. günde havuzlanarak diğer işlemlerle birlikte tekne ve pervane temizliğinin bir arada yapılmasıyla EEOI değerinde %10 düşüş sağlanmıştır. Bu tarihten sonra düzenli artış gösteren EEOI değerinin 550. gün civarında diğer gemilere benzer şekilde zirve noktasına ulaşmaya başladığı gözlemlenmiştir.

Yapılan bütün temizlik bakımlarına ilişkin bilgiler aşağıda mevcut Tablo 12'de gösterilmiştir.

Tablo 12: Temizlik bakımlarının EEOI üzerindeki yüzdesel etkisi

Gemiler ve Bakım Temizliği	EEOI	Gün
A1 Gemisi		
Tekne ve pervane temizliği	%6,48	160
Tekne temizliği	%3,41	520
A2 Gemisi		
Pervane temizliği	%2,53	378
Tekne ve pervane temizliği	%5,52	464
Tekne temizliği	%3,58	605
A4 Gemisi		
Havuzda bakım işlemleri	%10	190

EEOI formülünden de bilindiği üzere EEOI ana ve yardımcı makine yakıt tüketimlerini hem ağır fuel oil hem de dizel oil için içermesine rağmen bu bakımların ana makina üzerindeki etkisinin izlenebilmesi için ana makina heavy fuel oil tüketim miktarı kullanılmıştır. Ayrıca, şirket tarafından sadece ana makine yakıt tüketimine ilişkin veriler sağlanması nedeniyle yardımcı makinelerin yakıt tüketim verileri ile ilgili değerlendirme yapılamamıştır.

Beklendiği gibi tüm bakımların bir arada aynı zamanda yapıldığı durumlarda gemi verimliliğinin daha çok arttığı görülmektedir. Bütün bakımların aynı anda yapıldığı durumda EEOI değerinin %6,48'e kadar düştüğü açıkça görülebilmektedir. Ulaşılan bu sonuçlarla tekne ve pervane kirliliği ile gemi performansı arasındaki ilişki açıkça ortaya çıkmaktadır. Tablonun son sütununda bulunan gün hanesi, şirketin sağladığı verilerin başlangıç tarihi olan 01.01.2012'den bakım işleminin yapıldığı tarihe kadar geçen gün sayısını göstermektedir. Şekillerde, kirliliğin tekne ve pervane yüzeyinin temizlenmesinden sonra 300-350 gün içinde maksimum noktaya yaklaştığı görülmektedir. Gemi performansı açısından en verimli bakımın EEOI'da %10'luk düşüş sağlayan ve şirket tarafından yapılan işlemlerin detayları temin edilemeyen havuzlama bakımından sonra sağlandığı görülmüştür. Ayrıca, sadece tekne temizliğinin EEOI üzerinde %3,58 düşüş sağlayarak sadece pervane temizliğinin sağladığı %2,73'lik düşüş miktarını geçtiği anlaşılmıştır.

6.6. Temizlik Bakımlarının Maliyet Kazancı Analizi

Denizcilik ile uğraşan şirketlerin üzerinde uluslararası arenada gemi kaynaklı sera gazları salınımının azaltılmasına yönelik baskının olması ve buna ek olarak şirketlerin karlılığını etkileyen en önemli konulardan biri olması nedenleri yüzünden şirketler için gemilerde yakıt tüketimi miktarında düşüş sağlanması büyük önem arz etmektedir. Bu doğrultuda şirketler, çevre duyarlı şirket politikaları oluşturmak ve sürdürmek ve bu ekonomik hedeflerine ulaşmak için enerji verimli gemi operasyonlarının oluşturulmasında en önemli faktör olan yakıt tüketim değerlerini düşürmek için yenilikçi çözümler bulmaya çalışmaktadır.

Uluslararası petrol fiyatlarındaki dalgalanmalar, şirketlerin ekonomik hedeflerini belirlerken dikkat etmeleri gereken en önemli etkenlerden biridir. Petrol fiyatları ülkelerin birbirleriyle olan ilişkilerine, savaş durumlarına, spekülasyonlara, dünyadaki arz talep dengesine, ekonomik krizlere v.b. birçok faktöre bağlı olduğundan çok sık dalgalanmalar yaşanmasına müsait bir yapıya sahiptir.

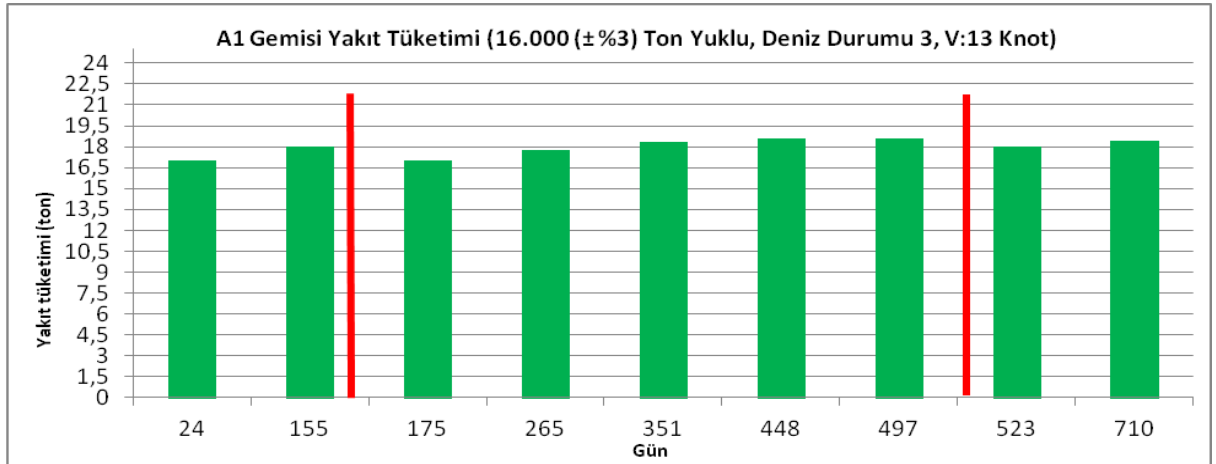
Gemi verilerinin alındığı şirket, analizi yapılan gemilerin yakıt tedariklerini Algeciras Liman'ında gerçekleştirdiğinden gemilerin ekonomik açıdan yakıt tasarruflarının hesaplanmasında Algeciras yakıt fiyatları incelenmiştir. Algeciras için 2012-2013 yıllarına ait gemi yakıt fiyatı bilgilerine ulaşamaması sebebiyle bu yıllar için Algeciras'ta 2013 yılı son dört ayın ortalaması olan \$600, bahse konu yıllara ait ağır fuel oil ortalama fiyatı olarak kabul edilmiştir.

Bu bölümde, tekne ve pervane temizlik etkilerinin ana makina yakıt tüketimi üzerinde nasıl bir düşüş sağladığı ve bu düşüşün maliyet tasarrufu açısından şirkete nasıl bir katkı sağlayacağı incelenmiştir. İncelemelerde iki tip grafik kullanılmıştır; birincisi deniz durumu 3 kondisyonu ve sabit hızda ana makina yakıt tüketim miktarının (yeşil sütunlar) temizlik faaliyetlerinin öncesi ve sonrasını kapsayacak şekilde zamana bağlı değişimini göstermektedir. Kırmızı çizgi ile de tekne ve pervane temizliğinin yapıldığı süreç belirtilmek istenmiştir. İkinci grafik tipinde ise tekne ve pervane temizliği yapıldıktan sonraki dönem için yakıt tasarrufundaki değişimin (mavi eğri) ve toplam maliyet tasarrufunun (bordo eğri) süreç içerisinde değişimi gösterilmektedir. Yakıt tasarrufu eğrisi, geminin elde edilen gerçek verileri ile temizlik bakımına maruz kalmadığı varsayımı yapılarak tüketileceği olası yakıt miktarının tahmini arasındaki fark bulunarak oluşturulmuştur. Tüketilen yakıt miktarı için "varsayım" yöntemi, temizlik faaliyetinin yapılmadığı varsayılarak süreç içerisinde EEOI değişimi bölümünden elde edilen verilerin paralelinde günlere göre yakıt tüketimi değişiklikleri yapılmasıyla oluşturulur. Toplam maliyet tasarrufu eğrisi ise hesaplanan yakıt tasarrufu miktarı ile sabit alınan \$600 yakıt fiyatının çarpılması suretiyle oluşturulmuştur.

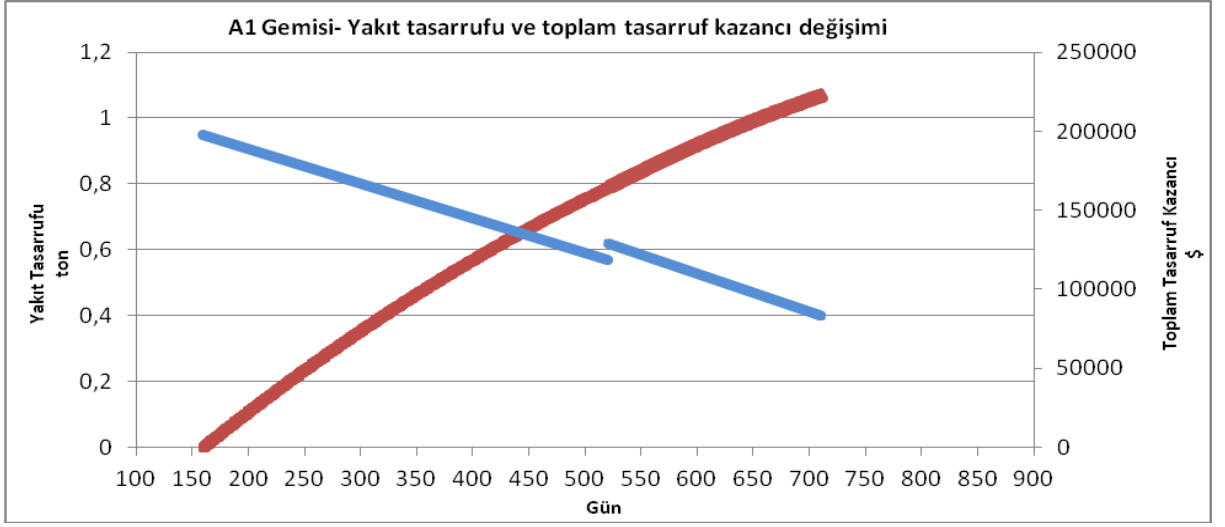
Şirketten alınan bilgiye göre pervane temizliğinin yaklaşık 8.200\$'a, tekne temizliğinin yaklaşık 9.500\$'a ve tekne ve pervane temizliğinin bir arada yapılma maliyetinin yaklaşık 17.000\$'a mal olduğu bilgisi alınmıştır.

Bu analiz ve hesaplamalar, verileri alınan gemiler arasında yalnızca su altı tekne ve/veya pervane temizliğine maruz kalmış gemiler olan A1 ve A2 gemileri için yapılmıştır. A4 gemisine dair havuzda yapılan uygulamalar ve havuzlama maliyetine ilişkin detaylı bilgi sağlanamadığı için bu bölümdeki analizlere dahil edilememiştir.

Şekil 24, A1 gemisi için yakıt tüketim miktarını deniz durumu 3 ve 13 knot hız için gemi 16000 (\pm %3) ton yüklü kondisyonda iken 24. ve 710. günleri kapsayacak sürece bağlı olarak yakıt fiyatlarıyla beraber göstermektedir. Süreç Ocak 2012 ve Aralık 2013 tarihlerine denk gelmektedir. 160. günde tekne ve pervane temizliğinin ve 520. günde tekne temizliğinin yapıldığı görülmektedir. İlk temizlikten sonra yakıt tüketiminde 0,95 ton düşüş sağlanırken ikinci temizlikten sonra 0,62 ton düşüş elde edilmiştir.



Şekil 24: A1 gemisi için ana makina yakıt tüketim miktarları değişimi

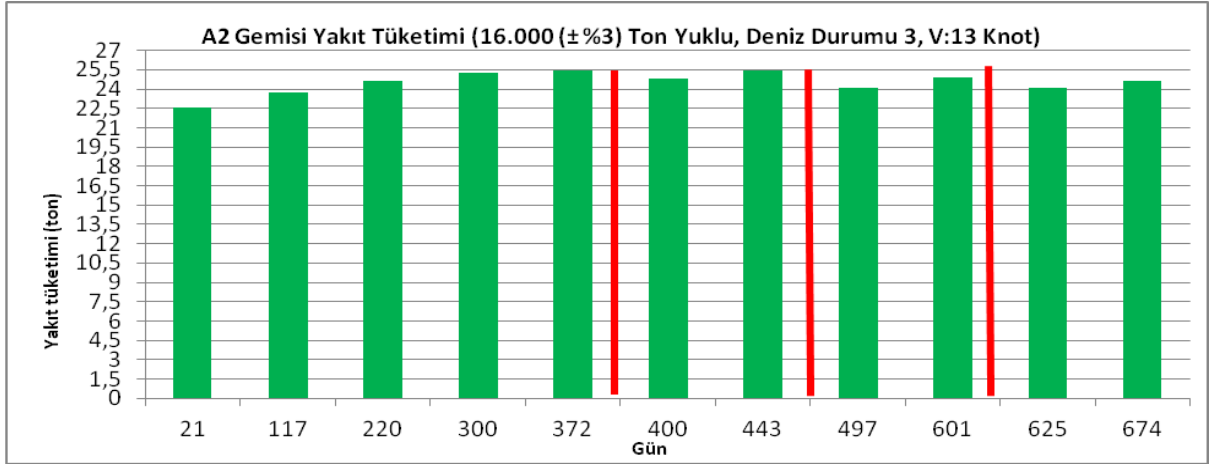


Şekil 25: A1 gemisi için yakıt tasarrufu ve toplam maliyet tasarrufu değişimi

Şekil 25, A1 gemisi için Şekil 24'teki verilerden faydalanılarak oluşturulan yakıt tasarrufu ve toplam maliyet tasarrufu değişimlerini göstermektedir. Yakıt tasarrufu eğrisinin oluşturulmasında daha önce de bahsedilen "varsayım" yöntemi kullanılmıştır. Böylelikle varsayım olan yakıt tüketim verilerine ulaşılmıştır ve tasarruf hesaplanabilmektedir.

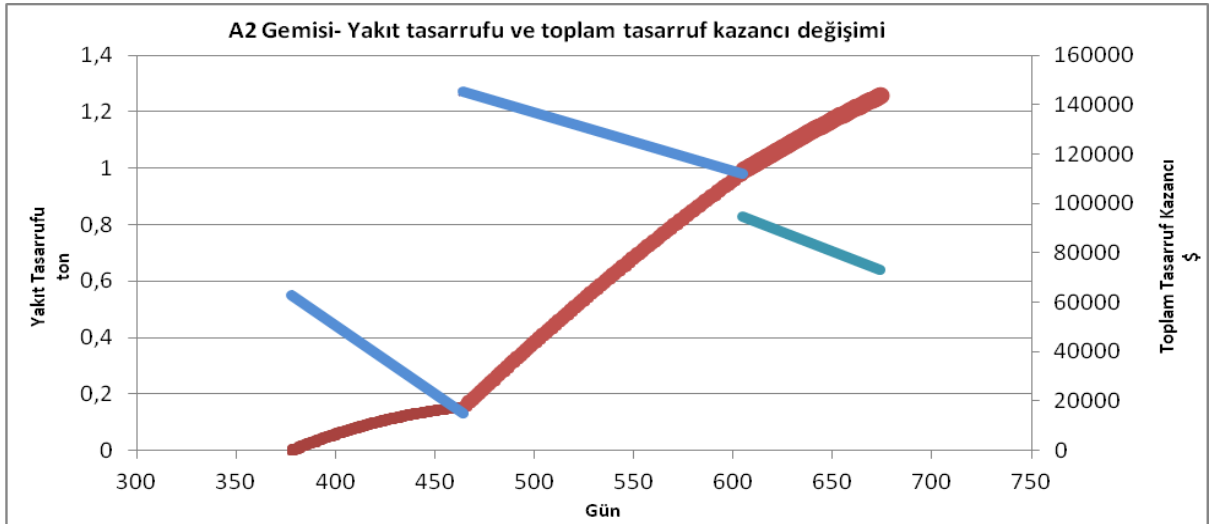
Şekil 25'te temizlik işlemleri nedeniyle oluşan yakıt tasarrufunu gösteren iki adet çizgi açıkça görülmektedir. Her temizlikten sonra oluşan yakıt tasarrufu miktarı günden güne düşmektedir. Toplam tasarrufun para cinsinden değeri 222.626\$'ı bulmaktadır. Bu değerden gemiye yapılan iki temizlik işleminin maliyeti çıkarıldığında 550 gün içindeki net kar 196.126 \$ olmaktadır.

Şekil 26, A2 gemisi için yakıt tüketimindeki dalgalanmaları, gemi 16000 (\pm %3) ton yüklü kondisyonda iken deniz durumu 3 ve 13 knot hız için 21.- 674. arasındaki günleri kapsayacak şekilde göstermektedir. Bu periyot Ocak 2012 ve Kasım 2013 tarihleri arasında kalmaktadır. 378. gündeki pervane temizliği ile 0,55 ton, 464. gündeki tekne ve pervane temizliği ile 1,27 ton ve 605. gündeki tekne temizliği ile 0,83 ton yakıt tüketiminde düşüş sağlanmıştır.



Şekil 26: A2 gemisi için ana makina yakıt tüketim miktarları değişimi

Şekil 27, A2 gemisi için çeşitli temizlik bakımlarının sağladığı yakıt tasarrufunu ve bu tasarrufun para cinsinden getirisini göstermektedir. Toplam tasarrufun para cinsinden değeri 143.490\$'ı bulmaktadır. Bu değerden gemiye yapılan üç temizlik işleminin maliyeti çıkarıldığında 296 gün içindeki net kar 108.790 \$ olmaktadır.



Şekil 27: A2 gemisi için yakıt tasarrufu ve toplam maliyet tasarrufu değişimi

Bu bölümden net bir şekilde anlaşılmıştır ki uygulanan temizlik bakımlarıyla yakıt tüketiminde düşüş sağlanarak şirket önemli miktarda maliyet tasarrufu sağlamıştır. Analizi yapılan gemilere ait yakıt ve maliyet tasarrufları toplu şekilde Tablo 13'te verilmiştir.

Tablo 13: Tüm gemiler için temizlik bakımlarının getirdiği yakıt ve maliyet tasarrufu tablosu

Gemi	Bakım temizliği cinsi	Tasarruf (ton)	Tasarruf kazancı	Bakım maliyeti	Net kazanç	Ortalama gün
A1	*1 tekne ve pervane temizliği *1 tekne temizliği	1,57	222.626\$	26.500\$	196.126\$	550
A2	*1 pervane temizliği *1 tekne ve pervane temizliği *1 tekne temizliği	2,65	143.490\$	34.700\$	108.790\$	296

Tablo 13'te görüldüğü gibi kombine olarak gerçekleştirilen temizlik bakımları sadece pervane veya sadece tekne temizliği bakımlarına kıyasla daha çok kazanç getirmektedir. En masraflı temizlik maliyeti A3 gemisinde üç temizlik çeşidinin de uygulanmasıyla ortaya çıkmıştır. Yapılan bütün temizlik bakımları ile şirket kar ediyor gibi görünse de temizlik bakımının uygulanma zamanının önem teşkil ettiği görülmüştür. A2 gemisi için pervane temizliğinden 86 gün gibi kısa bir süre sonra bu sefer tekne ve pervane temizliği yoluyla pervane tekrar temizlenmiştir. Bu durum Şekil 27'de görüldüğü gibi 0,55 ton yakıt tasarrufunun hızlı bir biçimde tükenmesinden kaynaklanmaktadır. Grafiklerden ayrıca her iki gemi için de yapılan temizlik bakımları ile tasarruf edilen yakıt kazancının, analizin yapıldığı süreç içerisinde tükenmeye uğramadığı görülmektedir. A2 gemisi için üç temizlik bakımı sonucu 296 gün sonunda 108.790\$ net kar edilmesine rağmen verilerin 674. güne kadar olması sebebiyle bu günden sonra devam edecek olan ve en son 0,64 tonda kalan tasarruf kazançları hesaba katılamamıştır.

Tablo 13'ten açıkça anlaşılmıştır ki şirket her iki gemi içinde uygulamış olduğu temizlik bakımları ile gemilerinde verimliliğini arttırırken mali açıdan da karlılık sağlamıştır.

Bu sebeple gemi işletmeciliğininle uğraşan şirketler filolarındaki gemilerin tekne ve pervane kirlilik durumlarını yakından takip ederek temizlik bakım planlarını yapmalıdırlar.

6.7. Çevresel Koşulların Gemi Operasyonu Üzerinde Etkileri

Bu bölümde çevresel koşulların yarattığı etkiler ile bahsedilmek istenen dalga ve rüzgar etkileridir. Bu tez çalışması Bölüm V'te ayrıntılı olarak geminin operasyonları esnasında karşılaşılabileceği rüzgar ve dalgaların gemi enerji verimliliği üzerinde etkilerinden, gemi ek direncinin önemli bileşenleri olduğundan ve yarattıkları direnç etkilerinin hesaplanmasına ilişkin formüllerden bahsedildi. Kısaca bahsetmek gerekirse bu iki faktör geminin sevki üzerinde etki yaratarak geminin yakıt tüketimini doğrudan etkiler. Önemli direnç bileşenlerinden olan bu iki faktör, gemilerin dizayn aşamasında model testleri yapılarak çözüm bulunulmaya çalışılsa da tam olarak engellenmesi mümkün değildir.

Dizayn ve inşa aşamasında alınabilecek önlemler alındıktan sonra gemi servis ömrüne başlar. Bu süreçle birlikte şirketlerin üzerinde yükümlülük artmaktadır. Şirketler dalga ve rüzgar kuvvetlerini dikkate alarak filolarındaki gemiler için akıllı rota planlamaları ve optimizasyonu yapmak zorundadırlar. Aksi takdirde gemilerin direnç verilerinde artışlar yaşanarak hız kayıpları ve yakıt tüketimi değerlerinde artışlar görülmesi kaçınılmaz bir durum olur. Bu da operasyon masraflarında artmaya sebebiyet vererek iyi ve akılcı bir gemi işletmeciliğinin yapılmamasına neden olur.

Bu bölümde, gemi operasyonu üzerinde çevresel koşulların etkisi, geminin aynı operasyon şartlarında deniz mili başına yakıt tüketimindeki değişiklikler kontrol edilerek incelenmiştir. Temel olarak deniz yönü ve deniz durumu çevresel parametrelerinin gemi operasyonları üzerinde etkisi incelenmiştir.

Deniz durumu ile belirtilen, gemi verilerinden elde edilen dalga kuvveti (deniz kuvveti) değeridir. Günlük raporlarda, rüzgar kuvveti değeri deniz durumu değerinin bir fazlası olarak kayıt altına alınmıştır. Örneğin, deniz durumu günlük raporda Douglas

Skalasına göre 3 olarak kaydedildiyse rüzgar kuvveti Beafort Skalasına göre 4 olarak kaydedilmiştir. Bu sebepten ötürü, hem deniz hem de dalga kuvvetinin etkilerini kapsayacak genel tanım deniz durumu etkisi olacaktır.

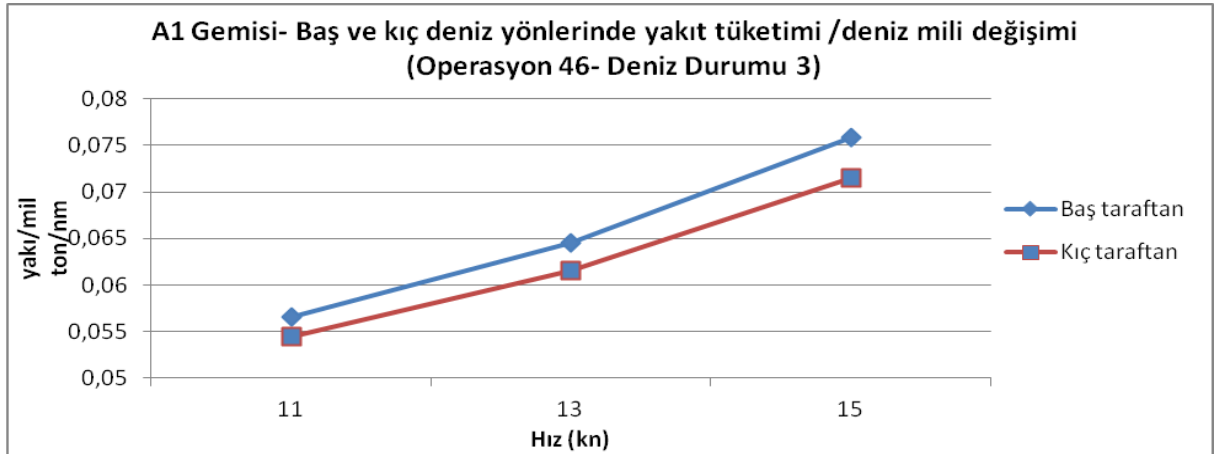
Bahsedildiği üzere dalga ve rüzgar kuvvetlerinin gemi üzerine hangi doğrultuda geleceği önemli bir konudur. Baş taraftan alınan dalga ve deniz kuvvetleri ek direnç oluşmasına neden olarak gemi sevki üzerinde olumsuz etkiler yaratır. Gemi aynı hız değerini koruyabilmek için ana makinede güç artırımı yapmak zorunda kalır. Rüzgar ve dalga kuvvetlerinin gemi hareket doğrultusundan (kıç taraftan) etki etmesi durumunda ise gemiye ekstra itme kuvveti oluşturarak gemi sevkine yardımcı etki oluşmasını sağlar. Bu yüzden dalga ve rüzgar kuvvetlerinin gemi üzerindeki etki yönü baş ve kıç olmak üzere ikiye ayrılmalıdır. Elde edilen verilere göre aynı gün içerisinde dalga ve rüzgar yönleri tamamıyla aynı kabulü yapılmıştır. Rüzgar ve dalga yönlerinin geliş açısına bağlı olarak gemileri takip ettikleri rotadan çıkarabilirler. Bu tip durumlarda gemiler takip ettikleri rotaya geri dönebilmek için dümen basmak zorunda kalırlar ve bu durum ekstra bir güç kaybı yaşanmasına neden olur. Elde edilen verilerde oluşan bu güç kaybına ilişkin gösterge bulunmadığından bu tip kayıplar hesaplarda görmezden gelinmiştir.

Dalga ve rüzgar kuvvetlerinin etki yönü yanında bu kuvvetlerin büyüklükleri de çok önemli bir yere sahiptir. Kuvvetlerin büyüklüğü arttıkça gemi üzerinde yarattığı olumlu veya olumsuz etkilerde artmaktadır. Özellikle rüzgar kuvveti, konteynır gemileri gibi rüzgarın etki alanının büyük olabileceği tipte gemilerde diğer gemi tiplerine göre daha çok etki yaratır.

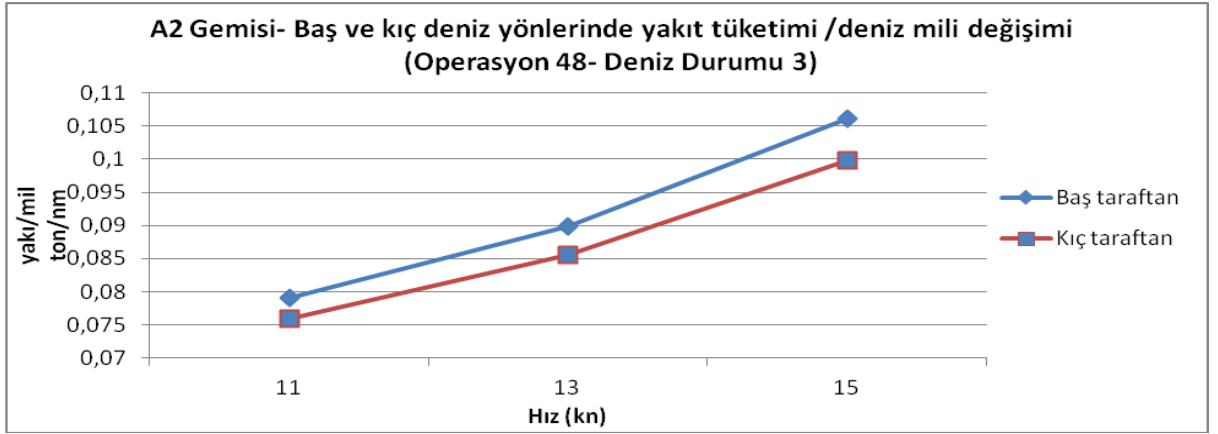
Şekil 28-Şekil 31 deniz durumu yönü kaynaklı oluşan yakıt tüketimi değişimlerini hıza bağlı olarak deniz mili başına göstermektedir. Şekiller, baş ve kıç yönünden gelen dalga ve rüzgar kuvvetleri arasındaki farkı açıkça göstermektedir. Baş ve kıç yön verileri, sadece yöne bağlı etkilerin saptanabilmesi amaçlı yalnızca deniz durumu 3'ten elde edilen verilerden alınmıştır. Her gemi için, seçilen veriler o geminin aynı operasyonuna ait değerlerden alınmıştır. Örneğin, A1 gemisi için baş ve kıç yön verileri aynı geminin sadece operasyon 46 periyodu boyunca elde edilen verilerinden alınmıştır. Böylelikle tekne kondisyonu

farklılıkları, trim farklılıkları, yük miktar farklılıkları gibi yakıt tüketimini etkileyecek durumların önüne geçilmiştir. Veriler ayrıca 13 knot hızının olduğu günlerden seçilerek oluşturulmuştur.

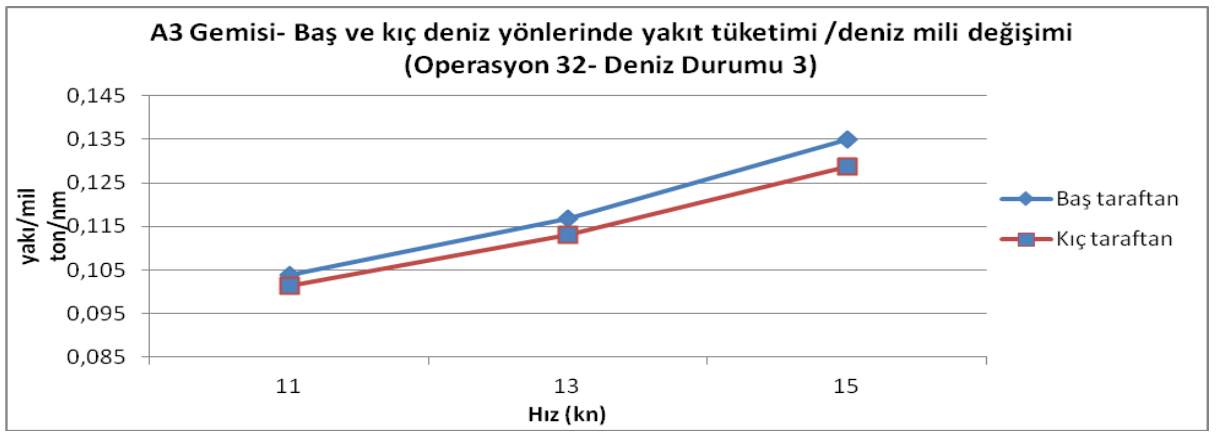
Daha önce bahsedildiği üzere rüzgar ve dalganın baş taraftan geldiği durumlarda yakıt tüketimi artışı daha fazla olmaktadır. Yakıt tüketimi açısından rüzgar ve dalganın farklı geliş yönleri arasında hafif bir fark eğilimi vardır. Deniz durumunun yönü sebebiyle her deniz mili başına yakıt tüketimi %2,37-%6,31 arasında farklılık göstermektedir. Bu fark gemi hızına da bağlıdır. Baş ve arka deniz yönleri arasında her deniz mili başına yakıt tüketimi farkı gemi hızı arttıkça artış göstermektedir. Şekillerden de anlaşıldığı gibi gemi boyutları arttıkça rüzgar ve dalga yönünün etkileri de artmaktadır. Tonaj olarak daha büyük olan A1 ve A2 gemileri üzerinde olan etkinin A3 ve A4 gemileri üzerindeki etkiden daha büyük olduğu açıkça görülmektedir. Bu durum dalga ve rüzgara maruz kalan yüzey alanının büyümesiyle etkinin de arttığının göstergesidir.



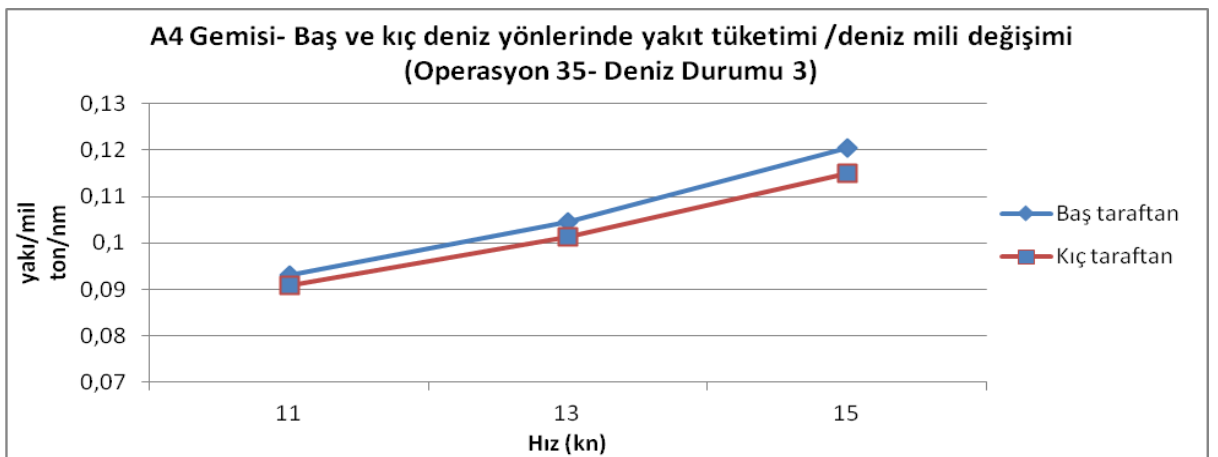
Şekil 28: Baş ve kıç deniz yönlerinde yakıt tüketimi /deniz mili değişimi (A1 gemisi)



Şekil 29: Baş ve kıç deniz yönlerinde yakıt tüketimi /deniz mili değişimi (A2 gemisi)



Şekil 30: Baş ve kıç deniz yönlerinde yakıt tüketimi /deniz mili değişimi (A3 gemisi)

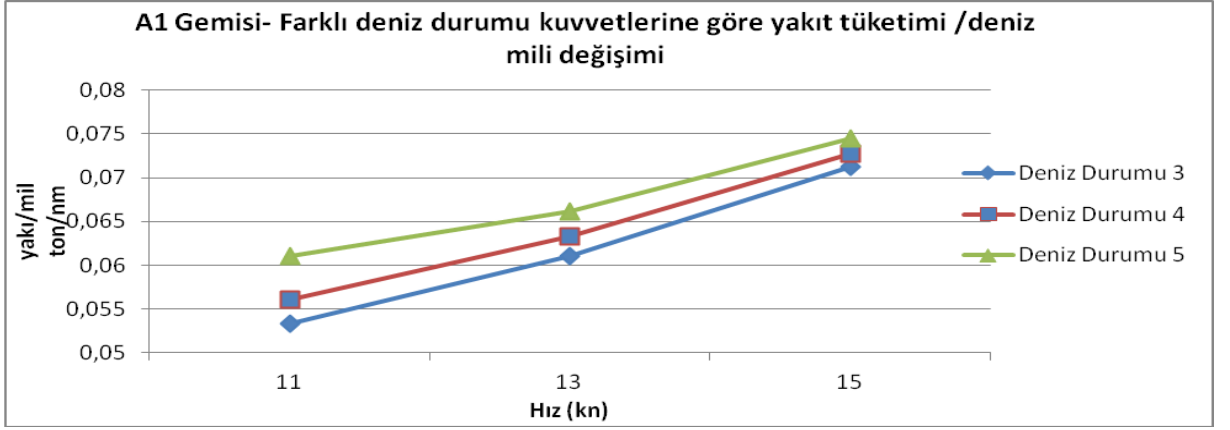


Şekil 31: Baş ve kıç deniz yönlerinde yakıt tüketimi /deniz mili değişimi (A4 gemisi)

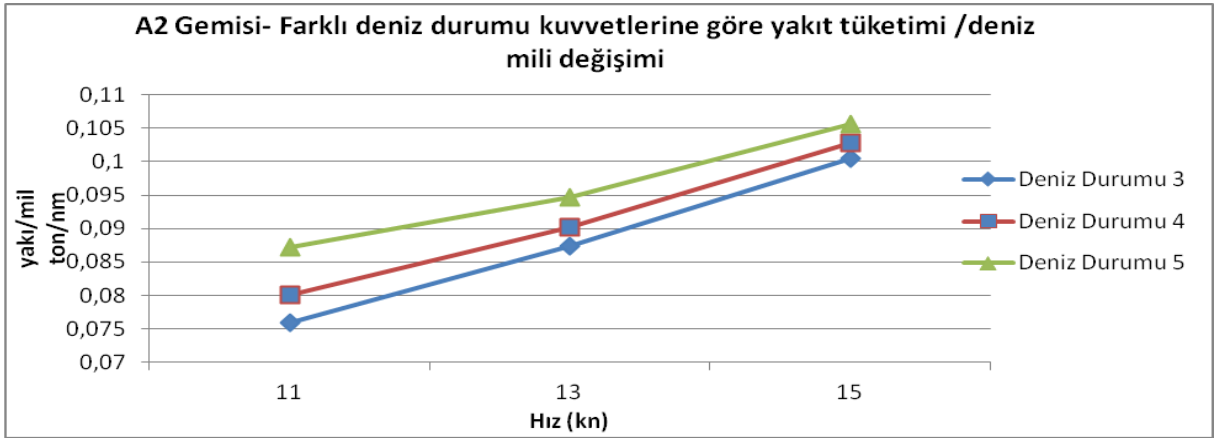
Her gemi, grafiklerde de görüldüğü gibi farklı eğilim çizgilerine sahiptir. Bunun sebebi gemi ana makina yakıt tüketimini etkileyecek kirlilik durumu, yük miktarı, trim v.b. durumlarının her gemi için farklı değerlere sahip olmasıdır. Grafiklerde, baş doğrultusu $0^{\circ} \pm 45^{\circ}$ tolerans aralığını, kıç doğrultusu ise $180^{\circ} \pm 45^{\circ}$ tolerans aralığını göstermektedir.

Dalga ve rüzgar geliş yönünün yakıt tüketimi üzerinde önemli etkisi olmasına rağmen, bu kuvvetlerin büyüklüğünün de yakıt tüketimi üzerinde ciddi bir etkisi vardır. Ana makina yakıt tüketimi gemi sakin suda iken farklı, düzensiz dalga kuvvetleri arasında iken farklı, 2 Beafort rüzgar kuvvetinde maruzken farklı, 6 Beafort rüzgar kuvvetine maruzken farklı değerleri gösterir. Aynı deniz durumu kondisyonunda gemi hızının artması ek direnç kuvvetinin artmasına neden olacağından hızın artması yakıt tüketiminde de artışa neden olur.

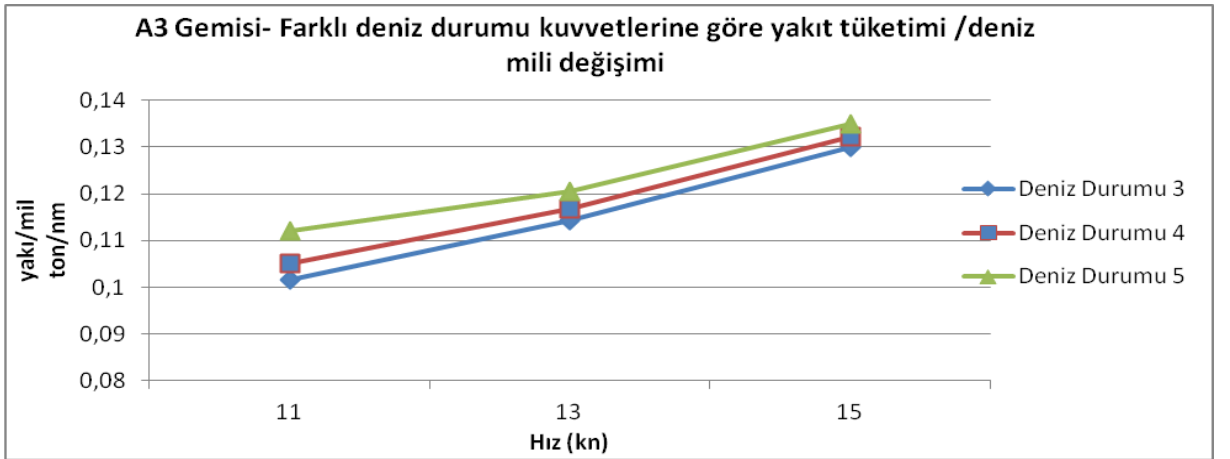
Şekil 32-Şekil 35, farklı çevresel koşulların etkileri sonucunda gemilere ait her deniz mili için tüketilen yakıt miktarında ki eğilimi gemi hızına bağlı olarak göstermektedir. Grafikler, her deniz mili başına tüketilen yakıt miktarının rüzgar ve dalga kuvvetlerinin büyüklükleri arttıkça yükseliş gösterdiğine işaret etmektedir. Grafiklerden ayrıca, aynı gemi hızında çevresel koşullar deniz durumu 3'ten ve deniz durumu 5'e değiştiğinde her deniz mili başına tüketilen yakıt miktarında %3,85-%14,74 arasında artış olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum gemilerin kötü hava şartlarında aynı hız değerlerini sürdürebilmek için daha fazla yakıt tüketmesi gerekliliği ile açıklanabilir. Grafikler incelendiğinde deniz durumu etkisinin gemi hızıyla birlikte azalma gösterdiği anlaşılmaktadır. Deniz durumu kuvveti daha düşük hızlarda yüksek hızlara oranla yakıt tüketimini daha çok etkilemektedir. Açıkça görülmekte ki gemilerin hızları 15 knot'a yaklaştığında deniz durumu 3 ve deniz durumu 5 arasındaki her deniz mili başına düşen yakıt tüketim değerleri arasındaki fark kapanmaktadır. Rüzgar ve dalga gücünün yanında, gemi hızının çevresel koşullar ile yakıt tüketimi arasında bağlantı kuran bir faktör olduğu anlaşılmıştır. Deniz durumu etki yönünde elde edilen sonuca benzer olarak, gemi boyutları arttıkça rüzgar ve dalganın da etkilerinin arttığı görülmüştür. Tonaj olarak daha büyük olan A1 ve A2 gemileri üzerinde olan etkinin A3 ve A4 gemileri üzerindeki etkiden daha büyük olduğu bu grafikler ile bir kez daha doğrulanmaktadır.



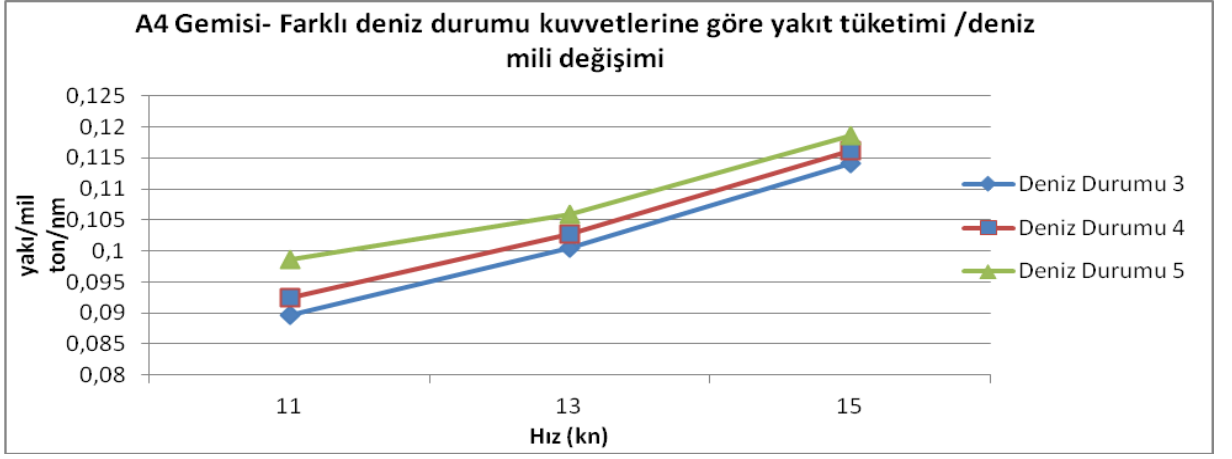
Şekil 32: Farklı deniz durumlarının yakıt tüketimi /deniz mili üzerinde etkileri (A1 gemisi)



Şekil 33: Farklı deniz durumlarının yakıt tüketimi /deniz mili üzerinde etkileri (A2 gemisi)



Şekil 34: Farklı deniz durumlarının yakıt tüketimi /deniz mili üzerinde etkileri (A3 gemisi)

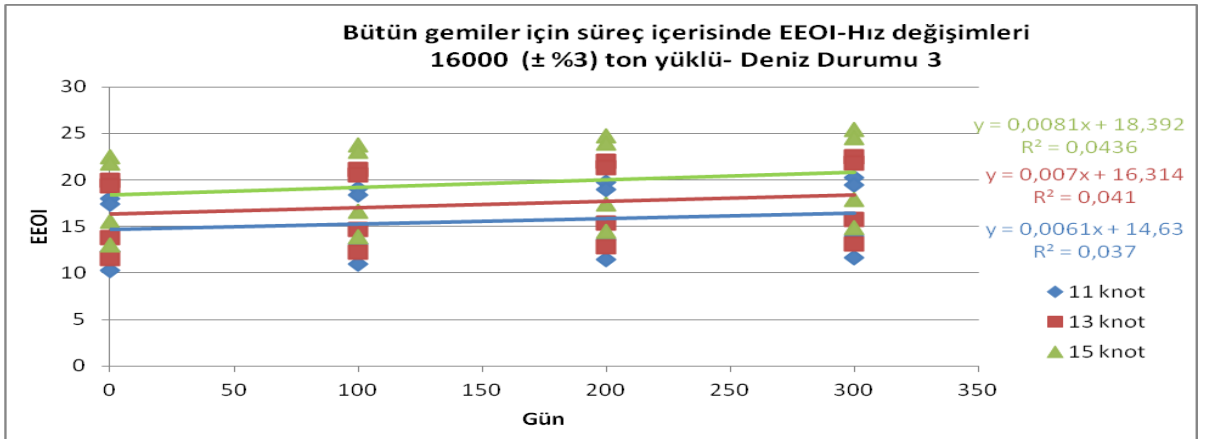


Şekil 35: Farklı deniz durumlarının yakıt tüketimi /deniz mili üzerinde etkileri (A4 gemisi)

6.8. Analizler Sonucunda Oluşturulan Formüller

6.8.1. Zamanın EEOI Üzerinde Etki Eşitlikleri

Bu bölümde formüller, belirli gemi hızlarında EEOI değerini günlere göre belirlemek için oluşturulmaktadır. Formüller geminin 16000 ($\pm\%3$) ton yüklü olduğu ve gemi hızı aralığının 11, 13 ve 15 knot hızlarını kapsadığı durumlar için oluşturulmuştur. Formüllerin oluşturulmasında en düşük kareler yönteminden faydalanılmıştır. Bu bölümdeki formüller oluşturulurken girdi olarak zaman verisi seçilmiştir ve tekne temizlik bakımı ve çevresel etkilerin oluşturabileceği etkiler olmamasına dikkat edilmiştir. Şekil 36 bütün gemiler için EEOI değişimlerini değişik hızlar için zamana bağlı olarak göstermektedir.



Şekil 36: Bütün gemiler için belirli hızlarda zaman içinde EEOI değişimi

Şekil 36'da görüldüğü üzere EEOI değerleri zaman içinde artış eğilimindedirler. Ayrıca EEOI değerlerinin aynı gün içinde hız arttıkça arttığı görülmektedir. Bu sebepten ötürü oluşturulan formüller her hız değeri için farklı olmuştur. Grafiğin oluşturulmasında bütün gemilere ait veriler kullanılmıştır. Renkli çizgiler hızlara ait doğruları göstermektedir. Grafikte aynı gün içinde aynı renkte, gemilerin o gün içindeki EEOI değerlerini gösteren dört değer vardır. Bütün veriler deniz durumu 3 ve 16000 (± 3) ton yüklü durum kondisyonundan seçilerek alınmıştır. Enerji verimliliğinin en doğru biçimde hesaplanabilmesi için çevresel koşullar bir birine en yakın şekilde seçilmiştir. Grafikteki noktalar zaman ve EEOI arasında bağlantıyı gösteren formülün oluşturulması için kullanılmıştır. Grafikteki üç renkli doğru "Ortalama EEOI Doğrusu" olarak adlandırılabilir ve her hız değeri için EEOI'nın zamana bağlı olarak değişimini gösteren formüle aittir.

Tablo 14: Belirli hızlarda zamana bağlı EEOI belirleme formülleri

Hız	Zamana bağlı olarak EEOI değerinin bulunması için formüller	R ² değeri
11	$0,0061x + 14,63$	0,037
13	$0,007x + 16,314$	0,041
15	$0,0081x + 18,392$	0,0436

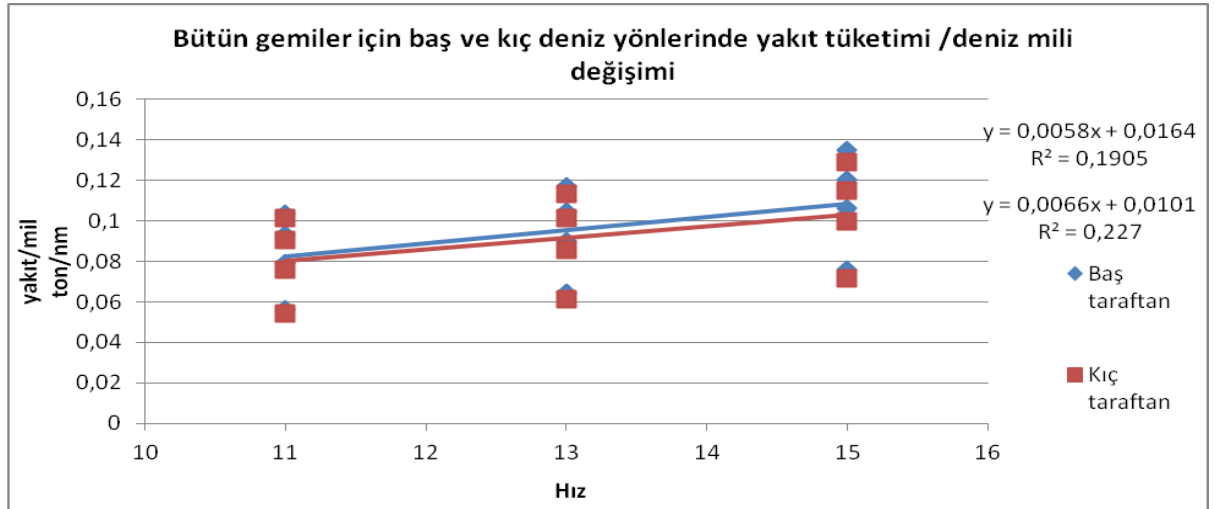
Oluşturulan formüller Tablo 14'te mevcuttur. Her bir formül bir hız değeri için EEOI ile zamanın ilişkisini gösterir. Formüldeki "x" değeri zamanı gün olarak gösterir ve belirlenen bir gün değerinin "x" yerine konulmasıyla o güne ait istenilen hızdaki EEOI değeri bulunabilir. Örneğin, EEOI değeri 13 knot için 100. günde 17,014 iken 400. günde 19,114'tür. Formüllerin ikinci bölümlerindeki değerler (ör:15 knot formülü için 18,392 değeri) ortalama EEOI değerlerini göstermektedir.

6.8.2. Değişik Hızlar İçin Baş ve Kıç Doğrultu Eşitlikleri

Bu bölümde, geminin maruz kalabileceği deniz durumu yön faktörüyle ilgili formüller oluşturulmaya çalışılmıştır. Bölüm 5.4'te de detaylı bir şekilde anlatıldığı gibi çevresel şartların gemiye etki yönü göz ardı edilemeyecek kadar önemli bir faktördür. Yakıt

tüketimim üzerinde geliş açısına bağlı olarak hem pozitif hem de negatif etkiler yaratabilir. Kıç taraftan gelen dalga ve rüzgarlar gemiyi iterek pozitif etki yaratırken, baş taraftan alınan dalga ve rüzgarlar ek direnç oluşturarak negatif etki oluşmasına sebebiyet vermektedir.

Bu bölümde oluşturulacak formüllerle, deniz mili başına tüketilen yakıt miktarını baş ve kıç yönde etki eden çevresel kuvvetlere göre hıza bağlı olarak hesaplanması amaçlanmıştır. Hesaplamalarda gemilere ait veriler deniz durumu 3 için kullanılmıştır. Deniz durumu 3 seçilmesinde ki amaç kötü hava şartlarının etkilerini hesaba katılmasını önlemektir. Şekil 37, deniz mili başına tüketilen yakıt miktarındaki artışı baş ve kıç yöndeki rüzgar ve dalga etkileri için ayrı ayrı hıza bağlı olarak göstermektedir. Açıkça görüldüğü gibi kıç taraftan alınan etkiler altında yakıt tüketimi baş taraftan alınan etkiler altındakinden daha azdır. Bu daha önce de bahsedildiği gibi kıç yönden alınan rüzgar ve dalga kuvvetlerinin gemimin sevkine yardımcı olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 37: Bütün gemiler için baş ve kıç yönden gelen deniz durumu etkilerinin hıza göre değişimi

Mavi çizgi baş taraf etkileri için gemilere ait deniz mili başına tüketilen yakıt miktarının hıza göre değişimini gösterirken kırmızı çizgi kıç taraf etkilerini gösterir. Aynı hız değeri üstünde bulunan aynı renkli noktalardan her biri farklı gemiye aittir. Veriler sadece 11,13 ve 15 knot hız değerleri için toplanmıştır.

Grafikteki noktalar bütün gemilerin belirli bir hızda deniz mili başına ortalama yakıt tüketimi değerlerini göstermektedir. Formüller farklı yönler için Şekil 37'ye göre oluşturulmuştur ve Tablo 15'teki gibidir;

Tablo 15: Baş ve kıç yönler için hızla bağlı yakıt tüketimi (T/NM) hesaplama formülleri

Yön	Hızla bağlı olarak deniz durumu yönlerine göre T/NM değerinin bulunması için formüller	R ² değeri
Baş	$0,0066x + 0,0101$	0,227
Kıç	$0,0058x + 0,0164$	0,1905

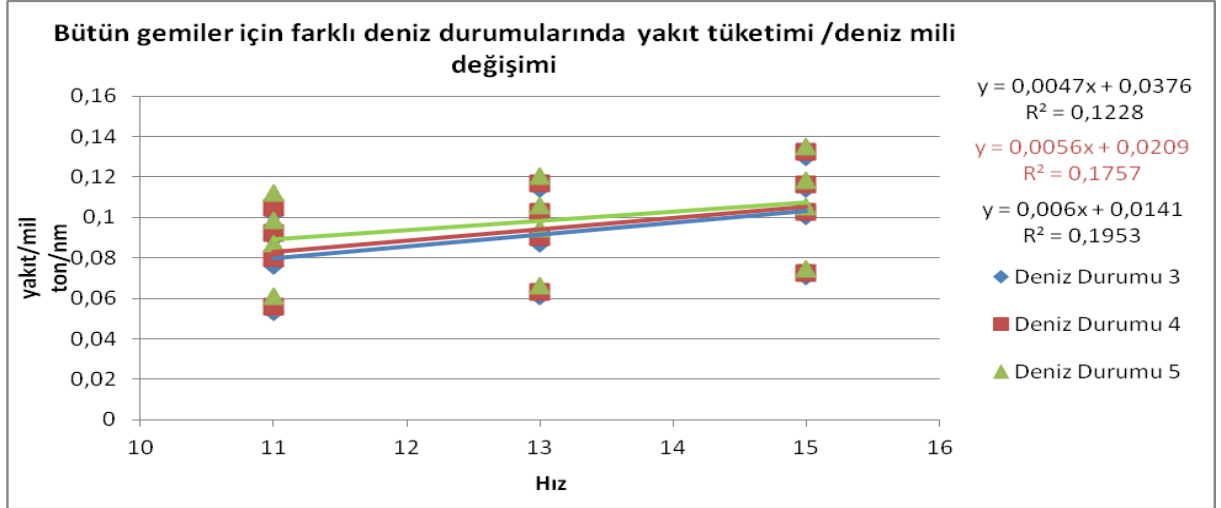
Formüller dalga ve rüzgarın baş ve kıç etki yönlerine göre her deniz mili başına tüketilen yakıt miktarı ile hız arasındaki ilişkiyi belirlemek için oluşturulmuştur. Bu formülde 0°- 45° ve 360°- 315° açıları baş taraftan etkileri, 135° - 225° açıları kıç taraftan etkileri göstermektedir. Ayrıca "x" değişkeni de gemi hız değerini göstermektedir. Formül, dalga ve rüzgarın etki yönlerine göre "x" değeri yerine istenilen gemi hızı değerinin girilerek deniz mili başına tüketilen yakıt miktarının hesaplanması yoluyla kullanılır. Yakıt tüketimi ile kastedilen ana makina yakıt tüketimidir.

6.8.3. Değişik Hızlar İçin Deniz Durumu Eşitlikleri

Hava durumuna göre seyir optimizasyonu şirketler için çok önemli ve dikkat edilmesi gereken bir husustur. Şirketler filolarındaki gemilerin seferlerinde daha az yakıt tüketimin sağlamak için kötü hava koşullarını dikkate alarak en doğru seyir optimizasyonunu yapmak zorundadırlar.

Bu bölümde, deniz durumu 3, deniz durumu 4 ve deniz durumu 5 için veriler toplanıp analize gidilmiştir. Bunun nedeni toplanan veriler içinde en çok verinin bu deniz durumları skalasında bulunmasındandır. Şekil 38, deniz mili başına tüketilen yakıt miktarındaki değişimi farklı deniz durumları için ayrı ayrı hızla bağlı olarak göstermektedir. Açıkça görülmektedir ki gemiler daha yüksek hızlarda ve daha kötü hava koşullarında daha

fazla yakıt tüketmektedir. Grafikteki noktalar, gemilerin bütün sağlanan verilere ait dönem için ortalama yakıt tüketimi değerlerini gösterir.



Şekil 38: Bütün gemiler için ortalama deniz durumu etkilerinin hıza göre değişimi

Grafikteki değerler dört gemiye ait deniz mili başına tüketilen yakıt miktarını farklı hızlara göre kapsar. Daha önceki formüllerde de belirtildiği gibi aynı hızdaki aynı renkli noktalar farklı gemilere aittir.

Tablo 16: Farklı deniz durumları için hıza bağlı yakıt tüketimi (T/NM) hesaplama formülleri

Deniz Durumu	Hıza bağlı olarak farklı deniz durumlarında T/NM değerinin bulunması için formüller	R ² değeri
Deniz Durumu 3	$0,006x + 0,0141$	0,1953
Deniz Durumu 4	$0,0056x + 0,0209$	0,1757
Deniz Durumu 5	$0,0047x + 0,0376$	0,1228

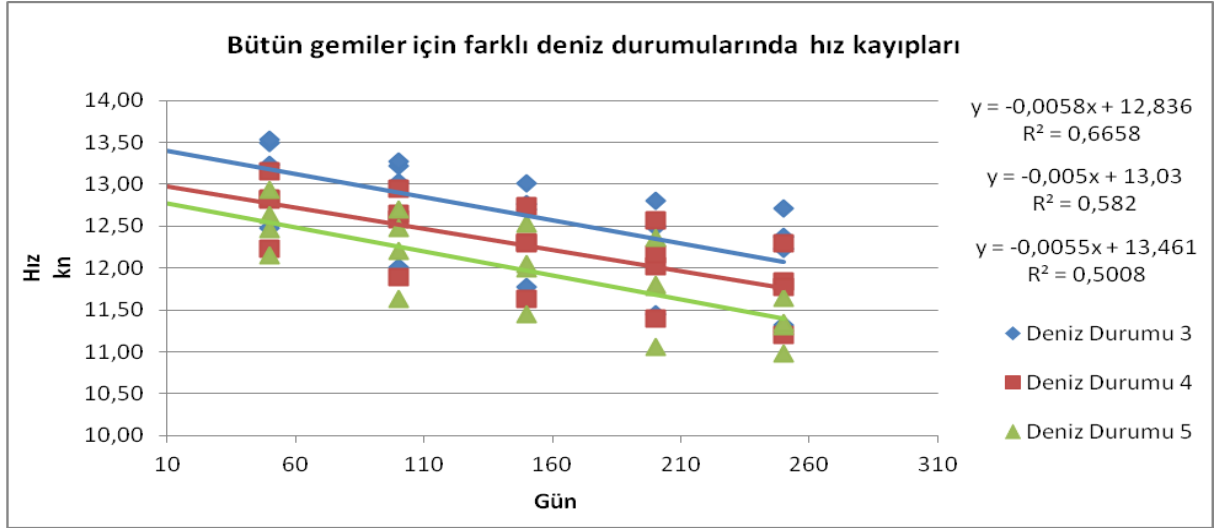
Tablo 16'daki formüller değişik deniz durumlarına göre her deniz mili başına tüketilen yakıt miktarı ile hız arasındaki ilişkiyi belirlemek için oluşturulmuştur. "x" değişkeni yine aynı şekilde gemi hız değerini göstermektedir. Formül, farklı deniz durumlarına göre "x"

değeri yerine istenilen gemi hızı değerinin girilmesiyle deniz mili başına tüketilen yakıt miktarının hesaplanması yoluyla kullanılır.

6.8.4. Süreç içerisinde Oluşan Hız Kaybı Eşitlikleri

Gemilerde hız azalımı düşük hızlarda seyir gerçekleştirmek amaçlı şirketler tarafından yakıt tüketimini azaltmak için kullanılan bir verimlilik artırma yöntemidir. Bu durum şirketler tarafından uygulanan gönüllülük esaslı bir uygulama olmasına rağmen gemilerde zorunlu durumlar nedeniyle de oluşabilecek hız kayıpları vardır. Zorunlu durumlardan biri rüzgar ve dalga kuvvetleri etkisi gibi çevresel koşullar nedeniyle oluşurken bir diğeri tekne ve pervane yüzeyinde zaman içerisinde oluşan kirlilik sebebiyle meydana gelen hız kayıplarıdır. Bu bölümde, aynı çevresel koşullarda farklı deniz durumu güçleri için zaman içinde oluşan hız kayıpları bütün gemi verilerinin değerlendirmeye katılmasıyla incelenmiştir.

Şekil 39, bütün gemilerin verileri dikkate alınarak zaman içerisinde oluşan hız kayıplarını farklı deniz koşulları için göstermektedir. Verileri alınan zaman dilimi gemilerin temizlik bakımları yapılmadan önceki periyodu kapsamaktadır. Böylelikle temizlik bakımları sebebiyle oluşabilecek etkilerden kaçınılmış olur. Mavi, kırmızı ve yeşil renkli çizgiler deniz durumu 3, deniz durumu 4 ve deniz durumu 5'e ait durumları göstermektedir. Grafik, gemilerin hızında zamana bağlı olarak azalan bir trend olduğunu göstermektedir. Bütün gemiler dikkate alındığında 250 günlük süreç içerisinde oluşan ortalama hız kaybı yaklaşık olarak 1,37 knot olduğu grafikten görülmektedir.



Şekil 39: Farklı deniz durumlarında bütün gemiler için süreç içerisinde oluşan hız kayıpları

Grafiği oluştururken deniz durumları arasında ilişki kurmak için gemiler çeşitli yükler altında iken gemilerin bütün ortalama hızları kullanılmıştır. Oluşturulan formüller Tablo 17'de mevcuttur.

Tablo 17: Farklı hız koşulları için süreç içerisinde hız kaybı bulma formülleri

Deniz Durumu	Zamana bağlı olarak farklı deniz durumlarında hız kayıplarının bulunması için formüller	R^2 değeri
Deniz Durumu 3	$-0,0055x + 13,461$	0,5008
Deniz Durumu 4	$-0,005x + 13,03$	0,582
Deniz Durumu 5	$-0,0058x + 12,836$	0,6658

Formüller istenilen herhangi bir zaman için deniz durumuna bağlı olarak gemi hız değerini verir. "x" değişkeni zamanı gün olarak göstermektedir. Formüllerden maksimum hız değerleri ve günlük hız kayıpları da anlaşılmaktadır. Örneğin, Deniz Durumu 3'te gemi her gün için 0,0055 knot hız kaybetmektedir. Bu da 100 gün sonunda 0,55 knot hız kaybı anlamına gelmektedir.

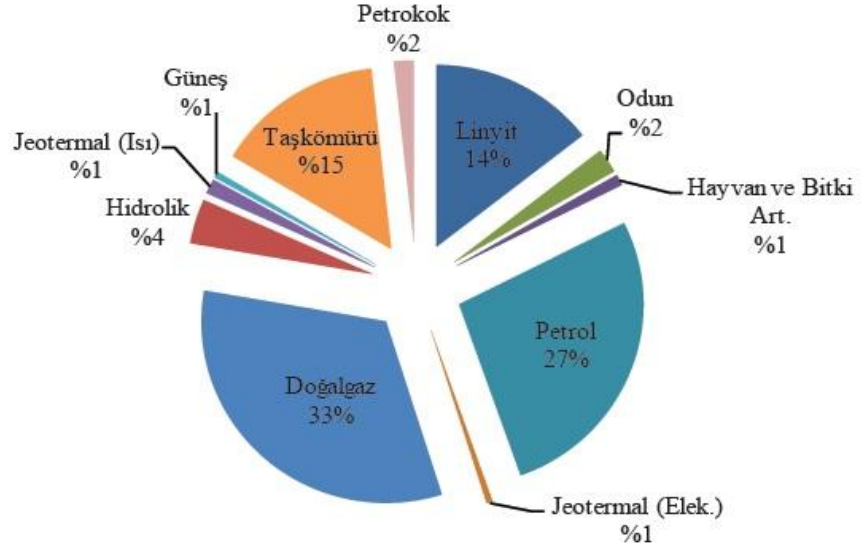
Şirketler belirlenen bu formüllerle gemilerine ait EEOI, ana makina yakıt tüketimi ve hız kaybı değerlerini önceden belirleyerek, gemilerine ait günlük operasyon stratejilerini çevre şartlarına ve gemi kirlilik miktarına göre hız optimizasyonu yaparak değiştirebilirler. Bu yolla hedefledikleri ana makina yakıt tüketim değerlerine ulaşabilirler.

VII. GEMİLERDE ENERJİ VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN ULUSAL MEVZUAT GEREKLİLİĞİ VE ÖRNEK MEVZUAT UYARLAMASI

Çalışmanın bu bölümde; Türkiye'de enerji konusunda yaşanan sıkıntılardan, sera gazı salınımı istatistikî verilerinden ve oluşturduğu olumsuz etkilerinden, Türkiye'de sera gazı oluşumunda denizcilik sektörünün yerinden, Türkiye'nin sera gazı azaltılmasına yönelik hangi uluslararası anlaşmalara taraf olduğundan, IMO nezdinde hangi sözleşmelere taraf olduğundan ve Türk Bayraklı gemilerde enerji verimliliğinin artırılması ve uygulanmasına yönelik nasıl bir mevzuat çalışması yapılması gerektiğinden bahsedilecektir.

7.1. Türkiye'nin İstatistikî Enerji Verileri ve Enerji Verimliliğinin Gerekliliği

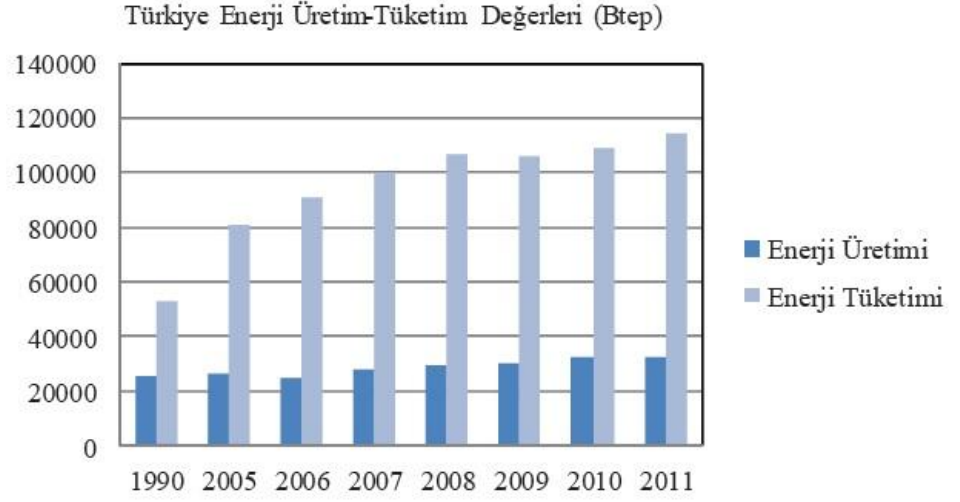
Enerji, bir ülkenin sanayisi, ulaşımı, tarımı, askeri gücü, ısınma ihtiyacı ve ülke içindeki daha bir çok faaliyet için gerekli bir olmazsa olmazdır. İhtiyaç duyduğu enerjiyi kendi iç kaynaklarından karşılamayan Türkiye, enerjinin büyük bir kısmını yurt dışından ithal ederek karşılamaktadır, bu durum da Türkiye'yi enerji konusunda dışa bağımlı ülkeler kategorisine sokmaktadır. Türkiye'nin gelişmekte olan ülke olması sebebiyle enerji ihtiyacı her geçen yıl artmakta, bu artışta beraberinde mevcut bağımlılığı arttırmaktadır. Bu sıkıntının yarattığı olumsuz etkiler ülkede yaşayan tek bir ferdin günlük yaşantısından ülkenin geleceğine belirleyen politikaların oluşturulmasına kadar toplumun her alanını önemli ölçüde etkilemektedir. Bu durumun önüne geçilmesine yönelik, hükümetlerin toplanan istatistikî verileri iyi analiz etmesi, uzun süreçli politikalar oluşturması ve toplumun her kademesinin bilinçlendirilmesine yönelik çalışmalar yapması önem arz etmektedir.



Şekil 40: Türkiye'de enerji tüketiminin kaynaklar bazında dağılımı (Kaynak: MMO, 2012a)

Türkiye toplam enerji tüketiminin kaynaklar bazındaki dağılımı Şekil 40'ta özetlenmiştir. Türkiye'nin 2011 yılı toplam enerji tüketimi 114480.2 Btep olup sıralamada dünyada enerji tüketimi en yüksek 23. ülke konumundadır. Enerji tüketiminin büyük bir kısmını dışa bağımlı olunan petrol ve doğal gaz oluşturmaktadır. Enerji kaynaklarının enerji tüketimindeki payları sırasıyla; doğal gaz (%33), petrol (%27), taşkömürü (%15), linyit (%14) ve hidrolik (%4) şeklinde gerçekleşmiştir (MMO, 2012a).

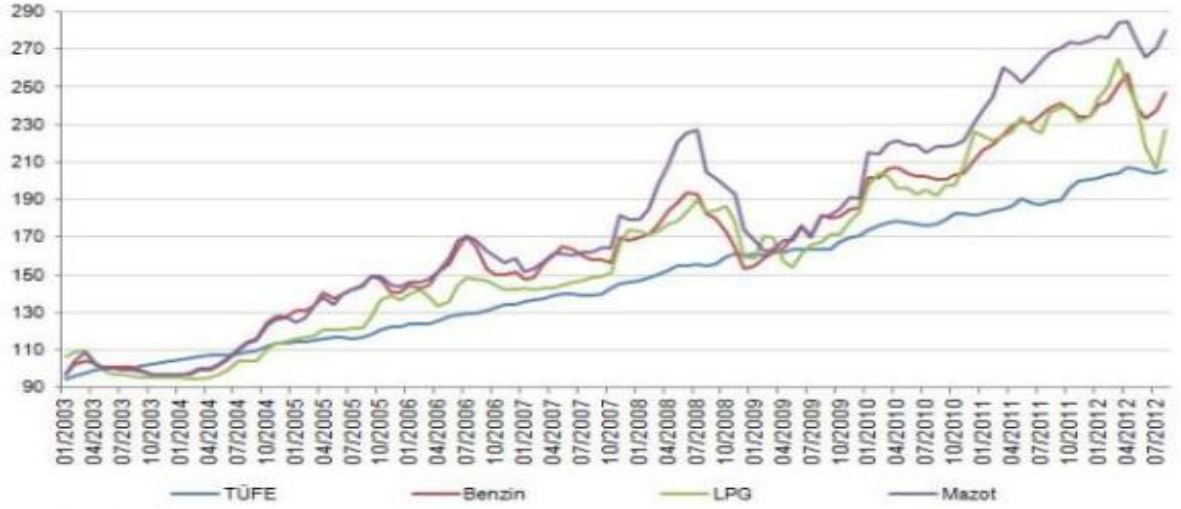
Ülkedeki petrol durumu incelendiğinde; 2011 yılı ham petrol üretiminin 2.4 milyon ton olduğu belirlenmiştir. Buna karşılık aynı yıl ithal edilen ham petrolün 18.1 milyon ton ve ithal edilen petrole ödenen tutarın 21 milyar \$'ı aştığı bilinmektedir.



Şekil 41: Türkiye'de yerli kaynaklardan toplam enerji üretimi ve tüketimi (Kaynak: MMO, 2012a)

1990-2011 yılları arasında Türkiye’de yerli kaynaklardan enerji üretim miktarı ve toplam enerji tüketim miktarı Şekil 41’de verilmiştir. Türkiye’de yerli kaynaklardan enerji üretiminin enerji tüketimini karşılama oranı yıllar içerisinde hızla azalmıştır. Bu oran 1990 yılında %48.1 iken 2011 yılında %28.2 olarak gerçekleşmiştir (MMO, 2012a).

Bahsedilmesi gereken diğer önemli konu ise Türkiye’de denizcilik sektörünü de yakından ilgilendiren akaryakıt fiyatlarıdır. Bu fiyatlarda sürekli yükseliş eğiliminin olmasının başlıca nedenleri arasında, ülkeler arasındaki ilişkilerin kötüleşmesi, dünyadaki sosyal ve ekonomik krizler, enerji kaynaklarının bulunduğu bölgelerdeki ülkelerin iç meselelerindeki huzursuzluklar ve Türkiye ekonomisindeki dalgalanmalar sıralanabilir. Türkiye’de taşıt yakıtı olarak kullanılan bazı ürünlerin ortalama fiyatlarının 2003 Ocak ayından 2012 Temmuz ayına kadar nasıl arttığını gösteren ve bunları Tüketici Fiyatları Endeksi (TÜFE) ile kıyaslayan gösterge Şekil 42’de mevcuttur.



Şekil 42: TÜFE ve ortalama akaryakıt fiyat düzeyleri (2003=100) (Kaynak:Url-6)

Şekil 42'de görüldüğü gibi, özellikle benzin ve mazot fiyatı 2003'ten bu yana TÜFE'nin üzerinde seyretmiş durumdadır. Söz konusu 9,5 yıllık dönemde tüketici fiyatları genel düzeyi yüzde 105 artarken, benzinin ortalama litre fiyatı yüzde 147, LPG'nin fiyatı yüzde 127, mazotun fiyatı ise yüzde 180 gibi ciddi artışlar kaydetmiş. Bu fiyatlardaki artış toplumun her kesimini etkilemekte ve bireylere sunulan her türlü ürün, hizmet ve gıda maddesinde artışlara neden olabilmektedir (Url-6).

Türkiye'nin 1990-2008 yılları arasındaki gelişimine bakıldığında ise toplam elektrik üretiminin yüzde 245 oranında, ekonominin karbon yoğunluğunun yüzde 159 oranında artması, kalkınmanın giderek artan bir ivmeyle enerji yoğun olduğunun ve fosil yakıtlara dayandırıldığına bir göstergesidir. Ayrıca ekonomik gelir artışının (%171), aynı dönemde elektrik üretimindeki artışa (%245) kıyasla düşük seviyede kalması Türkiye'deki enerji verimliliğinin yeterli seviyede olmadığını da göstermektedir (MMO, 2012b).

Enerji verimliliği; enerjide arz güvenliğinin sağlanması, dışa bağımlılıktan kaynaklanan risklerin azaltılması, enerji maliyetlerinin sürdürülebilir kılınması, iklim değişikliği ile mücadelenin etkinliğinin artırılması ve çevrenin korunması gibi ulusal stratejik hedefleri tamamlayan ve bunları yatay kesen bir kavramdır. Enerji verimliliği alanında, son

altı yıl içinde istikrarlı fakat yavaş ilerleme görülebilmektedir. Bu ilerlemeyi güçlendirmek için, 2008 yılında T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, kamu ve özel sektörlerindeki enerji verimliliği bilincini arttırmak amacıyla Ulusal Enerji Verimliliği Hareketi'ni başlatmıştır. Bu kapsamda Türkiye, yürütülen enerji verimliliği çalışmaları çerçevesinde, 2015 yılına kadar birincil enerji yoğunluğunda 2008 yılına göre %10 azalma hedefini belirlemiştir. 2023 yılına kadar bu azalmanın %20'ye ulaşması hedeflenmektedir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2010).

Bilindiği üzere Türkiye, Avrupa Birliği üyesi olma yolunda uzun süredir uğraşı vermektedir ve bu kapsamda ülke standartlarını yükseltebilmek için kendi mevzuatını AB'nin bir çok iç mevzuatını ile uyumlu hale getirme çalışmaları vardır. Enerji konusunda da bu tip çalışmalar mevcuttur. Avrupa Birliği'nin 2020 yılına kadar ulaşmak istediği önemli hedeflerden biri, birincil enerji kullanımının tahmini seviyeye göre %20 azaltılmasıdır. Bu hedefin hazırlandığı zamanda, AB'nin 2020 yılı için tahmini enerji tüketimi 1842 mtoe idi ve dolayısıyla %20'lik azaltma hedefi, 386 mtoe enerji tasarrufu anlamına gelmektedir (European Commission, 2011).

AB'nin üzerinde durduğu diğer bir önemli nokta ise enerji verimliliğinin artırılmasıdır. AB'nin enerji verimliliğini arttırmasını amaçlayan Enerji Verimliliği Eylem Planı'nı göre enerji verimliliğinin arttırılması yolları birkaç öncelikli alana ayrılmaktadır. Bunlardan konumuzla ilgili olanlardan birkaçı şöyle sıralanabilir;

- Enerjinin daha verimli şekilde üretilmesi ve dağıtılması
- Araçların yakıt verimliliğinin elde edilmesi
- AB yeni üye ülkelerinde enerji verimliliğinin teşvik edilmesi
- Enerji verimliliği konusunda bilinçlendirme
- Dünya çapında enerji verimliliğinin teşvik edilmesi
- Ulaştırmanın verimliliğinin arttırılması

Avrupa Birliği üyesi olma yolunda yıllardır büyük bir uğraş içinde olan Türkiye, AB'nin Enerji Verimliliği Planı ile alınan kararlardan olan fosil yakıtların kullanımının %20

oranında azaltılması ve enerji verimliliğinin artırılması yönünde alınan kararları dikkate alarak bu hedeflere ulaşma yolunda kendi iç mekanizmasını oluşturmalıdır. Bundan da önemlisi, dünyadaki enerji rezervlerinin bir hayli yakınında olmasına rağmen ülkenin yer aldığı coğrafi konumda bor madenleri haricinde önemli bir enerji kaynağı (örn: petrol, doğal gaz v.b.) rezervi bulunmamasıdır. Ülke iç kaynaklarından üretilen enerji miktarı, ülke genelinde tüketilen enerji miktarı ile kıyaslandığında aradaki farkın önemli derecede yüksek olduğu anlaşılmıştır. Bu durum, Türkiye'yi kendi milli politikasını belirleme ve uygulamaya koyma konusunda elini çok güçsüzleştirmekte, bölgede ve dünyada önemli bir güç olma hedefini sekteye uğratmaktadır.

Bütün bu durumlar göz önüne alındığında, Türkiye fosil yakıtlara olan bağımlılığını azaltacak ve mevcut enerjisini en verimli şekilde kullanmayı hedefleyecek sistemi kurmak zorundadır. Bu kapsamda, bu tez çalışmasının konusu oluşturan denizcilikle ilgili alanı kapsayacak "Gemilerde Enerji Verimliliği" konusuna yoğunluk verilmelidir.

Gemilerin büyük çoğunluğunda yakıt olarak petrol türevi akaryakıtlar kullanılmaktadır. Bu akaryakıtlar için, Türkiye'deki mevcut durumun vahimliğinden ve son yıllarda fiyatlarındaki aşırı yükselmeden yukarıda ayrıntılı biçimde bahsedilmiştir. Bu bağlamda, 400 GT üstü Türk bayraklı gemilerin sayısı (1048 adet) dikkate alındığında ve gemiler ana makine güçleri itibariyle yüksek yakıt tüketimi sergilediklerinden (örn: 17687 GT'luk bir konteyner gemisinde (A3 gemisi) iki sene içerisinde sadece ana makina 15154 ton yakıt tüketmiştir), enerji verimliliğinin Türk Bayraklı gemilere uygulanması Türkiye'nin mevcut enerji durumu çerçevesinde bir gereklilik olarak görülmelidir. IMO hava kirliliğini önlemek amaçlı olsa da MARPOL EK VI'ya gemilerde enerji verimliliği ile ilgili bölüm eklemiştir. Bu gelişmenin ışığında Türkiye'nin de vakit kaybetmeden gerekli çalışmaları yaparak gemilerde enerji verimliliği hususunu ulusal mevzuatına eklenmesine yönelik adımlar atmaya başlaması gerekmektedir.

7.2. Enerji Verimliliği Hususunda Türkiye'de Yürürlükte Olan Mevzuat

Genel anlamda enerji verimliliği ile ilgili en önemli mevzuat çalışması 18/4/2007 tarih ve 5627 sayılı "Enerji Verimliliği Kanunu"dur. Bu Kanundan sonra 9 Haziran 2008 tarih ve 26901 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Ulaşımında Enerji Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik" ulaşım sektöründe enerji verimliliğinin sağlanmasına yönelik yayımlanmıştır. Diğer önemli bir mevzuat çalışması ise 27 Ekim 2011 tarih ve 28097 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik" tir. 25 Şubat 2012 tarih ve 28215 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Enerji Verimliliği Strateji Belgesi 2012-2023" ile de yapılması zorunlu eylemler tespit edilerek sorumlulukların bölüşülmesi planlanmıştır. Mevzuat çalışmalarında binalarda enerji performansı, buzdolabı, derin dondurucular, fırın ve çamaşır makinesi, evlerde kullanılan aydınlatma araçları, enerji verimliliği destekleri ve uygulanacak eğitim faaliyetleri konuları başta olmak üzere enerji verimliliği alanında bir çok alan ele alınmıştır. Bu bölümde tez konusunu daha çok ilgilendiren ve daha kapsamlı olduğu değerlendirilen mevzuat çalışmaları hakkında detaylara yer verilmiştir.

- *5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu*: 2 Mayıs 2007 tarih ve 26510 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanmıştır. Enerjinin üretimden tüketimine tüm aşamalarında, sanayi, binalar ve ulaşımında enerji verimliliğinin artırılması ve desteklenmesi; toplum genelinde enerji bilincinin geliştirilmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılması amaçlanmaktadır. Bu Kanun ile ayrıca, enerjinin etkin kullanımını ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerji kullanımında verimliliğin artırılmasını amaçlanmaktadır. Bununla ilgili görev, sorumluluk ve faaliyetler düzenlenmiştir. Bu Kanunla ilgili sorumlu kuruluş "Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü" dür.

- *Ulaşımında Enerji Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmelik* : 9 Haziran 2008 tarih ve 26901 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanmıştır. Bu Yönetmelik ulaşımında enerji verimliliğinin artırılması amacıyla; motorlu araçların birim yakıt

tüketimlerinin düşürülmesine, araçlarda verimlilik standartlarının yükseltilmesine, toplu taşımacılığın yaygınlaştırılmasına, trafik akımının arttırılmasına yönelik sistemlerin kurulmasına ilişkin usul ve esasları kapsar. Yönetmelikten sorumlu kuruluş " Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı" dır.

- *Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik* : 27 Ekim 2011 tarih ve 28097 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanmıştır. Bu Yönetmelik, 5627 sayılı Kanunun amacına yönelik usul ve esasları düzenler. Bu Yönetmelik enerji verimliliğine yönelik hizmetler ile çalışmaların yönlendirilmesi ve yaygınlaştırılmasında üniversitelerin, meslek odalarının ve enerji verimliliği danışmanlık şirketlerinin yetkilendirilmesine, enerji yönetimi uygulamalarına, enerji yöneticileri ile enerji yönetim birimlerinin görev ve sorumluluklarına, enerji verimliliği ile ilgili eğitim ve sertifikalandırma faaliyetlerine, etüt ve projelere, projelerin desteklenmesine ve gönüllü anlaşma uygulamalarına, talep tarafı yönetimine, elektrik enerjisi üretiminde, iletiminde, dağıtımında ve tüketiminde enerji verimliliğinin arttırılmasına, termik santrallerin atık ısılarından yararlanılmasına, açık alan aydınlatmalarına, biyoyakıt ve hidrojen gibi alternatif yakıt kullanımının özendirilmesine ve idari yaptırımlara ilişkin usul ve esasları kapsar. Yönetmelikten sorumlu kuruluş "Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü" dür.

- *Enerji Verimliliği Strateji Belgesi 2012-2023* : 25 Şubat 2012 tarih ve 28215 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanmıştır. Kamu kesimi, özel sektör ve sivil toplum kuruluşlarının katılımcı bir yaklaşımla ve işbirliği çerçevesinde hareket etmesini sağlamak, sonuç odaklı ve somut hedeflerle desteklenmiş bir politika seti belirlemek, bu hedeflere ulaşmak için yapılması zorunlu eylemleri tespit etmek, ayrıca süreç içinde kuruluşların yüklenecekleri sorumlulukları tanımlamak için işbu strateji belgesi hazırlanmıştır. Bu belgede tanımlanan faaliyetlerin gerçekleştirilmesinden, tedbirlerin uygulanmasından, sonuçların değerlendirilmesinden sorumlu olan kamu ve sivil toplum kuruluşları arasında yakın bir işbirliği kurulması amaçlanmış olup, bu koordinasyonu Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı adına Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü sağlamaktadır.

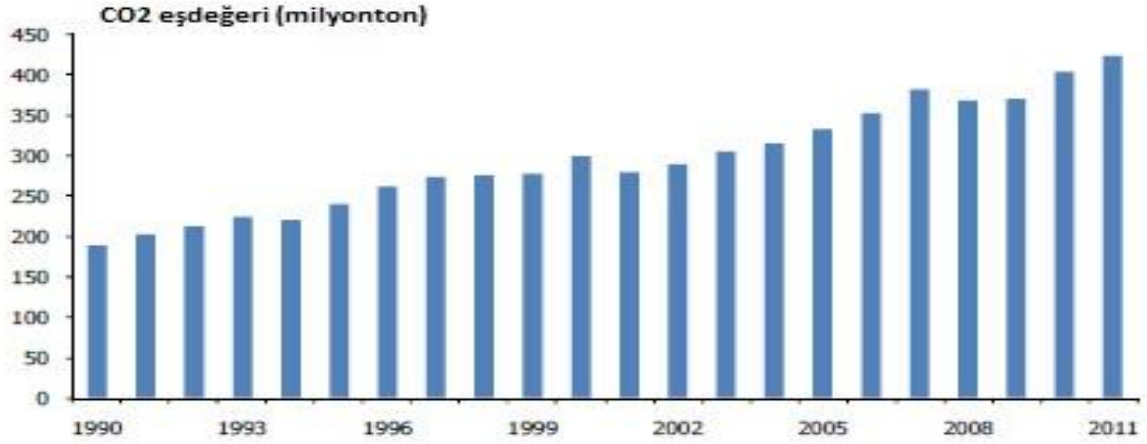
7.3. Türkiye'de Sera Gazı Salınımı İstatistikleri ve Denizciliğin Yeri

Türkiye, BMİDÇS kararlarına ve ilgili Taraflar Konferansı kararlarına göre belirli süreçlerde iklim değişikliği ulusal bildirimini hazırlamak ve hazırladığı bildirim Sekreteryaya'ya sunmakla yükümlüdür. Ulusal sera gazı emisyonları, 1996 Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli Rehberi kullanılarak hesaplanmaktadır. Türkiye'nin 1990-2011 yıllarını içine alan Ulusal Sera Gazı Emisyon Envanteri 12 Nisan 2013'de yayınlanmıştır.

Bu envanter sonuçlarına göre, 2011 yılında toplam sera gazı emisyonu CO₂ eşdeğeri olarak 422,4 milyon ton (MT) olarak tahmin edildi. Tablo 18'de mevcut verilerde de anlaşılacağı gibi 2011 yılı emisyonlarında CO₂ eşdeğeri olarak en büyük payı %71 ile enerji kaynaklı emisyonlar alırken, bunu sırasıyla %13 ile endüstriyel işlemler, %9 ile atık ve %7 ile tarımsal faaliyetler takip etti. Şekli 43'te görüldüğü gibi CO₂ eşdeğeri olarak 2011 yılı toplam sera gazı emisyonu 1990 yılına göre %124 artış göstermiştir.

Tablo 18: Sektörlere göre Türkiye'de toplam sera gazı emisyonları (1990-2011)
(Kaynak: TÜİK, 2013a)

	1990	1995	2000	2005	2010	2011
Enerji	132,88	161,50	213,2	242,34	285,07	301,25
Endüstriyel İşlemler	15,44	24,21	24,37	28,78	53,94	56,21
Tarımsal Faaliyetler	30,39	29,23	27,85	26,28	27,13	28,83
Atık	9,72	23,88	32,79	33,58	35,97	36,13
1990 yılına göre artış yüzdesi		26,74	58,26	75,65	113,39	124,17



Şekil 43: Türkiye'nin toplam sera gazı emisyonu (1990-2011) (Kaynak: TÜİK, 2013b)

Dağılım her sera gazı bazında incelendiğinde ise Tablo 19'da görüldüğü gibi en büyük salınım değeri 344,69 MT ile CO₂'ye aittir. Sırasıyla; 58,81 MT ile CH₄, 12,65 MT ile N₂O ve 6.26 MT ile F gazları yer almaktadır. Yıllara göre değişimlerine bakıldığında ise CO₂ ve F gazlarındaki artış oranı dikkat çekerken, N₂O salınımında 2010 yılına göre azalma görülmektedir.

Tablo 19: Türkiye'de sera gazı bazında salınım miktarı (1990-2011) (Kaynak: TÜİK, 2013a)

	1990	1995	2000	2005	2010	2011
CO₂	141,56	174,09	225,61	259,77	326,55	344,69
CH₄	34,05	47,39	53,81	52,82	57,59	58,81
N₂O	12,22	16,82	17,14	14,67	13,08	12,65
F gazları	0,6	0,52	1,66	3,73	4,89	6,26
Toplam	188,43	238,82	298,21	330,98	402,1	422,42

Bu tez çalışmasının konusu denizcilikle ilgili olduğundan, denizcilikte ulaştırma ve taşımacılığın konusu olduğundan bu konulardaki verilerle ilgili analizler üzerinde çalışma yapılmıştır. Ulaştırma ve taşımacılık verileri, harcanan fosil yakıt tüketimlerinden dolayı hesaplamalarda ve analizlerde enerji başlığı altında değerlendirilmiştir. Bu konu başında da bahsedildiği üzere enerji Türkiye'de 2011 yılında oluşan toplam emisyonlar içerisinde enerji en büyük paya sahip olarak 301,25 MT ile %71'ini oluşturmaktadır. Enerji alanında yakıt tüketimi alt başlığı altında salınım kaynakları 4 ana başlık altında toplanabilir; enerji endüstrisi, üretim endüstrisi, taşımacılık ve diğer sektörler. Bu kaynaklardan yakıt tüketimi yoluyla oluşan CO₂ salınımı yüzdesel olarak Şekil 44'te gösterilmektedir.

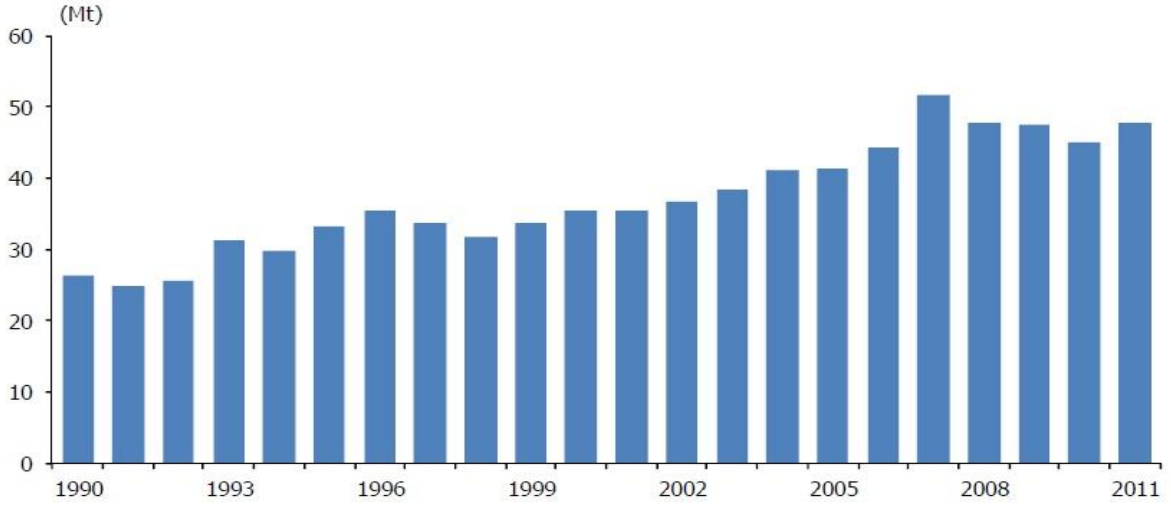


Şekil 44: Türkiye'de yakıt tüketimi alt başlığında sektörlere göre CO₂ salınımı yüzdesi (Kaynak: TÜİK, 2013b)

Şekil 44'te görüldüğü gibi yakıt tüketimi kaynaklı CO₂ salınımında 1990 yılında en büyük pay %30 ile üretim endüstrisine ait iken, 2011 yılında en büyük pay %41 ile enerji endüstrisine geçmiştir. Bu durum bir önceki konu başlığı olan enerji verimliliği hususunun önemini bir kere daha göstermektedir. Taşımacılık sektörü ise 1990 yılında %20 pay sahibi iken bu oran 2011 yılında %16'ya düşmüştür.

Yakıt tüketiminden bir alt kategoriye inilip taşımacılık sektörü incelendiğinde, bu sektörün sera gazı salınımının ana kaynaklarından biri olduğu anlaşılmaktadır. Şekil 45'te

görüldüğü üzere salınım yüzdesi 1990 yılından 2011 yılına %82,07 artış göstermiştir. Yıllık bazda da %3,9 ortalama salınım artışı görülmektedir.



Şekil 45: Türkiye'de CO₂ eşdeğeri olarak taşımacılık sektörü sera gazı salınım değerleri (Kaynak: TÜİK, 2013b)

Taşımacılık aşağıda listelendiği gibi 4 alt başlık altında incelenebilir;

- Sivil havacılık
- Kara yolu taşımacılığı
- Demir yolları taşımacılığı
- Deniz yolları taşımacılığı

2011 yılında taşımacılık sektörü kaynaklı 47,86 milyon ton sera gazı salınımı oluşmuştur. Taşımacılık alt sektör bazında 1990-2011 yılları arasındaki değişim Tablo 20'de gösterilmiştir. Tablo 20'ye göre, 2011 yılında kara yolu taşımacılığı sera gazı salınımının %87,22'sini oluşturarak en büyük paya sahiptir. Yurt içi havacılık %7,11, kabotaj deniz taşımacılığı %4,66 ve demir yolu taşımacılığı %1,01 orana sahiptir. Yüzdesele olarak en büyük artış değerlerinin kabotaj deniz taşımacılığında olduğu görülmektedir.

Tablo 20: Türkiye'de taşımacılık alt sektörlerinin sera gazı salınımı verileri (Kaynak: TÜİK, 2013b)

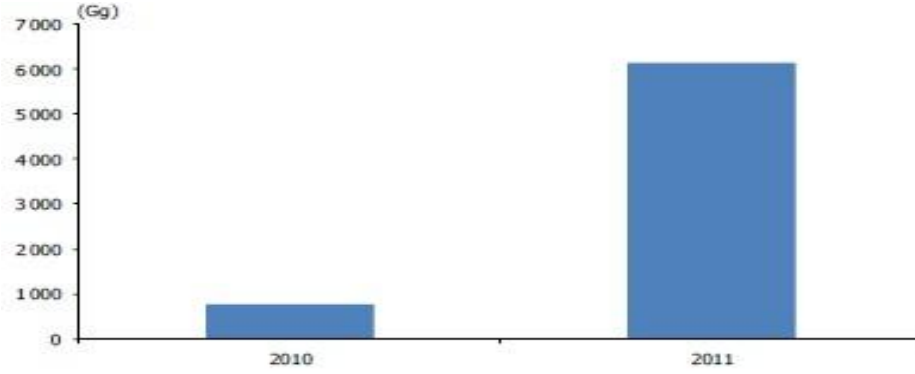
Taşımacılık Modu	CO ₂ eşdeğeri cinsinden salınım miktarı (Gg)			Taşımacılık sektöründeki payı (%)
	1990	2010	2011	2011
Karayolu taşımacılığı	24.350,70	39.955,30	41.742,53	87,22
Yurt içi havacılık	914,98	3.026,53	3.404,39	7,11
Demir yolları taşımacılığı	521,52	474,66	482,12	1,01
Kabotaj deniz taşımacılığı	499,39	1.685,92	2.230,34	4,66
	2010-2011 yılları arasında değişim		1990-2011 yılları arasında değişim	
	CO₂ eşd. (Gg)	%	CO₂ eşd. (Gg)	%
Karayolu taşımacılığı	1.787,23	4,3	17.391,83	71,72
Yurt içi havacılık	377,85	11,1	2.489,41	272,07
Demir yolları taşımacılığı	7,46	1,5	-39,40	-7,55
Kabotaj deniz taşımacılığı	544,42	24,4	1.730,95	346,61

Deniz yolu taşımacılığı; uluslararası deniz taşımacılığı ve kabotaj deniz taşımacılığı olarak ikiye ayrılabilir. Tablo 21, sera gazı bazında uluslararası deniz taşımacılığı kaynaklı salınım miktarlarını 2010 ve 2011 yılları için göstermektedir. Şekil 46 ve Şekil 47 ise sırasıyla toplam sera gazı salınımını ve N₂O ve CH₄ ait salınımlarını CO₂ eşdeğeri cinsinden göstermektedir.

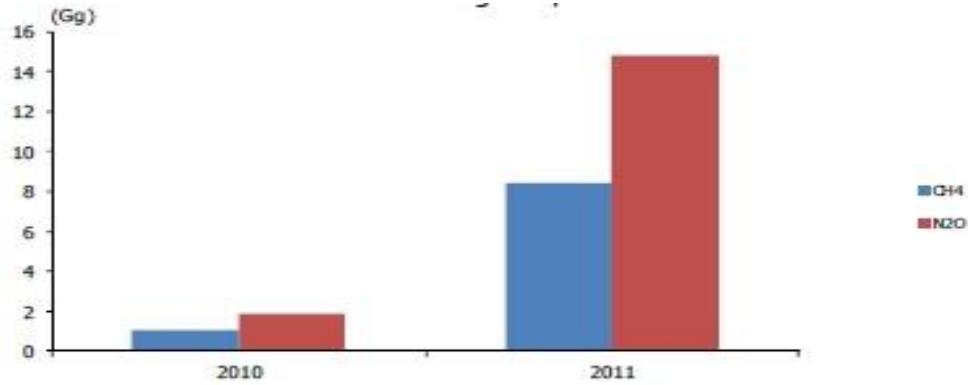
Tablo 21: Türkiye'de denizcilik yakıtları kaynaklı sera gazı salınımları (Kaynak: TÜİK, 2013b)

	(Gg)	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂
2010	Dizel	747,95	0,05	0,01	15,15	10,10	2,02	0,70
	Fuel Oil	4,54	0,00	0,00	0,09	0,06	0,01	0,04
	Toplam	752,49	0,05	0,01	15,24	10,16	2,03	0,75
2011	Dizel	1.488,57	0,10	0,01	30,17	20,11	4,02	1,39
	Fuel Oil	4.618,67	0,30	0,04	89,55	59,70	11,94	44,56
	Toplam	6.107,24	0,40	0,05	119,72	79,81	15,96	45,95

Tablo 21'den uluslararası deniz taşımacılığı kaynaklı en ciddi salınım miktarının CO₂ bazında gerçekleştiği açıkça görülmektedir. Ayrıca, 2010 ve 2011 yılları arasındaki salınım miktarları arasındaki ciddi artışta gözlemlenebilmektedir.



Şekil 46: Türkiye'de uluslararası deniz taşımacılığı kaynaklı sera gazı salınımı (Kaynak: TÜİK, 2013b)



Şekil 47: Türkiye'de uluslararası deniz taşımacılığı kaynaklı CO₂ eşdeğeri cinsinden CH₄ ve N₂O salınımı (Kaynak: TÜİK, 2013b)

Şekil 46'dan uluslararası deniz taşımacılığı kaynaklı toplam sera gazı salınım miktarının 2010 yılında 1 MT bile değilken 2011 yılında 6 MT civarına ulaştığı görülmektedir. Şekil 47'den ise CO₂ eşdeğeri olarak N₂O salınımının 15 Gg'a CH₄ salınımının 8,5 Gg'a ulaştığı açıkça görülmektedir. Kabotaj deniz taşımacılığı kaynaklı sera gazı salınımı verileri alt başlıklarda detaylı şekilde incelenecektir.

Deniz taşımacılığı sera gazı salınım verilerinden anlaşılacağı gibi gemi kaynaklı sera gazı salınımı yıllara göre çok hızlı bir artış eğilimi içerisinde. Mevcut verilerin analizinde bu artışın bütün taşımacılık başlığı altında geçen sektörlerdeki artıştan (karayolu dahil) açık ara önde olduğu görülmektedir. Mevcut durumun önüne geçilip salınım artış hızının azaltılması ve geri dönüşü olmayan zararların oluşumunu engelleyebilmesi için gerekli mevzuatsal çalışmaların yapılması kaçınılmaz bir durum haline gelmiştir.

7.4. Türkiye'nin Sera Gazı Salınımının Azaltılmasına Yönelik Taraf Olduğu Uluslararası Sözleşmeler

Türkiye sera gazı salınımı sonucunda ortaya çıkabilecek olumsuz gelişmelerin önlenmesi ve gelecek nesillere temiz bir çevre teslim edilmesi için kalkınma hedeflerine zara getirmeyecek çalışma ve düzenlemeleri yapmaya hazır olduğunu uluslararası arenada bildirmekte, ikili işbirliklerini geliştirmeye çalışan bir politika gütmekte, ayrıca bölgesel ve uluslararası çalışmalara etkin katılım sağlamaktadır.

Türkiye'nin uluslararası hukuk çerçevesindeki yükümlülükleri, taraf olduğu çok taraflı sözleşme ve protokollerden kaynaklanmaktadır. Türkiye çevreyle ilgili 50'yi aşkın uluslararası belgeye taraf olmuştur. Ülkemizin taraf olduğu iklim değişikliğiyle ilgili uluslararası çevre bildirge ve anlaşmaları aşağıdaki şekilde sıralanabilir: Uzun Menzilli Sınırlar Ötesi Hava Kirliliği Sözleşmesi (1979), Ozon Tabakasının Korunmasına Dair Sözleşme (1985), Ozon Tabakasını İncelten Maddelere Dair Montreal Protokolü (1987), Çevre ve Kalkınma İçin Rio Bildirgesi ve Gündem 21 (1992), Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (1992), Sürdürülebilir Orman Yönetimi İlkeleri Bildirgesi (1992), Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi (1994), Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi (1995), Kyoto Protokolü (1997), Uluslararası Enerji Ajansı, Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü, Uluslararası Denizcilik Örgütü ve Uluslararası Demiryolu Şirketleri Birliği'nin çalışmaları (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2007).

BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi 1992 yılında kabul edildiğinde, OECD üyesi ülkeler arasında yer alan Türkiye Sözleşme'nin I ve II sayılı Eklerinde bulunmaktaydı. Temel ekonomik göstergelere göre Türkiye'nin sanayileşme seviyesi henüz çoğu OECD ülkesinin gerisinde bulunmaktaydı. Türkiye, gelişmişlik düzeyini öne sürerek Ek-II listesinden çıkartılana kadar Protokole taraf olmayı reddetmiştir.

2001 yılında Marakeş'te gerçekleştirilen 7. Taraflar Konferansı'nda Türkiye Sözleşme'nin II sayılı Ekinden çıkarılmış ve taraflar Türkiye'nin özel koşullarını dikkate almaya çağrılmıştır. Bu durumda Türkiye bir Taraf haline geldikten sonra, Sözleşmenin "ortak ancak farklılaştırılmış sorumluluklar" ilkesi esasında Ek I'de yer alan diğer Taraflardan farklı bir konum kazanmıştır. Türkiye'nin BMİDÇS'ye katılımını öngören 4990 sayılı Kanun, 20 Ekim 2003 tarihli Resmi Gazetede yayımlanmıştır. Türkiye, BMİDÇS'ye 24 Mayıs 2004 tarihinde taraf olmuştur (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2007).

1997 yılında 3. taraflar konferansında iki yılı aşkın müzakereler sonucunda kabul edilen Kyoto Protokolü'ne taraf olma sürecinde Türkiye benzer zorluklar yaşamıştır. 2005 yılında Rusya Federasyonu'nun onaylamasıyla yürürlüğe girebilen Protokole, Türkiye ancak 26 Ağustos 2009'da taraf olmuştur. Protokolün kabulünde, AB'ye üyelik sürecinin beraberinde getirdiği yükümlülükler ve baskı, Türkiye'nin sera gazı salınımlarının hızla artıyor olması ve ülkenin ABD ile birlikte Protokole üye olmayan iki Ek-I ülkesinden biri olması önemli rol oynamıştır.

Kyoto Protokolü imzaya sunulduğunda henüz BMİDÇS'ye taraf olmayan Türkiye, müzakere Protokolün Ek-B listesinde yer almayarak 2008-2012 dönemi için sayısal bir sera gazı azaltım yükümlülüğü altına girmemiştir. Türkiye'nin Protokolün tarafı olması, bu durumda herhangi bir değişikliğe yol açmamakta, Türkiye kendiliğinden Ek-B listesine dahil edilmemektedir. 2012 yılı sonuna kadar Türkiye'nin KP kapsamındaki sorumlulukları, esas itibarıyla, tüm Taraflar için geçerli olan KP'nin 10. maddesi ile sınırlı kalmıştır (Url-7).

Türkiye, BMİDÇS'nin 17. Taraflar Konferansı ile KP'nin 7. Taraflar Toplantısına 28 Kasım- 9 Aralık 2011 tarihlerinde Durban/Güney Afrika'da katılım sağlamıştır. Türkiye'nin de katılım sağladığı bu konferans ile Durban Güçlendirilmiş Eylem Platformu Geçici Çalışma Grubu başlıklı yeni bir geçici çalışma grubu oluşturulmuştur (Url-7). Bu konferansla ilgili Türkiye'yi ilgilendiren diğer bir önemli nokta ise Türkiye'nin 2012 yılına kadar herhangi bir sera gazı emisyon azaltım hedefi olmadığı gibi bu konferans ile de 2020 yılına kadar azaltım yükümlülüğü almamasıdır.

AB yönünde ise, pek çok Avrupa ülkesi emisyonların azaltılmasını hedefleyen ulusal programlar kabul etmiştir. Avrupa İklim Değişikliği Programı yoluyla, AB düzeyinde çeşitli politikalar ve tedbirler de kabul edilmiştir. 2009'da yayımlanan ve şu anda geçerli olan AB 2020 İklim ve Enerji Paketi, 20-20-20 hedeflerini içermektedir. Bu hedefler ile AB sera gazı emisyonlarının 1990 seviyelerinin 2020 yılına kadar en az % 20 altına düşürülmesi hedeflenmektedir.

Avrupa Birliği'ne üye olma yolunda ilerleyen Türkiye, ekonomik gelişimini olumsuz etkileyebilecek yükümlülükler altına girmekten kaçınsa da hem AB'nin sera gazı salınımlarını azaltma yolunda izlediği ciddi politikalar hem de BM çerçevesinde yürüten çalışmalar, Türkiye'nin sera gazı salınımını azaltma yükümlülüklerinden daha ne kadar kaçınabileceği konusunda soru işaretleri oluşmasına neden olmaktadır.

Türkiye, AB müktesebatı ile uyum sağlanması ve iklim değişikliğine karşı önlem alınması amaçlı hem kendi iç mevzuatında düzenlemelere hem de ulusal düzeyde geniş kapsamlı araştırmalar yapma yoluna gitmiştir. Bunlar arasında; Yeni Çevre Kanunu, TBMM Küresel Isınma Araştırma Komisyonu oluşturulması, Ulusal İklim Değişikliği Strateji Belgesi hazırlanması, İklim Değişikliği, Sera Gazlarının İzlenmesi ve Emisyon Ticareti ve Ozon Tabakasının Korunması Şube Müdürlüklerinin kurulması, Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik çıkarılması ve İklim Değişikliği ve Hava Yönetimi Koordinasyon Kurulu'nun oluşturulması bunlar arasında gösterilebilir.

2872 Sayılı Çevre Kanunu ile enerji ve endüstri sektörlerindeki salınım kontrolü için daha sıkı tedbirler alınmış ve katı atık ve hava kalitesi yönetiminde yeni boyutlar getirilmiştir.

Küresel ısınmanın neden olduğu sorunların ve oluşturduğu riskin araştırılarak alınması gereken önlemlerin belirlenmesi amacıyla kurulan Meclis Araştırması Komisyonu (TBMM Küresel Isınma Araştırma Komisyonu), 1 Mart 2007 tarihinde oluşturulmuştur. Komisyon raporu, Haziran 2007'de TBMM Başkanlığı'na sunulmuştur.

Ayrıca, 10 yıllık bir dönemi kapsayan, Ulusal İklim Değişikliği Strateji Belgesi (2010-2020) Yüksek Planlama Kurulu'nun 3 Mayıs 2010 tarihli kararı ile kabul edilmiştir. Anılan Strateji Belgesi'ne dayanılarak, Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı'nın hazırlanması çalışmaları ise 2011 yılında tamamlanmıştır (Url-7).

Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik, 25 Nisan 2012 tarih ve 28274 sayılı Resmi Gazete yayımlanarak kabul edilmiştir. Amaç; belirli faaliyetlerden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının izlenmesine, doğrulanmasına ve raporlanmasına dair usûl ve esasları düzenlemektir.

İklim Değişikliği ve Hava Yönetimi Koordinasyon Kurulu (eski adı: İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu) 7 Ekim 2013 tarih ve 28788 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan 2013/11 sayılı Başbakanlık Genelge'siyle oluşturulmuştur. Kuruluş amacı; ulusal emisyon faktörlerinin geliştirilebilmesi, iklim değişikliğinin zararlı etkilerinin önlenmesi için gerekli tedbirlerin alınması, bu konuda ülkemizin şartları da dikkate alınarak uygun iç ve dış politikaların belirlenmesi, emisyon azaltımına esas stratejilerin ortaya konulması amacıyla ilgili kurum ve kuruluşlar arasında koordinasyon ve işbirliğinin sağlanmasıdır.

7.5. Türkiye'nin MARPOL EK VI Sözleşmesine Taraf Olması ve EK VI'nın Getirileri

Daha öncede bahsedildiği üzere Türkiye iklim değişikliklerinin kontrolü, sera gazı salınımının azaltılması ve enerji verimliliğinin artırılması konularında gerek uluslararası bir

çok sözleşmeye taraf olmuş gerekse de kendi iç mevzuatında yenilikler yaparak veya mevcut yönetmeliklerin değiştirilmesi yoluyla birçok düzenleme yapma yoluna gitmiştir.

Denizcilik konusunda IMO tarafından oluşturulan kuralları da yakından takip eden Türkiye, 2 Ekim 1983 tarihinde yürürlüğe giren Denizlerin Gemiler Tarafından Kirlenmesinin Önlenmesine Ait Uluslararası Sözleşmeyi (MARPOL-73) ve bu Sözleşmeyi tadil eden 78 Protokolünü 1984, 1985 ve 1987 tarihinde yapılan değişiklikler ile 24 Haziran 1990 Tarih ve 20558 Sayılı Resmi Gazete'de yayımlanmasıyla kabul etmiş ve 10 Ocak 1991 tarihinde yürürlüğe sokmuştur.

MARPOL'un IMO tarafından oluşturulma fikri sıkıntılarla dolu bir süreç sonucunda kaçınılmazı güç bir gereklilik olarak ortaya çıkmıştır. Petrol ürünlerinin sanayide geniş ölçüde kullanılmaya başlamasından sonra dünya denizlerinde ilk petrol tankerleri boy göstermeye başlaması ile denizlerde gemi kaynaklı kirlilik izleri görülmeye başlanmış, artan kazalar ve kaygılarla 1954 yılında petrol kirliliğinin azaltılması hususlarını düzenleyen OILPOL Sözleşmesi yapılmıştır. Ancak kazalar ve kirlilik olayları artmaya devam etmiş, sonuç olarak da MARPOL Sözleşmesi geliştirilmiştir (Url-8).

Türkiye, MARPOL 73/78 Sözleşmesini kabul etmesi ile aşağıda listelenen MARPOL eklerini kabul etmiştir;

- EK I: Petrol ile Deniz Kirlenmesini Önleyici Kuralları
- EK II: Dökme Zehirli Sıvı Maddelerle Deniz Kirlenmesinin Kontrolü İçin Kuralları
- EK V: Gemilerden Atılan Çöpler ile Kirlenmenin Önlenmesi Kuralları

EK I ile petrol kirliliğinin engellenmesi amaçlanmıştır. Gemilere, "Uluslararası Petrol Kirliliği Önleme Belgesi" (IOPP Belgesi) verilmesi zorunlu hale getirilmiştir. Ayrıca, özel deniz alanları tanımlanarak bu bölgelerde kurallar sıkılaştırılmıştır. Atık alım tesisleri, ayrılmış ve temiz balast tankı kavramları, ham petrol yıkama sistemi, standart dışı çare bağlantısı, sintine seperatörü, gemide biriken yağlı pis suyun gemide tutulması, yağ kayıt

defteri ile ilgili düzenlemeler getirilmiştir. Petrol tankerleri için çift çıdar gereksinimi, hasar varsayımları ve stabilite konularında özel ve ağırlaştırılmış kuralları barındırır.

EK II dökme halde taşınan zehirli, kimyasal sıvı maddelerin kaza veya işletme nedenleri ile deniz ortamına karışmasının önlenmesi için geliştirilmiş kuralları içerir. Bu ek ve bu eki destekleyen IBC kodu ile "Uluslararası Zehirli Dökme Sıvı Maddeleri Taşıma Uygunluk Belgesi ", "Zehirli Sıvı Maddeler İçin Gemi Deniz Kirliliği Acil Planı", "Prosedürler ve Düzenlemeler Elkitabı", "Yük Kayıt Defteri" gibi belge, el kitabı ve planlar bazı gemiler için zorunlu hale getirilmiştir. EK II ile ayrıca, tehlikeli dökme sıvı maddeler dört kategori altında toplanmıştır.

EK V ile de gemilerden kaynaklanan çöp kirliliğinin önlenmesini amaçlanmıştır. Bu bölümde çöpler; plastik, yemek artıkları, cam, metal, ambalaj artıkları gibi kategorilere ayrılarak çöp tipine özgü olarak denize atılabilme konularında özel deniz alanları belirlenerek düzenlemelere gidilmiştir. "Çöp Yönetim Planı" ve "Çöp Kayıt Defteri" gibi dokümanlar zorunlu hale getirilmiştir.

Sera gazı salınımının ve hava kirliliğinin önlenmesi ile ilgili konulara gelindiğinde ise, IMO'ya Kyoto Protokolü ile genel hedeflerden ayrı olarak gemi kaynaklı hava kirliliğinin önlenmesi ve sera gazı salınımının azaltılmasına yönelik BM çerçevesinde görev verilmiştir. Bu kapsamda IMO, MARPOL73/78 Sözleşmesini tadil eden "Gemilerden Kaynaklı Hava Kirliliğinin Önlenmesi için Kurallar" ekini 97 Protokolleri ile Eylül 1997'de kabul etmiş ve 19 Mayıs 2005 tarihinde de yürürlüğe sokmuştur. EK VI başlığı altında toplanan bu kurallar Türkiye tarafından 26/2/2013 kabul tarihli ve 6438 sayılı Kanun ile kabul edilmiş ve 2014/6035 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile 4 Şubat 2014 tarihinde yürürlüğe konulmuştur.

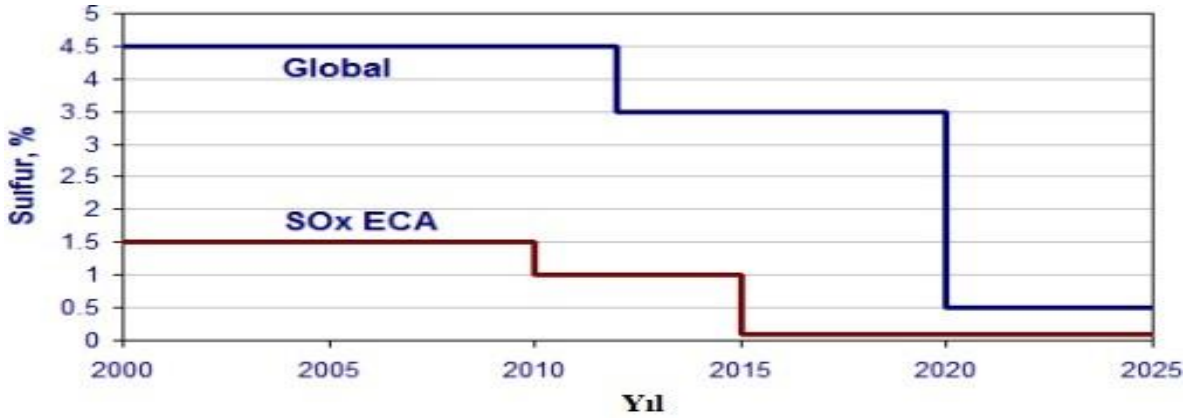
MARPOL 1997 Protokolü uyarınca, ozon tabakasına zarar veren emisyonların salınımının önlenmesi ile gemilerin baca (egzost) gazlarından çıkan azot oksit (NO_x) ve kükürt oksit (SO_x) içeren emisyonların sınırlandırılmasına ilişkin yeni düzenlemeler getirmektedir. MARPOL EK VI ile ayrıca gemi insineratörleri ve tankerler kaynaklı uçucu organik bileşiklerin salınımı konularında düzenlemeler getirilmiştir. Bu ek 400 GRT ve daha büyük

tonajda uluslararası sefer yapan tüm gemileri, sabit ve yüzer sondaj üniteleri ile diğer platformları kapsar.

EK VI'nın yürürlüğe girmesinde sonra MEPC Temmuz 2005'te gerçekleştirilen 53. oturumunda uygulamaya yönelik elde edilen tecrübeler ve teknolojik gelişmelerin ışığında emisyon limitlerini kısıtlama konusu üzerinde revizyon yapmada anlaşmaya varmıştır. Üç yıllık incelemenin ardından, Kasım 2008'de gerçekleştirilen MEPC 58. oturumunda revize edilen MARPOL EK VI ve NO_x Teknik Kodu kabul edilmiştir ve 1 Temmuz 2010'da yürürlüğe girmiştir.

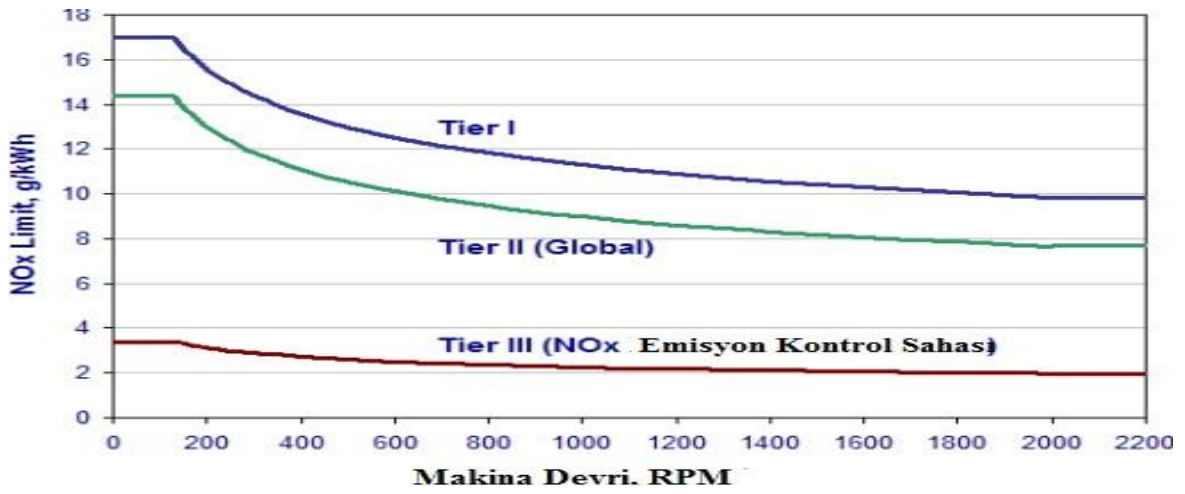
Revize edilen EK VI ile SO_x, NO_x ve partikül madde emisyonlarında kademeli düşüş sağlanması öngörülmekte ve Emisyon Kontrol Sahaları (ECAs) kavramı tanımı getirilerek, belirli bölgelerde hava kirleticilerin salınımının daha da azaltılması sağlanmıştır.

Gemilerde kullanılan fuel oil sülfür oranı 1 Ocak 2012 öncesi %4,5 olması, 1 Ocak 2012 ve sonrası %3,5'e düşürülmesi ve 2018 yılında yakıt piyasası tedarik koşullarının izin vermesi şartıyla da 1 Ocak 2020 ve sonrasında %0,5'e düşürülmesi öngörülmektedir.



Şekil 48: MARPOL EK VI SO_x emisyon limitleri (Kaynak: Url-9)

NO_x salınımının azaltılması ise gemi dizel makineleriyle ilgili bir durumdur. Bu konuda yapılan düzenlemeler ile 1 Ocak 2011 ve sonrası takılan dizel makineler "Tier II" emisyon kurallarına uyum sağlamak zorunda iken 1 Ocak 2016 ve sonrası takılan dizel makineler Emisyon Kontrol Sahaları'nda daha kısıtlayıcı kurallara sahip olan "Tier III" emisyon kurallarına tabi olacaklardır. 1 Ocak 1990 ve sonrası fakat 1 Ocak 2000 öncesi takılan gemi dizel makinelerinin İdare tarafından onaylı bir metot olması durumunda "Tier I" emisyon kısıtlarına uygunluk göstermesi gerekmektedir.



Şekil 49 : MARPOL EK VI NO_x emisyon limitleri (Kaynak: Url-9)

Revize edilmiş NO_x Teknik Kodu 2008 ise, mevcut makineler (2000 öncesi) için düzenlemeler, direk ölçüm ve izleme metotları için hükümler, sertifikalandırma prosedürleri ve "Tier II" ve "Tier III" makineler için uygulanacak test aşamaları konularında düzenlemeler getirmiştir.

Revizyonlar ayrıca, ozon delici maddelerin kullanımının kısıtlanması, uçucu organik bileşikler, gemide atık yakımı ve atık alım tesisleri konularında da düzenlemeler getirmiştir. Ozon delici gazların kasıtlı salınımı yasaklanmıştır. Hidro-kloroflorokarbon haricindeki ozon delici gazları içeren ekipmanların gemilerde kurulumu 19 Mayıs 2005 ve sonrası inşa tarihli gemilerde yasaklanmıştır. Hidro-kloroflorokarbon içerikliler için ise 1 Ocak 2020 ve sonrası inşa tarihli gemilerde yasaklanacaktır. Ozon Delici Gaz salınımına neden olan ekipman

bulunan gemilerde "Ozon Delici Gaz Kayıt Defteri" bulunması zorunlu hale getirilmiştir. Gemilerde belirli atıkların yakılmasına gemi insineratörlerinde yakılması koşuluyla izin verilmiştir.

MARPOL EK VI'ya getirilen diğer bir önemli değişiklik ise MEPC'nin 15 Temmuz 2011 tarihindeki 203(62) oturumunda alınan kararı ile getirilen ve EK VI'ya "Gemilerde Enerji Verimliliği ilişkin Kurallar" başlığı altında BÖLÜM IV olarak eklenen düzenlemelerdir. Bu düzenlemeler IMO tarafından 1 Ocak 2013 tarihi itibarıyla yürürlüğe konulmuştur. MEPC 203 (62) kararları ile, MARPOL EK VI Kural 1,2,5,6,7,8,9 ve 10 revize edilirken, yeni BÖLÜM IV başlığı altında Kural 19,20,21,22 ve 23 ve LAHİKA VIII yeni düzenlemeler olarak getirilmiştir. Ayrıca 4 Nisan 2014 tarihinde MEPC 251(66) kararı ile EK VI'nın 2, 13, 19, 20 ve 21 kuralları ve NOx teknik kodu revize edilirken 247(66) kararı ile de EK VI'ya "EK Hükümlerine Uymanın Doğrulanması" başlığı altında yeni BÖLÜM V eklenmiştir. Yeni bölüm ile EK'e taraf olan devletlerin EK'in gerekliliklerini yerine getirip getirmediği IMO tarafından yapılacak periyodik denetimlerle kontrol edilecektir.

7.6. Kabotaj ve Liman Seferi Bölgelerinde Çalışan Türk Bayraklı Gemilerin Enerji Verimliliği Analizi

Daha önceki bölümlerde de bahsedildiği üzere IMO tarafından geliştirilen EEOI ve EEDI gibi kavramlarda gemilerin enerji verimliliği göstergesi olarak tüketilen yakıt miktarı sonucunda salınan CO₂ miktarı kullanılmıştır. Her ne kadar EEDI yeni gemilere uygulanıyor olsa da bu bölümde mevcut Türk Bayraklı gemilerin enerji verimliliği göstergesi olarak EEDI kavramı temel alınarak oluşturulan "Mevcut Gemiler için Enerji Verimliliği Göstergesi" (MGEVG) kullanılacaktır. Tüm gemi cinslerinin enerji verimliliği açısından birbirleriyle en doğru şekilde karşılaştırılabilmesi ve CO₂ salınımlarının belirlenebilmesi için EEDI'dan farklı olarak gemilerin DWT miktarları hesaba katılmamıştır. MGEVG aşağıdaki gibi formülize edilebilir;

$$MGEVG = \frac{\left(\prod_{j=1}^M f_j \right) \left(\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)} \cdot C_{FME(i)} \cdot SFC_{ME(i)} \right) + (P_{AE} \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE})}{V_{ref}} \quad (\text{g-CO}_2/\text{deniz mili})$$

MGEVG basitçe deniz mili başına salınan CO₂ miktarını kütleli olarak göstermektedir. Bu formülde mevcut bütün göstergeler EEDI formülünde bulunan göstergelerle aynı anlamı ve birimi taşımaktadır.

EEDI formülüyle benzerliğin artırılması açısından ve gemi büyüklüklerini hesaba katmak amacıyla bütün gemilerin ortak büyüklük göstergesi olan "Gros Tonaj" MGEVG'ye bölünerek taşıma kapasitesine benzer şekilde gemilerin büyüklüğü formüle katılarak daha farklı bir göstergeden de faydalanılmıştır.

7.6.1. Kabotaj ve Liman Seferi Bölgelerinde Çalışan Türk Bayraklı Gemilerin Cinslerine Göre Enerji Verimliliği Analizi

Aşağıda mevcut Tablo 22'de, 2014 yılı Gemi Sicil ve Bağlama Kütüğü Sistemi Verilerine göre kabotaj ve liman seferi bölgesinde çalışan Türk Bayraklı gemilerin cinslerine göre adet, toplam makine gücü ve gros tonaj, ortalama gros tonaj, MGEVG, yüzdesel MGEVG ve gemi gros tonajına göre MGEVG verileri mevcuttur.

Tablo 22: Kabotaj ve liman seferi bölgelerinde çalışan Türk Bayraklı gemilerin durumu ve enerji verimliliği gösterge verileri

Gemi cinsi	Adet	GT	GT _{ort}	M _p (kw)	J _p (kw)	MGEVG (g-CO ₂ /mil)	MGEVG (%)	MGEV G/Adet	MGE VG /GT
ACENTE BOTU	226	6058	27	57737	2134	2128697	0,72%	9419	351
AÇIK DENİZ FAALİYETLERİ DESTEK GEMİSİ	3	1045	348	4028	522	336867	0,11%	112289	322
AÇIK DENİZ ROMORKÖRÜ	75	23361	311	201747	21225	12353777	4,21%	164717	529
ARABA FERİSİ	33	37555	1138	47435	9996	2965147	1,01%	89853	79
ARABA TAŞIYICI GEMİ	6	2503	417	7886	1505	484065	0,16%	80678	193
ARAMA KURTARMA GEMİSİ	13	158	12	3253	42	114732	0,04%	8826	726

ATIK ALIM TANKERİ	18	6329	352	8788	2084	664818	0,23%	36934	105
ATIK TOPLAMA GEMİSİ	85	4237	50	16622	1738	1109693	0,38%	13055	262
ATIK TOPLAMA TANKERİ	2	323	161	395	222	38510	0,01%	19255	119
BALIK AVLAMA	18309	163298	9	1167671	80924	81975943	27,91%	4477	502
BALIK İŞLEME FABRİKASI	2	1571	786	738	974	97680	0,03%	48840	62
BALIK NAKLİYE GEMİSİ	243	12303	51	69905	9458	4602490	1,57%	18940	374
BARÇ ŞEKLİNDE GEMİ	1	144	144	418	0	30495	0,01%	30495	212
BATIK ÇIKARMA GEMİSİ	2	316	158	1365	175	93236	0,03%	46618	295
BİLİMSEL ARAŞTIRMA/İNC ELEME GEMİSİ	144	3844	87	16356	1727	1001920	0,34%	6958	261
BORU DÖŞEME GEMİSİ	9	956	106	4129	1361	309767	0,11%	34419	324
ÇAMUR DUBASI	6	1919	320				0,00%	0	0
ÇAMUR GEMİSİ	34	15413	453	14961	1978	1129156	0,38%	33210	73
ÇEKİCİ ROMORKÖRLER	99	17845	180	147390	13883	8925498	3,04%	90157	500
ÇİMENTO TAŞIYICI GEMİ	1	1718	1718	984	1140	114436	0,04%	114436	67
DALGIÇ GEMİSİ	52	2067	40	14046	2029	975228	0,33%	18754	472
DENİZ AMBULANSI	5	172	35	4377	83	117516	0,04%	23503	683
DENİZ MARKET TEKNESİ	35	40	1	1281	0	93527	0,03%	2672	2338
DENİZ TAKSİ	25	279	11	8512	0	372963	0,13%	14919	1337
DİNAMİK KONUMLANDIR MALI GEMİ	1	2569	2569	1640	752	148429	0,05%	148429	58
DÖKME YÜK GEMİSİ	8	249	31	1812	179	94493	0,03%	11812	379
DUBA	259	75185	290	0	9353		0,00%	0	0
EĞİTİM GEMİSİ	28	1450	52	4257	554	267199	0,09%	9543	184
FENER GEMİSİ	1	17	17	410	17	12827	0,00%	12827	755
FERİBOT (YOLCU+ARABA +KURU YÜK)	42	20885	497	51247	5689	3156358	1,07%	75151	151

GEMİ NİTELİĞİNDEKİ YÜZER KREYN	6	3609	601	2606	791	191360	0,07%	31893	53
GEZİNTİ (TENEZZÜH) GEMİSİ	1298	73123	56	319250	17167	20172407	6,87%	15541	276
GÖREV / DEVRIYE GEMİSİ	147	1580	11	38018	106	1790395	0,61%	12180	1133
HAFİF YOLCU FERİBOTU	4	10452	2613	25560	2429	845006	0,29%	211252	81
HAFİF YOLCU GEMİSİ	3	1200	400	4416	384	212365	0,07%	70788	177
İTİCİ ROMORKÖRLER	5	712	142	5383	388	318685	0,11%	63737	448
JETBOT	5	18	3	1356	0	44574	0,02%	8915	2476
KABLO / BORU DÖŞEME ARACI	1	592	592	410	0	33694	0,01%	33694	57
KABLO DÖŞEME GEMİSİ	3	403	134	1476	794	194499	0,07%	64833	483
KILAVUZ BOTU	74	2341	32	49281	452	1558236	0,53%	21057	666
KILAVUZ GEMİSİ	4	135	34	2693	0	84296	0,03%	21074	624
KİMYASAL/PETROL TANKERİ	3	8964	2988	6605	2188	458022	0,16%	152674	51
KURTARMA BOTU	7	5	0,7	152	0	9993	0,00%	1428	1999
KURUYÜK / RO RO	2	1389	694	2834	634	194145	0,07%	97073	140
KURUYÜK GEMİSİ	111	101347	913	79229	19722	5551192	1,89%	50011	55
LAYTER	8	1007	126	0	0	0	0,00%	0	0
LİMAN RÖMORKÖRLERİ	58	6384	110	65111	4875	3865681	1,32%	66650	606
MAVNA/ ŞAT	87	8344	96	0	0	0	0,00%	0	0
ÖZEL TEKNE	47060	157585	3,3	1999530	639	63525090	21,63%	1350	403
ÖZEL YAT	154	7380	48	71355	864	1674243	0,57%	10872	227
PALAMAR BOTU	187	1706	9	27305	9	1795166	0,61%	9600	1052
PETROL GAZI TANKERİ (LPG)	1	1679	1679	1096	746	105912	0,04%	105912	63
PETROL TANKERİ/ AKARYAKIT TANKERİ	99	37672	380	46654	21274	3862503	1,32%	39015	103
PETROL TOPLAMA GEMİSİ	3	49	16	593	0	35421	0,01%	11807	723

PONTON	3	1762	587	0	0	0	0,00%	0	0
RESTORAN GEMİSİ	21	672	32	2933	124	224329	0,08%	10682	334
RO RO/ YOLCU	9	34584	3843	33313	8272	1866252	0,64%	207361	54
RO RO/ YÜK GEMİSİ	6	2361	393	4383	721	262522	0,09%	43754	111
SANDAL	2	8	4	22	0	2107	0,00%	1054	263
SERĞİ/GÖSTERİ GEMİSİ	1	6	6	22	0	2100	0,00%	2100	350
SERVİS MOTORU	796	14576	18	172603	8859	11340973	3,86%	14247	778
SONDAJ PLATFORMU	3	23	8	0	45	-			
SPOR VE EĞLENCE AMAÇLI ÖZEL DENİZ TAŞITLARI	1063	862*	0,8*	73434	0	2239326	0,76%	2107	
SPOR VE EĞLENCE AMAÇLI TİCARİ DENİZ TAŞITLARI	1482	128*	0,08*	126933	0	4494144	1,53%	3032	
SU TANKERİ	16	4013	251	5243	2390	400666	0,14%	25042	100
ŞEHİR HATLARI YOLCU	21	8373	399	23867	4745	1475775	0,50%	70275	176
TANKER ŞEKLİNDEKİ BARCLAR	1	485	458	664	382	89783	0,03%	89783	185
TARAK GEMİSİ	8	23569	2946	11729	2882	983387	0,33%	122923	42
TARAMA ARACI	9	2526	281	0	6969	-			
TEK GÜVERTELİ GEMİ	1	8	8	313	0	17153	0,01%	17153	2144
TİCARİ SÜRAT TEKNESİ	1599	4096	2,5	190851	0	4574654	1,56%	2861	1117
TİCARİ VE BİLİMSEL ARAŞTIRMA MAKSATLI DENİZALTIYAR	1	4,82	4,82	4	0	276	0,00%	276	57
TİCARİ YAT	1996	94206	47	601748	23976	14613285	4,98%	7321	155
TREN FERİSİ	2	2466	1233	3124	731	216028	0,07%	108014	88
TREN FERİSİ / RO-RO	1	15195	15195	11771	4320	910718	0,31%	910718	60
YAKIT MAVNASI	3	820	273	0	0	-			
YANGIN SÖNDÜRME GEMİSİ	3	33	11	380	0	13151	0,00%	4384	399
YOLCU / TREN FERİSİ	4	7369	1842	11260	2044	742282	0,25%	185571	101

YOLCU GEMİSİ	70	22518	322	64908	9189	4119589	1,40%	58851	183
YOLCU GEMİSİ (KATAMARAN TİPİ)	3	1027	342	3810	125	103871	0,04%	34624	101
YOLCU GEMİSİ / RO RO	7	8694	1242	14203	3371	985022	0,34%	140717	113
YOLCU MOTORU	1241	33085	27	199035	11072	10690505	3,64%	8614	323
YÜKSEK HIZLI HAFİF YOLCU FERİBOTU	5	26945	5389	123519	5859	285028	0,10%	57006	11
YÜKSEK HIZLI HAFİF YOLCU GEMİSİ	33	14701	445	100068	6897	2834142	0,96%	85883	193
YÜZER EV	1	94,78	94,78	0	0	-			
YÜZER FABRİKA	1	208,4	208,4	0	0	-			
YÜZER HAVUZ	27	386555	14317	0	0	-			
YÜZER İSKELE	2	495	248	0	0	-			
YÜZER KREYN	24	15476	645	867	1764	-			
YÜZER LOKANTA	19	803	42	0	0	-			
YÜZER OTEL	2	1562	781	0	0	-			
YÜZER TESİS	4	241	60	0	0	-			

Tablo 22'den de anlaşılacağı üzere toplam MGEVG değeri en yüksek olan diğer bir deyişle toplamda deniz mili başına en yüksek CO₂ salınımına neden olan gemi cinsi 81,975,943 g-CO₂/deniz mili ile toplamın %27,91 ini oluşturan Balık Avlama gemisi cinsidir. Bunu takiben 63,525,090 ile %21,63 ünü oluşturan Özel Tekne cinsi; 20,172,407 ile %6,87 sini oluşturan Gezinti Tenezzüh cinsi; 14,613,285 ile %4,98 ini oluşturan Ticari Yat cinsi; 12,353,777 ile %4,21 ini oluşturan Açık Deniz Romorkörü cinsi; 11,340,973 ile %3,86 sını oluşturan Servis Motoru cinsi; 10,690,505 ile %3,64 ünü oluşturan Yolcu Motoru cinsi; 8,925,498 ile %3,04 ünü oluşturan Çekici Romorkörü cinsi ve 5,551,192 ile %1,89 unu oluşturan Kuruyük cinsi gemiler takip etmektedir.

Gemi cinslerine göre ortalama MGEVG değerleri incelendiğinde ise bir üst paragrafta ortaya çıkan durumdan daha farklı bir durum ortaya çıkmaktadır. MGEVG değerlerinin gemi adetlerine bölünmesi sonucu ortaya çıkan MGEVG_{ort} değerlerinde birinci sırada 910,718 g-CO₂/deniz mili ile Tren Ferisi/Ro-Ro cinsi gemiler yer almaktadır. Bunu 211,252 değeri ile Hafif Yolcu Feribotu cinsi; 207,361 değeri ile Ro-Ro Yolcu cinsi; 185,571

değeri ile Yolcu/Tren Ferisi cinsi; 164,717 değeri ile Açık Deniz Romorkörü cinsi; 152,674 değeri ile Kimyasal/Petrol Tankeri cinsi; 148,429 değeri ile Dinamik Konumlandırılmalı Gemi cinsi ve 140,717 değeri ile Yolcu Gemisi/Ro-Ro cinsi gemiler takip etmektedir. Toplamda ilk iki sıraya oluşturan Balık Avlama ve Özel Tekne cinsi gemiler bu kategoride sırasıyla 4477 ve 1350 değerleri ile alt sıralarda yer almaktadır.

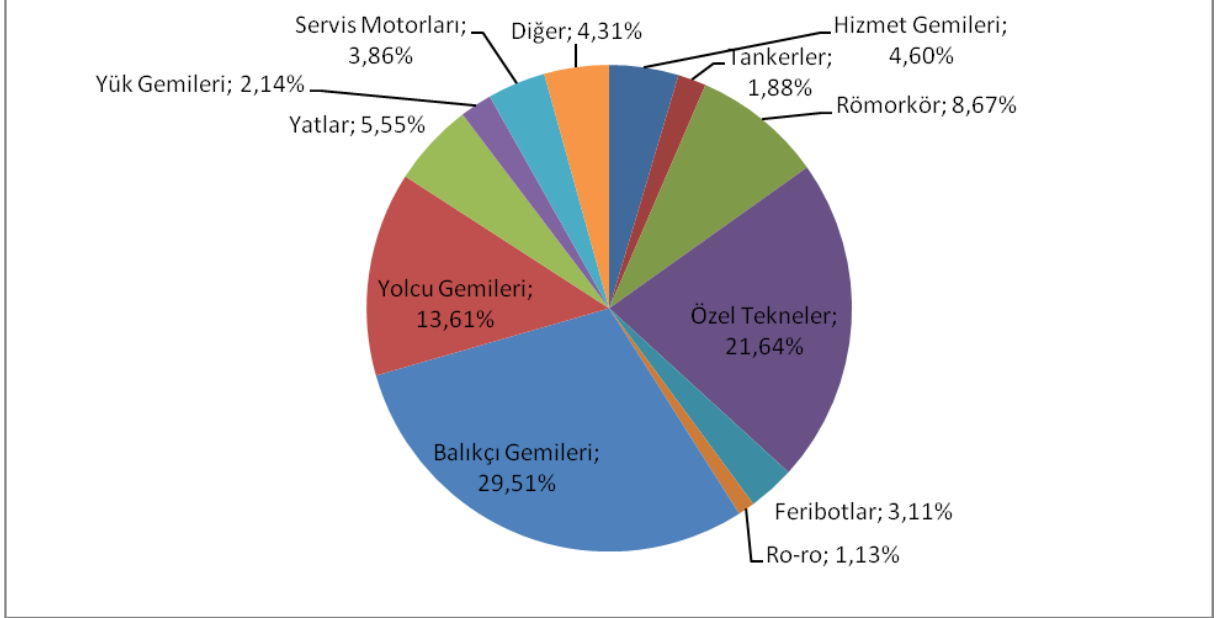
Böyle bir durumun ortaya çıkmasındaki temel neden özellikle Balık Avlama ve Özel Tekneler için sayılarının çok fazla olmasındandır. Toplamda 18309 adet Balık Avlama ve 47060 adet kayıtlı Özel Tekne mevcuttur, bu durumda toplamda CO₂ salınımının en çok bu gemilerden kaynaklanmasına neden olmaktadır. Durum ortalama yönünden incelendiğinde ise toplamda sayıca fazla birçok teknenin bireysel CO₂ salınımının düşük olduğu görülmüş; sayıca az ve makine gücü büyük olan birçok tekne cinsinin ise ortalama salınımının daha yüksek olduğu anlaşılmıştır.

Bu bölümde gemi sicil ve bağlama kütüğü sistemimizde tanımlı her bir gemi cinsi için toplamda ve ortalama olarak CO₂ salınım miktarları ve enerji verimliliği göstergeleri incelenmiştir. Bir sonraki bölümde gemi cinsleri hizmet sınıflarına göre gruplanarak analizler yapılacaktır.

7.6.2. Kabotaj ve Liman Seferi Bölgelerinde Çalışan Türk Bayraklı Gemilerin Hizmet Sınıflarına Göre Enerji Verimliliği Analizi

Hizmet sınıflarına göre gemiler; hizmet gemileri, tankerler, römorkörler, özel tekneler, feribotlar, Ro-Ro gemileri, balıkçı gemileri, yolcu gemileri, yatlar, yük gemileri ve servis motorları olarak bölünmüştür. Bu sınıflandırma yapılırken AB müktesebatı ile uyumlu olarak hazırlanan "Gemi sicili için gemi cinsleri tanımlamaları" başlıklı yazıdan faydalanılmıştır. Gemileri hizmet sınıflarına göre ayrıştırarak MGEVG değerlerini hesaplama ile ulaşılmak istenen amaç istatistiki açıdan gemilerin çalışma amacına göre yani ait oldukları hizmet grubuna göre toplu şekilde hizmet sınıfı olarak ne kadar enerji verimli olduklarının ve deniz mili başına ne kadar CO₂ salınımına neden olduklarının belirlenmesidir. Ayrıca; gemi

sicil sitemimizde tanımlanan ve benzer nitelikleri taşıyan gemi cinslerinin tek ve ayrı olarak ele alınması sonucu oluşabilecek verisel hatalarında önüne geçilebileceği düşünülmüştür.



Şekil 50 : Hizmet sınıflarına göre gemilerin MGEVG yüzdeleri

Şekil 50'den açıkça görülmektedir ki 29,51% ve 86,676,113 g-CO₂/deniz mili ile Balıkçı Gemileri birinci sırada yer almaktadır. Özel Tekneler 21,64% ve 63,571,771 g-CO₂/deniz mili değeri ile ikinci sırada yer almaktadır. Bunları 13,61% ve 39,981,617 değeri ile Yolcu sınıfı; 8,67% ve 25,463,641 değeri ile Römorkör sınıfı; 5,55% ve 16,287,528 değeri ile Yat sınıfı; %4,60 ve 13,498,160 değeri ile Hizmet sınıfı; 3,86% ve 11,340,973 değeri ile Servis Motoru sınıfı; 3,11% ve 9,120,567 değeri ile Feribot sınıfı; 2,14% ve 6,291,834 değeri ile Yük Gemileri sınıfı; 1,88% ve 5,530,431 değeri ile Tankerler sınıfı; 1,13% ve 3,307,941 değeri ile Ro-ro sınıfı gemiler takip etmektedir.

7.7. Kabotaj ve Liman Sefer Bölgelerinde Çalışan Türk Bayraklı gemilerde Enerji Verimliliğine İlişkin Kriterlerinin Belirlenmesi

Bu bölümde ulusal sefer bölgesinde çalışan Türk Bayraklı gemiler için EEDI azaltılmasına yönelik uygulanabilecek seçeneklerin tartışılması, EEDI uygulanabilecek Türk

bayraklı gemilerin ve azaltma faktörlerinin belirlenmesi ve belirlenen her bir gemi cinsi için limit değerlerin ve referans eğrilerinin oluşturulması konuları ele alınacaktır.

7.7.1 EEDI Değerinin Azaltılmasına Yönelik Uygulanabilecek Teknolojik Seçenekler

Bu bölümde gemi kaynaklı CO₂ salınımını azaltabilecek diğer bir deyişle EEDI değerini düşürebilecek teknolojik açıdan olası azaltım seçeneklerinden bahsedilecektir. Temel olarak bu azaltımı sağlayabilecek beş ana kategori bulunmaktadır;

- 1- Gemi kapasitelerinin geliştirilmesi
- 2- Tekne formu ve pervane dizaynı yenilikleri
- 3- Makine, atık ası geri kazanımı ve sevk sistemi yenilikleri
- 4- Alternatif yakıt türlerinin kullanımı
- 5- Alternatif enerji kaynaklarının kullanılması

Gemi kapasite geliştirilme yöntemleri arasında daha büyük kapasiteli gemilerin dizayn ve inşa edilmesi, belirli rota ve yükler için özel tasarım gemilerin inşa edilmesi, çok amaçlı gemilerin dizayn edilmesi, hafif gemi inşa malzemelerinin kullanılması, minimum veya sıfır balastlı sefer yapabilecek gemi tiplerinin oluşturulması gösterilebilir.

Tekne formu ve pervane dizaynı yenilikleri arasında direnç azaltıcı ve daha denizci gemi formlarının oluşturulması, su altı tekne boya tiplerinin ve izleme yöntemlerinin geliştirilmesi, hidro-dinamik olarak daha efektif kış dizaynı, pervane ve dümen düzenlemelerinin oluşturulması, etki eden hava direncini azaltmaya yönelik aero-dinamik tekne ve üst yapı formlarının geliştirilmesi ve tekne ve su yüzeyi arasında hava pompalanması yoluyla (hava yağlama) verimliliğin artırılması yöntemleri sıralanabilir.

Makine, atık ası geri kazanımı ve sevk sistemi yenilikleri daha verimli ana ve yardımcı makinelerin kullanılmasını (elektronik kontrollü, uzun stroklu, değişken geometrili

turbochargerlar, v.d.), atık ısı geri kazanımı ve gemi termal enerji entegrasyonunun oluşturulmasını ve yakıt pili ve hibrid elektrik teknolojilerinin kullanılmasını kapsar.

Alternatif yakıt türleri hidrojen ve LNG gibi yakıt türlerinin kullanılmasını içerirken alternatif enerji kaynaklarının kullanılması güneş panellerinin, büyük uçurtmaların, yelkenlerin ve flettner rotorlarının kullanılmasını kapsar.

Tablo 23'te gemilere uygulanabilecek EEDI azaltım önlemleri ve tahmini EEDI azaltım oranları yüzdesel olarak kısaca gösterilmektedir.

Tablo 23: EEDI azaltım önlemleri ve tahmini yüzdesel azalımı (Kaynak:IMO,2011)

No	EEDI azaltım Önlemleri	Yorum	Tahmini EEDI azalımı (%)
1	Optimize edilmiş tekne boyutları ve formu	Geminin enerji verimliliğini arttırmak için ana boyutların (liman ve kanal sınırlamaları) ve tekne formlarının seçimi	12%
2	Hafif ağırlıklı inşa	Yeni hafif ağırlıklı gemi inşaa malzemeleri	7%
3	Tekne kaplaması	İleri tekne kaplama/boyaları kullanımı	%5
4	Tekne hava yağlama sistemi	Teknenin altına/etrafına ıslak yüzeyi azaltacak şekilde hava injeksiyonu ve böylece gemi direnci azaltımı	15%
5	Tekne pervane etkileşiminin optimizasyonu/akım cihazlar	Pervane-tekne-dümen dizayn optimizasyonu ek olarak gemi kıçında değişimler	5%
6	Ters yönlü dönen pervaneler	Değişik doğrultuda dönen iki pervane	12%
7	Makine verimliliği iyileştirilmesi	Uzun strok, elektronik injeksiyon, değişken geometrili turboşarjır, vs.	20%
8	Atık ısı geri kazanımı	Ana ve yardımcı makinelerin egzoz gazlarından atık ısı geri kazanılması ve elektrik enerjisine dönüştürülmesi	10%
9	Gaz yakıt (LNG) kullanımı	Doğal gaz ve çift yakıtlı makineler	4%

10	Hibrit elektrik gücü ve sevk sistemleri	Bazı gemiler için hibrit veya elektrik kullanımı verimliliği artırması	20%
11	Güverte yönetim gücü talebini azaltmak (yardımcı sistem ve otel yükleri)	Maksimum ısı geri kazanımı ve esnek güç çözümleri ve yönetimi ile gerekli elektirik yüklerinin minimize edilmesi	5%
12	Pompalar, fanlar vs. için değişken hızlı sürücüler.	Dönen akış makineleri için değişken hızlı elektrik motorlarının kullanımı enerji kullanımlarını önemli miktarda azalmasına yol açar.	1%
13	Rüzgar gücü (yelken, rüzgar, makine, vs.)	Yelkenler, fletner rotoru, vs.	4%
14	Güneş enerjisi	Güneş fotovoltlu hücreler	4%
15	Dizayn hızı azaltımı (Yeni inşa)	Düşük güçlü makineler kullanarak dizayn hızı azaltımı	10%

7.7.2 SEEMP ile Enerji Verimliliğini Arttırmada Uygulanabilecek Önlemler

Gemi işletmeciliği ile uğraşan bir firmanın gemi performansını arttırmaya yönelik kullanabileceği en direk ve kullanışlı araçları; bir seferi nasıl yöneteceğine dair alacağı günlük bazda kararları, düzenli gemi bakım işlerini nasıl yapacağına dair planlaması ve yakıt tüketim verimliliğini en efektif biçimde takip etmesidir. Her farklı sefer optimum hızı bulma, sakın deniz ve hava koşullarını seçme yoluyla en güvenli rotayı bulma, gemiyi en verimli draft ve trim değerlerinde sefer yapılmasını sağlama fırsatlarını sunar. Bütün bu eforlar IMO tarafından geliştirilen enerji verimliliğini arttırmaya yarayan SEEMP ile ulaşılmak istenen hedeflerle paralellik içerisindedir.

SEEMP ile ilgili detaylı tanım ve bilgilendirme Bölüm 4.1 yapılmıştı. Bu bölümde ise mevcut gemiler için SEEMP'in kapsamında bulunması gereken yakıt tüketim değerlerini azaltacak ve enerji verimliliği arttıracak alınması gerekli operasyonel önlemlerden ve bu önlemler sonucu oluşacak etkilerinden kısaca bahsedilecektir.

Bu kapsamda; Tablo 24 SEEMP ile alınabilecek operasyonel önlemleri ve etkilerini toplu şekilde göstermektedir.

Tablo 24: SEEMP ile ilgili enerji verimliliği önlemleri ve tahmini yüzdesel verimlilik (Kaynak: IMO, 2011)

No	Enerji Verimliliği Önlemi	Yorum	Tahmini Verimlilik Artışı (%)
1	Operasyonel makine ayarlama ve takip etme	Operasyonel makine performansı ve kondisyonu optimizasyonu	2%
2	Tekne kondisyonu	Tekne operasyonel kirliliği ve hasarlarının önüne geçilmesi	4%
3	Pervane kondisyonu	Pervane operasyonel kirliliği ve hasarlarının önüne geçilmesi	3%
4	Azaltılmış yardımcı makine gücü	Makine operasyonları ve güç yönetimiyle gemideki elektrik yükünün azaltılması	4%
5	Operasyonel hız optimizasyonu	Operasyonel yavaş seyir (slow steaming)	20%
6	Trim ve draft optimizasyonu	Trim ve draft değerlerinin takip edilmesi ve optimizasyonu.	5%
7	Verimli operasyon bilinçliliği ve sefer planlama	Şirket ve gemi personelinin enerji verimliliği konusunda bilinçlendirilmesi. Ayrıca; bekleme ve limanda kalış sürelerinin azaltılması ve zamanında varış prensibine uyulması (just in time)	12%
8	Hava durumuna göre rota belirleme	Kötü hava koşullarından ve baş taraf deniz durumundan kaçınmaya yönelik hava durumuna göre rota belirleme hizmetlerinin kullanılması	6%
9	Geliştirilmiş boya uygulamaları	Operasyonel tekne ve pervane kirliliğinin önlenmesine yönelik gelişmiş boya çeşitlerinin kullanılması	3%
10	Pervane geliştirme ve gemi kık formu akış cihazları	Optimizasyona yönelik pervane ve tekne kık formu tadilatlarının yapılması. Ayrıca; akış geliştirme cihazlarının kullanılması	10%
11	Otopilot uygulamaları	Gelişmiş otopilot sistemlerinin kullanılması ve yaygınlaştırılması	2%

Yukarıda bahsedildiği üzere SEEMP konuları arasında yer alan tekne ve pervane kirliliği ve temizliği etkileri, kötü hava ve deniz durumunun gemi performansı üzerinde yarattığı olumsuz etkiler bu tez çalışması Bölüm VI da gerçek gemilerden elde edilen verilerin analizi ile ispatlanarak sayısal olarak ortaya koyulmuştur.

Kabotaj hattında çalışan Türk Bayraklı gemilere gemi cinsine bağılı olarak on bir maddenin tamamı uygulanabilmesine rağmen "Operasyonel makine ayarlama ve takip etme", "Pervane geliştirme ve gemi kış formu akış cihazları" ve "Otopilot uygulamaları" seçenekleri mevcut gemilerde yüksek maliyetlere neden olabilecekleri sebebiyle en az uygulanabilir yöntemler arasında kalacağı öngörülmektedir.

7.7.3 Ulaşılmış ve Gerekli EEDI Uygulanması Gereken Gemi Cinslerinin ve Referans Eğrileri Değerlerinin Belirlenmesi

Daha önceki bölümlerde de belirtildiği gibi EEDI birçok gelişmiş teknolojik önlemlerin alınması, yeni enerji kaynaklarının ve alternatif yakıt türlerinin kullanılması yoluyla gemilerin enerji verimliliğini arttıracak bir kavramdır. Bölüm IV' te gerekli EEDI ile ilgili kıstaslar ortaya konularak bazı gemi cinsleri için zorunlu EEDI azaltım oranları getirilmiştir. Bu gemi cinsleri dökme yük, gaz taşıyıcı, tanker, konteynır, genel yük, soğutuculu yük, kombine taşıyıcı, LNG taşıyıcı, Ro-Ro yük (araç taşıyıcı), Ro-Ro yük, Ro-Ro yolcu ve konvansiyonel olmayan tipte sevk sistemi olan Yolcu cinsi gemilerdir. IMO bu gemi cinslerini ve uygulama kriterlerini belirlerken günümüzde ve gelecekte uygulanabilen ve uygulanabilecek olan teknolojik gelişmeleri ve gemi cinslerine uygulanabilirliğini ve gemi cinslerinin neden olduğu CO₂ salınımı ve enerji verimliliği değerlerini dikkate almıştır.

Bu bölümde ise ulusal sefer bölgesinde çalışan Türk Bayraklı gemiler için IMO'nun seçme kriterlerine paralel olarak, ülke şartlarında uygulanabilecek teknolojik gelişmeleri ve gemi cinslerine uygulanabilirliğini, gemi cinslerinin MGEVG değerlerini ve neden oldukları CO₂ salınımlarını dikkate alınarak Ulaşılmış ve Gerekli EEDI uygulanabilecek gemi cinsleri ve uygulama kriterleri belirlenecektir.

Bölüm 7.6.1 ve 7.6.2'de işlendiği üzere ülkemizde MGEVG değeri en yüksek olan gemi cinsleri sırasıyla toplamın %27,91 ini oluşturan Balık Avlama cinsi, %21,63 ünü oluşturan Özel Tekne cinsi; %6,87 sini oluşturan Gezinti Tenezzüh cinsi; %4,98 ini oluşturan Ticari Yat cinsi; %4,21 ini oluşturan Açık Deniz Romorkörü cinsi; %3,86 sını oluşturan Servis

Motoru cinsi; %3,64 ünü oluşturan Yolcu Motoru cinsi; %3,04 ünü oluşturan Çekici Romorkörü cinsi ve %1,89 unu oluşturan Kuruyük cinsi gemilerdir.

MGEVG_{ort} değerlerinde ise sırasıyla Tren Ferisi/Ro-Ro cinsi, Hafif Yolcu Feribotu cinsi, Ro-Ro Yolcu cinsi; Yolcu/Tren Ferisi cinsi; Açık Deniz Romorkörü cinsi; Kimyasal/Petrol Tankeri cinsi; Dinamik Konumlandırılmalı Gemi cinsi ve Yolcu Gemisi/Ro-Ro cinsi gemilerden oluşmaktadır.

Hizmet sınıflarına göre sıralandığında ise 29,51% ile Balıkçı Gemileri birinci sırada yer almaktadır. Özel Tekneler 21,64% ile ikinci sırada yer almaktadır. Bunları 13,61% ile Yolcu sınıfı; 8,67% ile Römorkör sınıfı; 5,55% ile Yat sınıfı; %4,60 ile Hizmet sınıfı; 3,86% ile Servis Motoru sınıfı; 3,11% ile Feribot sınıfı; 2,14% ile Yük Gemileri sınıfı; 1,88% ile Tankerler sınıfı; 1,13% ile Ro-ro sınıfı gemiler takip etmektedir.

MGEVG, MGEVG_{ort} ve hizmet sınıflarına göre MGEVG değerleri sıralamaları ve gemilerin bir sene içerisinde çalışma süreleri dikkate alınarak bir sentezlenme yapıldığında Balıkçı Avlama Gemilerinde, Yolcu Gemilerinde, Römorkörlerde, Yatlarda ve Feribotlarda Gerekli EEDI ile ilgili uygulama ve kıstasların ortaya çıkarılması gerektiği görülmektedir. MGEVG ve MGEVG_{ort} sıralaması içerisinde olmasına rağmen Gerekli EEDI ile ilgili kategoriye alınmayan gemiler, adetlerinin düşük olması yüzünden çalışma yapılamayacak olması sebebiyle dışarıda bırakılmıştır. Ayrıca, sıralamada yer almasına rağmen Servis Motorlarının ortalama olarak boyutlarının küçük olması ve aşırı değişkenlik göstermesi sebebiyle çalışma yapılmaya uygun değildir. Sıralamalarda üst bölgelerde yer almamasına rağmen adeti fazla olan, sürekli sefer halinde olan ve boyutlarının büyük olması sebebiyle teknolojik önlemlerin uygulanmasına daha yatkın olabilecek Petrol/Akaryakıt Tankerleriyle de ilgili Gerekli EEDI çalışmalarının yapılması gerekli olduğu düşünülmektedir.

Özel Teknelere ayrı bir parantez açmak gerekirse; Gezi Tekneleri Yönetmeliği kapsamına giren bu teknelerin adetlerinin yük olması sebebiyle toplam MGEVG değerlerinin yüksek olmasına rağmen MGEVG_{ort} değerlerinde alt sıralarda yer aldığı diğer bir deyişle her

bir tekneye ait MGEVG deęerinin dūřuk olduęu ve enerji verimli tekneler olduęu tespit edilmiřtir. Ayrıca, bu gemilerin űlkemiz kořullarında bűyűk űlde sadece yaz sezonunda seyir yaptıkları ve dięer sezonlarda barınak ve marinalarda baęlı olduęu dűřűnűlűrse sene genelinde CO₂ ve sera gazı salınımına tahmin edilenden daha az oranda neden olduęu dűřűnűlmektedir. Bu teknelerin kullanım amaçları (spor, eęlence, gezme v.d.) gűz űnűne alındıęında ve boyutlarının da 24 metre altında olması sebebiyle uygulanabilecek teknolojik űnlemlerin yok denecek kadar az olması sebebiyle enerji verimlilięi ile ilgili oluřturulacak mevzuattan muaf tutulmaları gerektięi dűřűnűlmektedir. Bu kapsamdaki teknelerden űlkemiz mevzuatlarına gűre Gezi Tekneleri Yűnetmelięi ile hem teknelerin hem de makinelerin CE standartlarında olma řartı aranmaktadır. MARPOL EK VI kurallarına taraf olunmasından sonra da 130 kw űzeri makinelerden ayrıca NO_x salınım standartlarını saęlama řartı aranmaktadır.

Gerekli EEDI geminin enerji verimlilięi indeksinin minimum olması gereken deęeri hesaplamalar sonucu gűsterirken, Ulařılmıř EEDI dizayn ve inřa ařamasından bařlayarak hesaplamalar ve gemi űzerinde yapılan denetimler sonucunda ortaya çıkan geminin fiili olarak enerji verimlilięi indeksini gűsterir. Ulařılmıř EEDI uygulanacak gemi cinsleri IMO uygulamasına benzer řekilde yukarıda detaylı řekilde açıklanan Gerekli EEDI uygulanmasının gerekli olduęu dűřűnűlen gemi cinsleri ile aynı olmalıdır. Yine IMO uygulamasına benzer řekilde Ulařılmıř EEDI uygulanacak minimum gemi bűyűklűęűnűn oluřturulacak yűnetmelik taslaęına tabi olacak minimum gemi bűyűklűęű ile aynı olması planlanmaktadır. Yűnetmelik taslaęı kapsamı ileriki bűlűmlerde detaylı řekilde iřlenecektir.

MARPOL EK VI Kural 20 ve 21'e gűre Ulaşılmış ve Gerekli EEDI yeni inřa gemilere uygulanmaktadır. Bu durum ulusal sefer bűlgesinde çalışan gemilere enerji verimliliği kurallarının uygulanmasına ilişkin yűnetmelik taslağında da aynı şekilde olacaktır. Fakat; gerekli EEDI ile ilgili referans eğrilerinin oluşturulmasında mevcut gemilerin enerji performansı değerlerinden yararlanılması gerekmektedir. Tahmini enerji indeks değerinin hesaplanmasında, referans eğrilerinin oluşturulmasında ve referans değerlerinin belirlenmesinde MEPC 215(63) sayılı karar ile getirilen "EEDI ile Kullanım için Referans Eęrileri Hesaplama Kılavuzları"nda belirtilen yűntemler temel alınmıştır. Kılavuzda belirtilen

yöntemlerle aradaki en temel fark kılavuzda olmayan gemi cinsleri için kapasite faktörü veri girişinde DWT yerine GT değerinin kullanılmasıdır.

Bir alt başlıklarda; Gerekli EEDI uygulanması gerekli görülen gemi cinsleri için alınabilecek teknolojik önlem seçenekleri, her gemi cinsi için minimum uygulama kapsamının belirlenmesi ve referans değerlerinin ve yüzdesel azaltma faktörlerinin hesaplanması yapılacaktır. Minimum uygulama kapsamının belirlenmesinde gemi cinsine bağlı olarak "Gros Tonaj" veya "DWT" büyüklükleri referans alınacaktır. Minimum sınır değerinin belirlenmesinde dikkate alınacak birincil etken gemi büyüklüğünün teknolojik önlem seçeneklerine uygulanabilir olması, ikincil etken ise seçilen minimum değer ile olabildiğince çok gemiyi kapsam içine alabilme ihtimalinin oluşturulmasıdır.

Azaltma faktörleri IMO uygulamasına benzer şekilde 4 faz olarak uygulanacaktır. Faz 0 yönetmelik taslağının 2015 yılında uygulamaya girdiği varsayılarak 01.01.2017-31.12.2018 aralığını; Faz 1 01.01.2019-31.12.2023 aralığını; Faz 2 01.01.2024-31.12.2028 aralığını, Faz 3 ise 01.01.2029 sonrası kapsamaktadır. Her Faz aralığı için azaltma faktörü belirlenecektir.

7.7.3.1 Balık Avlama Gemileri için Referans Eğri Değerinin Belirlenmesi ve Uygulanabilecek Teknolojik Önlem Seçenekleri

Kabotaj ve liman sefer bölgesinde 18309 adet Balık Avlama gemisi çalışmaktadır. Bu gemilerin oluşturduğu toplam gros tonaj ve makine gücü sırasıyla 163,293 ve 1,248,595 kw'dır. Gros tonaj ortalaması 9 ve tüm gemiler için MGEVG/GT değeri 502 g-CO₂/GT*deniz mili'dir. Bu durum Balık Avlama gemilerinin küçük ve adet olarak çok olduğunun açık göstergesidir. Bu durum ayrıca; hangi limit değer seçilirse seçilsin Türkiye koşullarında inşa edilecek yeni Balık Avlama gemilerinden Gerekli EEDI kapsamına girenlerin oranının çok düşük kalacağına açık göstergesidir.

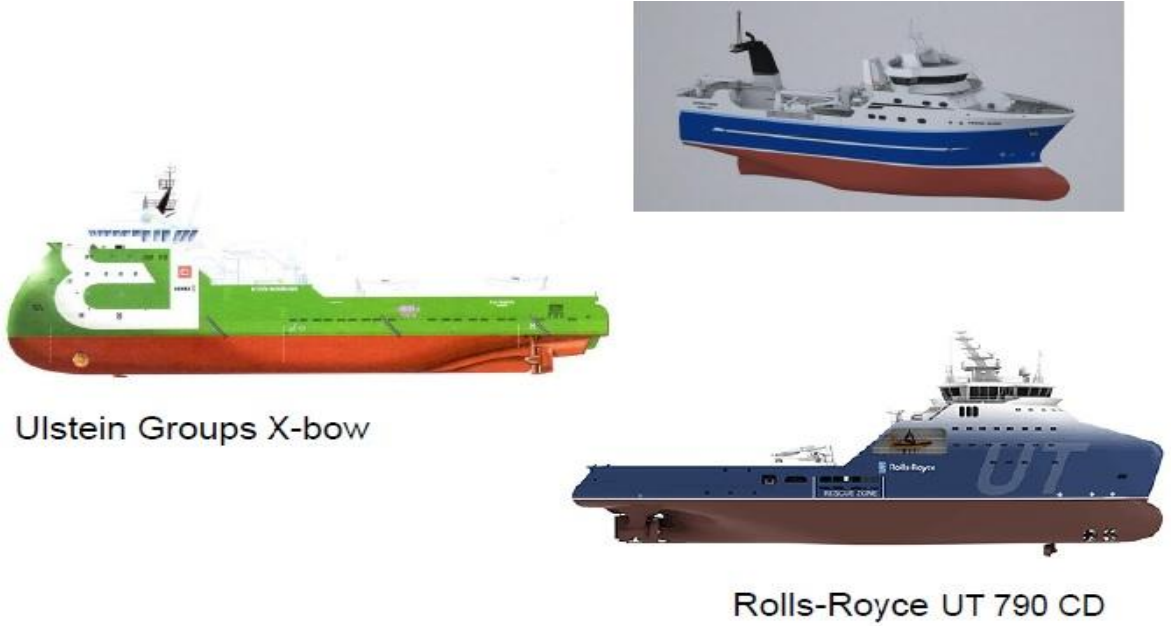
Balık Avlama gemilerine EEDI azaltımına ilişkin alınabilecek yenilikçe teknolojik önlemler arasında; Yakıt tüketim değerleri daha düşük ana ve yardımcı makineler kullanılması, gelişmiş tekne ve pervane dizayn sistemlerinin kullanılması, gelişmiş avlanma ağı sistemlerinin kullanılması; balıkçılık tekniklerinin geliştirilmesi, karbon oranı düşük yakıt tiplerinin kullanılması, kapasitesi gemiye özgü jeneratör setlerinin kullanılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması gösterilebilir.

Yapılan incelemelerde görüldü ki Türk Bayraklı mevcut balık avlama gemilerinde 2 veya 3 adet güçleri büyük marine edilmiş ikinci el ana makineler kullanılmakta ve geminin elektrik gücü ihtiyacından fazla verimliliği düşük jeneratör setlerinin kullanıldığı görülmüştür. Bu durumun önüne özellikle yeni inşa gemilerde daha düşük güçte yeni nesil verimliliği yüksek ana makine ve jeneratör setlerinin kullanılmasıyla geçilebilir. Jeneratör setleri seçilirken de mutlak suretle geminin elektrik ihtiyacı belirlenerek ihtiyaca göre seçim yapılmalıdır.

Biyofuel, biyogaz, LNG gibi yakıt türleri ile çalışan makine seçeneklerinin kullanılması da piyasada bu tip yakıtlar ile çalışan makineler olması sebebiyle seçenekler arasındadır. Ağ yüzey alanı düşürülmüş ağların kullanılması, büyük ağ gözlerinin kullanılması, efektif trol kapılarının kullanılması, ufak tipte ağ iplerinin kullanılması gelişmiş avlanma ağı sistemlerine örnek gösterilebilir. Gelişmiş su altı radar sistemleri, ağ teknolojileri gibi gelişmiş balık avlama sistemlerinin kullanılması daha az mesafe kat ederek daha çok balık avlamaya yardımcı olacağından verimliliği arttıran yöntemler arasında kullanılmalıdır.

Ayrıca nozullu pervaneler kullanılması, gemi dizaynı ve makineye uygun büyük çaplı pervaneler kullanılması, gelişmiş devir düşürücüler kullanılması, piç kontrollü pervaneler kullanılması, optimum mesafede pervane bıçak açıklıkları, pervane dümen ve tekne arasında optimum mesafesi sağlayan dizaynların kullanılması, direnci azaltmaya yönelik uygun bulb dizaynlarının kullanılması, optimum L/B oranı sağlayan gemi dizaynlarının kullanılması gelişmiş tekne ve pervane dizayn sistemleri içinde uygulanabilir metotlar arasına gösterilebilir (Url-10).

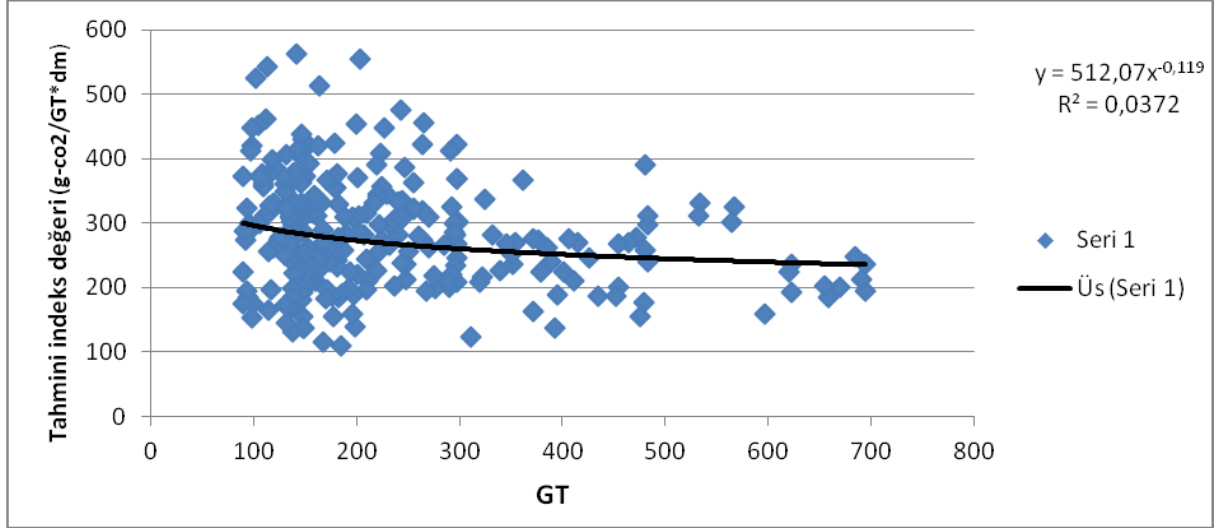
Yukarıda bahsedilen teknolojik önlemlerin kombine olarak uygulanmasıyla EEDI değerinde %30'a kadar azalma sağlanabileceği hesaplanmıştır (Url-11).



Şekil 51 : Yeni nesil Balık Avlama gemisi dizaynları

Uygulanabilecek teknolojik önlemler, mevcut balık avlama gemilerinin gros tonajları ve konu üzerine yapılan çalışmalar dikkate alındığında 100 GT alt limitinin Balık Avlama gemileri için uygun olduğu düşünülmektedir. Yeni inşa gemiler için fikir vermesi açısından 100 GT alt limiti ile 336 adet gemi Gerekli EEDI kapsamına alınmış olur. Bu da toplam 77,454 GT ile toplam Balık Avlama gros tonajının 48% ini ve toplam 424,375 kw ile Balık Avlama makine gücünün 34% ünü oluşturmaktadır.

Referans eğri değerleri kapsam içine giren 336 adet geminin GT değerlerine karşılık gelen tahmini enerji indeks değerlerinden eğri geçirilerek belirlenecektir. Şekil 52, 100 GT üstü Balık Avlama gemileri için referans eğrisini ve değerlerini göstermektedir.



Şekil 52 : Balık Avlama gemileri için Referans Eğri Değerlerinin belirlenmesi

MEPC 215(63) sayılı karar gereğince Referans Eğri Değeri = $a \times b^c$ formülüne göre hesaplanmaktadır. Oluşturulan grafikte de açıkça görüldüğü gibi; grafikteki eğri denklemindeki değerler a ve c parametrelerinin yerine konulduğunda $a = 512,07$ ve $c = 0,119$ sonucu çıkmaktadır. b değişkeni ise gemilerin GT değerini göstermektedir. Bu durumda yeni inşa edilen bir Balık Avlama gemisi için Gerekli EEDI değerinin hesaplanmasına yönelik Referans Eğri Değeri hesaplanmak istendiğinde Referans Eğri Değeri = $512,07 \times b^{-0,119}$ formülünün kullanılması gerekmektedir. Daha öncede bahsedildiği üzere b değişkeni geminin GT değerini belirtmektedir.

7.7.3.2 Yolcu Gemileri için Referans Eğri Değerinin Belirlenmesi ve Uygulanabilecek Teknolojik Önlem Seçenekleri

Bu tez çalışmasında hizmet sınıflarına göre ayrılan "Yolcu Gemisi Hizmet Sınıfı"; deniz taksi, gezinti tenezzüh gemisi, hafif yolcu gemisi, şehir hatları yolcu gemisi, yolcu gemisi, yolcu gemisi (katamaran), yolcu motoru ve yüksek hızlı hafif yolcu gemisi

cinslerinden oluşmaktadır. Bu kapsam dikkate alındığında kabotaj ve liman sefer bölgesinde 2694 adet Yolcu Gemisi sınıfında gemi çalışmaktadır. Bu gemilerin oluşturduğu toplam gros tonaj ve makine gücü sırasıyla 154,306 ve 773,445 kw'dır. Gros tonaj ortalaması 250 ve tüm gemiler için ortalama MGEVG/GT değeri 346 g-CO₂/GT*deniz mili'dir.

Yolcu Gemisi sınıfında bulunan gemiler için referans değerlerinin belirlenmesi iki ayrı grupta yapılacaktır. Bu gruplar "Yolcu Gemisi" ve "Yüksek Hızlı Hafif Yolcu Gemisi" şeklinde ayrılacaktır. Böyle bir ayrımın yapılmasındaki temel neden yüksek hızlı gemilerin makine ve dizayn açısından konvansiyonel tipte gemilerden büyük farklılıklar göstermesidir. Bu sebepten ötürüde farklı enerji verimliliği değerleri sergilemektedirler. "Yolcu Gemileri" için hesaplamalar gezinti tenezzüh gemisi, şehir hatları yolcu gemisi, yolcu gemisi ve yolcu motoru cinsi gemileri kapsayacaktır ve elde edilen sonuçlar yalnızca bu gemi cinsleri için kullanılabilir olacaktır. "Yüksek Hızlı Hafif Yolcu Gemisi" için hesaplamalar ise hafif yolcu gemisi ve yüksek hızlı hafif yolcu gemisi cinsi gemileri kapsayacaktır.

Türkiye'de Yolcu Gemilerininin büyük bir kısmı kısa mesafeler arasında belirli hatlarda çalışan yüksek sürat yapmayan gemilerden oluşmaktadır. Çoğunluğu özel şirketler tarafından işletilen ve esas amacı yolcu taşımak olan bu gemilerde şirketler kazançlarını arttırmayı yönelik olarak mevcut durumda halihazırda maksimum yolcu taşıma kapasiteli dizaynlar kullanılmaktadırlar. Bu kapsamda; çalıştıkları fiziki ve coğrafi koşullara göre tekne formlarının enerji verimli oldukları söylenebilir. Aynı durum kullanılan ana ve yardımcı makineler için geçerli değildir. Gemilerin çoğunda marine edilmiş ikinci el iki adet ana makine ve bir veya iki adet jeneratör setinin kullanıldığı görülmüştür. Bu gemilerde enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik alınması gereken başlıca önlem CO₂ salınımı ve yakıt tüketimi az, hız-güç performansı yüksek olan teknolojik ve elektronik yönden gelişmiş ana ve yardımcı makine tiplerinin kullanılmasıdır.

Yeni inşa yolcu gemilerinde enerji verimliliğinin arttırılmasında kullanılabilecek diğer seçenekler arasında ise hidrodinamik olarak daha efektif gemi kıç formu-dümen-pervane dizaynlarının, baş pervanesinin ve alüminyum, fiber gibi daha hafif tekne

konstrüksiyon malzemelerinin kullanılması sayılabilir. Hafif inşa malzemeli dizaynlar yüksek hızlı yolcu gemileri için olmasına rağmen sayıcı fazla olan deplasman tipi gemiler içinde bu seçenek değerlendirilip yaygınlaştırılmalıdır.

Mevcut yolcu gemilerinde yapılan kara sürveylerinde kış formu, pervane ve dümen arasında verimliliği sağlayacak optimizasyonun olmadığı görülmüştür. Bu durum gemilerin çoğunun eski inşa olması sebebiyle verimliliğe yönelik belirli dizayn kriterlerine göre inşa edilmemesinden kaynaklanmaktadır. Bu durum yeni inşa gemilerde nasıl yolcu emniyetine, güvenliğine, konforuna, yangına, stabilitesine yönelik önlemler alınıyorsa performans verimliliğine yönelik önlemlerinde alınmasıyla aşılabılır.

Yolcu gemilerinin sayıca fazla olduğu bazı bölgelerdeki iskelelerde yoğunluk yaşanmakta olduğu görülmekte ve bu sebeple gemiler yanaşabilmek için ekstra manevralar yapmak zorunda kalmaktadır. Zaman ve enerji kaybı yaratan bu durumun önüne geçmeye yönelik geminin manevra kabiliyetini artırıcı etki yaratan baş pervanelerin kullanılması seçenekler arasında değerlendirilmelidir. Ayrıca, Gemilerin Teknik Yönetmeliği ile zorunlu olan yolcu mahallerinin iklimlendirilmesine yönelik olarak kış aylarında kullanılan elektrikli ısıtıcılar yerine yeni inşa gemilerde gemi bünyesinde mevcut olan daha tasarruflu ısıtıcı sistemler kullanılmalıdır.

Yüksek hızlı hafif yolcu gemilerinde diğer yolcu gemilerine benzer şekilde yolcu kapasitesi maksimum şekilde izin verilen değerlerde kullanılmaktadır. Yukarıda detayları bulunan diğer yolcu gemi tiplerinde yaşanan sıkıntılar bu tip gemiler için geçerli değildir. Dizayn aşamasında bütün performans analizleri yapılan bu gemiler; hydro ve aero dinamik açıdan gelişmiş tekne formu, hafif inşa malzemesi ile düşük draftta seyir, gelişmiş ana ve yardımcı makine sistemleri, uzaktan kontrol edilebilir fönomatik pompa sistemleri gibi yüksek teknoloji ile donatılmış sistemlerden oluşmaktadır.

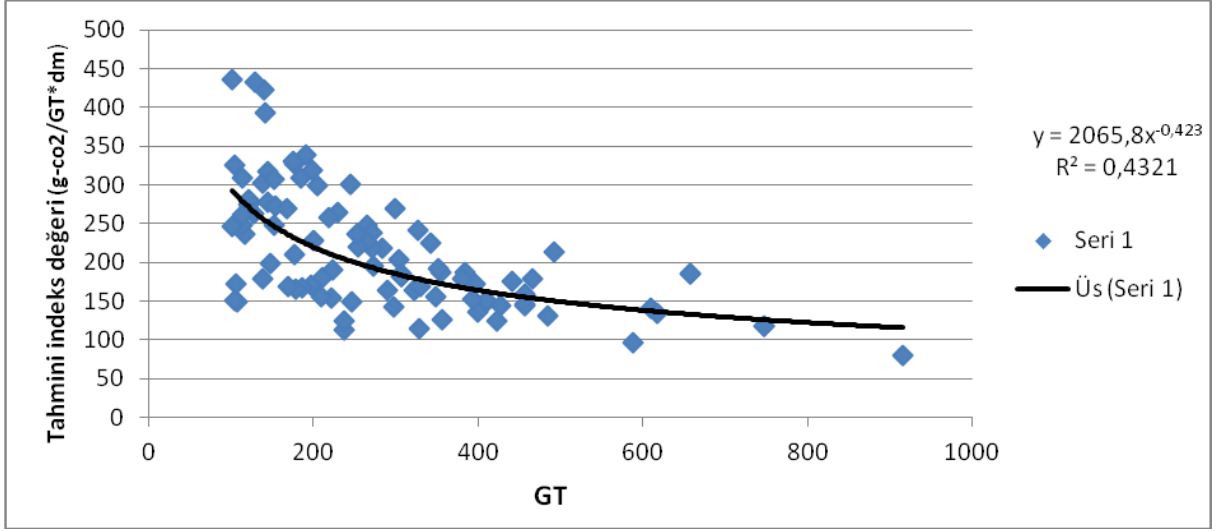
Günümüz teknolojisine göre zaten yüksek teknoloji ile donatılmış bu gemi tiplerinde EEDI azaltımına yönelik uygulanabilecek önlemlerde şu an için kısıtlıdır. İnşa amacına uygun

olarak yüksek sürat yapmaları gerektiğinden güçlü ana makineler ile donatılmışlardır ve daha düşük güçte makine seçimlerine gidilmesi kullanım amacının dışına çıkılması anlamına gelmektedir. Uygulanabilecek enerji verimliliği artırma yöntemi olarak hibrit tipte jeneratörler setlerinin ve trim düzenleyici plakaların kullanılması sayılabilir. Referans değerleri gösterge olması açısından belirlenecek olmasına rağmen azaltma faktörü indirimi Faz 3 ve sonrası dönem için piyasaya yeni sürülecek teknolojik seçeneklere göre belirlenmelidir.

Yolcu Gemileri için uygulanabilecek teknolojik önlemler ile EEDI değerinde 25% e kadar ve Yüksek Hızlı Hafif Yolcu Gemilerinde 5% kadar azaltım sağlamak mümkündür. (IMO, 2011)

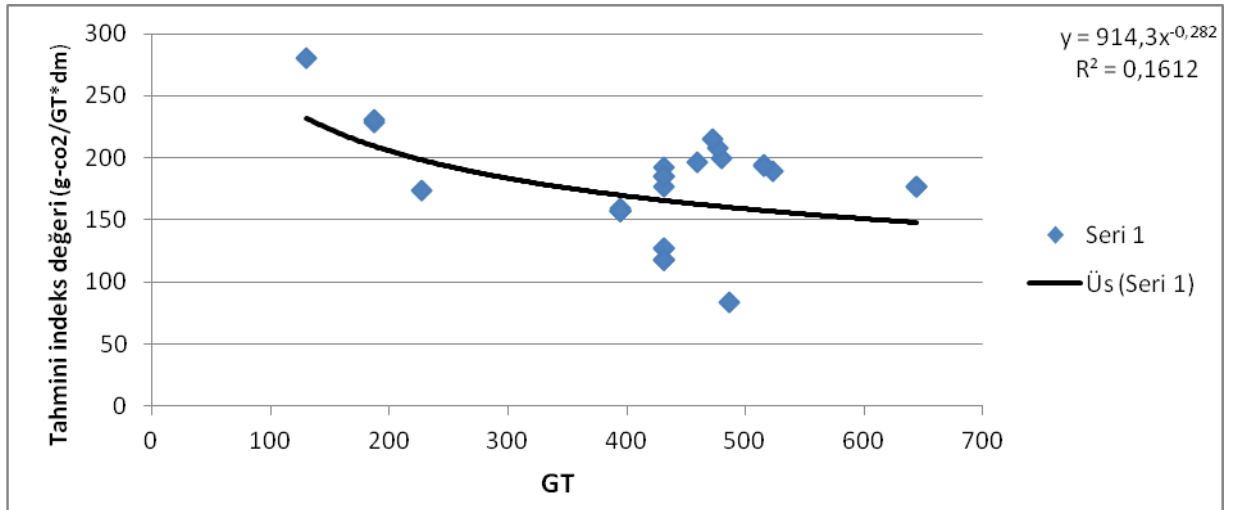
Uygulanabilecek teknolojik önlemler, mevcut yolcu gemilerinin gros tonajları ve konu üzerine yapılan çalışmalar dikkate alındığında 100 GT alt limitinin "Yolcu Gemisi" ve "Yüksek Hızlı Hafif Yolcu Gemisi" kategorileri için uygun olduğu düşünülmektedir. Yeni inşa gemiler için fikir vermesi açısından 100 GT alt limiti ile 370 adet gemi Gerekli EEDI kapsamına alınmış olur. Bu da toplam 95,333 GT ile toplam Yolcu Gemisi sınıfı gemilerin gros tonajının 61,7% sini ve toplam 433,127 kw ile makine gücünün 56% sını oluşturmaktadır.

Referans eğri değerleri, kapsam içine giren "Yolcu Gemisi" ve "Yüksek Hızlı Hafif Yolcu Gemisi" cinsi gemilerin GT değerlerine karşılık gelen tahmini enerji indeks değerlerinden eğri geçirilerek aşağıdaki gibi belirlenmiştir.



Şekil 53 : Yolcu Gemisi sınıfı gemiler için Referans Eğri Değerlerinin belirlenmesi

Grafikten görüldüğü gibi; grafikteki eğri denklemindeki değerler a ve c parametrelerinin yerine konulduğunda $a = 2065,8$ ve $c = -0,423$ sonucu çıkmaktadır. b değişkeni ise gemilerin GT değerini göstermektedir. Bu durumda yeni inşa edilen bir Yolcu Gemisi sınıfındaki gemi için Gerekli EEDI değerinin hesaplanmasına yönelik Referans Eğri Değeri hesaplanmak istendiğinde Referans Eğri Değeri = $2065,8 \times b^{-0,423}$ formülünün kullanılması gerekmektedir.



Şekil 54: Yüksek Hızlı Hafif Yolcu Gemisi sınıfı gemiler için Referans Eğri Değerlerinin belirlenmesi

Yeni inşa edilen Yüksek Hızlı Hafif Yolcu Gemisi sınıfındaki bir gemi için Gerekli EEDI değerinin hesaplanmasına yönelik Referans Eğri Değeri hesaplanmak istendiğinde Referans Eğri Değeri= $914,3 \times b^{-0,282}$ formülünün kullanılması gerekmektedir.

7.7.3.3 Römorkörler için Referans Eğri Değerinin Belirlenmesi ve Uygulanabilecek Teknolojik Önlem Seçenekleri

Genellikle diğer deniz araçlarının manevralarını kolaylaştırmak veya sağlamak üzere itme ve çekme işlerinde kullanılır. Römorkörler aynı zamanda, hurdaların, motorsuz deniz araçlarının ve petrol platformu gibi büyük yüzen yapıların çekilmesi amacıyla da kullanılmaktadırlar. Kanallarda, boğazlarda, geçitlerde ve manevranın zor yapıldığı kritik bölgelerde, gemiler limanlara yanaşırken ve ayrılırken gemileri itmek ve çekmek suretiyle manevra yaptırırlar. Ayrıca, deniz kazalarına, çevre kirliliği ve denizde yangın vakalarına güçlü pompaları sayesinde müdahale edebilirler.

Bu tez çalışmasında "Römorkörler"; açık deniz römorkörü, çekici römorkör, itici römorkör ve liman römorkörlerinden oluşmaktadır. Bu kapsam dikkate alındığında kabotaj ve liman sefer bölgesinde 237 adet Römorkör çalışmaktadır. Bu römorkörlerin oluşturduğu toplam gros tonaj ve makine gücü sırasıyla 48,302 ve 460,002 kw'dır. Gros tonaj ortalaması 185 ve tüm römorkörler için ortalama MGEVG/GT değeri 521 g-CO₂/GT*deniz mili'dir.

Sahip oldukları makine gücü, boyutlarına göre oldukça büyük olan römorkörler toplam çeki kuvveti olarak tanımlanan çekme kuvvetleriyle (bollard pull) anılmaktadırlar.

Yeni inşa römorkörlerde enerji verimliliğinin yükseltilmesine ilişkin uygulanabilecek teknolojik seçenekler arasında azimut ve voith sistemleri gibi verimli, güçlü ve manevra kabiliyeti yüksek sevk sistemlerinin kullanılması birinci sırada gelmektedir. Günümüzde hali hazırda yeni inşa römorkör siparişlerinde konvansiyonel tip yerine bu sistemler tercih edilmektedir. Uygulanabilecek diğer bir yöntem ise; Common Rail olarak bilinen "tutuculu püskürtme" veya "ortak boru" anlamına gelen, dizel motorlarda kullanılan bir yakıt enjeksiyon

sistemidir. Bugüne kadar kullanılan aynı türdeki sistemlere göre yakıt sarfiyatı, egzoz gazı emisyonu, çalışma sistemi ve gürültü oluşumunda daha üstün bir sistemdir. Güç yönetim sistemlerinin, hibrit jeneratör sistemlerinin ve güçlü pompa sistemlerine sahip olmaları dolayısıyla uzaktan kumanda edilebilir verimli pompa sistemlerinin kullanılması diğer seçenekler olarak sıralanabilir (Url-12).

Bu kapsamda yapılan en yenilikçi yöntemlerden olan yakıt olarak düşük karbon içerikli LNG ile çalışan dünyanın ilk römorkörünün inşası Sanmar Tersanesinde yapılmıştır. 35 metre boyunda 68 ton bollard pull kuvvetine sahip 2 adet 1705 kw Bergen ana makine ve Rolls Royce marka kontrol edilebilir pervane sistemine sahip bu römorkör ile CO₂ salınımı geleneksel modellere oranla 26% daha az oluşmaktadır. Böyle kapsamlı bir projenin dünyada ilk olarak bir Türk Tersanesinde yapılmış olması da enerji verimliliği ile ilgili teknolojik alt yapıya tersanelerimizin hazır olduğunun önemli bir göstergesidir.

Yukarıda bahsedildiği gibi Römorkörlerde enerji verimliliğini arttırmaya yönelik birçok önlem olmasına rağmen yeni nesil gemilerin enerji verimliliğini arttırmaya yönelik kapasite ve boyutlarının büyümesi onlara hizmet veren römorkörlerin ve makine güçlerinin de büyümesi anlamını gelmektedir. Ayrıca; römorkörler deniz kazalarına ve çevre kirliliğine müdahale, yangın söndürme operasyonlarına katılma gibi kritik görevlerde bulduklarından, esas amacı hizmet etmek olan gemi sınıfına girdiğinden ve IMO'nun enerji verimliliğine ilişkin oluşturduğu kuralların bu tip gemilere uygulanmasının kuralın oluşturma amacı kapsamının dışına çıkacağı düşünüldüğünden bu sınıftaki gemiler için Gerekli EEDI ile getirilen kısıtlayıcı katı bir uygulamanın tehlikeli ve gereksiz olduğu bir çok çevre tarafından değerlendirilmektedir.

Bu durum römorkörlerin enerji verimli olmaması gerektiği anlamına gelmemekte sadece enerji verimliliğine yönelik kısıtlayıcı limit değerlerin konmasının yanlış olduğunu vurgulamaktadır. Yine de enerji verimliliği ile ilgili bir kıstas konmak istenirse bunun yolu limit değeri Gerekli EEDI ile belirlemek değil, kurulu makine gücüne karşılık römorkörlerin

büyükölük ve güç göstergesi olan çekici gücünün taşınması gerekli minimum değerle ilgili bir kısıt koymanın daha mantıklı bir çözüm yolu olacağı düşünülmektedir.

7.7.3.4 Yatlar için Referans Eğri Değerinin Belirlenmesi ve Uygulanabilecek Teknolojik Önlem Seçenekleri

"Yatlar" özel yatlar ve ticari yatlar gemi cinslerinden oluşmaktadır. Bu kapsam dikkate alındığında kabotaj ve liman sefer bölgesinde 2150 adet "Yat" çalışmaktadır. Bu yatların oluşturduğu toplam gros tonaj ve makine gücü sırasıyla 101,586 ve 697,943 kw'dır. Gros tonaj ortalaması 48 ve tüm yatlar için ortalama MGEVG/GT değeri 191 g-CO₂/GT*deniz mili'dir.

Eğlence ve keyif amaçlı olarak satın alınan ve kullanılan bu gemi cinsi için temel kriter lüksölüğe ve hıza hitap etmektir. Gelir düzeyi yüksek insan grubuna hitap eden bu gemi cinslerinin piyasa değerini de bu iki kriter belirleyecektir. Bu sebepten ötürüde makine ve jeneratör güçlerinde indirim gitmek yat sınıfı gemiler için uygun bir çözüm değildir. Makine güçlerinde indirim gitmeden de bu cins gemiler için EEDI azaltma yöntemleri kısıtlıda olsa mevcuttur. Bunlar arasında; hafif malzemeler ile gemi inşası, alternatif yakıt türlerinin kullanımı, gemi sevinde rüzgar gücünden yararlanma, atık ısı geri kazanımı, jeneratör üzerine binen yükün azaltılması, verimli iklimlendirme sistemlerinin kullanılması, yüksek verimlilik ile çalışan yakıt tüketimi düşük ana ve yardımcı makine seçeneklerinin kullanılması ve sürtünme direncini minimuma indirecek tekne formlarının kullanılması olarak sırlanabilir.

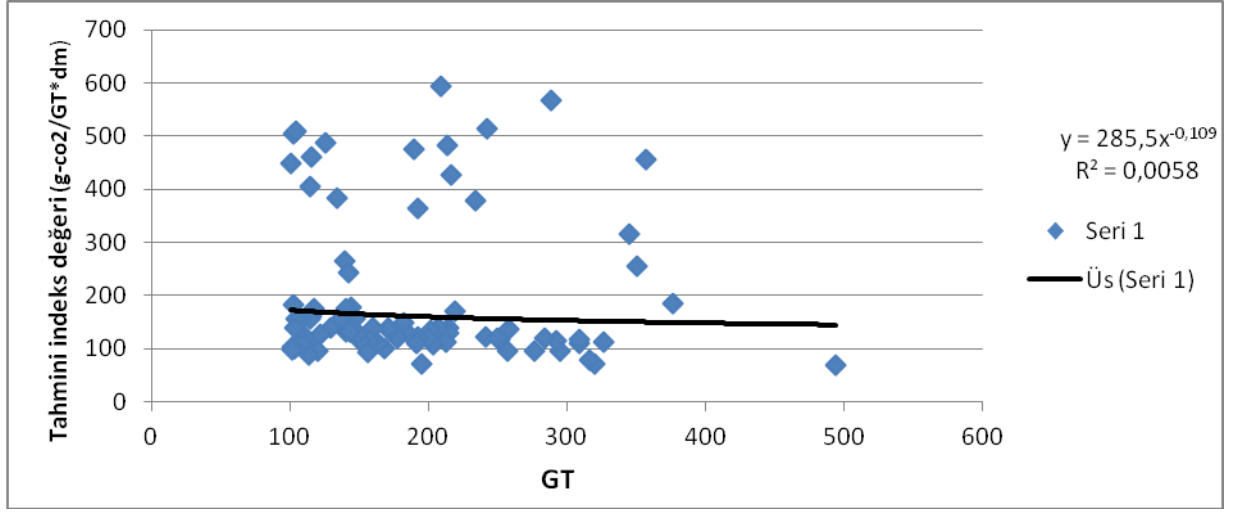
Yatlar sadece yaz aylarında senenin 3-4 ayını seyir yaparak ve geri kalan zamanını liman ve marinalarda bekleyerek geçirmektedir. Yaz aylarındaki çalışma dönemlerinde de sürekli seyir halinde değil, ulaşılacak istenilen destinasyona varıldıktan sonra belirli süre zarfında o bölgedeki marinalarda veya koyalarda demir atarak bekletilmektedirler. Bu durum göz önüne alındığında zamanının 75% lik bölümünü demir ve marinalarda, 15% lik bölümünü normal seyir hızında seyrederken, 7% lik kısmını yüksek hızda seyrederken ve 3% lik bölümünü manevra halindeyken geçirdiği saptanmıştır (Url-13).

Zamanın büyük bölümünü demir ve marinalarda geçirildiği göz önüne alındığında jeneratörler üzerine binen yükün en verimli şekilde dağıtılması ve kullanılması gerekliliği sonucu çıkmaktadır. Bu kapsamda jeneratörler üzerine en çok yükü bindiren iklimlendirme sistemlerinin, mutfak ve aydınlatma ekipmanlarının enerji verimliliği yüksek malzeme ve ekipmanlardan seçilmesi büyük önem taşımaktadır. Özellikle ısıtma için giderlerinin düşürülmesinde 85-90° dereceleri bulan jeneratör ceket suyundan geri ısı kazanım sistemleri kullanılabilir. Aydınlatma giderlerinin düşürülmesinde de halojen ampullerin kullanılması yerine daha tasarruflu olan led ampullerin kullanılması yoluna gidilebilir.

Günümüzde rüzgar gücünden yatlar kategorisinde efektif bir şekilde faydalanılmaktadır. İsteğe bağlı olarak yelkenli tipte yatlar kullanılabilir. Hafif inşa malzemesi kullanılması açısından da fiber tekne malzemesi yat inşalarında etkin bir biçimde halihazırda kullanılmaktadır. Alternatif yakıt türleri kullanılması açısından LNG tahrikli makinelerin yatlarda kullanılması uygundur. Yüksek hızda seyir yapılması planlanan yatlarda sürtünme direncinin azaltılması açısından da deplasman tip yerine yarı deplasman veya kayıcı tip tekne seçeneklerinin değerlendirilmesi gerekmektedir.

Yukarıda bahsedilen önlemlerin uygulanmasıyla Yat cinsi gemilerde 25%'e kadar EEDI azaltımı sağlanacağı ön görülmektedir.

Uygulanabilecek teknolojik önlemler, mevcut yatların gros tonajları ve konu üzerine yapılan çalışmalar dikkate alındığında Gerekli EEDI uygulanması yönelik 100 GT alt limitinin Yatlar için uygun olduğu düşünülmektedir. Yeni inşa kapsamına girecek Yatlar için fikir vermesi açısından 100 GT alt limiti ile 268 adet gemi Gerekli EEDI kapsamına alınmış olur. Bu da toplam 46,496 GT ile toplam Yat sınıfı gemilerin gros tonajının 46% sını ve toplam 258,108 kw ile makine gücünün 35% ini oluşturmaktadır.



Şekil 55: Yatlar için Referans Eğri Değerlerinin belirlenmesi

Yeni inşa edilen Yat sınıfındaki bir gemi için Gerekli EEDI değerinin hesaplanmasına yönelik Referans Eğri Değeri hesaplanmak istendiğinde Referans Eğri Değeri= $285,5 \times b^{-0,109}$ formülünün kullanılması gerekmektedir.

7.7.3.5 Feribotlar için Referans Eğri Değerinin Belirlenmesi ve Uygulanabilecek Teknolojik Önlem Seçenekleri

Bu bölümde adetlerinin fazla olmasından dolayı inceleme yapmaya müsait olan "Araba Ferisi" ve "Feribot (Yolcu+Araba+Kuruyük)" cinsi gemiler için çalışma yapılacaktır. Bu kapsam dikkate alındığında kabotaj ve liman sefer bölgesinde toplamda 75 adet "Araba Ferisi" ve "Feribot (Yolcu+Araba+Kuruyük)" cinsinde gemi çalışmaktadır. Bu gemilerin oluşturduğu toplam gros tonaj ve makine gücü sırasıyla 58,440 ve 114,367 kw'dır. Gros tonaj ortalaması 817 ve bu kapsamdaki gemiler için ortalama MGEVG/GT değeri 115 g-CO₂/GT*deniz mili'dir. Bu sınıf feribotlar deplasman tipi feribotlardan oluşmaktadır. Hafif inşa malzemesi ile üretilmemişlerdir ve yüksek hız dizayn konseptine sahip değillerdir. Hafif yolcu feribotları ve yüksek hızlı hafif yolcu feribotlarının adet olarak az sayıda olması ve mevcutlarında aralarında kardeş gemiler olmaları sebebiyle analiz ve hesaplamaları yapılamamaktadır.

Diğer gemi cinslerine kıyasla MGEVG/GT değerinin alt sıralarda yer almasına rağmen, MGEVG ve MGEVG_{ort} değerlerinde üst sıralarda denebilecek konumda yer almaktadırlar. Bu sebepten ötürüde gerekli EEDI uygulanmasının ve referans eğri değerlerinin belirlenmesinin gerekli olduğu düşünülmektedir. Ülkemizde, özellikle Feribot (Yolcu+Araba+Kuruyük) cinsi gemiler arasında balıkçı ve diğer tip gemilerden herhangi bir ön dizayn kıstaslarından geçirilmeden tadilat edilmek suretiyle üretilmiş bir çok gemi mevcuttur. Gerek yolcu emniyetini etkilemesi gerekse de düşük enerji verimliliği neden olması açısından bu tip durumların önlenmesi için verimlilik kriterinin getirilmesi önem arz etmektedir.

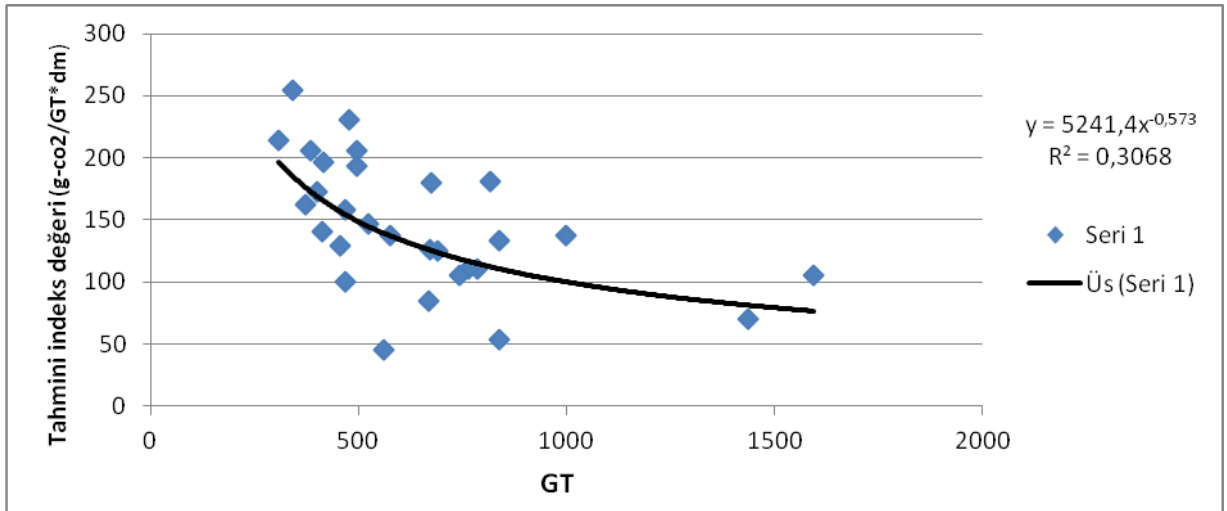
Bahse konu feribot cinslerine EEDI azaltımına yönelik uygulanabilecek teknolojik önlemler arasında; gemi ağırlığını düşürmeye yönelik inşa malzemesi için alüminyum gibi daha hafif bir malzemenin kullanılması, trim düzenleyici plakaların kullanılması, pratik ve hızlı araç alma-boşaltma dizaynlarının kullanılması, maksimum araç kapasitesini taşıyacak yönde gemi ve araç güverte dizaynlarının oluşturulması, ters yönlü dönen pervaneler (CRP) gibi gelişmiş sevk ve pervane sistemlerinin kullanılması, dizel elektrik ve dizel mekanik makine sistemlerinin kullanılması sıralanabilir.

Hafif inşa malzemesi kullanılmasıyla deplasman ağırlı düşürülerek geminin daha fazla araç taşınması sağlanabilir. Bu durum beraberinde daha verimli seferler yapılmasına olanak sağlar. Trim optimizasyonun gemi üzerinde oluşan dirençle ilişkisi ve enerji verimliliğine direk etkisi kanıtlanmış bir gerçektir ve bu sebeple trim düzenleyici plakaların kullanılması enerji verimliliğini pozitif olarak etkilemektedir. Feribotlar sıklıkla limanlara uğrayan gemiler olmaları sebebiyle liman içerisinde vaktin en doğru ve kısa şekilde değerlendirerek sefer süresinden kazanmak için hızlı ve pratik araç yükleme-boşaltma sistemlerinin kullanılması ve manevra kabiliyetini artırıcı yön veren itici sistemlerin (bow thruster) kullanılması enerji verimliliği açısından önem arz etmektedir. Ortalama hızın biraz üstünde seyir yapan bu feribot cinsleri için stabilite kriterlerini etkilememesi şartıyla blok katsayısının düşük tutulması önemlidir. CRP gibi gelişmiş sevk sistemlerinin kullanılması kodlanmış makine sistemi (coded machinery) adı verilen dizel elektrik ve dizel mekanik makinelerin kombinasyon kullanımı ile desteklenmesiyle verimliliği önemli ölçüde

arttırabilmektedir. Elektrikli sevk sistemlerinin sığ sularda ve düşük hızlarda özellikle de manevra durumlarında iyi sonuçlar verdikleri bilinmektedir. Bahsedilen bu teknolojik önlemlerin uygulamaya konmasıyla %30'a kadar EEDI tasarrufu sağlanabileceği hesaplanmıştır.

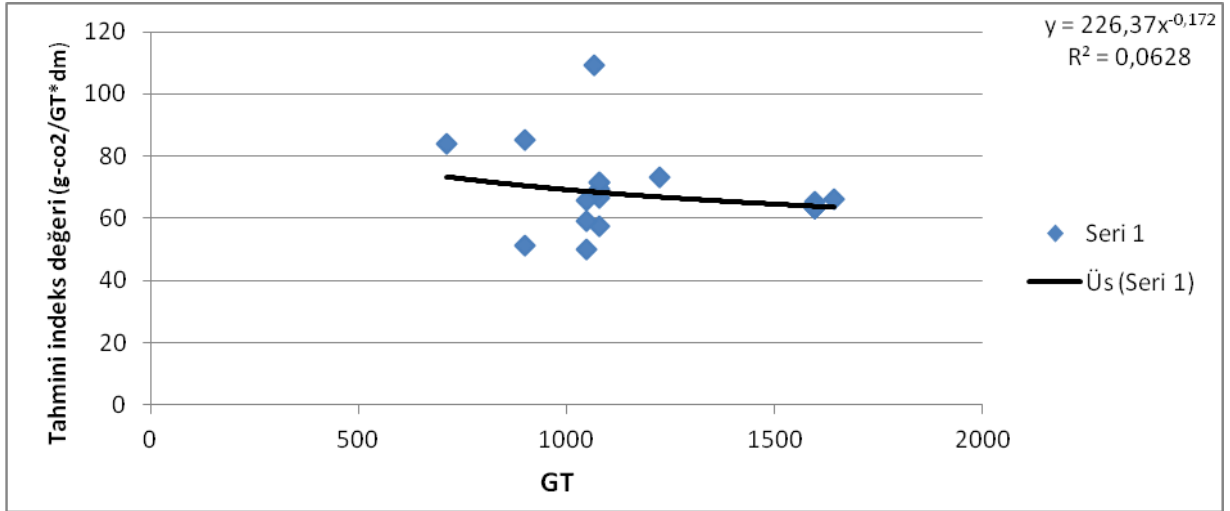
Bütün etkenler dikkate alındığında Gerekli EEDI uygulamasına ilişkin 700 GT alt limitinin "Araba Ferisi" cinsi için ve 300 GT alt limitinin "Feribot (Yolcu+Araba+Kuruyük)" cinsi gemiler için uygun olduğu düşünülmektedir. Bu alt limitler ile Araba Ferilerinin tamamı ve Feribot (Yolcu+Araba+ Kuruyük) cinsi gemilerin %80'inden fazlası kapsam içine alınmış olur. Bu feribot tiplerinde kıstas olarak GT yerine DWT biriminin kullanılmasının feribotların yük taşımak için dizayn edilmiş olmalarından ve IMO'nun benzer gemi tipleri için DWT birimini tercih etmesinden dolayı daha doğru olacağı düşünülmektedir. Fakat DWT değerlerinin bu tez çalışmasında kullanılan verilerin toplandığı sisteme tutarlı ve doğru girilmediği fark edildiğinden, diğer çalışmalarda olduğu gibi referans eğri değerinin belirlenmesinde aynı şekilde GT değişkeni olarak kullanılmak zorunda kalınmıştır.

Referans eğri değerleri, kapsam içine giren "Araba Ferisi" ve "Feribot (Yolcu+Araba+Kuruyük)" cinsleri gemiler için GT değerlerine karşılık gelen tahmini enerji indeks değerlerinden eğri geçirilerek aşağıdaki gibi belirlenmiştir.



Şekil 56 : Araba Ferileri için Referans Eğri Değerlerinin belirlenmesi

Grafikten görüldüğü gibi; "Araba Ferisi" cinsi gemiler için a ve c parametreleri değerleri sırasıyla 226,37 ve -0,172'dir. b değişkeni ise gemilerin GT değerini göstermektedir. Bu durumda yeni inşa edilen Araba Ferisi cinsindeki bir gemi için Gerekli EEDI değerinin hesaplanmasına yönelik Referans Eğri Değeri hesaplanmak istendiğinde Referans Eğri Değeri= $226,37 \times b^{-0,172}$ formülünün kullanılması gerekmektedir.



Şekil 57: Feribot (Yolcu+Araba+Kuruyük) cinsi gemiler için Referans Eğri Değerlerinin belirlenmesi

Yeni inşa edilen Feribot (Yolcu+Araba+Kuruyük) cinsi bir gemi için ise Referans Eğri Değeri= $5241,4 \times b^{-0,573}$ formülünün kullanılması gerekmektedir.

7.7.3.6 Petrol/Akaryakıt Tankerleri için Referans Eğri Değerinin Belirlenmesi ve Uygulanabilecek Teknolojik Önlem Seçenekleri

Kabotaj ve liman sefer bölgesinde 99 adet Petrol/Akaryakıt Tankeri çalışmaktadır. Bu gemilerin oluşturduğu toplam DWT ve makine gücü sırasıyla 61,094 ton ve 67,928 kw'dır. GT ve DWT ortalaması sırasıyla 380 ve 617 ton ve tüm gemiler için MGEVG/GT ve MGEVG/DWT değerleri sırasıyla $103 \text{ g-CO}_2/\text{GT} \cdot \text{deniz mili}$ ve $63 \text{ g-CO}_2/\text{ton} \cdot \text{deniz mili}$ 'dir.

Diğer gemi cinslerine kıyasla MGEVG/GT değerinin alt sıralarda yer almasına rağmen, bu cins gemilerin oluşturduğu MGEVG değerlerinde üst sıralarda denebilecek konumda yer almaktadır. Ayrıca, IMO'nun bu gemi sınıfı için gerekli EEDI kuralları oluşturması ve tankerlere yönelik örnek bir çalışma yapılması gerekliliği göz önünde bulundurulduğunda Petrol/Akaryakıt Tankeri cinsi gemiler için EEDI uygulanmasının ve referans eğri değerlerinin belirlenmesinin gerekli olduğu düşünülmektedir.

Yapılan incelemelerde Kabotaj hattında çalışan Türk Bayraklı mevcut Petrol/Akaryakıt Tankerlerinin 22 tanesinin 2000 yılından sonra inşa edildiği ve inşa yıllarının ortalamasının 1988 olduğu görülmüştür. Bu durum, Türkiye koşullarında çok anormal olmasa da gemilerin bir çoğunun günümüzün yenilikçi teknolojileri ile donatılmadığının ve filoda gençleştirme yapılmasının vakti geldiğinin önemli bir göstergesidir. Tankerlerde dizayna bağlı olarak 1 veya 2 adet ana makine ve 2-3 adet jeneratör setleri kullanıldığı tespit edilmiştir. Enerji Verimliliği hususunda en büyük sıkıntıların gelişmiş dizayn seçeneklerinin ve verimliliği yüksek efektif ana makine, jeneratör ve pompa takımlarının kullanılmamasından kaynaklandığı tespit edilmiştir.

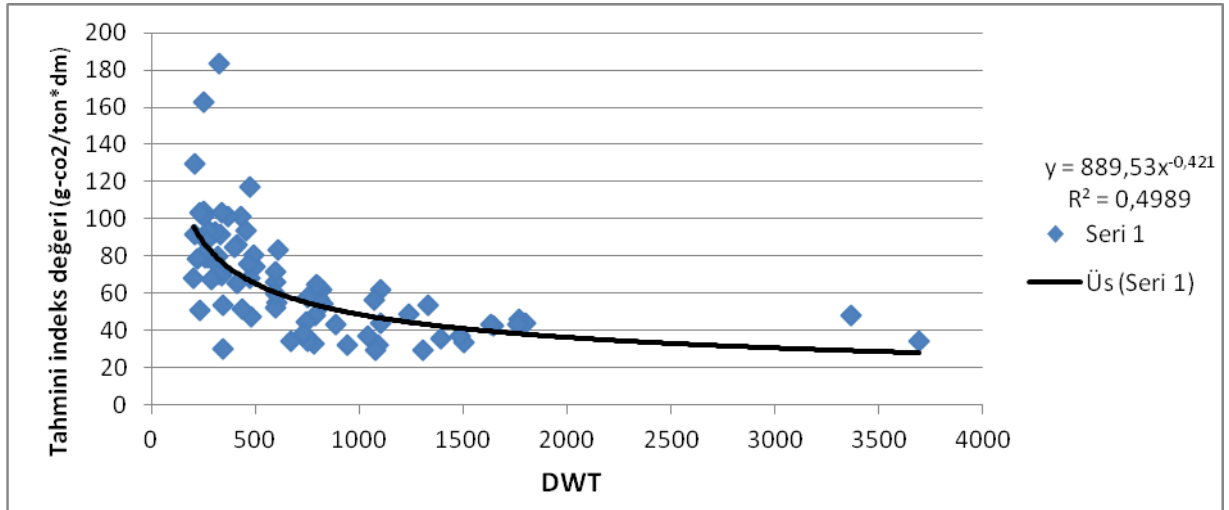
Petrol/Akaryakıt Tankerlerinde EEDI azaltımına ilişkin alınabilecek yenilikçi teknolojik önlemler arasında; yük taşıma kapasitesi daha yüksek dizayn seçeneklerinin kullanılması, sürtünme direncini azaltmaya ve sevk sistem verimini arttırmaya yönelik optimum gemi formlarının kullanılması, yakıt tüketim değerleri daha düşük ve daha verimli çalışan ana ve yardımcı makineler kullanılması, gelişmiş pervane ve dümen dizayn sistemlerinin kullanılması (örn: çapları büyük pervane sistemleri), hız kontrollü pompa ve fan sistemlerinin kullanılması, common rail dizel enjeksiyon sisteminin ve diğer makine ayarlama sistemlerinin kullanılması, alternatif enerji kaynaklarından olan rüzgar gücünden yararlanılması, yakıt tasarruflu boylerlerin kullanılması, hibrid jeneratör sistemlerinin kullanılması sayılabilir (IMO,2010).

Nozullu pervaneler kullanılması, gemi dizaynına ve makineye uygun büyük çaplı pervaneler kullanılması, gelişmiş, optimum mesafede pervane bıçak açıklıkları, pervane

dümen ve tekne arasında optimum mesafesi sağlayan dizaynların kullanılması, direnci azaltmaya yönelik uygun bulb dizaynlarının kullanılması, optimum L/B oranını ve yük taşıma kapasitesini sağlayan gemi dizaynlarının kullanılması gelişmiş tekne ve pervane dizayn sistemleri içinde uygulanabilir metotlar arasına gösterilebilir.

Bahsedilen bu teknolojik önlemlerin uygulamasıyla petrol/akaryakıt cinsi gemilerde %25'e kadar EEDI tasarrufu sağlanabileceği hesaplanmıştır (IMO,2010).

Uygulanabilecek teknolojik önlemler, mevcut petrol/akaryakıt tankerlerinin yük taşıma kapasiteleri ve konu üzerine yapılan çalışmalar dikkate alındığında Gerekli EEDI uygulanması yönelik 200 DWT alt limitinin petrol/akaryakıt tankerleri için uygun olduğu düşünülmektedir. Yeni inşa kapsamına girecek petrol/akaryakıt tankerleri için fikir vermesi açısından 200 DWT alt limiti ile 83 adet gemi Gerekli EEDI kapsamına alınmış olur. Bu da toplam 59,926 DWT değeri ile toplam petrol/akaryakıt tankerlerinin yük taşıma kapasitesinin %98 ini ve 62,375 kw değeri ile makine gücünün 92% sini oluşturmaktadır.



Şekil 58 : Petrol/Akaryakıt Tankeri için Referans Eğri Değerlerinin belirlenmesi

"Petrol/Akaryakıt Tankeri" cinsi gemiler için a ve c parametreleri değerleri sırasıyla 889,53 ve -0,421 olarak hesaplanmıştır. b değişkeni ise gemilerin DWT değerini göstermektedir. Bu durumda, yeni inşa edilen Petrol/Akaryakıt Tankeri cinsindeki bir gemi için Referans Eğri Değeri hesaplanmak istendiğinde Referans Eğri Değeri= $889,53 \times b^{-0,421}$ formülünün kullanılması gerekmektedir.

7.8. Gemilerde Enerji Verimliliği Hususunda Ulusal Mevzuatta Yapılabilecek Düzenlemeler ve Etkileri

Önceki bölümlerde de bahsedildiği üzere Türkiye'nin enerji temini konusunda dışa bağımlı olması ve enerjinin gerektiği gibi verimli kullanılamaması, uluslararası denizcilik kaynaklı sera gazı salınımlarının hızlı yükseliş trendinde olması, Türkiye'yi ekonomik ve çevresel açıdan zor durumu sokarken, AB ve BM'nin sera gazı salınımı ile ilgili hedef ve uygulamalarına ters düşmesi sebebiyle de siyasal yönden olumsuz etkileyen sonuçların doğmasına neden olmaktadır. Bahsedilen bütün bu olumsuzlukların bertaraf edilmesi ve AB ve BM müktesebatına uyum sağlaması açısından Türkiye'nin MARPOL EK VI'ya getirilen gemilerde enerji verimliliğine ilişkin değişiklikleri kabul etmesi önem arz etmektedir. Yeni getirilen bu kuralların Türk Bayraklı gemilerde uygulanmasına dair talimat yayımlanmasına rağmen EK VI'ya taraf olunan metinde enerji verimliliği kuralları yoktur ve bu değişikliklerin ayrıca kabul edilmesi gerekmektedir. Bu itibarla 26.2.2013 kabul tarihli ve 6438 sayılı; 1978 Protokolü İle Değişik 1973 Tarihli Denizlerin Gemiler Tarafından Kirletilmesinin Önlenmesine Ait Uluslararası Sözleşmeyi Değiştiren 1997 Protokolüne Katılmamızın Uygun Bulduğuna Dair Kanununun 2inci maddesi "*Protokolün teknik eklerine ilişkin değişiklikleri onaylamaya Bakanlar Kurulu yetkilidir*" uyarınca bahse konu (MEPC.203(62)) değişiklik için kabul kararı Bakanlar Kurulunca alınmalıdır. Böyle bir karar alınmasıyla MARPOL EK VI Bölüm IV hükümleri 400 GT ve üzeri Uluslararası sefer yapan Türk Bayraklı gemilere uygulanmış olur.

MARPOL EK VI Bölüm IV hükümlerinin 400 GT ve üzerinde uluslararası sefer yapan Türk Bayraklı gemilere uygulanmasıyla 2014 yılı Gemi Sicil Sistemi Verilerine göre

640 adet gemi kapsam içine alınmış olur, bu durum da toplamda 6.345.628 gros ton ve 3.521.747 BHP ana makine gücünü oluşturmaktadır.

İlgili IMO kararının daha etkin ve verimli bir şekilde Türk Bayraklı gemilerde uygulanabilmesi için Bakanlar Kurulu Kararına ek olarak teknik detayları içeren alt mevzuat metinlerinin de hazır olması gerekmektedir. IMO tarafından geliştirilen MEPC 212(63) (Yeni Gemiler için Ulaşılmış EEDI Hesaplama Metodu Kılavuzları), MEPC 213(63) (SEEMP Geliştirme Kılavuzları), MEPC 214(63) (EEDI Denetim ve Belgelendirmesine İlişkin Kılavuzlar) ve MEPC 215(63) (EEDI ile Kullanım için Referans Eğrileri Hesaplama Kılavuzları) kılavuzları, ilgili kuralların ne şekilde uygulanacağını ifade etmesi sebebiyle, bu kılavuzların uygulanmasına yönelik Talimatların hazırlanması oldukça faydalı olacaktır. Ayrıca, MEPC.1/Circ.684 sayılı ve "Gemi Enerji Verimliliği Operasyonel İndikatörü Gönüllü Kullanım Kılavuzları" başlıklı sirkülerin de sektör paydaşlarınca gönüllülük esaslı kullanılabilmesini hususu İdarece talimatlandırılmalıdır.

Bu bölümde de bahsedilen Türkiye'nin enerji temini konusunda yaşadığı sıkıntılar, enerjinin gerektiği gibi verimli kullanılamaması, ülkedeki sera gazı salınımlarının her geçen yıla oranla artış göstermesi ve yakıt fiyatlarındaki hızlı yükseliş gibi durumların yarattığı olumsuz etkilerin önüne geçilmesine yönelik uluslararası alanda alınabilecek önlemlerin yanı sıra ülkenin kendi iç mekanizmaları içinde gerekli düzenlemelerin yapılması da önemlidir. Bu kapsamda, enerji verimliliği ile ilgili kuralların ulusal sefer yapan gemilere de uygulanmasına yönelik ek çalışma yapılmalıdır. Bu gerekliliğin oluşmasına neden olan diğer bir önemli nokta ise 100 GT üstü kabotaj deniz taşımacılığı kaynaklı CO₂ salınımının 2014 yılı verilerine göre 2050 yılında yaklaşık %115 artış göstereceğinin hesaplanmasıdır.

Çalışmada yapılan analizler ve veriler dikkate alındığında ulusal sefer yapan gemiler için de ilgili MARPOL kurallarının uygulanması ülkemizdeki denizcilik kaynaklı sera gazı salınımındaki artışın engellenmesine katkı sağlamakla beraber enerji verimliliği hedeflerine ulaşmasına da yardımcı olacaktır. Bu katkıya yönelik olarak yapılacak mevzuat çalışmasının

ulusal sefer yapan hangi gemiler için ne kapsamda uygulanacağı, İdarece yayınlanacak yönetmelik derecesinde bir mevzuat çalışması ile belirlenmelidir.

Gemilerde enerji verimliliğine yönelik mevzuat düzenlemesi için oluşturulması tavsiye edilen Yönetmelik taslağının, bu tez çalışması EK-1'de mevcut başlık altında ve maddeleri içerecek şekilde hazırlanması gerektiği yazar tarafından gerekli görülmektedir. Oluşturulan bu mevzuat taslağını uyarlamasının, 17.02.2006 tarih ve 26083 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Mevzuat Hazırlama Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik" hükümlerine uygun olarak hazırlanmasına dikkat edilmiştir. "Ulusal Sefer Yapan Gemilere "Gemi Enerji Verimliliğine İlişkin MARPOL EK VI Bölüm IV Kuralları"nın Uygulanmasına İlişkin Yönetmelik Uyarlaması Taslağı" başlığı altındaki mevzuat çalışması toplam da 15 maddeden ve belge formatını gösteren bir ekten oluşmaktadır. Bahse konu yönetmelik uyarlaması taslağı bu tez çalışması EK-1'de ekiyle beraber mevcuttur.

Mevzuat uyarlaması taslağında kapsam olarak gezi tekneleri yönetmeliği kapsamına giren gemiler hariç ulusal sefer bölgesinde çalışan 100 GT ve üstü gemiler seçilmiştir. Her ne kadar kapsamın etki alanı maksimum düzeyde tutulmak istense de EEDI ile ilgili kriterlerin belirli büyüklükteki gemilerin altına uygulanması mümkün değildir. Önceki bölümlerde bahsedilen enerji verimliliğini artırıcı teknolojik önlemlerin 100 GT altı gemilere uygulanması günümüz teknolojisinde olası değildir. Optimum ve yüksek kapasiteli gemi formlarının kullanılması, gelişmiş ana, yardımcı makine ve pervane sistemlerinin kullanılması, karbon oranı düşük yakıtların kullanılması günümüz piyasasında çoğunlukla belirli bir büyüklüğün üstündeki gemilere uygulanmaktadır. Ayrıca EEDI azaltımında jeneratör ve diğer makine sistemlerinin verimliliğinin artırılması önem arz etmektedir. Bu sistemlerin de yapılan incelemelerde 100 GT altı gemilerde görülme sıklığı düşüktür. Yönetmelik taslağı ile getirilen ve mevcut ve yeni tüm gemilerde bulundurulacak olan SEEMP hazırlanması ile ilgili uygulama 100 GT ve üstü gemilere rahatlıkla uygulanabilir niteliktedir. Bu alt limit değeri EEDI'nın aksine daha altlara çekilebilir olsa da EEDI uygulaması ile paralellik sağlaması açısından bu limitin kullanılması gerekliliği uygun görülmektedir.

Kapsamın gezi tekneleri yönetmeliği kapsamına giren gemiler hariç ulusal sefer bölgesinde çalışan 100 GT ve üstü gemiler seçilmesiyle, 2014 yılı itibariyle kapsam içine giren gemilerle ilgili aşağıda mevcut Tablo 25'te belirtilen durum ortaya çıkmaktadır.

Tablo 25: Yönetmelik taslağı kapsamındaki gemilerin durumu ve enerji verimliliği gösterge verileri

Gemi cinsi	Adet	GT	M _p (kw)	J _p (kw)	MGEVG (g-CO ₂ /mil)	Yaklaşık yıllık CO ₂ salınımı (ton)	Yaklaşık yıllık yakıt tüketimi (ton)
ACENTE BOTU	2	230	1327	17	42138	796	248
AÇIK DENİZ FAALİYETLERİ DESTEK GEMİSİ	3	1045	4028	522	336867	4002	1248
AÇIK DENİZ RÖMORKÖRÜ	61	22199	182120	20568	11238476	194201	60574
ARABA FERİSİ	33	37555	47300	9996	2958323	147679	46063
ARABA TAŞIYICI GEMİ	6	2503	7886	1505	484065	18123	5653
ATIK ALIM TANKERİ	12	5814	7323	2019	572870	8507	2653
ATIK TOPLAMA GEMİSİ	13	2765	5094	1007	371880	5522	1722
ATIK TOPLAMA TANKERİ	1	224	283	114	24579	365	114
BALIK AVLAMA	366	77454	363170	61204	23554117	245218	76487
BALIK İŞLEME FABRİKASI	2	1571	738	974	97680	1040	324
BALIK NAKLİYE GEMİSİ	43	7756	31694	7004	1999181	22460	7006
BARÇ ŞEKLİNDE GEMİ	1	144	418	0	30495	494	154
BATIK ÇIKARMA GEMİSİ	2	316	1365	175	93236	923	288
BİLİMSEL ARAŞTIRMA/İNCELEME GEMİSİ	9	2882	11298	1485	710093	17894	5581

BORU DÖŞEME GEMİSİ	3	774	2349	1297	208384	2701	842
ÇAMUR GEMİSİ	33	15316	14774	1978	1116904	12063	3763
ÇEKİCİ ROMORKÖRLER	61	15438	112482	12209	6910823	99516	31041
ÇİMENTO TAŞIYICI GEMİ	1	1718	984	1140	114436	3347	1044
DALGIÇ GEMİSİ	2	322	1864	296	131252	758	236
DİNAMİK KONUMLANDIRMALI GEMİ	1	2569	1640	752	148429	1580	493
EĞİTİM GEMİSİ	3	1206	2383	554	164570	1422	444
FERİBOT (YOLCU+ARABA+KURU YÜK)	40	20782	50788	5637	3128034	63061	19670
GEMİ NİTELİĞİNDEKİ YÜZER KREYN	5	3568	2196	627	158817	2058	642
GEZİNTİ (TENEZZÜH) GEMİSİ	173	36044	117223	12592	7848044	103594	32313
HAFİF YOLCU FERİBOTU	4	10452	25560	2429	845006	53540	16700
HAFİF YOLCU GEMİSİ	3	1200	4416	384	212365	6498	2027
İTİCİ ROMORKÖRLER	5	712	5383	388	318685	5507	1718
KABLO DÖŞEME GEMİSİ	1	315	895	399	110286	953	297
KİMYASAL/PETROL TANKERİ	3	8964	6605	2188	458022	13397	4179
KURUYÜK / RO RO	2	1389	2834	634	194145	5032	1570
KURUYÜK GEMİSİ	102	100898	78251	19693	5495885	138496	43199

LİMAN RÖMORKÖRLERİ	27	4733	40792	3948	2476802	28533	8900
ÖZEL YAT	29	5817	55369	813	1252765	11652	3634
PETROL GAZI TANKERİ (LPG)	1	1679	1096	746	105912	2478	773
PETROL TANKERİ/ AKARYAKIT TANKERİ	89	36961	44384	20695	3702579	86640	27024
RO RO/ YOLCU	9	34584	33313	8272	1866252	75583	23575
RO RO/ YÜK GEMİSİ	4	2244	4049	721	245633	8622	2689
SERVİS MOTORU	18	2522	8982	2060	693947	7794	2431
SU TANKERİ	16	4013	5243	2390	400666	10157	3168
ŞEHİR HATLARI YOLCU	18	8161	22784	4708	1418963	27670	8631
TARAK GEMİSİ	3	23473	10671	1860	838491	9056	2825
TİCARİ YAT	239	40678	187634	14292	4755812	42165	13152
TREN FERİSİ	2	2466	3124	731	216028	2722	849
TREN FERİSİ / RO-RO	1	15195	11771	4320	910718	11468	3577
YOLCU / TREN FERİSİ	4	7369	11260	2044	742282	9353	2917
YOLCU GEMİSİ	48	21384	59153	8909	3787232	68170	21263
YOLCU GEMİSİ (KATAMARAN TİPİ)	2	977	3601	125	98382	5017	1565
YOLCU GEMİSİ / RO RO	7	8694	14203	3371	985022	45390	14158
YOLCU MOTORU	97	20297	91126	9548	5148584	100397	31315
YÜKSEK HIZLI HAFİF YOLCU FERİBOTU	5	26945	123519	5859	285028	174422	54405
YÜKSEK HIZLI HAFİF YOLCU GEMİSİ	33	14701	100068	6897	2834142	144541	45085

Bu kapsam dikkate alındığında adet, toplam GT, toplam makine gücü ve toplam MGEVG değerleri sırasıyla 1648, 667018, 2198909 kw ve 102843327 g-CO₂/mil olarak ortaya çıkmaktadır. Bu değerler gezi tekneleri yönetmeliği kapsamındaki gemiler hariç ulusal sefer bölgesinde çalışan tüm gemilerin adet olarak %6 sını, GT olarak %74 ünü, makine gücü olarak %49 unu ve MGEVG olarak %46 sını oluşturmaktadır. 100 GT sınırı ile kapsam olarak gemi adedi %6 değeri ile az olsa da GT, makine gücü ve MGEVG değerlerinin %50 sınırına yakın olmaları veya bu sınırı geçmeleri alt limit değerinin belirlenmesinde hedefe ulaşıldığının göstergesidir. Kapsam, alt limit değerinin düşürülmesiyle genişletilebilir olmasına rağmen daha önce bahsedildiği üzere gemiler küçüldükçe gerek teknolojik önlemlerin gerekse de operasyonel önlemlerin gemilere sağlıklı uygulanamayacak olması sebebiyle bu limit değerinin altına inilememektedir.

Yönetmelik taslağı ile mevcut gemilerin sadece SEEMP bulundurması zorunlu hale getirilirken yeni inşa veya büyük tadilata uğramış gemilerden SEEMP'nin yanı sıra gemi cinsine bağlı olarak ulaşılmış ve gerekli EEDI ile ilgili kuralların da yerine getirilmesi istenmektedir. Bu durum; yönetmelik taslağının mevcut gemiler üzerine katı kurallar getirmediğinin ve bu gemileri zorlamayacağına önemli bir göstergesidir. Aynı durum yönetmelik yürürlüğü girdikten sonra inşa edilecek gemiler için geçerli değildir. Yönetmelik ile yeni inşa edilecek bazı gemi cinsleri denetimlere tabi tutularak EEDI ile ilgili gereklilikleri sağlayıp sağlamadığının kontrolü yapılabilecektir. Yönetmelik uyarlaması taslağı bu tez çalışması EK-1'de mevcuttur ve getirilmesi önerilen bütün yenilikler buradan incelenebilir.

7.8.1 Yönetmelik Taslağı ile Öngörülen CO₂ Salınım Azalımı

Bu alt başlık altında, hazırlanan yönetmelik taslağının belirlenen tarihte yürürlüğe girdiği takdirde CO₂ salınımlarında yıllara bağlı olarak nasıl bir azalma sağlanabileceği incelenecektir.

Yönetmeliğin yürürlüğe girdiği tarih olarak kabul edilen 1 Ocak 2017 tarihinden itibaren SEEMP ile ilgili CO₂ salınım azaltma oranları uygulamaya girecektir. SEEMP ilişkili

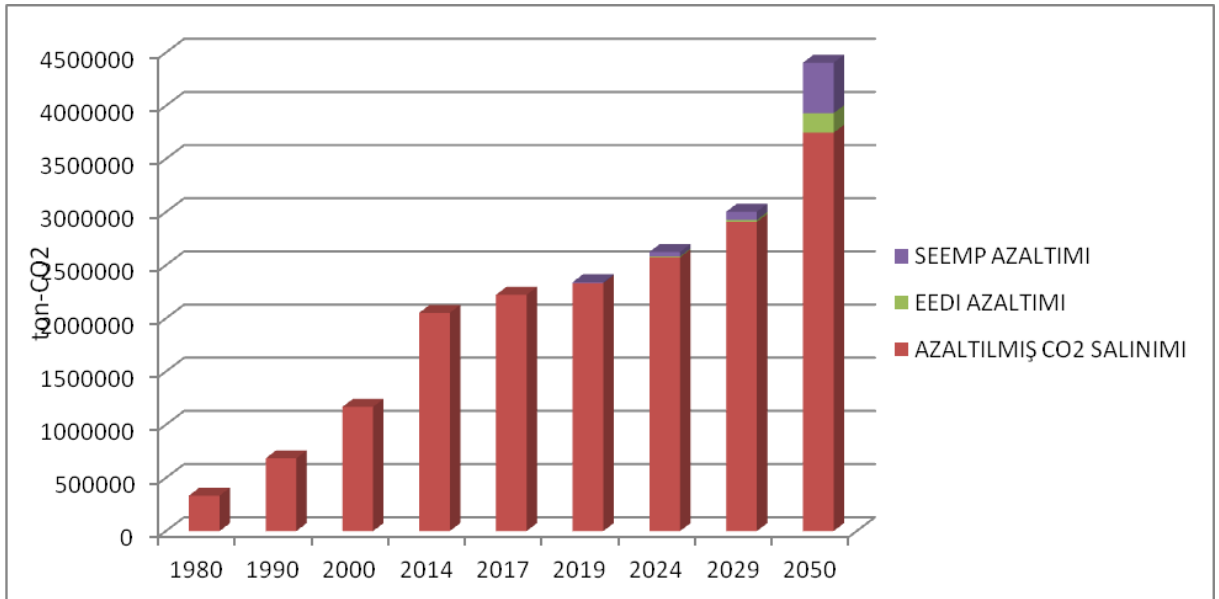
azaltma oranlarına göre 01.01.2017-31.12.2018 tarihleri arasında ilk geçiş süreci olması sebebiyle %5 azalma, uygulamaya aşinalık sağlanmasıyla ve teknolojik seçeneklerin uygulamaya girmesiyle kademeli olarak 01.01.2019-31.12.2028 tarihleri arasında %10 azalma ve 01.01.2029 sonrası %15 lik azalma oranının yürürlüğe girmesi planlanmaktadır. Bu azaltım oranları Bölüm 7.7.2'de belirtilen IMO tarafından öngörülen azaltım oranları çerçevesinde hazırlanmıştır. Bu azaltım oranları yönetmelik kapsamındaki tüm gemilere uygulanacaktır.

EEDI kuralları gereği gemilerde oluşması planlanan CO₂ salınım azalım oranları Bölüm 7.7.3'te de detaylı şekilde belirlenen ve açıklanan gemi cinsleri için uygulanacaktır. Belirlenen gemi cinsleri balık avlama gemileri, gezinti tenezzüh gemileri, şehir hatları yolcu gemileri, yolcu gemileri, yolcu motorları, hafif yolcu gemileri, yüksek hızlı hafif yolcu gemileri, ticari yatlar, özel yatlar, araba ferileri, feribotlar ve petrol/akaryakıt tankerleridir. Faz 0 olarak adlandırılan 01.01.2017-31.12.2018 tarihleri arasında azaltma faktörü %0, Faz 1 olarak adlandırılan 01.01.2019-31.12.2023 tarihleri arasında azaltma faktörü %5, Faz 2 olarak adlandırılan 01.01.2014-31.12.2028 tarihleri arasında azaltma faktörü %10 ve Faz 3 olarak adlandırılan 01.01.2029 ve sonrası için azaltma faktörü %20 olarak belirlenmiştir.

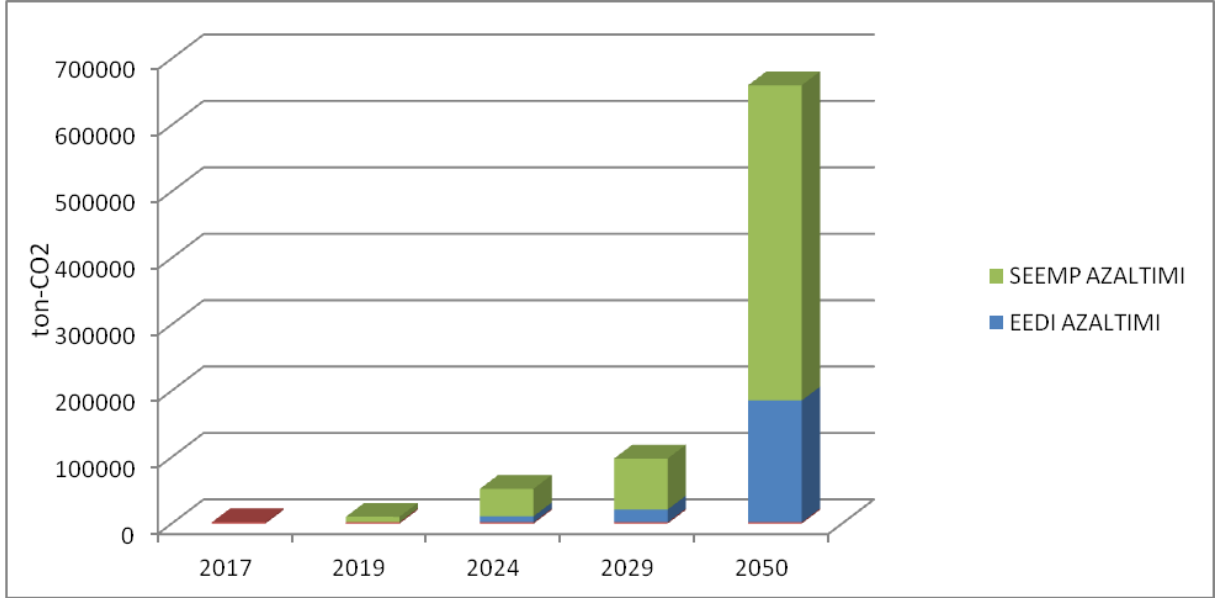
CO₂ salınımı azaltım miktarı bahsedilen Faz tarihleri dikkate alınarak 2050 yılına kadar yıllara göre belirlenecektir. 1980 yılından 2014 yılına kadar yıllara göre salınım miktarları gemi sicil ve bağlama kütüğü sisteminden elde edilen gemi verilerinin ayrıştırılması sonucunda yıllara göre hesaplanmıştır. 2014 yılından sonraki dönemler için 1980-2014 yılları arasında hesaplanan salınım değerlerinin artış eğilimi belirlenerek hesaplama yapılmaya çalışılmıştır. Gerçek duruma yaklaşma açısından 45 yaşın üstündeki gemiler 2014 yılından sonraki dönem için hurda olarak kabul edilmiş ve hesaplamalardan çıkarılmıştır.

CO₂ salınım miktarının belirlenmesinde önceki bölümlerde her gemi cinsi için belirlenen ve Tablo 25'te gösterilen MGEVG değerlerinden yararlanılmıştır. MGEVG bir geminin deniz mili başına salınımı yapılan CO₂ miktarını gram cinsinden göstermektedir. Bu

bağlamda, bir geminin sene içerisinde kaç deniz mili yaptığını belirleyip bu değeri MGEVG değeri ile çarparak geminin bir sene içerisinde ne kadar CO₂ salınımına neden olduğu belirlenebilir. Bu tez çalışmasında uygulanan yöntemde aynı şekildedir. Geminin sene içerisinde kat ettiği deniz milinin hesaplanmasında Türkiye şartlarında gemi cinslerine göre çalışma bölgelerinin ve operasyon koşullarının bilinmesinden, gemi sahip ve işletenlerinden alınan bilgilerden ve IMO'nun İkinci Sera Gazı Çalışmasında her gemi cinsi için belirlediği sene içerisinde çalışma günü ve makine üzerine binen yük verilerinden yararlanılmıştır. Yönetmelik taslağı kapsamındaki her gemi cinsi için 2014 yılı verilerine göre hesaplanan tahmini CO₂ salınım ve yakıt tüketimi miktarları Tablo 25'te gösterilmektedir. Bahse konu bu değerler; tecrübe, varsayım ve kabul görmüş çalışmalar sonucunda teorik olarak hesaplanmış değerlerdir ve gerçek durumu tam olarak yansıtmasa da yaklaşık olarak üzerine değerlendirme yapılabilir reel sonuç vermesi açısından önem taşımaktadır.



Şekil 59: 1980-2050 yılları arası yönetmelik taslağı kapsamındaki gemilerin azaltılmış CO₂ salınımı



Şekil 60 : 2017-2050 yılları arası SEEMP ve EEDI kaynaklı CO₂ azaltım miktarı

Şekil 59 ve 60'tan görüldüğü üzere SEEMP ile alakalı CO₂ salınım azaltımı yönetmeliğin yürürlüğe gireceği tarih olarak 01.01.2017 tarihinden itibaren etkisini göstermeye başlarken EEDI ile alakalı azaltma Faz 1'in başlangıç tarihi olan 01.01.2019 tarihinden itibaren kendisini göstermeye başlamıştır. SEEMP'in mevcut ve yeni gemilere uygulanacak ve EEDI'nın sadece yeni gemilere uygulanacak olması grafikten de açıkça görüldüğü gibi sonuçlara direk etki etmektedir. 2050 yılında SEEMP azaltımı tahmini olarak 474,821 ton-CO₂'yi bulurken EEDI azaltımı 183,334 ton-CO₂'ye ulaşacağı düşünülmektedir. Bu durum SEEMP etki alanının tüm gemi cinslerini kapsamından ve mevcut gemilere uygulanabiliyor olmasından kaynaklanmaktadır.

Yapılan hesaplamalara göre 2050 yılında yönetmelik taslağı kapsamındaki gemilerden kaynaklı sera gazı salınımı SEEMP ve EEDI azaltım etkileri dikkate alınmadığı takdirde 4,404,962 ton-CO₂'ye ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu durum 2014 yılı verilerine göre %115'lik artışa denk gelmektedir. EEDI ve SEEMP azaltım etkileri ile bu değer 3,746,807 ton-CO₂'ye düşürülebileceği hesaplanmıştır. EEDI ve SEEMP azaltım yüzdesi toplam salınım miktarının sırasıyla %4,16 ve %10,78'lik kapsamını oluşturmaktadır. Bu

yüzdelerin 2050 yılı sonrasında mevcut gemilerin çalışma ömürleri doldurarak yerlerini gelişmiş teknolojiler ile donatılmış enerji verimliliği yüksek yeni gemilere bırakması ile artış eğiliminde olacağı düşünülmektedir.

7.8.2 Yönetmelik Taslağının Maliyet Açısından Analizi

Üst başlıkta yönetmelik taslağı yürürlüğe girdiği takdirde oluşması muhtemel CO₂ salınım azalımı hakkında çalışma yapılmış ve öngörülerde bulunulmuştu. Bu alt başlıkta ise yönetmelik taslağı yürürlüğe girdiği takdirde ortaya çıkması muhtemel maliyet konusunda çalışma yapılacaktır.

Maliyet konusu SEEMP ve EEDI olarak ayrı ele alınmıştır. Daha önceki bölümlerde bahsedildiği üzere SEEMP uygulaması ile gemide gemiye özgü bir verimlilik planının bulundurulması zorunlu hale getirilmiştir. Bu plan ile gemi işleteni ve personelinin operasyonel anlamda değiştireceği bazı alışkanlıkları ve bakım tutum ve tadilat işlemleri ile enerji verimliliğinin artırılması planlanmıştır. SEEMP gereklilikleri sebebiyle yönetmelik taslağı kapsamındaki gemiler için oluşabilecek ek maliyetler arasında SEEMP hazırlanması ve tekne ve pervane temizliği sayılabilir. Operasyonel anlamda yavaş hızda seyir, trim ve draft optimizasyonu, verimli operasyon bilinçliliği ve sefer planlama, hava durumuna göre rota belirleme gibi seçenekler işleten firma çalışanlarının ve gemi personelinin ISM kapsamında bilinçlendirilmesi ve konu üzerine eğitimler verilmesi ile ekstra bir maliyete neden olmadan çözümlenebilir. Mevcut gemilerde enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik gemi üzerinde yapısal ve donanımsal değişiklikler yapılması; yaşlı gemilere sahip olunması, gemi formları ile yeni nesil makineler arasındaki uyumsuzluk riski oluşu, gemilerin kötü kondisyonları ve gemilerin değeri dikkate alındığında mali açıdan büyük yükümlülükler getirecek olması yüzünden uygun görülmemektedir. Gemi formu, verimli ana ve yardımcı makinelerin kullanılması gibi önlemler yeni gemilere uygulanacak olan EEDI kapsamı içinde mali yönden incelenecektir. SEEMP ile ilgili azaltım miktarların belirlenmesinde de bu durum göz önünde bulundurulmuştur.

Yönetmelik taslağı kapsamındaki gemilere SEEMP hazırlanması maliyeti günümüz piyasasında 500-3,000 TL arasında değişiklikler göstermektedir. Su altı tekne ve pervane temizliği maliyetleri sırasıyla 1,000-8,000 TL arasında değişmektedir. Bu işlem tersane ve çekek yerlerinde karada yapıldığında ise maliyet 12,000-40,000 TL arasında değişkenlik göstermektedir.

EEDI ile alakalı maliyet analizlerinin incelenmesinde 8 Nisan 2011 tarihli MEPC'nin 62/INF7. oturumunda uygulanan yöntem kullanılmıştır. Bu yönteme göre İngilizcesi "Marginal Abatement Cost" olan Türkçe çevirisi "Marjinal Azaltma Maliyeti" olarak yapılabilecek maliyet miktarı "Maksimum Azaltma Potansiyeli" olarak adlandırılan CO₂ azalım miktarına göre hesaplanmaktadır. Yıllara göre yaklaşık azalma miktarları bir önceki bölümde hesaplanmıştı. "Maksimum Azaltma Maliyeti" ise aşağıda belirtilen formül ile hesaplanmaktadır;

$$MAM = \frac{K_j + S_j - E_j + \sum O_j}{\alpha_j \times CF \times F} \quad (\text{USD/ton-CO}_2)$$

Burada; K_j: uygulanan teknolojinin toplam maliyetini, S_j: teknoloji kullanımının hizmet ve operasyon maliyetini, E_j: teknolojinin kullanılmasından kaynaklanan yakıt tasarruf kazancını, O_j: teknolojinin kullanılmasında kaynaklanan fırsat kayıplarının maliyetini, F: yakıt tüketim miktarını, CF: kullanılan yakıtın karbon faktörünü (3,206), α_j: teknolojinin yakıt tüketimi azaltım oranını göstermektedir ve gemilere cinslerine özgü değerleri Bölüm 7.7.3'te mevcuttur. Ayrıca E_j: α_j x F x P formülüyle hesaplanmaktadır. Burada P: yakıt fiyatını göstermektedir. O_j maliyet analizinin yeni inşa gemiler için yapılacak olması sebebiyle yapılan hesaplamalarda dikkate alınmamıştır.

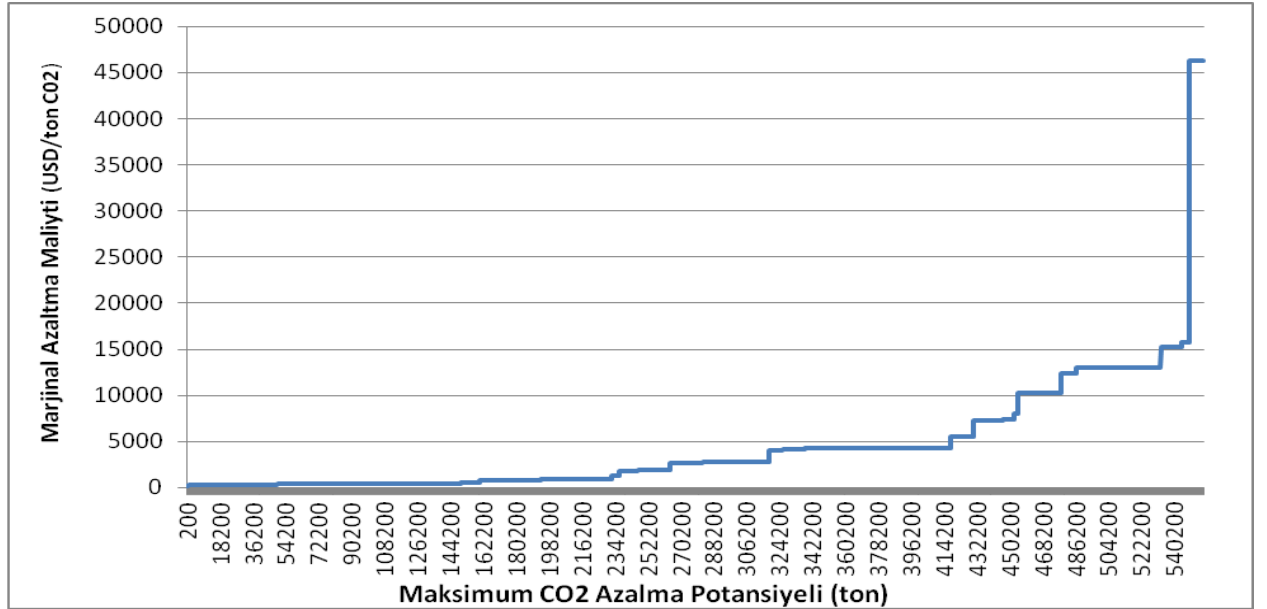
Kabotaj hattında çalışan gemilere ÖTV'siz yakıt imkanı sağlanmaktadır. Bu durum dikkate alınarak ve yakıt fiyatlarının geçmiş yıllara nazaran yükseliş miktarının benzer şekilde olacağı varsayımı yapılarak 2050 yılında 2,3 USD olacağı varsayımı kabul edilmiştir.

Gemilere EEDI azaltımına yönelik uygulanabilecek teknolojik seçeneklerden ayrıntılı şekilde bahsedilmiştir. "K_j" ile belirtilen bu teknolojilerin yaratacağı yaklaşık ekstra maliyet IMO'nun konu üzerine yaptığı çalışmalardan ve Türkiye'deki mevcut üreticilerle yapılan bilgi alışverişi sonrası Tablo 26'da gösterildiği gibi oluşturulmuştur. Bu tabloda ayrıca gemi cinslerine göre EEDI azaltma faktörlerinin uygulamaya gireceği 2019 yılı ile 2050 yılı arasında oluşması beklenen yaklaşık gemi adedi, yakıt tüketimi ve CO₂ salınımı miktarları da mevcuttur. Bu değerler bir üst başlıkta anlatılan gelecek yıllarda oluşması beklenen yaklaşık CO₂ miktarı salınımının hesaplanmasında kullanılan yöntemle benzer yöntemler kullanılarak oluşturulmuştur.

Tablo 26: Gemi cinslerine göre EEDI azaltımı teknik önlemleri maliyetleri ve 2019-2050 yılları arası gemi adedi, yakıt tüketim ve CO₂ salınımı değerleri

Gemi Cinsi	Teknik Önlemler	Gemi Başına Ek Maliyet (USD)	2019-2050 arası Yaklaşık Yeni İnşa Adedi	2019-2050 arası Yaklaşık CO₂ Salınımı ve Yakıt Tüketimi (ton)
Balık Avlama	- Alternatif Yakıt Sistemi - Optimum Sevk Sistemi - Gelişmiş Ana Makine - Optimum Gemi Formu	- 1,000,000 - 50,000 - 80,000 - 1,000,000	100	CO ₂ - 202877 Yakıt- 63280
Yolcu Gemileri	- Hafif Malzemededen İnşa - Optimum Sevk Sistemi - Gelişmiş Ana Makine - Optimum Gemi Formu	- 1,350,000 - 60,000 - 80,000 - 750,000	450	CO ₂ - 664543 Yakıt- 207277
Yatlar	- Alternatif Yakıt Sistemi - Optimum Sevk Sistemi - Gelişmiş Ana Makine - Optimum Gemi Formu	- 1,500,000 - 70,000 - 150,000 - 1,000,000	240	CO ₂ - 194579 Yakıt- 60692

Araba Ferisi	- Hafif Malzemeden İnşa - Optimum Sevk Sistemi - Gelişmiş Ana Makine - Optimum Gemi Formu - Common Rail	- 2,000,000 - 2,000,000 - 1,500,000 - 5,000,000 - 5,000	23	CO ₂ - 88452 Yakıt- 27590
Feribot (Yolcu+Araba +Kuruyük)	- Hafif Malzemeden İnşa - Optimum Sevk Sistemi - Gelişmiş Ana Makine - Optimum Gemi Formu - Common Rail	- 2,000,000 - 2,000,000 - 1,500,000 - 5,000,000 - 5,000	34	CO ₂ - 61786 Yakıt- 19272
Petrol/Akaryakıt Tankeri	- Optimum Sevk Sistemi - Gelişmiş Ana Makine - Optimum Gemi Formu - Common Rail - Hız Kontrollü Pompa - Rüzgar Gücü	- 70,000 - 100,000 - 750,000 - 5,000 - 19,000 - 500,000	40	CO ₂ - 61865 Yakıt- 19279



Şekil 61: Yönetmelik kapsamındaki yeni inşa gemiler için 2050 yılında "Marjinal Azaltma Maliyeti Eğrisi"

EEDI azaltım oranlarının yürürlüğe gireceği 2019 yılından itibaren 2050 yılına kadar MAM değerleri hesaplanarak salınımı gerçekleşen CO₂ miktarına göre grafik oluşturulmuştur. Genel literatürde CO₂ salınımının maliyet analizlerinde kullanılan bu grafik türü "Marjinal Azaltma Maliyeti Eğrisi" olarak adlandırılmaktadır ve Şekil 61'de gösterilmektedir. Bu şekilde MAM'ların 130 ile 46,000 USD arasında değiştiği ve büyük bölümünün 5,000 USD'den az olduğu açıkça görülmektedir. Bu durum yönetmelik taslağı kapsamında EEDI uygulanması öngörülen gemilerde bir ton CO₂ azaltımı sağlamak için Tablo 26'da belirtilen yöntemler kullanılarak 130 ile 46,000 USD arasında bir maliyetle toplamda 540,200 ton CO₂ salınım azaltımı sağlanabileceği anlamı taşımaktadır. CO₂ azaltım değerinin yönetmelik taslağı ile elde edilebilecek değerden yüksek çıkmasında teknolojik yöntemlerin tam ve kusursuz olarak uygulandığı varsayımının kabulü etkili olmuştur. Tüm teknolojik önlemlerle ilgili maliyet analizinin yapılamaması piyasadaki fiyatlandırmalarla ilgili sağlıklı bilginin toplanamamasından kaynaklanmaktadır. Bu durumun önüne teknolojik önlemlere göre değerlerin güncellenmesiyle geçilebilir. Unutulmamalıdır ki ortaya çıkan bu değerler tam ve kesin değerler değildirler, sadece fikir vermesi açısından elde edilebilecek yaklaşık değerleri yansıtmaktadırlar.

VIII. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez çalışmasında da sıklıkla bahsedildiği gibi enerji verimliliğini arttırmakla genel anlamda sera gazı salınımının azaltılması, enerji kaynaklarının en etkin şekilde kullanılması ve enerji kaynaklı maliyetlerin düşürülmesi hedeflerine ulaşılmak istenmektedir. Bahse konu bu üç durum içinde dünya genelinde yaşanan sıkıntılar ve etkileri ciddi boyutlara ulaşmaktadır.

Sera gazıyla ilgili en dikkat çekici istatistiklerden biri deniz taşımacılığı kaynaklı sera gazı salınımının günümüzde toplam sera gazı salınımının %3'ünü oluştururken hiç bir önlem alınmazsa bu oranın 2050 yılında %18 gibi yüksek bir rakama ulaşacak olması gerçeğidir.

Dünya genelini etkileyen bu istatistiki veriler ışığında dünya devletleri tehlikenin farkına vararak sera gazı emisyonlarının azaltımına ve iklim değişikliğinin önlenmesine dair Birleşmiş Milletler çatısı altında uluslararası kurallar ve aşamalı hedefler koydular. Bu kural ve hedefleri denizcilik sektöründe belirlemek ve yürütmesini sağlamakla sorumlu kuruluş olan IMO da üzerine düşen bu görevi yerini getirmek adına birçok yeni kural ve sözleşme oluşturarak yürürlüğe koymaktadır. Bunların başında MARPOL sözleşmesine 1997 protokolleri ile getirilen gemilerden kaynaklı hava kirliliğinin önlenmesi ile ilgili EK VI kuralları 19.05.2005 yılında yürürlüğe koyulmuştur. Bu tarihten günümüze getirilen birçok değişiklik ile güncellenen sözleşme, en son bu tez çalışmasının da konularından biri olan gemilerde enerji verimliliğinin arttırılmasına yönelik Bölüm IV kurallarının 15.07.2011 tarihinde kabul edilerek 01.01.2013 tarihinde yürürlüğe koyulmasıyla güncellenmiştir.

Bu tez çalışmasının esas konusu bakım ve çevresel faktörlerin gemi enerji verimliliği üzerindeki etkilerinin gerçek operasyonel verilerin kullanılmasıyla araştırılmasıdır. Bu kapsamda konteyner taşımacılığı yapan bir şirkete ait dört gemi için gerçek operasyon verileri

gemi günlük raporu formatında toplanılarak hız, ana makina yakıt tüketimi ve EEOI değerlerinin bakım ve çevresel faktörlerden etkilenecek süreç içerisinde nasıl değişimler gösterdiğinin analizi yapılmıştır.

Bölüm 6.4'te yapılan ilk analizlerde, EEOI değerindeki değişim aynı deniz şartlarında, gemide tekne ve pervane temizliği yapılmadan önceki dönem için süreç içerisinde ve değişik hızlarda iken incelenmiştir. Tahmin edildiği gibi görüldü ki, EEOI değeri süreç içerisinde oluşan tekne ve pervane kirliliğinin artmasıyla artış göstermektedir. Ayrıca, geminin zaman geçtikçe aynı hız değerinde sefer yapabilmesi için daha fazla güç harcaması diğer bir deyişle daha fazla yakıt harcaması gerektiği görülmüştür.

Tekne ve pervane temizliğinin yakıt tüketimi ve EEOI üzerinde etkileri ise Bölüm 6.5'te incelenmiştir. Sadece pervane, sadece tekne ve havuzda gerçekleştirilen tekne ve pervane temizliğinin EEOI ve ana makina yakıt tüketimi üzerinde etkileriyle ilgili veriler elde edilmiştir. Bu verilerden; gemi üzerinde hangi tip temizlik yapılırsa yapılsın temizlik bakımı gemi verimliliği üzerinde pozitif etkilere sahip olduğu anlaşılmıştır. Özellikle, bir arada ve aynı anda yapılan tekne ve pervane bakımının EEOI değerinin azalımı açısından en efektif temizlik bakımı olduğu sonucuna varılmıştır. Maliyetle ilgili gelir-gider açısından incelendiğinde ise net kazancın her koşulda temizlik yapıldığı durumda elde edildiği tespit edilmiştir.

Bölüm 6.7'de ise gemi hızına bağlı olarak çevresel koşulların yakıt tüketimi üzerinde etkilerinin incelenmesi gerçekleştirilmiştir. Bu bölümde, deniz kuvveti arttıkça EEOI değerinin arttığı ve baş taraftan alınan dalga ve rüzgarın arka taraftan alınan dalga ve rüzgara kıyasla EEOI değerinde artışa neden olduğu tespitleri yapılmıştır.

Genel olarak, gemilere ait günlük rapor verilerinin analizi sonucunda ortaya çıkan ve önemli olduğu düşünülen sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- A1 ve A2 kardeş gemilerinin iki yıllık verilerinin analizinde, A1 gemisinin 12,41 knot hız ortalaması ve yaklaşık 0,000000010734 ton/mil*DWT ana makine yakıt tüketim değeri ile A2 gemisine göre az farkla da olsa daha verimli çalıştığı görülmüştür.
- A3 ve A4 kardeş gemilerinin iki yıllık verilerinin analizinde, A3 gemisinin 13,27 knot hız ortalaması ve yaklaşık 0,000000022641 ton/mil*DWT ana makine yakıt tüketim değeri ile A4 gemisine göre daha verimli çalıştığı görülmüştür.
- Tüm gemiler içerisinde A1 gemisinin verimliliği en yüksek gemi olduğu ve A4 gemisinin 12,54 knot hız ortalaması ve 0,000000022127 ton/mil*DWT ana makine yakıt tüketim değeri ile en düşük verime sahip gemi olduğu görülmüştür.
- Gemilerin aynı günler içerisinde hızı 11 knot'tan 15 knot'a çıktığında EEOI değerleri yaklaşık %24-28 arasında artış olduğu tespit edilmiştir. Bu EEOI artışının 13-15 knot arasındaki kısmının 11-13 knot arasındaki kısımdan bütün zaman dilimleri için ortalama %1 fazla olduğu görülmüştür. Bu durum daha yüksek hızlarda, EEOI artış hızının da daha yüksek olduğunun göstergesidir. Bu nedenle şirketler gemilerinde enerji verimliliğini arttırmak için gemi hızlarını azaltma yolunu tercih etmelidir.
- Aynı hız değerleri için EEOI değerleri 300 günlük süreçte %11,53-%14,61 arasında artış göstermiştir. A2 gemisi 15 knot hız için %14,61 artış değeri ile en yüksek yüzdeye sahip iken A4 gemisi 11 knot hız için %11,53 ile en düşük yüzdeye sahiptir.
- Taşınan yük miktarının benzer seçilmesi ve hızlar belli olduğu için kat edilen mesafelerin de benzer olması sebebiyle EEOI farklılığını oluşturan temel nedenin tekne ve pervane kirliliğinin oluşması sonucu ortaya çıkan yakıt tüketimindeki artış olduğu anlaşılmaktadır.
- İncelemesi yapılan 4 geminin 250 gün içinde deniz durumu 3,4 ve 5'i kapsayacak şekilde tekne ve pervaneden oluşan kirlilik sebebiyle hız azalışlarının ortalama 1.37 knot olduğu görülmüştür. EEOI artışına benzer şekilde A2 gemisinde 1,53 knot ile en yüksek hız azalışı gerçekleşirken, A4 gemisinde 1,21 knot ile en düşük hız azalışı gerçekleşmiştir.

- Sadece sualtı pervane temizliği işlemi ile EEOI değerinde %2,73'e kadar, sadece sualtı tekne temizliği ile %3,58'e kadar, sualtı tekne ve pervane temizliği ile %6,48'e kadar, havuzda gerçekleştirilen bakım işlemleri ile de %10'a kadar düşüş sağlandığı tespit edilmiştir. Ulaşılan bu sonuçlarla tekne ve pervane temizliği ile gemi performansı arasındaki ilişki açıkça ortaya çıkmaktadır ve şirketlerin gemilerinde sualtı tekne ve pervane temizliği uygulaması yapmaları gerekliliği gösterilmiştir.
- Kirliliğin tekne ve pervane yüzeyinin temizlenmesinden sonra 300-350 gün arasında maksimum noktaya yaklaştığı görülmüştür.
- Tekne ve pervane temizliğinin aynı anda tek seferde gerçekleştirildiği temizlik bakımları sadece pervane veya sadece tekne temizliği bakımlarına kıyasla daha çok kazanç getirdiği görülmüştür.
- Kombine olarak yapılan temizlik işlemleri ile A1 gemisi için 550 günde 196.126 \$ ve A2 gemisi için 296 günde 108.790 \$ net kar elde edildiği hesaplanmıştır.
- Gemi arkasında gelen rüzgar ve dalga etkisinin gemiye ekstra itme kuvveti sağlaması sebebiyle daha az yakıt tüketimine neden olduğu görülmüştür. Baş taraftan gelen etkilerin ise ekstra direnç oluşturması sebebiyle ana makina yakıt tüketimini arttırdığı saptanmıştır. Deniz durumu 3'te gemi aynı operasyon seferinde iken deniz durumunun yönü sebebiyle her deniz mili başına ana makina yakıt tüketiminin %2,37-%6,31 arasında farklılık gösterdiği tespit edilmiştir.
- Deniz durumunun yönü sebebiyle oluşan farkın gemi hızına da bağlı olduğu görülmüştür. Baş ve arka deniz yönleri arasında her deniz mili başına ana makina yakıt tüketimi farkı gemi hızı arttıkça artış göstermiştir.
- Tonaj olarak daha büyük olan A1 ve A2 gemileri üzerinde olan deniz durumunun yönü etkisinin A3 ve A4 gemileri üzerindeki etkiden daha büyük olduğu açıkça görülmektedir. Bu durum dalga ve rüzgara maruz kalan yüzey alanının büyümesiyle etkinin de arttığının göstergesidir.

- Her deniz mili başına tüketilen ana makina yakıt miktarının rüzgar ve dalga kuvvetlerinin büyüklükleri arttıkça yükseliş gösterdiği görülmüştür. Aynı gemi hızında çevresel koşullar deniz durumu 3'ten ve deniz durumu 5'e değiştiğinde her deniz mili başına tüketilen yakıt miktarında %3,85-%14,74 arasında artış olduğu tespit edilmiştir.
- Deniz durumu etkisinin gemi hız artışıyla birlikte azalma gösterdiği görülmüştür. Deniz durumu kuvveti daha düşük hızlarda yüksek hızlara oranla ana makina yakıt tüketimini daha çok etkilemiştir. Gemilerin hızları 15 knot'a yaklaştığında deniz durumu 3 ve deniz durumu 5 arasındaki fark kapanmıştır.
- Deniz durumu etki yönünde elde edilen sonuca benzer olarak, gemi boyutları arttıkça rüzgar ve dalganın da etkilerinin arttığı görülmüştür. Tonaj olarak daha büyük olan A1 ve A2 gemileri üzerinde olan etkinin A3 ve A4 gemileri üzerindeki etkiden daha büyük olduğu bu grafikler ile bir kez daha doğrulanmıştır.
- Deniz mili başına tüketilen ana makina yakıt miktarı açısından dalga ve rüzgar kuvveti etkisinin dalga ve rüzgar yönü etkisine göre gemileri daha çok etkilediği gözlemlenmiştir.
- Deniz durumu kuvveti ve etki yönünden elde edilen veriler ışığında şirketlerin deniz ve hava durumuna göre rota belirleme yöntemi ile filolarındaki gemilerin yakıt tüketim değerlerini azaltabilecekleri gösterilmiştir.

Bu tez çalışması Bölüm 7.8'de ise, konu başlıkları arasında da olan Türk Bayraklı gemilerde enerji verimliliğinin artırılması ve uygulanmasına yönelik nasıl bir mevzuat çalışması yapılması gerektiğinden bahsedilmiştir. Mevzuat çalışması yapılması gerekliliği, Türkiye'deki mevcut enerji durumu ve sera gazı salınımı hakkında istatistiki bilgiler verilerek detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Aşağıda sıralanan nedenlerden ötürü bu tip bir mevzuat çalışmasına ihtiyaç vardır;

- Türkiye'nin enerji konusunda dışa bağımlı bir ülke olması ve gelişmekte olan bir ülke olarak enerji ihtiyacından dolayı bu dışa bağımlılığın her yıl artış göstermesi,

- Gemi yakıtı olarak kullanılan akaryakıt fiyatlarının çok hızlı artışı ve bu durumun deniz ticaretini olumsuz etkileme endişesi, 2003-2012 yılları arasında benzin fiyatının %105, mazot fiyatının %180 artış göstermesi,
- AB'nin 20-20-20 hedefleri çerçevesinde; enerji verimliliğinin artırılmasına, özellikle de fosil yakıtların kullanımının %20 oranında azaltılmasına ve sera gazı salınımı 1990 seviyelerine göre en az %20 oranında azaltılmasına yönelik yaptığı mevzuat çalışmalarına uyum sağlanması,
- Gemi ana makine güçlerinin yüksek olması göz önünde bulundurulduğunda fosil yakıtlara olan bağımlılığının azaltılmasında önemli rol oynayacak olması,
- 2050 yılında yönetmelik taslağı kapsamındaki gemilerden kaynaklı sera gazı salınımının SEEMP ve EEDI azaltım etkileri dikkate alınmadığı takdirde 4,404,962 ton-CO₂'ye ulaşacağı hesaplanmıştır. Bu durum 2014 yılı verilerine göre %115'lik artışa denk gelmektedir,
- Türkiye'de uluslararası deniz taşımacılığı kaynaklı toplam sera gazı salınım miktarının 2010 yılında 1 MT bile değilken 2011 yılında 6 MT civarına ulaşması,
- Sera gazı salınım artış hızının diğer taşımacılık alt sektörlerine kıyasla çok hızlı artış göstermesi,
- Türkiye'de sera gazı salınımının azaltılması ve enerji verimliliğinin artırılması konularında birçok mevzuat çalışması yapıldığı göz önünde bulundurulduğunda denizcilik sektörünü de kapsayacak bir çalışmanın yapılması gerekliliği,
- Türkiye'nin MARPOL EK VI ya taraf olmayı kabul etmesi sebebiyle, EK VI da yapılan değişiklikleri takip ederek kabul etmesi gerekliliği.

Yukarıda listelenen nedenler dikkate alındığında Türkiye kendi bayrağını taşıyan gemilerde uygulanması gereken enerji verimliliği ile ilgili kuralları belirlemeli ve uygulamaya koymalıdır. Bu kapsamda, MARPOL kurallarına tabi Türk bayraklı gemilerde yapılması gereken, EK VI ya taraf olmayı kabul eden Türkiye'nin MEPC.203(62) sayılı kararı Bakanlar

Kurulu tarafından kabul ederek "Gemilerde Enerji Verimliliği ilişkin Kurallar" başlığı altında Bölüm IV ü de resmi olarak yürürlüğe koymasındır.

Mevzuat çalışması ulusal sefer bölgesinde çalışan gemilerde gerekli alt yapı oluşturulduktan sonra yönetmelik düzeyinde ele alınmalıdır. Bahse konu yönetmelik, bu tez çalışması EK 1'de mevcut yönetmelik uyarlaması taslağı hükümlerini kapsayacak şekilde ve "Ulusal Sefer Yapan Gemilere Gemi Enerji Verimliliğine İlişkin MARPOL EK VI Bölüm IV Kurallarının Uygulanmasına İlişkin Yönetmelik" başlığı altında kabul edilerek yürürlüğe koyulmalıdır.

Gemilere uygulanabilirlik dikkate alındığında kapsamın gezi tekneleri yönetmeliğı kapsamına giren gemiler hariç 100 gros tonilato ve üstü ulusal sefer bölgesinde seyir yapan Türk Bayraklı tüm gemiler seçilmesiyle maksimum etki kapsam alanının sağlandığı görülmüştür. Bu kapsam dikkate alındığında adet, toplam GT, toplam makine gücü ve toplam MGEVG değerleri sırasıyla 1648, 667018, 2198909 kw ve 102843327 g-CO₂/mil olarak ortaya çıkmaktadır. Bu değerler gezi tekneleri yönetmeliğı kapsamındaki gemiler hariç ulusal sefer bölgesinde çalışan tüm gemilerin adet olarak %6 sını, GT olarak %74 ünü, makine gücü olarak %49 unu ve MGEVG olarak %46 sını oluşturduğu görülmüştür.

Yönetmeliğın yürürlüğe konulması ile 2050 yılında EEDI ve SEEMP azaltım etkileri sonucunda 4,404,962 ton-CO₂ salınım değerinin 3,746,807 ton-CO₂'ye düşürülebileceğı hesaplanmıştır. EEDI ve SEEMP azaltım yüzdesi toplam salınım miktarının sırasıyla %4,16 ve %10,78'lik kapsamını oluşturduğu görülmüştür. Bu da SEEMP azaltımının yaklaşık olarak 474,821 ton-CO₂ ve EEDI azaltımının 183,334 ton-CO₂ olacağı anlamına gelmektedir.

Maliyet açısından bakıldığında ise MAM değerlerinin 130 ile 46,000 USD arasında değıştiğı ve büyük bölümünün 5,000 USD'den az olduğı görülmüştür. Bu durum yönetmelik taslağı kapsamında EEDI uygulanması öngörülen gemilerde bir ton CO₂ azaltımı sağlamak için 130 ile 46,000 USD arasında bir maliyetle toplamda 540,200 ton CO₂ salınım azaltımı sağlanabileceğı anlamı taşımaktadır.

Üç tarafı denizlerle çevrili olan Türkiye'nin çok sayıda limanı bulunmakta ve bu limanlar bir çok yabancı bayraklı gemiye de hizmet vermektedir. Bu sebeple, yabancı gemilerden kaynaklı yüksek miktarda sera gazı salınımı gerçekleştiği de yadsınamaz bir gerçektir. Bahse konu düzenlemelerin yapılmasıyla Türkiye Limanlarına gelen yabancı bayraklı gemilerde MARPOL EK VI Bölüm IV kapsamında liman devleti kontrolüne tabi olacağından ilgili kurallara uymak zorunda kalacaklardır. Bu yolla ülkeye gelen yabancı gemilerde de bu konuda bir standardizasyon sağlanmış olacaktır.

Yeni gemi tanımında geçen gemi inşa, inşa kontrat ve teslim tarihleri belirlenirken, bu Yönetmeliğin 2015 yılında kabul edileceği ve 2017 yılında yürürlüğe gireceği varsayımı dikkate alınmıştır. Yaklaşık iki yıllık sürecin oluşturulmasında, Bölüm IV ün 2011 yılında kabul edilip 2013 tarihinde yürürlüğe girmesi baz alınmıştır. Benzer şekilde, gemi inşa, inşa kontrat, teslim ve yürürlük tarihleri de Bölüm IV teki süreçler baz alınarak oluşturulmuştur.

Enerji verimliliğine ilişkin yukarıda bahsedilen mevzuatsal düzenlemelerin yapılmasıyla Türkiye'de orta ve uzun vadede gemi kaynaklı sera gazı salınımında önemli miktarda azalmanın gerçekleşeceği aşıkardır. Bu düzenlemeler ile ayrıca; enerji ve akaryakıt temini konusunda dışa bağımlı olan Türkiye'de yakıt tüketimi açısından da tasarruf sağlanacağı ve AB müktesebatına uyum sağlanması yolunda önemli bir adım atılmış olacağı ortadadır.

KAYNAKLAR

- BLENDERMANN, W., (1990): Manoeuvring Technical Manual, Hamburg, Germany.
- European Commission, (2011): Energy Efficiency Plan 2011, Brüksel, s.2.
- FALTINSEN, O. M. ve MINSAAAS, K.J., (2011): Added Resistance In Waves.
- FERNANDEZ, L., (2013) "Gemi Kaynaklı Emisyonların Azaltılmasına İlişkin Çevre Stratejisinin Hazırlanması", Sunum, Ankara, s. 12, 13, 14.
- HADDARA, M. R. ve SOARES, G.C., (1999): Wind Loads On Marine Structures, s.199.
- International Maritime Organization [IMO], (2009a): Prevention of Air Pollution from Ship, Second IMO GHG Study 2009, s.3.
- International Maritime Organization [IMO], (2009b): Amendments to the Annex of the Protocol of 1997 to Amend MARPOL 73/78, Resolution MEPC 203(62), s.11, 12.
- International Maritime Organization [IMO], (2009c): Guidelines for Voluntary Use of the Ship Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI), MEPC.1/Circ.684, s.5, 8, 9, 10.
- International Maritime Organization [IMO], (2010): Reduction of GHG emissions from ships, MEPC 61/INF.18.
- International Maritime Organization [IMO], (2011): Estimated CO₂ emissions reduction from introduction of mandatory technical and operational energy efficiency measures for ships, MEPC 63/INF.2.
- JOURNEE, J.M.J. ve MIEJERS, J.H.C., (1980): Ship Routeing for Optimum Performance.
- KWON, Y. J., (2008): Speed Loss Due To Added Resistance in Wind And Waves, The Naval Architect, s.14.
- Makina Mühendisleri Odası [MMO], (2012a): Dünya'da ve Türkiye'de Enerji Durumu, Mühendis ve Makina, Yayın No: MMO/639, Ankara, s.33, 34, 35.
- Makina Mühendisleri Odası [MMO], (2012b): Enerji Verimliliğinde Neredeyiz? Nereye Gidiyoruz?, Mühendis ve Makina, Yayın No: MMO/617, Ankara, s.65.
- Marine Environmental Protection Committee [MEPC], (2010): Reduction of GHG emissions from ships, MEPC 61/WP.7, London.
- MOLLAND, A. F., TURNOCK, S.R., HUDSON, D.A., (2011): Ship Resistance and Propulsion, United States of America.

RODRIGUE, J-P v.d., (2009): The Geography of Transport Systems, Hofstra University, Department of Global Studies & Geography.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, (2007): İklim Değişikliği 1. Ulusal Bildirimi, s.7.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, (2010): 2010-2014 Stratejik Planı, Ankara, s.30.,

TOWNSIN, R. L. ve KWON, Y.J., (1982): Approximate Formulae For The Speed Loss Due To Added Resistance in Wind And Waves, Tran RINA.

TOWNSIN, R.L., (2003): The Ship Hull Fouling Penalty, The Journal of Bioadhesion And Biofilm.

Türk Loydu, (2012): Gemi Enerji Verimliliği Yönetim Planının (SEEMP) Geliştirilmesine Yönelik 2012 Yılı Kılavuzları, s.4, 5, 6.

TÜRKEŞ, M., SÜMER, U., ÇETİNER, G., (2000): Küresel İklim Değişikliği ve Olası Etkileri, Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları, 7-24, ÇKÖK Gn. Md., Ankara.

Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK], (2013a): Haber Bülteni, Sayı: 13482,

Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK], (2013b): Ulusal Sera Gazı Envanter Raporu 1990-2011, Ankara, s.7, 13, 23, 24, 39, 40, 41, 42.

USTA, O., (2012): Tekne Yüzey Pürüzlülüğünün Sınır Tabaka Ve Gemi Direncine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, s.1,2.

ÜNSALAN, D., (1992): The Effects of Hull And Propeler Roughness and Fouling on Ship Performance, Istanbul Technical University Institute of Science and Technology, Ph.D Thesis.

WAGANG. H, (2012) "Cutting Carbon From Ships", The International Council on Clean Transportation.

YILMAZ, C. (2013): Türk Bayraklı Gemilerin Enerji Verimliliğinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, s.8,9,10,11,12,13,14,15,16.

İnternet Adresleri:

Url-1, <http://www.gigm.itu.edu.tr/wp-content/uploads/projeSERGIN.pdf>,. Gemilerde Enerji Verimliliği, ERGİN, S., alındığı tarih:17.09.2013.

Url-2, <http://www.yildiz.edu.tr/~fcelik/dersler/gemidirenci/PDF/4.%20SurtunmeDvs...pdf>, Sürtünme Direnci..., alındığı tarih: 12.12.2013

Url-3, http://en.wikipedia.org/wiki/Beaufort_scale, Beaufort Scale, alındığı tarih: 12.12.2013

Url-4, http://en.wikipedia.org/wiki/Douglas_Sea_Scale, Douglas Sea State, alındığı tarih: 12.12.2013

Url-5, <http://www.international-marine.com>, alındığı tarih: 13.12.2013

Url-6, <http://iktisatterk.wordpress.com/2012/09/28/akaryakit-fiyatlari-ve-tufe/>, Akaryakit fiyatları ve TÜFE, alındığı tarih: 20.12.2013

Url-7, http://www.mfa.gov.tr/birlesmis-milletler_iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi-_bmidcs_-ve-kyoto-protokolu-_tr.mfa, Birleşmiş Milletler; İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) ve Kyoto Protokolü, alındığı tarih: 25.12.2013

Url-8, <https://atlantis.denizcilik.gov.tr/imo/TR/19Marpol.aspx>, alındığı tarih: 11.01.2014

Url-9, <http://www.dieselnets.com/standards/inter/imo.php>, alındığı tarih: 20.01.2014

Url-10, <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007/x0487e/x0487e03.pdf>

Url-11, http://energyefficiency-fisheries.jrc.ec.europa.eu/c/document_library/get_file?uuid=ce9cbad2-36f6-4e91-87a1-2a00aeefb995&groupId=12762

Url-12, <http://wartsila-sp-b-wartsila-boosting-eneqy.pdf>

Url-13, http://www.bmtyachts.com/media/3936356/2011_rina_superyacht_conference.pdf

ÖZGEÇMİŞ

Adı – Soyadı : Engin ERAT

Doğum Tarihi : 25.04.1984

Doğum Yeri : Bakırköy-İstanbul

Lise : 1998 – 2002, Cihangir Koleji

Lisans : 2002 – 2007, İstanbul Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi

Çalıştığı Kurumlar: (2011, - devam ediyor) T.C. ULAŞTIRMA, DENİZCİLİK VE HABERLEŞME BAKANLIĞI

EKLER

EK-1: ULUSAL SEFER YAPAN GEMİLERE "GEMİ ENERJİ VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN MARPOL EK VI BÖLÜM IV KURALLARI" NİN UYGULANMASINA İLİŞKİN YÖNETMELİK UYARLAMASI TASLAĞI

Amaç

MADDE 1- Bu Yönetmeliğin amacı; MARPOL Ek-VI Bölüm IV hükümlerinin ulusal sefer yapan Türk Bayraklı gemilere uygulanmasını sağlamak, ulusal sefer yapan Türk Bayraklı gemiler için teknik performans standartları oluşturarak gemi kaynaklı sera gazı salınımını azaltılmak ve enerji verimliliği arttırmak, bunlarla ilgili asgari iş ve işlemleri belirlemektir.

Kapsam

MADDE 2- (1) Bu Yönetmelik, 100 gros tonilato ve üstü ulusal sefer bölgesinde çalışan (idari liman ve 100 mille sınırlı liman seferi ve kabotaj sefer bölgesi) Türk Bayraklı tüm gemileri kapsar.

(2) Ulaşılmış ve gerekli EEDI ile ilgili hükümler dizel elektrik sevkli, türbin sevkli veya hibrit sevkli sistemlere sahip gemiler ile "Gezi Tekneleri Yönetmeliği" kapsamındaki gemilere uygulanmaz.

Dayanak

MADDE 3- (1) Bu Yönetmelik,

a) 1.11.2011 tarihli ve 655 sayılı Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararnamenin 9 uncu maddesine dayanılarak,

b) 1997/1978 Protokolleri ile değişik 1973 tarihli Denizlerin Gemiler Tarafından Kirletilmesinin Önlenmesine ait Uluslararası Sözleşme'nin Ek VI hükümleri paralelinde, hazırlanmıştır.

Tanımlar

MADDE 4- (1) Bu Yönetmelikte geçen;

a) Benzer bir inşa aşaması: Belirli bir gemiyle ilgili inşa çalışmasının başladığı ve hangisi daha az ise; en az 50 ton ağırlıkla veya bütün yapısal malzemenin tahminî kütlesinin % 1'yle geminin montajının başlamış olduğu aşamayı,

b) Büyük değişim:

.1 geminin boyutları, taşıma kapasitesi ya da makina gücündeki önemli değişmeyi;

veya

.2 gemi tipinin değiştirilmesini; veya

.3 İdarenin görüşüne göre geminin ömrünün uzatılması amaçlı yapılan değişimi; veya

.4 bu Yönetmeliğin mevcut gemilere uygulanmayan hükümlerinin, gemi yeni olsaydı uygulanmasını gerektirecek şekilde olan değişimleri; veya

.5 geminin enerji verimliliğini değiştirecek önemli değişimi ve geminin Madde 11'de düzenlenen gerekli EEDI sınırını aşmasına neden olacak bir tadilatı içeren değişimleri,

c) Gemi: Denizde kürekten başka aletle yola çıkabilen adı, tonilatosu ve kullanma amacı ne olursa olsun her aracı,

ç) Gerekli enerji verimliliği dizayn indeksi (Gerekli EEDI): Madde 11'e göre izin verilen spesifik gemi tipi ve boyutu için maksimum Ulaşılmış EEDI değerini,

d) Gros tonaj (GT): Gemi ve su aracının kapalı hacimlerinin, 12/03/2009 tarihli ve 27167 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan "Gemilerin Tonilatolarını Ölçme Yönetmeliği" veya 21/9/1978 tarihli ve 2169 sayılı Kanunla onaylanması uygun bulunan "Gemilerin Tonilatolarını Ölçme 1969 Uluslararası Sözleşmesi" hükümlerine göre tespit edilmiş değerini,

e) İdare: Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığını,

f) IMO: Uluslararası Denizcilik Örgütünü,

g) MARPOL: 3/5/1990 tarihli ve 1990/442 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile taraf olunan Gemi Kaynaklı Kirletmenin Önlenmesi Hakkında Uluslararası Sözleşmesini,

ğ) MEPC: Deniz Çevresi Koruma Komitesini,

h) Mevcut gemi: yeni olmayan bir gemiyi,

ı) SEEMP: Gemi Enerji Verimliliği yönetim Planını,

i) Ulaşılmış enerji verimliliği dizayn indeksi (Ulaşılmış EEDI): Madde 10'a göre gemiye özgü elde edilen EEDI değerini,

j) Yeni gemi:

.1 inşa kontratı 1 Ocak 2017 veya sonrasında yapılan; veya

.2 İnşa kontratının olmaması durumunda, 1 Temmuz 2017 veya sonrasında omurgası konulan veya benzer bir inşa aşamasında bulunan; veya

.3 1 Temmuz 2019 veya sonrasında teslim edilen gemiyi,

k) Yetkilendirilmiş kuruluş: 1/10/2003 tarihli ve 25246 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Türk Bayraklı Gemilerde Bayrak Devleti Adına Hareket Edecek Kuruluşların Seçimi ve Yetkilendirilmesine Dair Yönetmelik uyarınca yetkilendirilen kuruluşu,

l) Balık avlama gemisi: Esas olarak kuru yüklerin dökme olarak taşınması amacına uygun gemileri, kombine kuru yük taşıyıcılar hariç cevher gemileri gibi genel olarak tek güverteli olarak inşa edilmiş, kargo bölmeleri içinde askı tankları ve alabanda tankları bulunan gemileri,

m) Gezinti Tenezzüh Gemisi: Belirli bir noktadan hareket ederek liman veya sınırlı liman seferi bölgeleri içerisinde önceden belirlenmiş bir rotada turist gezdiren ve aynı gün içerisinde turunu tamamlayan, denizde hareket etme kabiliyetine sahip ve denize elverişli 12' den fazla yolcu taşıyan ticari yolcu gemisini,

n) Şehir Hatları Yolcu Gemisi: 12'den çok yolcu taşıyabilen şehir içi iskeleler arasında yolcu taşımacılığı yapacak şekilde inşa edilmiş ya da dönüştürülmüş ve bu amaçla kullanılan ticari gemiyi,

o) Yolcu gemisi: 12'den çok yolcu taşıyan ticaret gemisini,

ö) Yolcu motoru: Tam boyları 42 metreden az olan ve liman sefer bölgesi içinde veya merkez iskelesinden 25 milden uzaklaşmadan gününbirlik yolcu taşıyan ticari gemiyi,

p) Yüksek hızlı hafif yolcu gemisi: 12 kişiden fazla yolcu taşıyan liman içi veya yakın limanlar arasında yolcu taşımacılığı yapacak şekilde inşa edilmiş ya da dönüştürülmüş

ve bu amaçla kullanılan , max hızı= $3.7x \nabla^{0.1667}$ [m/sn] değere eşit veya bu değerden fazla, tam yüklü deplasmanı (0,13xLxB) 1,5 ton değerinden az olan ticari gemiyi,

r) Ticari yat: Yat tipinde inşa edilmiş, kamarası, tuvaleti, lavabosu, mutfağı olan, ticari olarak gezi ve spor amacıyla yararlanılan, yük, yolcu veya balıkçı gemisi niteliğinde olmayan, taşıdığı yolcu sayısı 12’i (dahil) ya da kabotaj seferinde 100 mille sınırlı, en yakın karadan 20 milden fazla uzaklaşmamak şartıyla, taşıdığı yolcu sayısı 36 “yı (dahil) geçmeyen gemiyi,

s) Özel yat: Yat tipinde inşa edilmiş, kamarası, tuvaleti, lavabosu, mutfağı olan, taşıdığı yolcu sayısı 12’yi geçmeyen, gezi ve spor amacıyla yararlanılan, özel yat amacıyla kullanılan ve ulusal standarda göre ölçüldüğünde boyu (L_H) 24 metreden büyük olan gemiyi,

ş) Araba ferisi: Kısa ve orta mesafeli hatlarda araba taşıyacak şekilde inşa edilmiş ya da dönüştürülmüş ve bu amaçla kullanılan ticari gemiyi;

t) Feribot (yolcu+araba+kuruyük): Asıl amacı kısa ve orta mesafeli hatlarda yolcu taşımak olan, ancak bunun yanında araba ve kuru yük taşıyacak şekilde inşa edilmiş veya uyarlanmış ve bu amaçla kullanılan ticari gemiyi,

u) Petrol/Akaryakıt tankeri: Dökme olarak akaryakıt ve petrol ürünlerini taşımak için inşa edilmiş ya da dönüştürülmüş ve bu amaçla kullanılan ticari gemiyi, ifade eder.

Denetimler

MADDE 5-(1) Bu Yönetmeliğe tabi gemiler aşağıda belirtilen denetimlere tabi tutulurlar. Denetimlerin yapılmasında IMO tarafından oluşturulan ve 2 Mart 2012 tarihinde kabul edilen MEPC 214(63) sayılı "Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi Denetim ve Belgelendirme Kılavuzları" dikkate alınır.

a) Başlangıç denetimi, yeni gemi hizmete sunulmadan önce ve Ulusal Enerji Verimliliği Belgesi düzenlenmeden önce yapılır. Bu denetimin amacı; gemiye ait Madde 10 uyarınca belirlenen ulaşılmış EEDI'nın bu Yönetmelik hükümlerine tam olarak uyum sağladığını ve Madde 12 uyarınca gerekli SEEMP'in gemide mevcut olduğunu doğrulamaktır;

b) Genel veya kısmi denetim, bu Yönetmeliğe tabi bir yeni geminin büyük değişime maruz kalmasından sonra koşullara göre yapılır. Bu denetim ile, ulaşılmış EEDI'nın gerektiği gibi yeniden hesaplandığı ve Madde 11 gereklerine uyum sağladığı, dönüştürülmüş geminin tipi ve büyüklüğü ile orijinal gemi için Madde 4 (1) (1) ile belirlenen kontrat tarihi veya omurga tarihi veya teslim tarihi fazındaki karşılık gelen azaltma faktörü değerinin uygulanmasıyla kontrol edilecektir;

c) Mevcut veya yeni geminin maruz kaldığı kapsamlı büyük değişimin İdare tarafından yeni inşa gemi olarak kabul edildiği durumlarda, İdare ulaşılmış EEDI için başlangıç denetimi yapılma gerekliliğini belirleyecektir. Gereklilik duyulduğu takdirde, bu tip bir denetim ile ulaşılmış EEDI'nın hesaplandığı ve Madde 11 gereklerine uyum sağladığı, değiştirilmiş geminin tipi ve büyüklüğü ile değişim kontrat tarihine karşılık gelen azaltma faktörü değerinin uygulanmasıyla kontrol edilecektir. Kontrat tarihinin olmadığı durumlarda değişimin başladığı tarih dikkate alınır. Bu denetim ile Madde 12 uyarınca gerekli SEEMP'in gemide mevcut olduğunu doğrulanacaktır; ve

ç) Mevcut gemiler için, Madde 12 uyarınca gemide bulundurulması gerekli SEEMP'in doğrulanması, 1 Ocak 2017 ve sonrası Denize Elverişlilik Belgesinin devamlılığına yönelik yapılan ilk yıllık, ara veya yenileme denetiminde, hangisi önce ise, yapılır.

d) İdare veya yetkilendirilmiş kuruluş tarafından gerekli görüldüğü durumlarda ilave denetim yapılır. İlave denetimlere ilişkin usul ve esaslar İdare tarafından belirlenir.

Ulusal Enerji Verimliliği Belgesi

MADDE 6-(1) Ulusal Enerji Verimliliği Belgesi, bu Yönetmelik kapsamında yapılacak denetimler sonucunda uygunluğu anlaşılan 100 GT ve üstü Türk Bayraklı tüm gemilere düzenlenir.

(2) Mevcut gemiler için Ulusal Enerji Verimliliği Belgesi, 1 Ocak 2017 ve sonrası Denize Elverişlilik Belgesinin devamlılığına yönelik yapılan ilk yıllık, ara veya yenileme denetiminde, hangisi önce ise, Madde 12 uyarınca gemide bulundurulması gerekli SEEMP'in doğrulanmasının ardından düzenlenir.

(3) Yeni gemiler ilk kez yapacakları ticari seferlerine başlamadan önce, büyük değişime uğramış yeni gemiler ve 1 Ocak 2017 ve sonrası büyük değişime uğrayarak İdare tarafından yeni inşa gemi olarak kabul edilip başlangıç denetimine tabi olması gerekli görülmüş mevcut veya yeni gemiler ise büyük değişiklik sonrasında yapacakları ilk ticari seferlerinden önce Ulusal Enerji Verimliliği Belgesi alırlar.

(4) Ulusal Enerji Verimliliği Belgesi bu Yönetmeliğin ekinde verilen forma uygun olarak düzenlenir ve aslının gemide bulundurulması zorunludur.

Ulusal Enerji Verimliliği Belgesinin Süresi, Geçerliliği, İptali ve Yenilenmesi

MADDE 7-(1) Ulusal Enerji Verimliliği Belgesi bir alt paragrafta mevcut hükümlere tabi olmak koşuluyla gemi servis ömrü boyunca geçerlidir.

(2) Ulusal Enerji Verimliliği Belgesinin geçerliliği aşağıdaki durumlardan herhangi biri söz konusu olduğunda sona erer.

a) Gemi servis hizmetinden çekilirse veya gemide büyük değişime müteakip yeni bir belge düzenlenirse,

b) Türk Bayrağından çıkması halinde çıkış işlemini takiben,

c) 13/1/2011 tarihli ve 6102 sayılı Türk Ticaret Kanununun ilgili maddeleri gereğince Türk Bayrağı çekme hakkını kaybetmesi durumunda,

ç) Çalıntı, batma, kayıp ve zayı gibi durumların tespiti halinde.

(3) Ulusal Enerji Verimliliği Belgesi veya eki üzerindeki bir bilginin değiştirilmesi gerektiğinde, yetkili birim tarafından yeni belge düzenlenir. Yapılan değişikliklere yönelik belge ve bilgiler gemi dosyasında saklanır.

Denetim ve Belge Düzenleme Yetkisi ile İlgili Esaslar

MADDE 8-(1) Bu Yönetmelik kapsamında yapılan denetim faaliyetleri Gemi Sürvey Kurulu Başkanlığınca veya İdare tarafından yetkilendirilmiş kuruluşlar tarafından yürütülür.

(2) Gemi Sürvey Kurulu Başkanlığınca yapılacak denetimler eğitim süresi en az 4 (dört) yıl olan denizcilikle ilgili fakülte ve yüksek okulların gemi inşa, güverte, deniz ulaştırma, deniz ulaştırma işletme mühendisliği, gemi makineleri işletme mühendisliği bölümlerinden mezun olup, gemi sürvey uzmanı, denizcilik uzmanı, denizcilik uzman yardımcısı kadrolarında bulunup İdarenin verdiği eğitim sonucunda gemilerde enerji verimliliği konusunda yetkilendirilmiş personel tarafından yapılır.

(3) Bu Yönetmelik kapsamında düzenlenecek Ulusal Enerji Verimliliği Belgesi, denetim faaliyetlerini gerçekleştiren birim tarafından düzenlenir. Her durumda, belgeye ilişkin tüm sorumluluk İdare'ye aittir.

Belgelendirme öncesi yapılacak başvuru, kontrol ve denetim şartları

MADDE 9-(1) Denetim ve belgelendirmenin İdare tarafından yapılacağı durumlarda, denetim faaliyetinin başlatılmasına yönelik başvurular Gemi Sürvey Kurulu Başkanlığı'na yapılır ve aşağıdaki şartları taşımak zorundadır:

- a) Başvuru, ilgili kişiler veya onların temsilcileri tarafından dilekçeyle yapılır.
- b) Başvurularda, talep edilen denetim faaliyeti ve bu talebin gerekçeleri açıkça belirtilir ve başvuru sahibi ile geminin verileri yer alır.
- c) Başvuru sahibi, denetim ve belgelendirme işlemleri için gerekli tüm bilgi, evrak, doküman, plan, proje ve belgeleri sağlamakla yükümlüdür.

(2) Başvuruların süresinde yapılmaması hâlinde oluşacak zarar ve gecikmelerden, İdare sorumlu olmaz.

(3) Denetim faaliyeti için başvuru yapan taraf, her durumda bu faaliyetin güvenli şartlarda gerçekleştirilmesini sağlamak için gerekli vasıtaları ve teçhizatı temin eder.

Ulaşılmış Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi (Ulaşılmış EEDI)

MADDE 10-(1) Ulaşılmış Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi, Madde 4 (1) (l) ve Madde 4 (1) (u) arasındaki kategorilerden bir veya daha fazlasına giren aşağıda belirtilen gemiler için hesaplanacaktır;

- a) her yeni gemi;
- b) büyük değişime uğrayan her yeni gemi; ve
- c) kapsamlı büyük değişime uğrayan ve İdare tarafından yeni inşa gemi olarak kabul edilen her mevcut veya yeni gemi

(2) Ulaşılmış EEDI gemiye özgü olur ve enerji verimliliği açısından tahmini gemi performansını gösterir ve ulaşılmış EEDI'nın hesaplanması için gerekli bilgiyi içeren ve hesaplama prosesini gösteren EEDI teknik dosyası ile beraber tutulur. Ulaşılmış EEDI, İdare tarafından veya yetkilendirilmiş kuruluşlar tarafından EEDI teknik dosyası baz alınarak doğrulanır.

(3) Ulaşılmış EEDI, IMO tarafından oluşturulan ve 2 Mart 2012 tarihinde kabul edilen MEPC 212(63) sayılı " Yeni Gemiler için Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi Hesaplama Metodu Kılavuzları" göz önünde tutularak hesaplanır.

Gerekli Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi (Gerekli EEDI)

MADDE 11-(1) Madde 4 (1) (l) ve Madde 4 (1) (u) arasındaki kategorilerden birine giren ve bu Yönetmelik kapsamında olan aşağıda belirtilen her gemi:

- a) yeni gemi;
- b) büyük değişime uğrayan yeni gemi; ve
- c) kapsamlı büyük değişime uğrayan ve İdare tarafından yeni inşa gemi olarak kabul edilen mevcut veya yeni gemi

için ulaşılmış EEDI aşağıdaki gibi olur;

Ulaşılmış EEDI \leq Gerekli EEDI = (1-X/100) \times Referans Eğri Değeri

X, Tablo 1'de belirtilen EEDI Referans eğrisine göre gerekli EEDI için azaltma faktörüdür.

(2) Kapsamlı büyük değişime uğrayan ve İdare tarafından yeni inşa gemi olarak kabul edilen her mevcut veya yeni gemi için ulaşılmış EEDI hesaplanır ve Madde 11(1) gereklerine, değişime uğrayan geminin tipi ve büyüklüğü ile değişim kontrat tarihine karşılık

gelen azaltma faktörü değerinin uygulanmasıyla, uyum sağlar. Kontrat tarihinin olmadığı durumlarda değişimin başladığı tarih dikkate alınır.

Tablo 1: EEDI için EEDI Referans eğrisine ilişkin azaltma faktörü (yüzdesel olarak)

Gemi Tipi	Boyut	Faz 0 01.01.2017- 31.12.2018	Faz 1 01.01.2019- 31.12.2023	Faz 2 01.01.2024- 31.12.2028	Faz 3 01.01.2029-
Balık Avlama Gemisi	100 GT ve üzeri	0	5	10	20
Yolcu Gemisi, Yolcu Motoru, Şehir Hatları Yolcu Gemisi, Gezinti Tenezzüh Gemisi	100 GT ve üzeri	0	5	10	20
Ticari ve Özel Yat	100 GT ve üzeri	0	5	10	20
Araba Ferisi	700 GT ve üzeri	0	5	10	20
Feribot (yolcu+araba+ kuruyük)	300 GT ve üzeri	0	5	10	20
Petrol Akaryakıt Tankeri	200 DWT ve üzeri	0	5	10	20
Yüksek Hızlı Hafif Yolcu Gemisi	100 GT ve üzeri	0	0	0	5

"Uygulanamaz" gerekli EEDI uygulanmaz anlamına gelir.

(3) Referans eğri değeri aşağıdaki gibi hesaplanır:

Referans eğri değeri= $a \times b^{-c}$

a, b ve c parametreleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2: Değişik gemi tipleri için referans değerlerinin belirlenmesine yönelik parametreler

Gemi Tipleri	a	b	c
Balık Avlama Gemisi	512,07	Geminin GT'ını	0,119
Yolcu Gemisi, Yolcu Motoru, Şehir Hatları Yolcu Gemisi, Gezinti Tenezzüh Gemisi	2065,8	Geminin GT'ını	0,423
Ticari ve Özel Yat	285,5	Geminin GT'ını	0,109
Araba Ferisi	226,37	Geminin GT'ını	0,172
Feribot (yolcu+araba+ kuruyük)	5241,4	Geminin GT'ını	0,573
Petrol Akaryakıt Tankeri	889,53	Geminin DWT'ını	0,421
Yüksek Hızlı Hafif Yolcu Gemisi	914,3	Geminin GT'ını	0,282

(4) Eğer geminin dizaynı geminin yukarıdaki gemi tipi tanımlarından birden fazlasına uygun olmasına imkan veriyorsa, gerekli EEDI gemi için en katı (en düşük) olan olur.

(5) İdare teknolojik gelişmeler ışığında zaman periyotlarını, EEDI referans eğri parametrelerini ve azaltma oranlarını değiştirme yetkisine sahiptir.

Gemi Enerji Verimliliği Yönetim Planı (SEEMP)

MADDE 12-(1) Yönetmelik kapsamında ki her gemi, gemiye özgü Gemi Enerji Verimliliği Yönetim Planı (SEEMP) bulunduracaktır.

(2) SEEMP, IMO tarafından oluşturulan ve 2 Mart 2012 tarihinde kabul edilen MEPC 213(63) sayılı " SEEMP Geliştirme Kılavuzları" göz önünde bulundurularak oluşturulur.

Sorumluluk, kurallar ve idari yaptırımlar

MADDE 13-(1) İdare, Yönetmelik hükümlerinin uygulanmasından sorumludur. İdare, yetkilendirilmiş kuruluşlara, İdare adına Yönetmeliğin uygunluğunun denetlenmesi ve Ulusal Enerji Verimliliği Belgesinin düzenlenmesi yetkisini devredebilir. İdare, her durumda, Yönetmelik hükümlerinin usule uygun olarak uygulandığını tespit etmek için yetkilendirilmiş kuruluşlar ile birlikte veya kendi başına denetimler yapar.

(2) Bu Yönetmelik kapsamındaki geminin bu yönetmelik hükümlerine uyumsuzluğu tespit edildiği takdirde uyumsuzluk giderilene kadar geminin faaliyetine izin verilmez.

(3) Bu Yönetmelik ile düzenlenen idarî yaptırım kararları, İdarenin merkez teşkilatında Genel Müdürlükler, taşra teşkilatında Liman Başkanlıklarınca verilir.

Yürürlük

MADDE 14- Bu Yönetmelik 1/1/2017 tarihinde yürürlüğe girer.

Yürütme

MADDE 15- Bu Yönetmelik hükümlerini Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanı yürütür.

Türkiye Cumhuriyeti
Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı
Ulusal Enerji Verimliliği Belgesi

Belge No:

Ulusal Sefer Yapan Gemilere Gemi Enerji Verimliliğine İlişkin Marpol Ek VI Bölüm IV Kurallarının Uygulanmasına İlişkin Yönetmelik hükümleri uyarınca,

Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti yetkisinde Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı İstanbul Liman Başkanlığı Gemi Sürvey Kurulunca verilmiştir.

Gemi Özellikleri		
Gemi adı	:	
Tanınma İşareti	:	
Bağlama Limanı	:	
Sicil Limanı	:	
Gros Ton	:	
IMO No	:	

Bu belge, geminin "Ulusal Sefer Yapan Gemilere Gemi Enerji Verimliliğine İlişkin Marpol Ek VI Bölüm IV Kuralları"nın Uygulanmasına İlişkin Yönetmelik Madde 5 uyarınca denetime tabi tutulduğunu ve Madde 10, Madde 11 ve Madde 12 gereklerinin sağlandığını gösterir.

Bu belge .../.../.... tarihinde yapılan sürvey neticesinde düzenlenmiştir.

Verildiği Yer :

.....

Verildiği Tarih : .../.../....

..... Liman Başkanlığı

Ulusal Enerji Verimliliği Belgesi Eki

ENERJİ VERİMLİLİĞİNE İLİŞKİN İNŞA KAYITLARI

..... Numaralı Ulusal Enerji Verimliliği Belgesi ekidir.

Notlar:

1 Bu Kayıt devamlı olarak Ulusal Enerji Verimliliği Belgesine ekli olacaktır. Ulusal Enerji Verimliliği Belgesi her zaman gemide bulundurulacaktır.

2 Kutulara yapılacak girişler "evet" ve "uygulanabilir" cevapları için çarpı (x) veya "hayır" ve "uygulanamaz" cevapları için tire (-) işaretleri koyularak yapılacaktır.

3 Aksi belirtilmedikçe, bu Ekte "Madde" olarak bahsedilen bu Yönetmeliğin maddeleridir.

1 Gemi Özellikleri

- 1.1 Gemi Adı
- 1.2 IMO Numarası.....
- 1.3 İnşa kontrat Tarihi
- 1.4 Gros Tonajı
- 1.5 DWT
- 1.6 Gemi Tipi*

2 Sevk Sistemi

- 2.1 Dizel Sevk
- 2.2 Dizel-elektrik Sevk
- 2.3 Türbin Sevk
- 2.4 Hibrid Sevk
- 2.5 Yukarıdakilerden Hariç Diğer Sevk Sistemi

* Madde 4'te belirtilen tanımlara uyumlu gemi tipi girilir. Madde 4'teki gemi tiplerinden birden fazlasına uygun olan gemiler için gemi tipi en katı (en düşük) gerekli EEDI'ya sahip olan seçilmelidir. Eğer gemi Madde 4'teki gemi tipi tanımlarından birine uymuyorsa, "Madde 4'de tanımlanan gemi tiplerinden başka gemi" olarak giriş yapılır.

3 Ulaşılmış Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi (EEDI)

3.1 Ulaşılmış EEDI Madde 10 uyarınca, hesaplama aşamalarını da gösteren EEDI teknik dosyasındaki bilgiler baz alınarak hesaplanır.....

Ulaşılmış EEDI gram-CO₂/ton-mil'dir.

3.2 Ulaşılmış EEDI hesaplanmaz çünkü:

3.2.1 Madde 4 (1) (j)'de tanımlandığı gibi yeni gemi olmaması sebebiyle gemi Madde 10'dan muaftır.....

3.2.2 Madde 2 (2) uyarınca sevk sistemi tipi muaftır.....

3.2.3 Madde 10 (1) uyarınca gemi tipi muaftır.....

4 Gerekli EEDI

4.1 Gerekli EEDI gram-CO₂/ton-mil'dir.

4.2 Gerekli EEDI uygulanmaz çünkü:

4.2.1 Madde 4 (1) (j)'de tanımlandığı gibi yeni gemi olmaması sebebiyle gemi Madde 11 (1)'den muafır.....

4.2.2 Madde 2 (2) uyarınca sevk sistemi tipi muafır.....

4.2.3 Madde 11 (1) uyarınca gemi tipi muafır.....

4.2.4 Geminin kapasitesi Madde 11 (2)'de mevcut Tablo 1'deki minimum kapasite eşiğinin altındadır.....

5 Gemi Enerji Verimliliği Yönetim Planı

5.1 Gemi Enerji Verimliliği Yönetim Planı Madde 12'ye uygun olarak gemide mevcuttur.....

6 EEDI Teknik Dosyası

6.1 Madde 10 (2)'ye uygun olarak Ulusal Enerji Verimliliği Sertifikası EEDI teknik dosyasıyla birlikte.....

6.2 EEDI teknik dosyası tanımlama/doğrulama numarası.....

6.3 EEDI teknik dosyası doğrulama tarihi.....

Bu Kaydın doğruluğu her bakımdan TASDİK OLUNUR.

Verildiği Yer :

.....

Verildiği Tarih : .../.../....

..... Liman Başkanlığı

EK-2 : Gemilere ait Performans Döngü Verileri

Gemiler	Yakıt tüketimi (ton)	Kat edilen mesafe (nm)	Taşınan yük (ton)	Ortalama Hız (kn)	Toplam gün sayısı
A1	8449,58	109677,55	7177233	12,41	730
A2	10213,844	117205	7234747,5	12,8	730
A3	15154,01	132877,3	5036944	13,27	730
A4	11388,81	115964	4438341,3	12,54	730

EK-3 : Gemilerin Süreç İçerisinde EEOI-Hız Değişimlerine Ait Verileri

A1 Gemisi- süreç içerisinde hıza bağlı EEOI verileri (16000 (\pm %3) ton yüklü- Deniz Durumu 3)

Günler	11 knot	13 knot	15 knot
0	10,31	11,55	13,05
100	10,95	12,28	13,89
200	11,42	12,83	14,53
300	11,69	13,15	14,91

A2 Gemisi- süreç içerisinde hıza bağlı EEOI verileri (16000 (\pm %3) ton yüklü- Deniz Durumu 3)

Günler	11 knot	13 knot	15 knot
0	12,31	13,8	15,6
100	13,08	14,68	16,63
200	13,65	15,35	17,4
300	13,99	15,75	17,88

A3 Gemisi- süreç içerisinde hıza bağlı EEOI verileri (16000 (\pm %3) ton yüklü- Deniz Durumu 3)

Günler	11 knot	13 knot	15 knot
0	18,01	20	22,5
100	19,03	21,14	23,8
200	19,76	21,97	24,75
300	20,23	22,5	25,38

A4 Gemisi- süreç içerisinde hıza bağlı EEOI verileri (16000 (\pm %3) ton yüklü- Deniz Durumu 3)

Günler	11 knot	13 knot	15 knot
0	17,43	19,36	21,82
100	18,35	20,52	23,1
200	19,02	21,28	23,97
300	19,44	21,76	24,55

EK-4 : Gemilerin Farklı Deniz Durumlarında Zaman İçinde Hız Kayıpları Verileri

A1 Gemisi- Farklı deniz durumlarında zaman içinde hız değerleri (kn)

Gün	Deniz Durumu 3	Deniz Durumu 4	Deniz Durumu 5
0	12,93	12,68	12,40
50	12,48	12,23	12,15
100	12,01	11,90	11,64
150	11,78	11,63	11,45
200	11,45	11,39	11,06
250	11,32	11,20	10,99

A2 Gemisi- Farklı deniz durumlarında zaman içinde hız değerleri (kn)

Gün	Deniz Durumu 3	Deniz Durumu 4	Deniz Durumu 5
0	13,85	13,13	12,97
50	13,53	12,83	12,63
100	13,28	12,65	12,48
150	12,70	12,30	12,05
200	12,49	12,17	11,80
250	12,23	11,78	11,35

A3 Gemisi- Farklı deniz durumlarında zaman içinde hız değerleri (kn)

Gün	Deniz Durumu 3	Deniz Durumu 4	Deniz Durumu 5
0	13,75	13,30	13,03
50	13,50	13,15	12,93
100	13,21	12,95	12,70
150	13,01	12,73	12,53
200	12,80	12,57	12,37
250	12,71	12,30	11,30

A4 Gemisi- Farklı deniz durumlarında zaman içinde hız değerleri (kn)

Gün	Deniz Durumu 3	Deniz Durumu 4	Deniz Durumu 5
0	13,52	13,12	12,85
50	13,23	12,82	12,46
100	13,03	12,58	12,21
150	12,77	12,31	12,00
200	12,51	12,02	11,78
250	12,38	11,84	11,64

EK-5 : Gemilerin Baş ve Kıç Deniz Yönlende Yakıt Tüketimi /Deniz Mili Değişimi Verileri

A1 Gemisi- Baş ve kıç deniz yönlende yakıt tüketimi /deniz mili (ton/nm) verileri
(Operasyon 46- Deniz Durumu 3)

Hız (kn)	Baş taraftan	Kıç taraftan
11	0,0566	0,0545
13	0,0645	0,0615
15	0,0759	0,0715

A2 Gemisi- Baş ve kıç deniz yönlende yakıt tüketimi /deniz mili (ton/nm) verileri
(Operasyon 48- Deniz Durumu 3)

Hız (kn)	Baş taraftan	Kıç taraftan
11	0,079	0,076
13	0,0898	0,0855
15	0,1061	0,0998

A3 Gemisi- Baş ve kıç deniz yönlende yakıt tüketimi /deniz mili (ton/nm) verileri
(Operasyon 32- Deniz Durumu 3)

Hız (kn)	Baş taraftan	Kıç taraftan
11	0,1038	0,1013
13	0,1169	0,1131
15	0,135	0,1288

A4 Gemisi- Baş ve kıç deniz yönlende yakıt tüketimi /deniz mili (ton/nm) verileri
(Operasyon 35- Deniz Durumu 3)

Hız (kn)	Baş taraftan	Kıç taraftan
11	0,093	0,0908
13	0,1045	0,1012
15	0,1204	0,115

EK-6 : Gemilerin Farklı Deniz Durumu Kuvvetlerine Göre Yakıt Tüketimi /Deniz Mili (Ton/Nm) Değişimi Verileri

A1 Gemisi- Farklı deniz durumu kuvvetlerine göre yakıt tüketimi /deniz mili (ton/nm) verileri

Hız (kn)	Deniz Durumu 3	Deniz Durumu 4	Deniz Durumu 5
11	0,0533	0,0561	0,061
13	0,0611	0,0633	0,0662
15	0,0712	0,0727	0,0745

A2 Gemisi- Farklı deniz durumu kuvvetlerine göre yakıt tüketimi /deniz mili (ton/nm) verileri

Hız (kn)	Deniz Durumu 3	Deniz Durumu 4	Deniz Durumu 5
11	0,076	0,0801	0,0872
13	0,0873	0,0902	0,0946
15	0,1005	0,1028	0,1056

A3 Gemisi- Farklı deniz durumu kuvvetlerine göre yakıt tüketimi /deniz mili (ton/nm) verileri

Hız (kn)	Deniz Durumu 3	Deniz Durumu 4	Deniz Durumu 5
11	0,1015	0,105	0,1121
13	0,1142	0,1168	0,1205
15	0,1299	0,1322	0,135

A4 Gemisi- Farklı deniz durumu kuvvetlerine göre yakıt tüketimi /deniz mili (ton/nm) verileri

Hız (kn)	Deniz Durumu 3	Deniz Durumu 4	Deniz Durumu 5
11	0,0896	0,0925	0,0987
13	0,1005	0,1028	0,1059
15	0,1142	0,1162	0,1186

EK-7 : Gemilerin Süreç İçerisinde EEOI ve Yakıt Tüketimi Verileri Değişimi

A1 Gemisi- Süreç içerisinde EEOI değişimi (16000 (± %3) ton yüklü-Deniz Durumu
3- V:13 kn)

Gün	24	160	160	265	351	448	520	520	710
EEOI	10,76	12,35	11,55	12,28	12,83	13,1	13,2	12,75	14,04

A2 Gemisi- Süreç içerisinde EEOI değişimi (16000 (± %3) ton yüklü-Deniz Durumu
3- V:13 kn)

Gün	21	117	220	300	378	378	464	464	605	605	674
EEOI	13,8	14,68	15,35	15,75	15,8	15,4	16,49	15,58	16,75	16,15	17

A4 Gemisi- Süreç içerisinde EEOI değişimi (16000 (± %3) ton yüklü-Deniz Durumu
3- V:13 kn)

Gün	17	119	190	190	287	391	513	561	711
EEOI	19,66	20,28	21,51	19,36	20,52	21,28	21,76	21,90	22,00

A1 Gemisi- Operasyon 43 ve operasyon 45'e ait hıza göre yakıt tüketimi/deniz
mili*yük (ton/ nm*DWT) değerleri (16000 (± %3) ton yüklü-Deniz Durumu 3)

	11 knot	13 knot	15 knot
OP43 (ton/ nm*DWT)	0,00000377	0,00000424	0,00000480
OP45 (ton/ nm*DWT)	0,00000365	0,00000409	0,00000464

A2 Gemisi- Operasyon 35 ve operasyon 38'e ait hıza göre yakıt tüketimi/deniz
mili*yük (ton/ nm*DWT) değerleri (16000 (± %3) ton yüklü-Deniz Durumu 3)

	11 knot	13 knot	15 knot
OP35 (ton/ nm*DWT)	0,00000451	0,00000507	0,00000575
OP38 (ton/ nm*DWT)	0,00000440	0,00000494	0,00000561

A2 Gemisi- Operasyon 55 ve operasyon 57'ye ait hıza göre yakıt tüketimi/deniz mili*yük (ton/ nm*DWT) değerleri (16000 (± %3) ton yüklü-Deniz Durumu 3)

	11 knot	13 knot	15 knot
OP55 (ton/ nm*DWT)	0,00000479	0,00000538	0,00000611
OP57 (ton/ nm*DWT)	0,00000463	0,00000519	0,00000588

A1 Gemisi yakıt tüketimi (16.000 (± %3) ton yüklü, Deniz Durumu 3, V:13 Knot)

Gün	24	155	175	265	351	448	497	523	710
Ton	17,02	18	17,05	17,8	18,35	18,55	18,62	18	18,4

A2 Gemisi yakıt tüketimi (16.000 (± %3) ton yüklü, Deniz Durumu 3, V:13 Knot)

Gün	21	117	220	300	372	400	443	497	601	625	674
Ton	22,57	23,77	24,59	25,3	25,4	24,85	25,4	24,13	24,92	24,09	24,65