



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



DOKTORA TEZİ

TÜRKİYE'DE PCC TERMİNALLERİNDE OPERASYONEL
VERİMLİLİĞİN KARBONDİOKSİT EMİSYONUNA ETKİSİNİN
ANALİZİ

Mehmet Özgür GÜNERİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Gökhan KARA

Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı

Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Programı

İSTANBUL-2020

Bu çalışma, 17.09.2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliğı Anabilim Dalı, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliğı Programında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Doç. Dr. Gökhan KARA
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Prof. Dr. Mahmut Celal BARLA
Haliç Ünivesitesi
İşletme Fakültesi

Doç. Dr. Tanzer SATIR
İstanbul Teknik Üniversitesi
Denizcilik Fakültesi

Dr.Öğr.Üyesi Murat YILDIZ
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Dr.Öğr.Üyesi Sibel BAYAR
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi



20.04.2016 tarihli Resmî Gazete 'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa'nın aboneli olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

ÖNSÖZ

Türkiye’de PCC Terminallerinde Operasyonel Verimliliğin Karbondioksit Emisyonuna Etkisinin Analizi Konulu Doktora Tezi araştırma aşamasında desteğini esirgemeyen; çalışma sürecinde vermiş oldukları destek ve paylamış oldukları tavsiyelerden dolayı Danışman Hocam Sayın Doc. Dr. Gökhan KARA’ya; Jüri Üyelerim Prof. Dr. Mahmut Celal BARLA ve Sayın Sayın Doc. Dr. Tanzer SATIR’a;

Autoport Liman İşletmeleri A.Ş. Liman Müdürü Bilgin İŞLER’e, Borusan Liman İşletmeleri A.Ş. Pazarlama Müdürü Çağlar ERADAŞ’a, Efesan Limanı Satış-Pazarlama Şefi Efecan AŞCIOĞLU’na, United European Car Carriers AS Endüstriyel Kargo Genel Müdürü Jose ANTONIO DEL RIO’ya, United European Car Carriers AS Filo Elleçleme Genel Müdürü Erik THOMASSEN’a, United European Car Carriers AS Liman Tedarik Genel Müdürü Rolf BRADEL’a,

Doktora programına başlamama vesile olan, hayatı boyunca desteğini esirgemeyen sevgili babam Merhum Mehmet Duru GÜNERİ’ye şükranlarımı sunarım.

Ağustos 2020

Mehmet Özgür GÜNERİ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLOLAR LİSTESİ	x
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ.....	xi
ÖZET	xii
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. ÇALIŞMANIN AMACI.....	4
1.2. ÇALIŞMANIN KAPSAMI	5
1.3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	5
2. GENEL KISIMLAR.....	9
2.1. DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE OTOMOTİV SEKTÖRÜ	9
2.2. OTOMOTİV ULAŞTIRMA YÖNTEMLERİ.....	15
2.2.1. Demiryolu Taşımacılığı	15
2.2.2. Karayolu Taşımacılığı	16
2.2.3. Deniz Yolu Taşımacılığı.....	17
2.2.4. İntermodal Taşımacılık.....	17
2.3. DENİZYOLU TAŞIMACILIĞINDA KULLANILAN GEMİ TİPLERİ	18
2.3.1. Kuru Yük Gemileri	18
2.3.2. Konteyner Gemileri	18
2.3.3. Dökme Yük Gemileri	19
2.3.4. LNG Gemileri	19
2.3.5. Tanker	19
2.3.6. Yolcu Gemileri	19
2.3.7. RO-RO Gemileri.....	19
2.4. OTO TAŞIYICI PCC VE PCTC RO-RO GEMİLERİ.....	21
2.5. LİMANLAR VE TERMİNALLER.....	24

2.5.1. Limanlar.....	24
2.5.1.1. Kargo Tiplerine Göre Limanların Sınıflandırılması.....	24
2.5.1.2. Verdikleri Hizmet Türlerine Göre Limanlar	25
2.5.2. PCC -PCTC RO-RO Terminalleri	25
2.6. PCC TERMİNALLERİNDE YÜKLEME- BOŞALTMA OPERASYONLARI.....	27
2.7. TÜRKİYE’DEKİ PCC ve PCTC RO-RO TERMİNALLERİ.....	29
2.7.1. Autoport Limanı	30
2.7.2. Borusan Limanı	35
2.7.3. Efesan Limanı.....	37
2.8. AVRUPA’DA PCC ve PCTC GEMİLERİNE RO-RO SERVİSİ VEREN LİMANLARA ÖRNEK	39
2.8.1. Pasajes Limanı.....	39
2.9. VERİMLİLİK	40
2.9.1. Liman İşletmeciliğinde Verimliliği Etkileyen Faktörler ve Verimlilik Ölçütleri..	42
2.10. PCC TERMİNALLERİNDE OPERASYONEL VERİMLİLİĞİ; PERFORMANSI VE EMİSYON MİKTARINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER	45
2.10.1. Araç Adedi.....	46
2.10.2. Depolama Alanlarının Rıhtıma Olan Uzaklığı	46
2.10.3. Liman içi Servis Araç ve Şoför Sayısı.....	46
2.10.4. İthalat ihracat Dengesi ve Limanlardaki Stok Durumu	46
2.10.5. Geminin Limanda Bekleme Süresi (Hotelling)	47
2.10.6. Üretim ve Teslim Arasındaki Araç Mesafeleri.....	47
2.11. EGZOZ EMİSYONU.....	48
2.12. AVRUPA OTOMOTİV EMİSYON STANDARTLARI	49
2.13. DÜNYA’DA GEMİLER İÇİN UYGULANAN VE UYGULANMASI PLANLANAN EMİSYON KONTROL UYGULAMALARI.....	50
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	55
3.1. OPERASYONEL SÜRECİN VE KARBONDİOKSİT EMİSYON MİKTARLARININ HESAPLANMASI	55
3.1.1. Varsayımlar.....	55
3.1.2. Değişkenler	58
3.1.3. Operasyonel Süreçlerde Emisyonlar.....	59
3.2. METODOLOJİ.....	61
3.2.1. Doğrusal Programlama	61
4. BULGULAR.....	64
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	74

KAYNAKLAR.....	77
ÖZGEÇMİŞ.....	80



ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 1.1: Otomotiv Sanayi Derneği [7].....	3
Şekil 1.2: Türkiye’deki Otomotive Üreticilerinin Coğrafi Dağılımı [9].....	3
Şekil 2.1: Türkiye’de Otomotiv Üretim Gelişimi [7].....	11
Şekil 2.2: Türkiye Otomotiv İç Pazar Satışları Gelişimi [7].....	12
Şekil 2.3: Türkiye Otomotiv Pazarı İthalat Rakamları Gelişimi [7]	14
Şekil 2.4: Otomotiv İhracatı Gelişimi [7]	15
Şekil 2.5: Omsan Otomobil Treni [27]	16
Şekil 2.6: Autoport Limanı Tırlar	16
Şekil 2.7: Paletli Kepçe [1]	20
Şekil 2.8: Tahliye olan Binek Araçlar [1]	20
Şekil 2.9: UECC ye ait 2000 yapımı Autosun Gemisi (2285 araç kapasitesiyle UECC	22
Şekil 2.10: Autosun Gemisi Kat Çizimi [1]	22
Şekil 2.11: Auto Eco, dünyanın ilk LNG ile çalışan PCTC RO-RO Gemisi [35]	23
Şekil 2.12: Auto Eco, dünyanın ilk LNG ile çalışan PCTC RO-RO Gemisi [35]	24
Şekil 2.13: Autoport Liman İşletmeleri A. Ş’nin Otomotiv Üreticilerine Olan Yakınlığını Gösteren.....	31
Şekil 2.14: Autoport Liman İşletmeleri A.Ş Ford Otosan ve İzmit Gümrük Müdürlüğüne Olan	31
Şekil 2.15: Autoport Limanı İskele ve Park Alanları Arasındaki Mesafe Bilgisi [39].....	32
Şekil 2.16: Autoport Limanında İş Makinaları Tahliyesi [39].....	33
Şekil 2.17: Autoport Limanı Araçların Konvoy Eşliğinde Tahliyesi [39].....	33
Şekil 2.18: Autoport Limanında Tır Dizimi; Tırlar Araçları Almak İçin Beklerken [39]	34
Şekil 2.19: Autoport Limanı Park Sahasından İskeleyle Bakış [39].....	34
Şekil 2.20: Borusan Limanı Dünya Haritasında Yeri [40].....	35
Şekil 2.21: Borusan Limanı İskele Uzunlukları [40]	36
Şekil 2.22: Borusan Limanı Farklı Yük Sahalarını Gösteren Kuş Bakışı Görüntü	36
Şekil 2.23: Borusan Limanı İskele ve Park Sahaları Arasındaki Mesafeyi Gösteren.....	37
Şekil 2.24: Efesan Limanı Katlı Otoparkı [41]	38
Şekil 2.25: Pasajes Limanı Katlı Otoparkı [1]	39
Şekil 2.26: Pasajes Limanı Kuşbakışı Görüntüsü [1].....	40

Şekil 2.27: SECA Bölgesi [1]	53
Şekil 4.1: Liman Tavsiyesi- Üstten Görünüm.....	67
Şekil 4.2: Liman Tavsiyesi- Yandan Görünüm.....	68
Şekil 4.3: Liman Tavsiyesi.....	69
Şekil 4.4: Liman Tavsiyesi- Gemi Rampasından Görünümü	69
Şekil 4.5: Örnek Planda Gemiye Olan Mesafe	70
Şekil 4.6: Örnek Planda Gemiye Olan Mesafe	70



TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1: Ülkeler Bazında Dünya Otomotiv Üretimi [7].....	9
Tablo 2.2: Ülkeler Bazında Dünya Otomotiv Pazarı [7]	10
Tablo 2.3: Türkiye’de Otomotiv Üretimi Aylık Rakamlar [7].....	11
Tablo 2.4: Türkiye Otomotiv İç Pazar Aylık Satışları [7]	12
Tablo 2.5: Türkiye Otomotiv Aylık İthalat Rakamları [7]	13
Tablo 2.6: Otomotiv Aylık İhracat Rakamları [7]	14
Tablo 2.7: Türkiye Limanlarında Elleçlenen Geçmiş 7 Yıla Ait Araç Adetleri [10].....	29
Tablo 2.8: İhracat ve ithalat Toplamlarındaki Senelik Değişimi [10]	30
Tablo 2.9: Konteyner Terminal Verimliliğini Etkileyen Faktörler ve Verimlilik Ölçütü [37] .	44
Tablo 2.10: RO-RO Terminalleri İçin Verimlilik.....	45
Tablo 2.11: Avrupa Normları [20]	50
Tablo 2.12: MARPOL Azot Oksit Emisyon Limitleri	51
Tablo 2.13: Marpol Yakıt Kükürt Limitleri.....	52
Tablo 3.1: Farklı Yakıt Türlerinin Karbondioksit İçerikleri [1].....	56
Tablo 3.2: Denklem Excel’ de Çalıştırılması	61
Tablo 3.3: Doğrusal Programlama Yanıt Raporu	63
Tablo 3.4: Doğrusal Programlama Popülasyon Raporu	63
Tablo 4.1: Denklem ‘de Şoför Sayısı Değişiminin Uygulaması	64
Tablo 4.2: Denklem ‘de Mesafe Değişikliğinin Uygulaması	65
Tablo 4.3: Denklem ‘de Servis Araçlarındaki Kapasite Değişikliği Uygulaması	66
Tablo 4.4: Örnek Planda Katlara Göre Mesafe Hesaplaması	71
Tablo 4.5: Örnek Plandaki Ortalama Mesafenin Toplam Emisyona Etkisi	71
Tablo 4.6: Türkiye PCC Limanlarında 2017’de Oluşan Tahmini Emisyon Miktarı.....	72
Tablo 4.7: Tavsiyeler Çerçevesinde 2017 Yılında Türkiye Limanlarında Ulaşılabilir Olan Emisyon Miktarı	73

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Kısaltmalar

Açıklamalar

RO-RO	: Roll on Roll off
PCC	: Pure Car Carrier; Sadece binek ve hafif ticari araç taşıyan gemiler
PCTC	: Pure Car-Truck Carrier; Sadece araba ve kamyon taşıyan gemi
CONRO	: Konteyner ve RO-RO taşıyan gemi
ROPAX	: RO-RO ve Yolcu taşıyan gemi
GENRO	: Genel Kargo ve RO-RO taşıyan gemi
UECC	: United European Car Carriers
CO	: Karbon Monoksit
CO₂	: Karbon Dioksit
NO_X	: Nitrik Oksit
SO_X	: Kükürt Oksit
NO	: Azot Oksit
PM	: Parçacık Maddeler
HC	: Hidro Karbon
IMO	: Dünya Denizcilik Örgütü
MARPOL	: Deniz Kirliliğini Önlemeye İlişkin Uluslararası Denizcilik Sözleşmesi
ECA	: Emisyon Kontrol Alanı
SECA	: Sülfür Emisyonu Kontrol Alana
MGO	: Gemi Yakıtı
LFO	: Düşük Sülfürlü Sıvı Yakıt
HFO	: Yüksek Sülfürlü Sıvı Yakıt
LPG	: Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
SCRUBBER	: Egzoz Temizleme Sistemi

ÖZET**DOKTORA TEZİ****Mehmet Özgür GÜNERİ****İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa****Lisansüstü Eğitim Enstitüsü****Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı****Danışman: Doç. Dr. Gökhan KARA**

Bitmiş araç lojistiği ağırlıklı olarak PCC adı verilen RO-RO gemileriyle yapılmaktadır. RO-RO limanlarında operasyon işleyiş, yükleme boşaltma operasyonları süreci hem yeni araçların hem de gemilerin salgıladığı emisyon miktarları açısından önem arz etmektedir. Taşıma işlemi sırasında araçların yaydığı emisyon miktarının, yükleme ve boşaltma işlemleri sırasında doğaya salınan toplam miktarın çok küçük bir kısmını oluşturduğu unutulmamalıdır. Yüklenen araç başına düşen emisyon miktarına işletme sırasında limanlarda gemilerin saldığı emisyon miktarı da eklendiğinde birim başına ciddi emisyon miktarı kaçınılmaz olacaktır. Bu çalışmada limanlardaki operasyonel performansın optimize edilebilmesi ve nakliye sürecinde araçların ve gemilerin salgıladığı emisyon oranlarının düşürülmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada doğrusal programlama kurgulanarak limanlardaki operasyon süresinin minimize edilmesi hedeflenmiştir ve gerekli bulgular üzerinde değerlendirmeler yapılmıştır. Sürecin iyileştirilmesi için gereken faktörler ve bu faktörlerin sonuca etkisi hesaplanmıştır. Bulgular doğrusal programlamada çalıştırılarak operasyon süresi ve böylelikle emisyon miktarı minimize edilmesi hedeflenmiştir. Bulgular çerçevesinde emisyon miktarında düşüş sağlanmış olup PCC terminallerinde emisyon miktarının iyileştirilmesi için gereken uygulamalar hakkında önerilerde bulunulmuştur.

Ağustos 2020, 93 sayfa.

Anahtar kelimeler: RO-RO, PCC, PCTC, Emisyon, Operasyon, Verimlilik.

SUMMARY**Ph.D. THESIS****Mehmet Özgür GÜNERİ****İstanbul University-Cerrahpaşa****Institute of Graduate Education****Department of Marine Transportation Management Engineering****Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Gökhan KARA**

The finished vehicle logistics transportation is mainly made by PCC type RO-RO vessels. Therefore, operational performance at RO-RO ports are thus important both in terms of emissions of new vehicles as well as emissions from ships during loading and unloading operations. It should be kept in mind that the amount of emissions emitted by vehicles during the transportation process constitutes a very small amount of the total amount released to the nature during the loading and unloading operations. The serious emission amount per unit will be inevitable when the amount of emission emitted by the vessels in ports during operation is added to the amount of emissions per vehicle loaded. In this study, it was aimed to minimize the operation time in ports by constructing a linear programming and evaluations were made on the necessary findings. The factors required for the improvement of the process and the effect of these factors on the result were calculated. By operating the findings in linear programming, it is aimed to minimize the operation time and thus the amount of emission. Within the framework of the findings, the amount of emission was reduced, and recommendations were made about the practices required to improve the emission amount at PCC terminals.

August 2020, 93 pages.

Keywords: RO-RO, PCC, PCTC, Emission, Operation, Productivity

1. GİRİŞ

Dünyada otomotiv üretimi yapan ülkelerin sınırlı sayıda olmasından dolayı, diğer ülkelerin taleplerini karşılamak için otomotiv ihracat ve ithalatının oluşturduğu bir pazarda söz sahibi olabilmeleri gerekmektedir. Bu ülkelerin otomotiv üretim sektörüne yatırım yapmaları ve mevcut pazardan pay alabilmeleri oldukça büyük maliyetlerin yanı sıra çaba ve bilgi gerektirmektedir. Otomotiv üretimi yapmayan ülkeler otomotiv taleplerini ithalat yaparak gerçekleştirmektedirler. Ülkeler arası otomotiv ithalat ve ihracatının yapılabilmesi için belirli talep noktaları olması gerekmektedir. Yeni araçların talep noktaları olan pazarlara ulaştırılmasında deniz yolu, kara yolu ve demir yolu en çok kullanılan ulaştırma sistemleridir.

Dünyadaki bitmiş araç lojistiği taşımacılık şekilleri oransal olarak incelendiğinde bu taşımacılık şekilleri arasında en büyük pay deniz yolu taşımacılığındadır. Bitmiş araç lojistiğine bakıldığında yeni üretilmiş binek ve hafif ticari araç nakliyesinin %90'lık kısmının denizyolu ile yapıldığı görülmektedir [1]. Özellikle deniz yolu taşımacılığı ölçek ekonomisi temelli bir ulaştırma/taşıma şekli olduğundan uluslararası taşımalarda yüksek oranda tercih edilmektedir. Diğer taşıma türlerine göre avantajlı olmasının sebebi birim maliyeti düşük büyük hacimdeki yüklerin aynı anda taşınabilmesidir [2]. Denizyolu taşımacılığı kara taşımaya oranla 3,5 kat, demiryolu taşımaya oranla 7 kat, havayolu taşımaya oranla ise 22 kat daha ucuz maliyetle taşımacılığa imkan verdiği için günümüzde en çok tercih edilen taşımacılık şekillerinden biridir. Karşılaştırıldığı zaman ulaşım sürecinin diğer taşımacılık modellerine göre nispeten daha uzun transit süresi olsa da sağladığı navlun avantajı her geçen gün denizyolu ticaretine olan talebin artmasına sebep olmaktadır [2].

Bitmiş araç lojistiğinde en önde gelen taşıma şekli denizyolu taşımacılığı olduğu bilinmekte ve bu taşımalar PCC yani Pure Car Carrier adı verilen sadece araba taşıyıcısı olarak adlandırılan gemi tipleriyle yapılmaktadır. Farklı ebatlara sahip bu gemiler ortalama 1.000 ile 7.000 araç kapasitesine sahip gemilerdir. Her geçen gün denizyolu taşımacılığının artması gemi kaynaklı çevresel etkileri de beraberinde getirmektedir. Araçların fabrikalarda üretimden sonra limanlara getirilmesi demiryolu ya da karayolu ile yapılmaktadır. Bu süreçlerde emisyon miktarının artmasına etki eden süreçlerdir.

Bunun yanında limanlara getirilen araçların yüklemesi ve boşaltılması sürecinde liman alanlarında kat ettikleri mesafe; diğer yardımcı araçların oluşturduğu emisyonlar ve bu araçların operasyonu sırasında servis alan gemilerin beklemeden kaynaklı ortaya çıkardıkları emisyon miktarları endişe yaratmaktadır. Bu taşımacılık süreçlerinden kaynaklanan çevresel etkiler her geçen gün artmaktadır.

Günümüzde otomotiv pazarları incelendiğinde, ortalama pazar talebinin 90 milyon adedi geçtiği görülmektedir. Bu pazarların bölgelere göre oranlarına bakıldığında ise en büyük pazarın %30 ile Çin'dir. Avrupa- Ortadoğu pazarının %24,2, Kuzey Amerika'nın %22,2, Asya-Pasifik'in % 11,4, Japonya'nın % 5,5 ve Güney Amerika'nın ise % 4,6'lık bir pazar payına sahip olduğu görülmektedir [3].

1950'li yıllardan sonra ekonomi gelişmiş, endüstri artmış otomotiv pazarı gelişmiş, yeni fabrikalar oluşmuş ve tüm ulaştırma sistemleri içerisinde ulaştırmadan kaynaklanan çevre kirliliği önem kazanmaya başlamıştır. Dünya ticareti dolayısıyla taşınma ve nakliye faaliyetlerinin çevreye etkisi her geçen gün artmaktadır. Yaklaşık olarak dünyada çevresel emisyonların %16,5'u ulaştırmadan kaynaklı emisyonlardan oluşmaktadır [4].

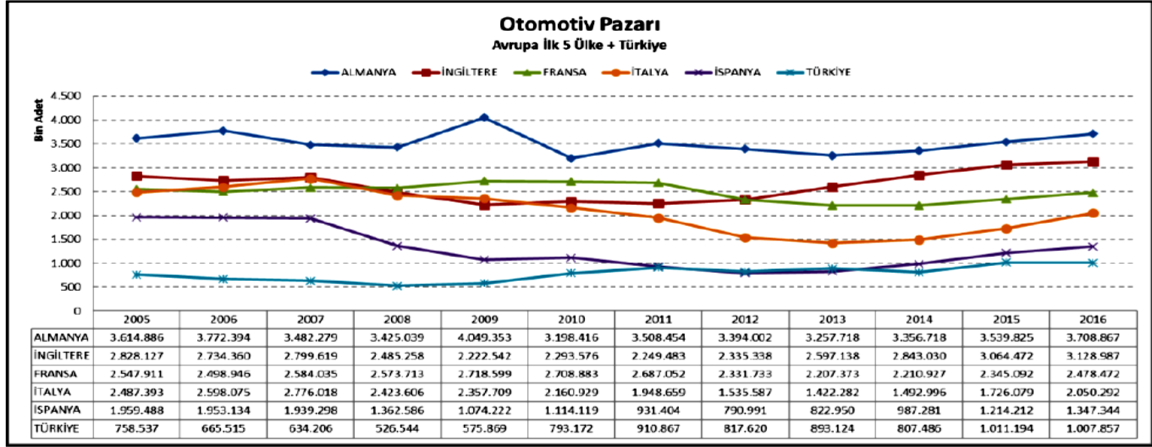
Ulaştırmadan kaynaklı mevzuatlar her geçen gün önem kazanmaktadır. Deniz ve kara taşıtlarına uygulanan emisyon önlemleri her geçen gün daha da sıkılaştırılmaktadır. Araçlardaki emisyon miktarları Avrupa standartlarında denetleme gelmiş, günümüzde 2015'ten bu yana yeni üretilen araçlarda Euro-6 standardına uygun motor kullanımı zorunlu hale getirilmeye başlanmıştır [5].

Deniz taşımacılığında da aynı önlemler Uluslararası Denizcilik Örgütü tarafından denetlenmeye alınmış özellikle 2015 senesinden bu yana önce Sülfür Emisyonu Kontrol Bölgesinde başlayan uygulamalar 2020 yılının başında bütün dünyada uygulamaya geçmiştir.

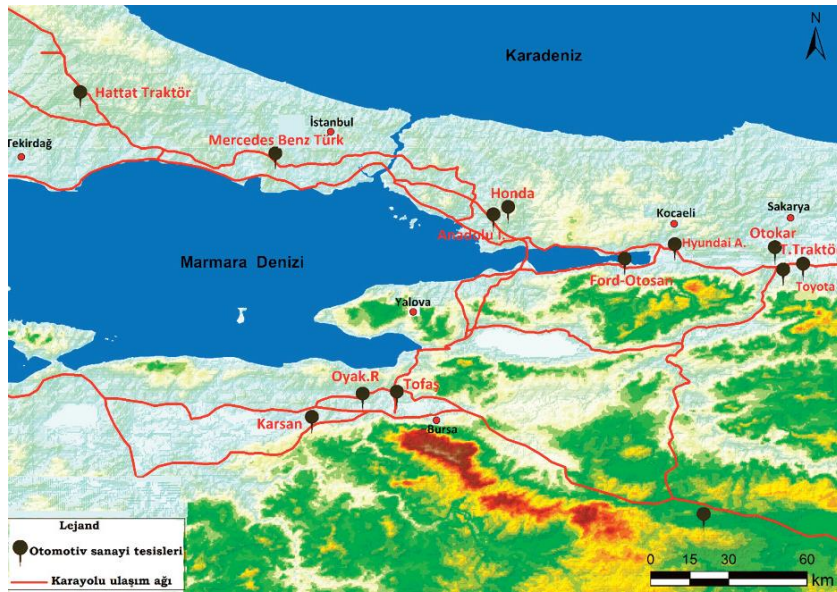
Türkiye'nin bir numaralı ihracat kaynağı olan Otomotiv Endüstrisi her geçen gün Türkiye'de ve dünyada gelişmeye devam etmektedir. Organization of Motor Vehicle Manufacturers [6] verilerine göre; dünyada 2016 yılında 94.976.569 adet binek ve hafif ticari araç üretilmiştir. Bunların 72.105.435 adedi binek araç, 22.871.134 adedi ticari araçlardan oluşmaktadır.

Türkiye'de Otomotiv Sanayi Derneği'nin Otomotiv Sektörü Aylık Değerlendirme Raporu [7]'na göre; üretim adedi binek araçlarda 950.888 adet, ticari araçlarda 535.039 adet olmak

üzere 1.485.927 adede ulaşmıştır. European Automobile Manufacturers Association [8] verilerine göre Türkiye, otomotiv üretiminde dünyada 14.sırada Avrupa’da ise; Almanya, İspanya, Fransa, İngiltere, Çek Cumhuriyeti’nin ardından 6.sırada gelmektedir. Türkiye Otomotiv Pazarına bakıldığı zaman ise; Türkiye 1.007.857 adetle Avrupa’nın en önemli 6. Pazarıdır [8].



Şekil 1.1: Otomotiv Sanayi Derneği [7]



Şekil 1.2: Türkiye’deki Otomotiv Üreticilerinin Coğrafi Dağılımı [9]

Şekil 1.2 de görüldüğü üzere Türkiye’de otomotiv üreticileri ağırlıklı olarak İzmit Körfezi Bölgesi ve çevresinde konumlanmaktadır. Bunun en önemli sebeplerinden biri limanlara yakın olup nakliye maliyetlerinin düşürülmesi hedeflenmiş olmasıdır.

İhracat ve ithalat rakamları Türkiye’de yıllık iki milyon adetten fazla bir araç hareketi olduğunu göstermektedir. Günümüzde trafikte tescilli araç sayısının yirmi üç milyon adet olduğu düşünüldüğünde nihai kullanıcıya ulaşmadan önce limanlarda elleçlenen araç sayısının karbondioksit emisyon hacmine olan etkisi, göz ardı edilemeyecek bir orandadır [10].

Üretilen araçların nihai kullanıcıya varmadan önceki nakliye süreçleri, ağırlıklı olarak ülkeler arasında PCC ve PCTC (Pure Car Carrier ve Pure Car and Truck Carrier) gemileriyle yapılmaktadır. Bundan dolayı, nakliye esnasında gerek bu araçların gerekse PCC gemilerinin karbondioksit salınım oranlarında PCC Limanlarının operasyonel performansı çok büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada operasyonel performansın ölçümü ve operasyon sürecindeki emisyon salınımının miktarı formüle edilip, operasyonel verimliliğin karbondioksit emisyon hacmine etkisi bulunacaktır. Farklı limanlarda yapılan saha çalışmaları ve uygulanan Doğrusal Programlama ile PCC Limanlarındaki operasyonel performansın iyileştirilmesi ve bu sayede yeni üretilmiş binek araçların nihai alıcıya ulaştırılması sürecinde limanlardaki emisyon miktarının düşürülmesi hedeflenmiştir.

1.1. ÇALIŞMANIN AMACI

Günümüzde yeni üretilmiş otomobil ve hafif ticari araçların ülkelere ithalat ve ihracatları ağırlıklı olarak gemiler ile yapılmaktadır. Bunun en büyük sebebi hem karayolu hem de demir yolu taşımacılığına oranla maliyetlerin daha düşük olması ve aynı anda daha çok aracın taşınabilmesine fırsat vermeleridir.

Gelişen ve kalabalıklaşan dünya nüfusunun her geçen gün daha temiz bir doğaya ve daha yeşil bir yeryüzüne olan ihtiyacı artmakta olup; gelecek nesillere daha yeşil bir doğa bırakabilmek için hemen her sektörde kuruluşlar çalışmalar yapmakta; örgütler ve kuruluşlar denetimleri arttırıp yaptırımlar uygulamaktadırlar. Yeni üretilmiş araçların nihai sahiplerine ulaşmadan önceki süreçte dahi çevreye karbondioksit salgılamaktadır. Bununla birlikte liman operasyonları sürecinde gemilerden salgılanan emisyon miktarının da araç başı ortalamayı arttırdığı tahmin edilmektedir. Bu araçların naklieleri sırasında limanlarda oluşan emisyon miktarının belirlenmesi, bu miktarın nasıl asgariye indirilebileceğinin araştırılması bu çalışmanın ana hedefini oluşturmaktadır.

1.2. ÇALIŞMANIN KAPSAMI

Bu çalışma sürecinde Dünya’da ve Türkiye’de Otomotiv sektörü ve Deniz taşımacılığı hakkında detaylı bilgiler verilmiştir. Ayrıca limanlar ve terminallerin farklılıkları değerlendirilmiştir. PCC-PCTC (Pure Car Carrier ve Pure Car and Truck Carrier) terminalleri ve Türkiye ile Dünya limanları hakkında bilgiler verilerek örneklendirilmiştir. Bu limanlardan toplanan veriler yorumlanmıştır.

Otomotiv sektörü hakkında istatistiki bilgiler ile gemi ve araç emisyonu konularında dünya çapında uygulamalar değerlendirilerek, elde edilen veriler yardımıyla emisyon miktarının önemi anlatılmıştır. Doğrusal Programlama kullanılarak operasyon sürecinin asgariye indirilmesi sağlanmıştır. Elde edilen verilerle liman operasyon süreci ve karbondioksit miktarı minimize edilerek emisyon miktarının düşürülmesi hedeflenmiş olup, ulaşılan sonuçlar yorumlanarak literatüre katkı sağlanmıştır.

1.3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Liman, PCC RO-RO terminalleri, RO-RO operasyonlarında ve terminallerinde verimlilik, limanlarda performans ve liman işletme uygulamaları üzerine literatür taraması yapılmıştır. Bu konularla ilgili yapılan çalışmalar aşağıda belirtilmiştir.

Saurí ve diğ. [11], RO-RO terminallerinin deneysel esnekliğinin analizi konusu üzerinde yaptıkları çalışmalarında düzenli deniz nakliyesi hizmeti veren RO-RO gemilerinin maliyet artışı yapmadan rekabetçi olabilmeleri için güvenilir hizmet vermeleri gerektiğini belirtmiştir. Terminallerin, oluşabilecek operasyonel aksaklığa minimum sürede karşılık verip, düzgün çalışabilme durumuna geri dönmeleri gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca, RO-RO terminallerinde operasyonel performansın devreden çıktığı durumlarda yapılması gereken işlemler ve alınması gereken önlemler bir performans değerlendirme sistemiyle sunulmuştur. Çalışma, terminal operasyonel süreçlerinin ayrıntılı diyagramı ve RO-RO terminallerinde sürece dahil olan personelle yapılan kapsamlı röportaj çalışmasına dayanmaktadır. Temel eksiklikler belirlenmekte ve önleyici tedbirler belirtilmektedir. Çalışmada, yükleme ve tahliye süreçlerin şemaları örnek alınmıştır. Araştırma sonunda, operasyonel aksaklıkların nedenleri sıralanmıştır. Sonuç olarak, gemi varışlarındaki aksaklıkların ve operasyonel sürecin başlamasındaki gecikmelerin terminal operasyonlarındaki genel sorunlar olduğu bildirilmiştir.

Fusco ve diğ. [12] tarafından yapılan kalite belirleyicileri ve RO-RO terminallerinde kapasite hesaplaması konulu çalışmada, dünyada her geçen gün RO-RO trafiğinin arttığı ve bunun bir sonucu olarak RO-RO terminallerinin kapasitelerinin artması gerektiği vurgulanmıştır. Yeni bir RO-RO terminali inşaatı ya da RO-RO terminalinin genişletilmesi planlamasından önce performans ve kapasite artırımı için gerekli kalite şartlarının sağlanması gerektiği belirtilmiştir. Çalışma, RO-RO terminalleri için kalite ve kapasite göstergelerini tahmin etmek üzerine kurgulanmıştır. Çalışmada, gemi operasyon süreci ve kargo operasyon süreci hesaplamalarından faydalanılmıştır. Yollu [13], kalite standartlarının örnek bir liman işletmesine uygulanması ve iyileştirme üzerine hazırlanan çalışmada, liman ve konteyner terminalleri anlatılmıştır. Limanların, performans ölçüm tekniklerinden ve verimlilik konuları incelenmiştir. Limanlar fonksiyonlarına, işlevlerine, verilen hizmete göre sınıflandırılmıştır. Verimlilik ölçümü, gemi ve posta verimi olarak sınıflandırılarak formüle edilmiştir. Çalışma, konteyner limanlarındaki kalite standartları odaklı olduğundan, sadece genel tanımlamalardan faydalanılmıştır. Çalışmada verimlilik ile ilgili alıntılar yapılmıştır. Çağlar [14]'ın liman verimlilik ve etkinlik ölçme yöntemlerinin analizi konulu çalışmasının amacı, verimlilik ve etkinlik kavramlarının içeriklerini inceleyerek farklı ulusal ve uluslararası çalışmaların örnek ölçme yöntemlerinin karşılaştırmasıdır. Çalışmada, limanların etkinliklerinin ve verimliliklerinin ölçülmesine yönelik bugüne kadar gerçekleştirilen yöntemlerin değerlendirilmesi için yapılan literatür araştırmalarının kronolojik incelemesi yapılmıştır. Köseoğlu [15], limanlarda tasarım, planlama ve modelleme süreçlerinde kullanılan yöntem ve teknikler üzerine bir literatür araştırması konulu çalışmasında, kıyı tesislerinin planlaması/ tasarımı, liman terminallerinin planlaması, liman tasarımı ve planlaması, liman modelleme ve liman modellemelerinin kullanım alanları hakkında literatür taraması yapmıştır. Liman planlama, tasarımı ve modellemesi hakkındaki çalışmalarda, başlangıçta ağırlıklı olarak karar verme, politika belirleme ve durum analizi gibi konularda yoğunlaşmıştır. Çalışmada son yıllarda matematiksel modellerin ağırlıklı olarak kullanılmaya başlandığını ifade edilmiştir. Aksoy [16]'un, RO-RO terminalleri için simülasyon modellemesi konulu çalışmasında, RO-RO terminalleri için örnek bir simülasyon modeli oluşturulması amaçlanmıştır. RO-RO taşımacılığı ve RO-RO gemileri hakkında detay verildikten sonra simülasyonun amacı, avantajları, dezavantajları ve kullanılan Arena programının kullanılma sebepleri belirtilmiştir. Ayrıca RO-RO taşımacılığının genel yapısı, Türkiye'deki ve dünyadaki gelişimleriyle birlikte güncel durumları, tır ve dorse taşımacılığının yapıldığı RO-RO terminallerinde operasyon sürecinde oluşabilecek sıkışıklıklar incelenerek çözüm yolları sunulmaya çalışılmıştır.

Danışman [17]'in, Türkiye'de liman çevre yönetimi ile ilgili düzenlemeler konulu çalışması kapsamında, limanlarda çevre kirliliğine neden olan sebepler ve limanların çevresel etkilerinin kontrolüne yönelik olarak uygulanan ulusal ve uluslararası uygulamaları incelemiştir. Çevre yönetim sistemlerinin ancak düzenli hale getirilmesiyle limanların devamlılıklarının ve diğer limanlarla rekabet edebilir düzeyde tutulabilmesinin mümkün olabileceğini belirtmiştir. Durmaz [18]'in, bir feribottan yayılan egzoz emisyonlarının deneysel ve teorik olarak incelemesi konulu çalışmasında, gemilerden yayılan egzoz emisyonlarının türleri hakkında bilgi vererek egzoz emisyonlarının teorik ve deneysel olarak genel incelemesinden bahsetmiştir. Feribottan yayılan emisyonlar ve değişik yük gruplarında emisyon sonuçlarına etkileri hakkında hesaplamalar yapılmıştır. Marmara Denizi'nde yolcu ve araç taşımacılığı yapan tipik bir feribottan yayılan egzoz emisyonları deneysel metotlar ile belirlenmiştir. Sonuçlar, IMO kriterleriyle karşılaştırılmıştır. Hülagü [19]'nün, RO-RO taşımacılığı ve Türkiye'deki uygulamalar konulu çalışmasında, ülkemiz ticaretinin en önemli unsurları olan denizyolu yük taşımacılığı, kombine taşımacılık ve bunun bir kolu olan RO-RO taşımacılığının Türkiye'deki durumu hakkında detaylı bilgi vermiştir. RO-RO tanımı, gemi detayları, taşınan yük cinsleri hakkında bilgi verilmiştir. Türkiye'deki RO-RO taşımacılığının geçmişi hakkında genel bilgi verilip, gelecek için tavsiyelerde bulunulmuştur. Tırlarla taşınan kombine yüklemeler ve aynı zamanda feribot hizmeti veren RO-RO firmaları hakkında detaylı bilgi sunulmuştur. Kâtip ve diğ. [20]'nin otomotiv sektörünün çevresel açıdan değerlendirilmesi ile ilgili araştırmada, otomotiv sanayiinden kaynaklanan çevresel etkiler ve otomotiv kullanımının çevresel etkileri anlatılmıştır. Türkiye'de yapılan, çevresel etkileri azaltmayı amaçlayan çalışmalara yer verilmiştir.

Ötken ve Gümüşay [21]'in, Karayolunda hareket halindeki araçların yaydıkları emisyonların analizi için CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi)'de ara yüzlerin hazırlanması konulu araştırmasında, taşıt ve egzoz emisyonu etkilerinin açıklamasını yapmışlardır. CBS'nin tanımı, taşıt emisyonları analizindeki yeri ve önemine anlatılarak emisyon verilerinin CBS ortamında analizi yapılırken çeşitli ara yüzlerin programa nasıl ilave edilip kullanılacağı belirtilmiştir.

Özkan [22]'nin, RO-RO terminallerinin simülasyon modellemesi yöntemi ile kapasite analizleri ile ilgili çalışmasında, RO-RO taşımacılığı tarihi, avantaj ve dezavantajları, RO-RO gemi tiplerinin tarihsel gelişimi ve farklı RO-RO tipleri anlatılmıştır. Bahse konu çalışmada, RO-RO işletmeciliğinin en büyük sorunlarından biri olan terminal kapasiteleri sorunu incelenmiştir. Araçlar için tahsis edilen alan sıkıntısının çözümlenebilmesi için tahsis edilecek

alanın sistematik bir şekilde incelenip hesaplanması gerektiği savunulmuştur. RO-RO taşımacılığı ile ilgili liman operasyonları literatürden ve sahada yapılan çalışmalar ile incelenmiştir. RO-RO terminallerinin bazı senaryolar eşliğinde simülasyon yöntemi kullanılarak kapasite analizleri yapılmıştır. RO-RO gemilerinin taşıma kapasitesi, terminaller arası mesafe ve terminale gelen araç sayısı değişkenlerinin, terminallerdeki kapasite kullanımına etkileri analiz edilmiştir. Uyumaz ve diğ. [23]'nin taşıt egzoz emisyonlarını azaltma yöntemlerindeki gelişmeler konulu araştırmada, egzoz gazlarının çevreyi ve insan sağlığını tehdit ettiğini belirtmişlerdir. Öncelikle taşıt kaynaklı emisyon türleri detaylandırılmış ve zararları anlatılmıştır. Çeşitli emisyon azaltma yöntemleri anlatılıp, emisyon azaltma yöntemlerindeki günümüz düzenlemeleri incelenmiştir. Taşıtlardan kaynaklı egzoz emisyonları anlatılmış, egzoz gazlarının emisyonlarını azaltmayı hedefleyen yöntemleri literatür taramasında incelemiş ve güncel teknolojileri araştırmışlardır. Emisyonu azaltabilmek için farklı yakıtların kullanılabileceği hatta emisyonu sıfıra düşürebilmenin elektrikli taşıtlarla mümkün olduğu belirtilmiştir. Yıldırım [24]'ın, RO-RO taşımacılığında yer seçimi problemine yönelik bir çözüm geliştirilmesi konulu çalışmasında RO-RO Hizmetleri ve RO-RO taşımacılık maliyetleri hakkında bilgiler verilerek, RO-RO taşımacılığının teknik analizleri yapılmıştır. RO-RO terminallerinde yer seçimi problemi üzerine olan bu çalışmada, İstanbul için alternatif Ambarlı, Kavaklı ve Silivri limanlarını inceleyerek İstanbul için RO-RO taşımacılık modeli sunulmuştur. Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi ile yapılan değerlendirmeler sonucunda, bu alternatif limanlar arasından en yüksek puanı alan Ambarlı RO-RO limanı olarak belirtilmiştir. Verilen örneklerde, Pendik Limanı ve UN-RO-RO şirketleri incelemiştir. Yapılan bu çalışmada, daha çok tır taşımacılığının yapıldığı kombine taşımacılığın deniz kısmı ele alınmıştır.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE OTOMOTİV SEKTÖRÜ

Otomotiv sektörü gerek üretim sürecinde gerekse nihai kullanıcının kullanımını sürecinde yarattığı istihdam gücünden, birçok yan sektöre verdiği katkılardan ve ülkelere sağladığı vergi getirilerinden dolayı günümüz ticaretinin lokomotif sektörü sayılmaktadır.

Tablo 2.1' de gösterilen OSD değerlendirme raporuna göre, 2017 yılında dünyada 72,66 milyon binek, 20,22 milyon adet hafif ticari olmak üzere toplam 92,88 milyon araç üretilmiştir. Bu üretimin %30' u Çin, %23'ü Avrupa, %18'i Kuzey Amerika, %14'ü Japonya ve Kore, %8'i Güney Asya ve %3'ü Güney Amerika ve %3 lük kısmı da Ortadoğu ve Afrika' da üretilmektedir. Üretim bazında ülkeler incelendiğinde, Çin, Amerika ve Japonya otomobil ve hafif ticari araç toplamalarında üretim bazında büyük farkla ilk üç sırayı almaktadırlar [7]

Tablo 2.1: Ülkeler Bazında Dünya Otomotiv Üretimi [7]

Dünya 2016	Dünya 2017	AB 2016	AB 2017	Toplam Üretim	2016	2017	Değişim 17/16
1	1			Çin	28.118.794	29.015.434	%3
2	2			ABD	12.180.301	11.189.985	-%8
3	3			Japonya	9.204.813	9.693.746	%5
4	4	1	1	Almanya*	5.746.808	5.645.581	-%2
5	5			Hindistan	4.519.341	4.782.896	%6
6	6			Güney Kore	4.228.509	4.114.913	-%3
7	7			Meksika	3.600.365	4.068.415	%13
8	8	2	2	İspanya	2.885.922	2.848.335	-%1
10	9			Brezilya	2.156.356	2.699.672	%25
11	10	3	3	Fransa**	2.090.279	2.227.000	%7
9	11			Kanada	2.370.656	2.199.789	-%7
12	12			Tayland	1.944.417	1.988.823	%2
13	13	4	4	İngiltere	1.816.622	1.749.385	-%4
14	14	5	5	Türkiye	1.485.927	1.695.731	%14
16	15			Rusya	1.303.544	1.551.293	%19
17	16			İran	1.282.172	1.515.396	%18
15	17	6	6	Çek Cumhuriyeti	1.349.896	1.419.993	%5
18	18			Endonezya	1.177.797	1.216.615	%3
19	19	7	7	İtalya	1.103.305	1.142.210	%4
20	20	8	8	Slovakya	1.040.000	1.001.520	-%4

Avrupa üretiminde ise toplam 19.6 Milyon araçlık üretimin ağırlıklı olarak Almanya, İspanya, Fransa, İngiltere, Çek Cumhuriyeti'nde yapıldığı görülmektedir. Hafif ticari araçlar dahil edildiğinde Almanya 6.173.938 adetle Avrupa üretiminin %31,5'ünü, İspanya 2.927.066 adetle %15,4'ünü, Fransa 2.290.696 adetle %11,7'sini, İngiltere 1.730.961 adetle %8,8 ve Çek Cumhuriyeti'nin de 1.419.993 adetle %7,2 si karşıladığı görülmektedir [7].

Türkiye'ye bakıldığında üretim merkezlerinin İzmit Körfezi ve çevresinde yer aldığı dikkat çekmektedir. Bunun en büyük sebebi Otomobil Lojistiğinin ağırlıklı olarak PCC tipindeki RO-RO gemileriyle yapımlarından ötürü nakliye sürelerinin düşürülüp nakliye maliyetlerinin kısılabilmesi adına limanlara yakın yerlere planlanmalarından kaynaklanmaktadır [7].

Türkiye'de 2005 yılından bu yana otomotiv sektöründe olan gelişim ve yabancı firmaların Türkiye'ye yaptıkları yatırımlar sayesinde artan üretimin yanı sıra tecrübe ve bilgi kazanımına sebep olmuştur. Türkiye üretim adedi olarak dünyada 14. Avrupa'da 5. olarak çok önemli bir yere sahiptir. OSD (2017) değerlendirme raporuna göre Dünya Otomotiv Üretiminin (92,88 milyon adet) %2'lik bir kısmının Türkiye'de gerçekleştiği belirtilmektedir. Türkiye'nin Otomotiv pazarının içerisinde iç pazarından dolayı önemli bir konuma sahiptir. Türkiye iç pazarı Dünya'da 1 milyon adede yakın olan pazar payıyla dünyada en büyük 18. ülke konumundadır [7] (Tablo 2.2).

Tablo 2.2: Ülkeler Bazında Dünya Otomotiv Pazarı [7]

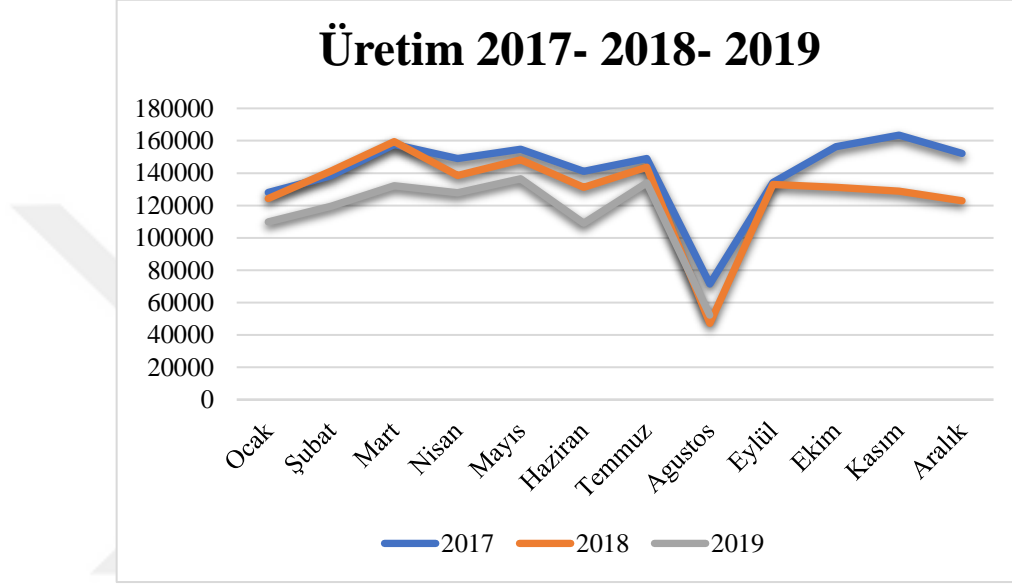
Dünya 2016	Dünya 2017	AB 2016	AB 2017	Toplam Pazar	2016	2017	Değişim 17/16
1	1			Çin	28.028.175	29.122.531	%4
2	2			ABD	17.865.773	17.583.842	-%2
3	3			Japonya	4.970.260	5.238.888	%5
5	4			Hindistan	3.669.277	4.017.539	%9
4	5	1	1	Almanya	3.708.867	3.811.246	%3
6	6	2	2	İngiltere	3.123.755	2.955.182	-%5
7	7	3	3	Fransa	2.478.472	2.604.942	%5
8	8			Brezilya	2.050.321	2.238.915	%9
9	9	4	4	İtalya	2.050.292	2.190.403	%7
10	10			Kanada	1.983.745	2.077.000	%5
11	11			Güney Kore	1.823.041	1.798.796	-%1
13	12			İran	1.448.500	1.718.565	%19
14	13			Rusya	1.404.464	1.602.270	%14
12	14			Meksika	1.647.723	1.570.764	-%5
15	15	5	5	İspanya	1.347.344	1.451.089	%8
16	16			Avustralya	1.178.133	1.188.677	%1
17	17			Endonezya	1.048.135	1.060.894	%1
18	18	6	6	Türkiye	1.007.857	980.394	-%3
20	19			Arjantin	709.482	900.403	%27
19	20			Tayland	768.788	873.506	%14

Tablo 2.2 Türkiye Otomotiv pazarının dünyadaki önemini belirtmektedir. Son 3-4 yıl içerisinde ihracat rakamları %6 ve genel üretim %3 oranında artmıştır. Dış pazardaki bu istikrar iç pazarda henüz sağlanamamıştır. Bu durum Türkiye ve Dünyada aynı seviyede görülmektedir. Bunun nedeni ise otomobil satışlarının lüks tüketim ürünü olarak düşünülmesi ve ekonomik krizlerin satışlarda oluşturduğu dalgalanma olarak bilinmektedir. Dünyada ve ülkemizde yaşanan 2008 krizi en fazla otomotiv sektöründe dalgalanmaya neden olmuştur. Otomotiv Sanayi Derneği 2018 verilerine göre dövizdeki dalgalanma Türkiye pazarının 2018 senesinde %35 civarı

daralmasına neden olmuştur [7]. Türkiye pazarının detaylı üretim rakamları Tablo 2.3 ve Şekil 2.1’de gösterilmektedir.

Tablo 2.3: Türkiye’de Otomotiv Üretimi Aylık Rakamlar [7]

Üretim	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Agustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
2,017	128,121	138,369	157,729	149,020	154,758	141,161	148,974	71,463	134,247	156,303	163,460	152,146	1,695,751
2,018	124,347	141,372	159,464	138,504	148,304	131,194	143,760	47,175	132,931	131,231	128,875	122,993	1,550,150
2,019	109,871	119,473	132,189	127,913	136,517	109,116	133,883	52,242					921,204

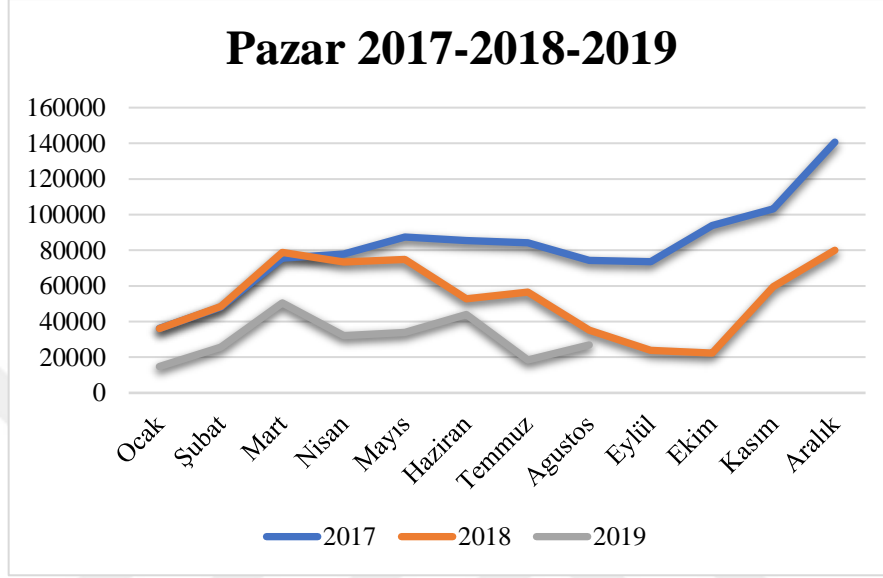


Şekil 2.1: Türkiye’de Otomotiv Üretim Gelişimi [7]

Şekil 2.1 ve Tablo 2.3 de de görüleceği üzere Türkiye’deki yıllık üretim adetlerinde son 3 yılda önemli farklılıklar bulunmamaktadır. Ağustos aylarında görülen düşüşlerin sebebi fabrikaların küresel anlamda kapalı olmasından kaynaklanmaktadır. Üretimdeki %6’lık düşüş, farklı firmaların yeni modele geçmemelerinden dolayı gelen taleplerin yıl bazında düşmesi ve bazı firmaların üretimlerini farklı ülkelere geçirmelerinden kaynaklanmaktadır. Ancak önümüzdeki yakın döneme bakıldığında zaman, farklı üreticilerin yapmayı taahhüt ettiği yatırımlar ve üretim hatlarına girecek yeni kasa üretimleri ile bu rakamların tekrardan yükselişe geçeceği düşünülmektedir [7].

Tablo 2.4: Türkiye Otomotiv İç Pazar Aylık Satışları [7]

Pazar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Agustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
2,017	36,148	48,141	75,581	77,849	87,476	85,416	84,189	74,278	73,602	93,789	103,125	140,657	980,251
2,018	36,053	48,392	78,871	73,391	74,762	52,700	56,450	35,174	23,933	22,315	59,495	80,005	641,541
2,019	14,775	25,612	50,472	32,088	33,979	43,943	18,386	26,862					246,117

**Şekil 2.2:** Türkiye Otomotiv İç Pazar Satışları Gelişimi [7]

Şekil 2.2 ve Tablo 2.4 iç pazardaki gelişmeleri göstermektedir. 2017 yılında otomotiv satışlarında artış görülmüştür. Fakat 2018 yılında özellikle kurlardaki yukarı yönlü oynama satışlardaki düşüşün başlangıcı olmuştur. 2018 yılı iç pazar satışları 2017 yılına oranla %35'lik bir düşüş yaşamıştır. 2019 yılında devam eden bu düşüşün sebebi yine kur artışından kaynaklanan alma gücünün aynı oranda artış gösterememesinden kaynaklanmaktadır. Türkiye'de 1.6 Litre ve daha düşük motorlu araçlar iç piyasa satışlarının %95'ini oluşturmaktadır. Ayrıca Türkiye'deki iç Pazar satışlarının %65'si filo yani uzun dönem kiralama yapan şirketlerin satın aldığı araçlardan oluşmaktadır. Kur artışı, ÖTV ve KDV de artışa sebep olmuş bu da uzun dönem araç kiralamalarında büyük düşüşlere sebep vermiştir [7].

İç pazar değerlendirilirken detaylandırılması gereken iki önemli husus bulunmaktadır. Bunlardan birincisi enflasyondaki gelişmeler, ikincisi ise kurdaki değişiklikler olmalıdır. İç pazardaki düşüşün temel etkenleri daha detaylı incelediğimizde şu konular göze çarpmaktadır. Enflasyon 2017 senesinde stabil bir seviye izlemişken, 2018 Nisan ay ile dalgalanmalar başlamıştır. Bu aynı zamanda kurlardaki oluşacak dalgalanmaların da habercisi durumundadır. 2017 senesinde %11,92 seviyesinde olan enflasyon oranı Nisan 2018'de yükselmeye başlamış

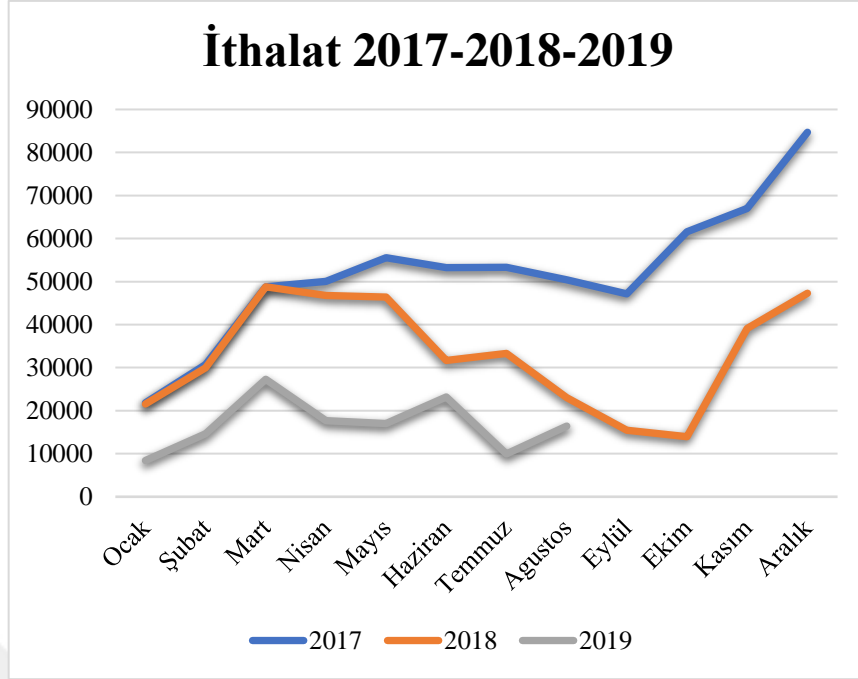
ve Ekim 2018’de %25,2 ile son yılların en yüksek seviyesine gelmiştir. 2017 yılında görünen istikrar 2018’de yerini ekonomik dalgalanmalara bırakmıştır [25]. Aynı etki kurda da görülmektedir. Nisan 2018’ başlayan dalgalanma Eylül 2018’ tavan yapmış, akabinde her ne kadar TL Euro karşısında değerlenmeye başlasa da 2017 seviyelerine geri dönmesinin mümkün olamayacağı gözükmiştir.

Hem kurdaki dalgalanmalar hem dövizdeki artış binek araçların Türkiye’de ithalat fiyatlarında ciddi artışlara sebebiyet vermiştir. Kur farkında dolaylı olan artış aynı zamanda ÖTV ve KDV baremlerini de etkilemiş ve perakende araç fiyatları ciddi şekilde arttırmıştır. Bu da genel anlamda hem iç pazarın hem de ithalatın daralmasına sebep olmuştur. İthalat rakamlarındaki düşüşün en büyük sebebi de yine kurlardaki artış ve bu artışın ÖTV basamaklarında artışa da sebebiyet vermesi ve sonuç olarak satış fiyatlarını arttırmasıdır.

Kur farklılıkları ve enflasyonun artışından dolayı binek araçlarda olan fiyat artışlarının azaltmak ve satışların arttırılabilmesi için 2017-2019 dönemi içerisinde mevcut hükümet tarafından birkaç defa ÖTV düzenlemeleri yapılmıştır. Ancak bu düzenlemeler de satışların artmasına yeterince etkili olmamıştır. Bunun da tek sebebi perakende fiyatlarının %106’ ya varan oranlarda artış göstermesinden kaynaklanmaktadır. Ocak ayında satış fiyatı 171.100 TL olan aracın perakende satış fiyatı Eylül 2018’de iki katına çıkmıştır. Araç perakende satış fiyatı Ağustos 2019 ile Ocak 2017 karşılaştırıldığında %76’lık bir fiyat artışı görülmektedir.

Tablo 2.5: Türkiye Otomotiv Aylık İthalat Rakamları [7]

İthalat	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
2,017	21,826	30,668	48,816	50,013	55,582	53,269	53,340	50,439	47,110	61,597	67,015	84,701	624,376
2,018	21,581	29,967	48,784	46,747	46,419	31,637	33,315	23,022	15,443	13,950	39,083	47,318	397,266
2,019	8,422	14,604	27,302	17,685	17,017	23,153	9,942	16,426					134,551

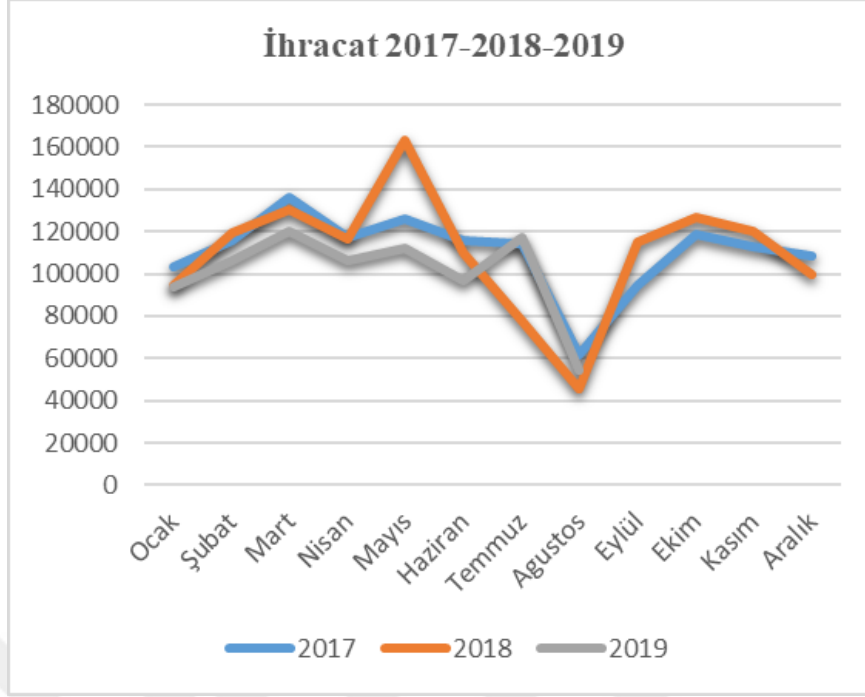


Şekil 2.3: Türkiye Otomotiv Pazarı İthalat Rakamları Gelişimi [7]

Türkiye iç pazar satışlarının %65'i ithal ve %35'i ise yerli üretimden sağlanmaktadır. Şekil 2.3 ve Tablo 2.5 de görüleceği üzere ithalat rakamları 2017 senesinde üst seviyelerdeyken, 2018 Haziran ayından sonra kur artışı nedeniyle düşmeye başlamıştır. Bu düşüşün asıl etkisi armatörler tarafında 2019 sonrası yaşanmaktadır. Stok adetlerinin çok olması araç satışlarının azalması ithalat rakamlarını önceki senelerin 30% seviyelerine kadar düşüreceği 2019 için ön görülmektedir.

Tablo 2.6: Otomotiv Aylık İhracat Rakamları [7]

İhracat	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Agustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
2,017	103,360	116,063	135,965	117,233	125,688	115,966	114,069	61,299	94,748	118,870	112,638	108,550	1,324,449
2,018	94,332	119,604	130,320	116,688	163,225	109,695	77,439	45,919	115,039	127,062	119,851	99,695	1,318,869
2,019	93,760	106,084	120,445	106,004	111,863	96,879	117,266	54,604					806,905



Şekil 2.4: Otomotiv İhracatı Gelişimi [7]

İhracat rakamları üretimle hemen hemen aynı yönde ilerlemektedir. Üreticiler yeni modeller çıktıkça ve yeni yatırımlar yapıldıkça üretimin devamlılığı ve artışı olacağı görüşündedirler. Bununla birlikte iç pazarın küçülmesiyle üretilen fazla araçlar için yeni pazar arayışlarına başlanılmıştır [7].

2.2. OTOMOTİV ULAŞTIRMA YÖNTEMLERİ

Otomotiv taşıması demir yolu, kara yolu ve deniz yolu araçlarıyla yapılmaktadır.

2.2.1. Demiryolu Taşımacılığı

Otomotiv taşımacılığının önde gelen alternatifleri arasında demir yolu taşımacılığı bulunmaktadır [26]. Genelde Avrupa'da yaygın olan bu taşımacılık Türkiye'de de son 2-3 yıldan bu yana Omsan tarafından tercih edilen taşımacılık yöntemi olmaya başlamıştır. Demir yolu taşımacılığının en büyük avantajı yükün liman içinde yüklenecek ithalatçıların stok sahalarına taşınabilmesidir. Ancak burada geliştirilmesi gereken bazı hususlar vardır. Örnek vermek gerekirse hem limanına hem de ithalatçı veya üreticinin üretim merkezlerinde kılçık hatlarla bağlantı sağlanmalıdır. Demiryolu taşımacılığı her ne kadar karayolu taşımacılığına oranla sayı olarak bir seferde 20-25 tırın taşıyabileceği sayıda otomobili taşımasından dolayı avantajlı gözükse de bayilere olan son dağıtımların karayolu ile yapılması, karayolu

taşımacılığının kullanılması gerektiğini vurgulamaktadır [26]. Şekil 2.5 de Omsan firmasının demir yoluyla gerçekleştirdiği taşımaya örnek sunulmuştur.



Şekil 2.5: Omsan Otomobil Treni [27]

2.2.2. Karayolu Taşımacılığı

Otomotivde karayolu taşımacılığı en yaygın taşımacılık türlerinden biridir. Araç taşıyıcı olarak adlandırılan dorselerle 2 kat halinde tırlar yüklenerek taşınması sağlanmaktadır. Genelde bu dorseler otomobillerin boyuna göre 6 ila 8 adet olmak üzere bu tırlara yüklenmektedirler. Daha çok ihracata hazır araçların kısa mesafede limanlara taşınmasında ve limanlara varmış araçların depolara veya nihai bayilere ulaştırılmasında kullanılan bir taşımacılık yöntemidir. Aynı anda taşınabilecek otomobil sayısı dorse adetleriyle sınırlı olduğundan demiryolu ya da deniz taşınması kadar etkili bir taşıma türü değildir.



Şekil 2.6: Autoport Limanı Tırlar

2.2.3. Deniz Yolu Taşımacılığı

Deniz taşımacılığının geçmişi milattan öncesine dayanmaktadır. İlk deniz üzerinde yüzebilen araçların Mısırlılar tarafından M.Ö 3000 yıllarda bulunduğu bilinmektedir [28]. Bu araçlar sal ve içi oyulmuş kayık biçiminde olarak başlamıştır. Sonralarında nehirlerden denizlere ulaşıldığında hareket etme ihtiyacı doğmuş ve bu durum yelkenin bulunmasını beraberinde getirmiştir. Bu da denizciliğin ve balıkçılığın gelişmesine olanak sağlamıştır. Ancak günümüzdeki denizyolu taşımacılığın başlangıcına bakıldığında en yakın denebilecek örneklerin Vikingler zamanından ortaya çıktığı görülmektedir. RO-RO taşımacılığının yüz yıldan daha uzun süreli bir geçmişi bulunmaktadır. 1850'li yıllarda İskoçya'da feribot seferleriyle ilk RO-RO taşımacılığı başladığı bilinmektedir. RO-RO taşımacılığı aynı zamanda karayolu taşımacılığında mesafelerin azaltılması amacıyla da ikinci dünya savaşı sonrası yaygınlaşmaya başlamıştır. Deniz taşımacılığı geliştikçe aynı şekilde gemi tipleri de taşınan kargo cinsine göre şekillenmeye başlamıştır [29].

2.2.4. İntermodal Taşımacılık

Taşımacılık iki ya da daha fazla ulaşım türü arasında ürünleri ilave elleçleme yapmadan aynı taşıma aracı kullanılarak gerçekleştirilmesidir. Diğer bir deyişle yük üzerinde hiçbir işlem yapılmadan birden fazla taşıma modeliyle nihai alıcıya teslim edilmesidir [30].

Fulser [31], kombine taşımacılık ve Türkiye uygulamaları çalışmasında intermodal taşımacılığı: treyler ve konteynerlerin hiç açılmadan karayolu, demiryolu veya denizyolu ile taşınması şeklinde tanımlamıştır. Amaç daha büyük hacimleri nakliye sürecinde taşıyabilmek için farklı taşıma yöntemleri arasında değişme olanağı sağlamaktır. Amaç yüklemeye paketlenip kapatılan ürünün nihai teslim yerinde açılması hedeflenmektedir. Amerika Birleşik Devletleri Ulaştırma Bakanlığı türler arası taşımacılığı, etkin bir şekilde bağlanmış ve koordine edilmiş birden fazla taşıma türleri arasındaki yük hareketi olarak tanımlamıştır [31].

İntermodal taşımacılığın avantajları arasında taşımacılık emisyonunu azaltması ve maliyetlerin daha uygun olmasını sağlaması bulunmaktadır. Aynı zamanda talebe göre farklı teslimat sürelerinin de müşteriye sunulmasını mümkün kılmaktadır. İntermodal taşımacılık kara taşımacılığına kıyasla daha doğa dostu bir taşımacılık yöntemi olduğundan dolayı ekolojik bakımdan da faydalıdır. Bu sebeple de her sene binlerce hektar orman alanının kurtulmasına

da faydası vardır [32]. Karayolu, RORO ve Demiryolundan oluşan bir intermodal taşımacılıktan bahsederken İstanbul'da depodan teslim alınmış bir yükü Haydarpaşa Limanında Trieste Limanına sevkiyatının arkasından yükün demiryolu ile Polonya'daki bir nihai müşteriye ulaştırılması doğru bir örnek olacaktır. Bu da sadece karayolu taşımasıyla gerçekleşecek mesafeyi minimize ederek emisyonda ciddi miktarda bir azalma sağlamaktadır. İntermodal taşımacılıkta diğer önemli husus ise enerji üreten bir aracın başka bir enerji üreten araçla taşınıyor olması olarak belirtilmektedir. Bu durumda otomotiv taşımacılığı demiryolu, karayolu ve deniz yolu olmak üzere bir teslimat süresince farklı enerji üreten araçlarla yapıldığından ötürü intermodal taşımacılığın konusunun kavramı içerisinde gerçekleşmektedir.

2.3. DENİZYOLU TAŞIMACILIĞINDA KULLANILAN GEMİ TİPLERİ

Denizyolu ulaştırmasında farklı yük gruplarının daha etkili bir şekilde taşınabilmesi için geliştirilmiş gemi türleri mevcuttur. Yüke özel olarak tasarlanmış olan bu gemiler yükün daha verimli olarak gemilere yüklenmesi ve gemilerin liman da kalma sürelerini minimize etmesini sağlamaktadır [33].

2.3.1. Kuru Yük Gemileri

Bu gemiler aynı zamanda genel kargo gemileri olarak da adlandırılırlar. 1900'lu yılların ortalarında çok fazla rağbet görmelerine rağmen gelişen teknoloji ve ihtiyaçlardan dolayı günümüzde çok fazla kullanılmamaktadır [34].

2.3.2. Konteyner Gemileri

Konteyner gemileri ilk olarak 1950'lerin ortalarında başlamıştır. Limana getirilen yüklerin boşaltılıp tekrar gemiye yüklenmesi ciddi zaman kaybına sebep olduğu görülmüştür. Öncelikle tırlarla gelen yüklerin boşaltılmadan bu şekilde yüklenmesine çalışılmıştır. Sonrasında dorselerin ve çekicilerin kaybettirdikleri yer ile yükleme ve boşaltmadaki zorluklar sonucunda yükleme konteynerleri ortaya çıkmıştır. Konteyner gemileri farklı boyutlarda olup günümüzde yükleme boşaltması limanlar tarafından servis yapılması tercih edilen gemilerdir. En yaygın deniz taşıma türüdür. Konteynerlerin üreticiye ve nihai alıcı arasında yükün boşaltılmadan nakliyesini sağlamaktadır [33, 34].

2.3.3. Dökme Yük Gemileri

Dökme Yük Gemileri, dökülerek yüklenen ve taşınması yapılan yük gurubunu taşıyan gemilerdir. Bu gemiler, tahıl, kömür, hurda kuru yük taşıyan gemiler olmanın yanı sıra bazıları da yaş dökme yük de taşırlar.

2.3.4. LNG Gemileri

Lng gemileri sıvılaştırılmış doğalgaz taşıyan gemilerdir. Gaz haldeki yük basınçlandırılır veya taşınabilecek miktarı artırmak amacıyla sıvı hale gelmesini sağlayacak şekilde düşük sıcaklıklarda getirilirler [47]. Sıvılaştırma yöntemine göre 3 tipe ayrılırlar. Sıvılaştırılmış petrol gemileri, sıvılaştırılmış doğalgaz gemileri ve etilen gemilerinin örnek gösterilebilecek yarı basınçlandırılmış yarı frigorifik gemilerdir [47].

2.3.5. Tanker

Ülkelerin petrol ihtiyacı dolayısıyla ortaya çıkmış ve petrol taşımak için kullanılan gemi tipleridir. Tanker gemileri çeşitleri çalıştıkları bölgelerin tiplerine ve bölgeye özel zorunluluklara ve büyüklüklerine göre farklılık gösterirler. Örnek olarak Panamax, Aframax, Suezmax, Malaccamax, ULCC gösterilebilir. [47].

2.3.6. Yolcu Gemileri

Yolcu gemilerinin gelişimi 25-30 yıllık bir süreci içermektedir. Yolcu gemileri, turist taşıyan gemiler ve kısa mesafe yolcu ile araç taşıyan gemiler olarak iki türdedir. Günümüzde klasik yolcu gemilerinin çoğu ortadan kalkmıştır ve yolcu taşımacılığı uçak ile yapılmaktadır. Modern seyahat gemileri lüks tatiller için kullanılmaktadır. Bu gemiler iyi manevra kabiliyetine sahiptirler [47].

2.3.7. RO-RO Gemileri

RO-RO, İngilizce 'den gelen Roll on/Roll off kelimelerinin kısaltmasıdır. Üzerine doğru ve üzerinden sürmek anlamına gelmektedir. RO-RO taşımacılığı, otomobil, treyler, kamyon, otobüs, iş makinaları, tarım makinaları gibi tekerlekli ya da paletli yüklerin taşınmasını sağlayan bir deniz taşımacılığı türüdür.



Şekil 2.7: Paletli Kepçe [1]

Şekil 2.7’de RO-RO gemisinden indirilen paletli kepçe örnek verilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı gibi sürülerek indirilip yüklenebilen araçlar sadece tekerlekli araçlarla sınırlı değildir. Şekil 2.8 de tahliye edilen binek araçlara örnek verilmiştir.



Şekil 2.8: Tahliye olan Binek Araçlar [1]

Gemiler değinildiği gibi taşıma maliyetlerinin düşürülmesi ve gelişen rekabete ayak uydurabilmek için yük türlerine göre şekillenmeye başlamışlardır. Böylelikle; limanlardaki operasyon süreleri azalmaya ve liman maliyetlerinin düşürülmesine olanak sağlanmıştır. RO-RO taşımacılığı 1960'lı yılların ortalarından sonra yaygınlaşmaya başlamıştır. İlk olarak feribotlarla başlamış olan RO-RO taşımacılığı boyutlarından dolayı kısa mesafe yolculukları yapabilmişlerdir.

Yıldırım [24]'ın yılındaki çalışmasında bahsettiği gibi; taşımacılığı ekonomik hale getirebilmenin tek yolu yatırım hacmini arttırmaktır. Bu da deniz taşımasında gemilerin modern teçhizatlar ile donatılmasıyla ve birim sürede gemiye yüklenip boşaltılan yük miktarının çoğaltılmasıdır. RO-RO gemileri rampaları sayesinde, sürülebilir ya da çekilebilir araçların operasyon süreleri azalmıştır. RO-RO gemilerinin bu sebepten ötürü liman kalış süreleri diğer ticari limanlara oranla daha azdır. Dolayısıyla emisyon üretimleri nispeten daha azdır.

RO-RO gemileriyle taşımacılık hem maliyet hem de devamlılık açısından günümüzde çok büyük önem kazanmıştır. Kara taşımalarındaki riskler bertaraf edilerek yükte hasar oranlarının düşmesine fırsat sağlamıştır. Yükleyiciler tarafından çok tercih edilen bir sistemdir. RO-RO gemi tipleri çeşitlilik gösterir. RO-RO gemileri kendi içlerinde taşıdıkları kargo gruplarına göre farklılıklar göstermektedirler, PCC (Pure Car Carrier) gemiler, sadece binek araç taşırken, PCTC(Pure Car and Truck Carrier) gemiler binek aracın yanı sıra hafif ticari, ticari, kamyon, otobüs benzeri gabari dışı yükleri de taşıyabilmektedir. ConRO gemilerinin konteyner ve sürülebilir kargo, GenRO gemilerinin genel kargo ve sürülebilir kargo, ROPAX gemiler ise yolcu ve sürülebilir araç taşımakta olduğu bilinmektedir.

2.4. OTO TAŞIYICI PCC VE PCTC RO-RO GEMİLERİ

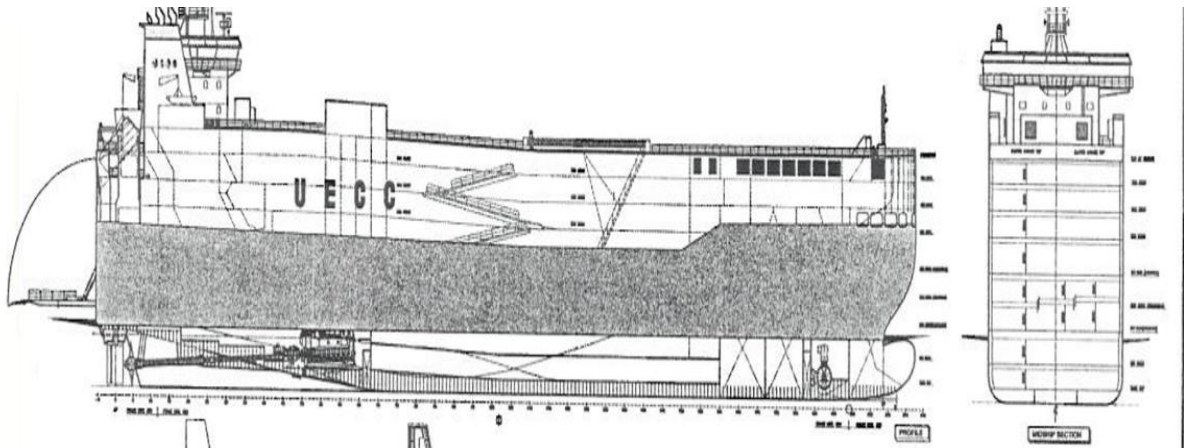
PCC ile PCTC arasındaki en büyük fark gemilerin kat yükseklikleridir. PCTC gemilerinin giriş katları aşağı yukarı hareket edebilen mekanizma sayesinde 6 metre yüksekliğe çıkabildiğinden dolayı kamyon yüklemeye elverişlidir. Aslında bütün PCTC gemileri aynı zamanda PCC dir. İhraç veya ithal edilen yeni arabaların taşınabilmesi amacıyla özel olarak tasarlanan bu tür PCC RO-RO gemileri, son zamanlarda oldukça fazla kullanılmaya başlanmıştır. PCC gemilerine örnek oluşturması açısından, UECC (United European Car Carriers As) tarafından işletilen gemi örnekleri aşağıda sunulmuştur (Şekil 2.9).



Şekil 2.9: UECC ye ait 2000 yapımı Autosun Gemisi (2285 araç kapasitesiyle UECC filosunun orta büyüklükteki PCTC gemilerinden biridir) [1]

Şekil 2.9 'da UECC'ye ait PCTC gemisinin Pasajer Limanına girişi görüntülenmektedir. [1]

PCC Gemilerinin planlamasını detaylandırıldığında örnek olarak Autosun gemisi verilmiştir. Autosun gemisi, 140 metre uzunluğunda, 22,7 metre genişliğinde ve 18.665m² araç kapasitesine sahiptir. 7 katlı bu geminin, 2.285 araçlık kapasitesi bulunmaktadır. Autosun gemisinin arka (Stern) ve sancaktan açılan rampası (Quarter) olmak üzere 2 rampası bulunmaktadır. Bu tip gemilerin yapısı, katlı otoparklara benzemektedir. Her kat farklı yükseklikte araçların yüklenebilmesine izin vermesi için farklı yüksekliklerde planlanmıştır (Şekil 2.10).



Şekil 2.10: Autosun Gemisi Kat Çizimi [1]

UECC, doğaya olan duyarlılığını öncü RO-RO firması olarak göstermiştir. COSCO Nantong Tersanesi'nde inşa edilen Şekil 2.11 ve Şekil 2.12'de görülen dünyanın ilk LNG ile çalışan araç taşıyıcı (Car Carrier) M/V Auto Eco ve M/V Auto Energy isimli kargo gemileri geçen yılın sonu ve bu yılın başında düzenlenen törenle servise başlatmıştır. 181 metre boyunda, 30 metre genişliğinde ve 3 bin 800 araç taşıma kapasitesine sahip Auto Eco ve Auto Energy isimli gemiler, tam yüklü LNG yakıtla 14 gün boyunca seyir yapabilecek ölçekte tasarlanmıştır. Gemiler, üstün çevresel performansı ile sıfır emisyon salımı sağlamaktadırlar. 3 bin 800 araç taşıma kapasitesine sahip gemilerin kapasitesi, tam yüklü olarak 3 bin 985 araç ve kamyon kadar çıkarılabilmektedir. 1A super Finnish/Swedish buz sınıfı buz kırma özelliğine de sahip olan bu gemiler, donmuş deniz şartlarında bile Baltık Denizi'nde yıl boyunca hizmet verebilme özelliğine sahiptir. Dünyada LNG ile çalışan ilk araç taşıyıcı gemiler olan Auto Eco ve Auto Energy'nin dizayn geliştirme projesinde, UECC ile birlikte Wallenius Marine ve NYK Teknik Grubu aktif görev almıştır [35].



Şekil 2.11: Auto Eco, dünyanın ilk LNG ile çalışan PCTC RO-RO Gemisi [35]



Şekil 2.12: Auto Eco, dünyanın ilk LNG ile çalışan PCTC RO-RO Gemisi [35]

2.5. LİMANLAR VE TERMİNALLER

Limanlar ve terminaller kavram olarak günümüzde karışıklıklara sebep olmaktadır. Limanlar gemilerin yük boşaltıp aldıkları yerler olarak tanımlanmaktadır. Limanlarda farklı kargo tipleri elleçlendiği için kendi içlerinde genellikle farklı terminaller bulundurmaktadır. Öyleyse terminaller limanlar içinde farklı kargo tipleri için tasarlanmış ve kargo tiplerini elleçlemeye yönelik ekipmanları barındıran bölümler olarak tanımlanabilir [36].

2.5.1. Limanlar

Deniz taşımacılığının ülke ekonomilerindeki yerinin gelişmesiyle limanlara verilen önem de artmıştır. Dünya yüz ölçümünün %75'i denizlerle kaplıdır. Bu sebeptendir ki; dünya ticaretinin %80'ini aşkın bir bölümü deniz yolu ile yapılmaktadır. Gelişen teknoloji ve gemilerin ölçülerinin geçtiğimiz yıllar içerisinde büyümesiyle daha büyük miktarda yükün aynı anda sevkiyatına fırsat sağlanmıştır. Ayrıca limanlar uluslararası taşımacılıklarda karayolları ve demiryolları tarafından desteklenmekte ve dünya ticaretinin merkezleri haline gelmektedir [36, 37].

2.5.1.1. Kargo Tiplerine Göre Limanların Sınıflandırılması

- Konteyner Limanları
- Genel Yük Limanları

- Dökme Yük Limanları
- Kuru Yük Limanları
- Ferry Limanları
- RO-RO Limanları
- Kimyasal Madde Limanları
- Yolcu Limanları
- Otomotiv Limanları

2.5.1.2. Verdikleri Hizmet Türlerine Göre Limanlar

- Ticari Limanlar
- Kurvaziyer Limanlar
- Askeri Limanlar
- Barındırma Limanları
- Yat ve Balıkçı Limanları
- Akaryakıt Limanları
- Gemi onarım ve yapım limanları; tersaneler

2.5.2. PCC -PCTC RO-RO Terminalleri

Terminaller, liman içlerinde farklı yük trafiklerinin amaçlarına yönelik olarak belirlenmiş liman alt kesimleri olarak nitelendirilebilir. Terminaller, elleçlenen yük cinsine (konteyner terminali, RO-RO terminali, kuru yük terminali, genel kargo terminali, yolcu terminali vb.) göre adlandırılırlar. Günümüzde limanlar, gelirlerini arttırabilmek için farklı yük tiplerini elleçlediklerinden, aynı liman içerisinde farklı terminaller olması mümkündür. Bunun en basit örneği; çalışmada adı geçen Borusan Limanı'nda bulunan çeşitli terminallerdir [36, 38].

RO-RO terminalleri, tekerlekli araçların gemilere yüklenmeden önce depolandığı alanlardan oluşmaktadır. Tekerlekli araçlar dendiğinde ilk akla gelen, yeni üretilmiş binek ve ticari araçlardır. Bu araçların, yeni araçlar olmaları ve karşılaşılabilecek en ufak bir hasarın, yükün ciddi değer kaybına uğramasına neden olacağından limanların RO-RO operasyonlarındaki kalite ve kapasite seviyelerini en üst düzeyde tutmaları sonucunda verimli ve güvenli bir operasyonu mümkün olacaktır. Operasyonel süreç, yükleme öncesi ve gemi yüklemesi esnasında verimli ve güvenli bir şekilde yapılmalıdır. RO-RO limanlarında treylerlerin ve roll

treylar üzerine yüklenen yüklerin çekilerek gemilere yüklenebilmesi için de gerekli ekipmanlarının bulunması gerekmektedir [36, 38].

RO-RO terminallerinde diğer limanlar ve terminallerde olduğu gibi operasyonel verimlilik önemlidir. RO-RO limanlarında kullanılan kaynak ve ekipmanlar, diğer terminal tiplerine göre çok sınırlıdır. Bu operasyonlarda kullanılan en önemli kaynak, araçları kullanacak şoför ihtiyacıdır. Şoförlerin en kısa süre içerisinde, en verimli yükleme boşaltma operasyonunu sağlayabilmeleri için planlama çok önemlidir. Kullanılacak şoför ve vardiya planlaması operasyon sırasında sıkışıklıkların ve dolayısıyla da gecikmelerin yaşanmasını önleyecek şekilde olmalıdır. Bunun yanı sıra, operasyon esnasında şoförlere eşlik edecek servis araçları ile katlarda bulunan gemi personelinin performansları da gemi operasyon sürecinde verimliliğin artırılabilmesi için çok büyük önem arz etmektedir. Verimli yükleme boşaltma yapılabilmesi için elleçlenecek araç sayısına bağlı olarak tahsis edilen şoför sayılarının operasyon öncesi planlanması çok önemlidir [36, 38].

RO-RO gemileri arkadan, yan arkadan ve yandan yükleme boşaltma operasyonu yapabilmekte ve uğradıkları limanlarda genellikle kendi rampalarını kullanmaktadırlar. Bundan dolayı RO-RO terminalleri, konteyner terminallerinde olduğu gibi yüksek alt yapı yatırımlarına ihtiyaç duymaz. Ayrıca RO-RO limanlarında elleçlenen yük, tekerlekli sürülebilir ve çekilebilir olduğundan ekipman ihtiyaçları da çekici ve şoförle sınırlıdır. Bu durum konteyner limanlarındaki gibi yüksek maliyetli ekipman ihtiyaçlarına gereksinimi azaltmaktadır. RO-RO terminallerinde ekipman maliyeti konusu, konteyner terminallerine kıyasla bir avantaj olarak gözükse de limanlarda oluşan ardiye gelirlerini de ayrıca karşılaştırmak gerekir. Konteyner terminallerinde konteynerler, 4-5 kat üst üste istiflenebilmesine rağmen, RO-RO terminallerinde araçların üst üste istiflenmesi mümkün değildir. Bu nedenle de ardiye gelirleri konteyner terminallerine nazaran daha kısıtlıdır [36, 38].

Yıldırım [24], “RO-RO Taşımacılığında Yer Seçimi Problemine Yönelik Bir Çözüm Geliştirilmesi ve İstanbul İli İçin Uygulanması” konulu araştırmasında, RO-RO yanaşma yerlerinin diğer liman terminalleri içerisinde yapımı en kolay ve ucuz olanı olduğunu belirtmiştir. Terminal planlanırken alandaki tonaj esnekliğinin (m^2 başına alandaki ağırlık oranları) dikkate alınması gerektiğini belirtmiştir. RO-RO terminalleri kapsamında yeterli yük sahasının olmasının, aydınlatmanın yeterliliğinin, park alanlarının doğru şekilde adreslenmiş olmasının ve terminal işletme sisteminin bulunmasının gerekliliğini belirtmektedir. Gelişmekte

olan RO-RO terminallerinde, düzgün planlanmış bir tır sahasının bulunması, araçları almaya gelen tırların liman içinde trafik yaratmamaları için ayrıca gereklidir. Daha önemli bir husus ise fatura değeri yüksek olan bu mal grubunun, liman içerisinde park halinde iken güvenliğinin sağlanabilmesi için limanın 24 saat süreyle kamerayla izlenmesi gerekliliğidir.

RO-RO terminallerinden sağlanan depolama gelirleri, konteyner terminalleriyle karşılaştırıldığında çok daha az orandadır. Bunun en önemli sebebi bir binek aracın 11.5m² yer kaplaması ve istiflenemez olmasıdır. Konteyner terminallerinde, 20 feet boyutunda bir konteyner hemen hemen bir binek araçla aynı ölçüde yer kaplamamaktadır. Buna rağmen bahse konu her konteyner dört ya da beş kat üst üste istiflenebilir ve beher konteyner başına depolama ücretine tabiidir. Otomotiv terminallerinde elleçleme ücretleri yine konteyner limanları ile karşılaştırıldığında daha düşük kalmaktadır. Bu sebeplerle, Türkiye’de ve Dünyada da atanmış otomotiv limanları sayılı kalmaktadır. Adanmış otomotiv limanları yerine sadece otomotiv terminal olarak çok fonksiyonlu limanlarda faaliyet göstermektedirler [36, 37, 38].

Türkiye’de Autoport Limanı haricindeki limanların hemen hemen hepsi farklı trafik tiplerine hizmet vermektedirler. Yalnızca Kocaeli’nde bulunan Autoport Limanı, otomotiv sektörünün özel liman ihtiyacını karşılamak üzere inşa edilen Türkiye'nin ilk atanmış “Otomotiv Limanı’dır.

Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Yönetmeliğine göre Otomotiv elleçleyen tesisler emisyon izninden muafırlar. Ancak dökme yük elleçleyen ya da uçucu kimyasal madde elleçleyen sıvı terminalleri emisyon iznine tabiidirler. Sıfır araçların yüklendiği zaten emisyon koşullarını sağlayan sıfır km araçlar olduklarından dolayı Oto Terminalleri emisyon izninden muafırlar. Ancak yine de operasyon süreçleri incelendiğinde emisyonun sadece yüklenen sıfır araç kaynaklı olmadığından dolayı Oto terminallerinde oluşan emisyon miktarlarını da düşürmeye hedefleyen çalışmalar yapılmaktadır.

2.6. PCC TERMİNALLERİNDE YÜKLEME- BOŞALTMA OPERASYONLARI

PCC ve PCTC adı verilen RO-RO gemileri, sürülerek yüklenebilecek otomobil, kamyon, iş makinası, tarım makinası, otobüs, minibüs ve çekilerek yüklenebilecek treyler, roll treyler gibi yükü kendi tekerlekleri üzerinde sürülebilen araçların taşınabilmesi için tasarlanmışlardır.

RO-RO terminallerinin alt yapılarına kullandıkları metotları da incelendiğinde:

- RO-RO terminalleri, yükleme boşaltma sahası güzergahı yani iskele; araç kabul sahası, tır dizim sahası ve park alanları olarak bölümlenmektedir.
- Operasyonun verimliliğini arttırmak ve yüklenecek araçların bulunmasını kolaylaştırmak için limanlarda farklı sistemler kullanılmaktadır.
- RO-RO limanlarında adresleme uygulanmaktadır. Saha bölümlere ayrılıp her bölüm kodlandırılır. Yani her aracın park alanında bulunduğu yer bilinmektedir. Üretilmiş araçların ön camlarında bulunan barkod numarasıyla aracın park ettiği yer eşleştirilir. Böylelikle araçların yerlerinin tespiti ve park alanının kullanımı optimize edilmiş olur. Bununla birlikte yükleme esnasında gemi rampasında tekrar bu barkodlar okutularak aracın gemiye yüklendiğinin otomatik olarak kaydının yapılmasıyla eksik araç yükleme önlenmiş olur.
- RO-RO terminallerinde gemi yanaşmasının akabinde yükleme ve boşaltma operasyonunun verimliliğinde hız kavramı çok önemlidir. Terminallerde operasyonun güvenli bir şekilde sürdürülebilmesi için hız sınırı 30 km olarak düzenlenmiştir. Operasyon sürecinde şoförlerin performansı kadar planlamacıların, yüklenecek araçlara yol gösteren servis araçlarının ve gemi personelinin performansı da çok önemlidir.

RO-RO terminallerinde operasyonel süreç; ihracat yükleri için yükleme ve ithalat yükleri için boşaltma anlamına gelmektedir.

Yükleme süreci:

1. Yüklenecek araçların limana tırlar ya da trenle ulaştırılıp, limana tahliyeleri ile başlar.
2. Tahliye edilen araçlar stok sahasına alınır.
3. Gemi varışıyla birlikte araçlar stok sahasından alınıp şoförler tarafından sürülerek gemilere yüklenirler.

Boşaltma süreci:

1. Gemi varışını takiben gemi rampasının indirilmesi ve şoförlerin gemiye çıkmasıyla birlikte gemiden araçlar sürülerek ithalat stok sahasına getirilirler.
2. İthalat stok sahasına getirilen araçlar, gümrük işlemleri tamamlandıktan sonra tırlara yüklenmek için tır dizim alanlarına getirilirler.

3. Ortalama olarak 8 adet binek araç taşıma kapasitesi olan otomobil taşıyıcı tırlara yüklenmek üzere araçlar sekizerlik olmak üzere sıralanır.
4. Tırlara yüklenen araçlar limanı terk eder.

Limanlarda ve gemi katlarında, güvenlik açısından hız sınırlamaları bulunmaktadır. Bu sınırlama, limanlarda 30 km iken gemi içlerinde 10 km'dir. Operasyonel süreci verimli kılmanın ölçütü, gemileri en hızlı ve sıfır hasar oranıyla yükleyip-boşaltarak limandan ayrılmalarını sağlamaktır. Bundan dolayı liman planlamalarında gemiye olan mesafe ve kullanılan şoför sayıları büyük önem taşımaktadır.

2.7. TÜRKİYE'DEKİ PCC VE PCTC RO-RO TERMİNALLERİ

Türkiye'de her geçen gün artan otomotiv üretimi ihracatı ve ithalatı, RO-RO taşımacılığına ve RO-RO limanlarına ihtiyacın artmasına sebep olmaktadır. 2010 yılından bu yana veriler incelendiğinde Türkiye Limanlarında elleçlenen yeni üretilmiş binek ve hafif ticari araç adetleri ihracat ve ithalatta arttığı görülmektedir.

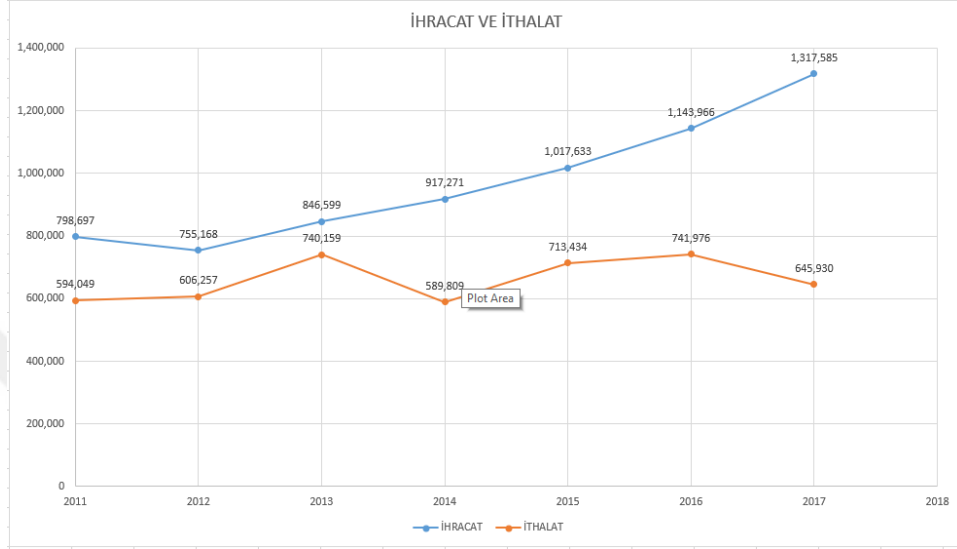
Tablo 2.7: Türkiye Limanlarında Elleçlenen Geçmiş 7 Yıla Ait Araç Adetleri [10]

İhracat	Autoport	Safi Port	Ford Otosan	Efes	Borusan	İzmir	Gemport	Mersin	Diğer	Toplam
2011		170,971	203,019		154,310	14,974	208,685	1,752	44,986	798,697
2012	461	159,416	183,655		151,064	15,119	198,996	4,821	41,636	755,168
2013	2,017	219,597	204,035		177,887	14,863	191,234	3,160	33,806	846,599
2014		304,106	184,436	1	216,217	18,168	173,582	2,875	17,886	917,271
2015	81,420	186,340	243,185	125	252,924	16,202	216,864	2,400	18,173	1,017,633
2016	133,024	180,104	232,736	3,397	238,919	17,144	315,440	3,650	19,552	1,143,966
2017	190,993	245,755	275,431	6,907	246,627	17,263	316,219	1,858	16,532	1,317,585
Toplam	407,915	1,466,289	1,526,497	10,430	1,437,948	113,733	1,621,020	20,516	192,571	6,796,919
İthalat	Autoport	Safi Port	Ford Otosan	Efes	Borusan	İzmir	Gemport	Mersin	Diğer	Toplam
2011		218,161	66,508		8,662	70,209	58,838	22,601	149,070	594,049
2012	1,555	217,601	42,358		25,181	52,663	46,846	36,563	183,490	606,257
2013	22,939	289,554	60,561	69,074	20,897	61,009	38,763	55,144	122,218	740,159
2014		281,295	33,103	140,395	31,307	19,651	26,105	24,225	33,728	589,809
2015	94,755	225,944	48,817	205,335	45,897	2,275	43,721	12,086	34,604	713,434
2016	209,086	140,879	39,493	242,896	56,893	1,919	30,047	4,001	16,762	741,976
2017	201,561	109,302	36,472	188,168	52,933	2,226	27,129	9,570	18,569	645,930
Toplam	529,896	1,482,736	327,312	845,868	241,770	209,952	271,449	164,190	558,441	4,631,614
Toplam	Autoport	Safi Port	Ford Otosan	Efes	Borusan	İzmir	Gemport	Mersin	Diğer	Toplam
2011	-	389,132	269,527	-	162,972	85,183	267,523	24,353	194,056	1,392,746
2012	2,016	377,017	226,013	-	176,245	67,782	245,842	41,384	225,126	1,361,425
2013	24,956	509,151	264,596	69,074	198,784	75,872	229,997	58,304	156,024	1,586,758
2014	-	585,401	217,539	140,396	247,524	37,819	199,687	27,100	51,614	1,507,080
2015	176,175	412,284	292,002	205,460	298,821	18,477	260,585	14,486	52,777	1,731,067
2016	342,110	320,983	272,229	246,293	295,812	19,063	345,487	7,651	36,314	1,885,942
2017	392,554	355,057	311,903	195,075	299,560	19,489	343,348	11,428	35,101	1,963,515
Toplam	937,811	2,949,025	1,853,809	856,298	1,679,718	323,685	1,892,469	184,706	751,012	11,428,533

T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığında edinilen ve Tablo 2.7'de gösterilen verilere dayanarak aşağıda hazırlanmış olan Tablo 2.8 de ihracatın geçmişten günümüze belirgin oranda artmasına

rağmen, ekonomik değişikliklere bağlı olarak iç pazar satışlarındaki düşüşün ithalat rakamlarındaki düşüşe açıklama getirdiği görülmektedir.

Tablo 2.8: İhracat ve ithalat Toplamlarındaki Senelik Değişimi [10]



2010 yılından günümüze geldiğimizde toplam elleçlenen adedin %50 den fazla artışı izlenmektedir. Buda RO-RO limanlarında operasyon sürecindeki emisyon miktarındaki artışın aynı oranda arttığının bir göstergesidir. Artan araç hareketlerine rağmen limanlardaki emisyon oranını azaltmak Yeşil Liman hedeflerinin kaçınılmaz zorunluluğudur.

2.7.1. Autoport Limanı

Autoport, 160 bin metrekare alana kurulmuş olan ve Türkiye'nin otomotiv sektör ihtiyacı göz önünde tutularak planlanmış ilk oto terminalidir. Kocaeli'nde bulunan terminal, otomotiv üreticilerinin ve ithalatçıların depolarına yakınlığıyla avantaj sağlamaktadır.



Şekil 2.13: Autoport Liman İşletmeleri A. Ş.'nin Otomotiv Üreticilerine Olan Yakınlığını Gösteren Harita [39]

Şekil 2.13 görüldüğü üzere Autoport Limanı İzmit Körfezinin tam ucunda otomotiv üreticilerinin de ortası denilebilecek bir mesafede konuşlanmıştır.



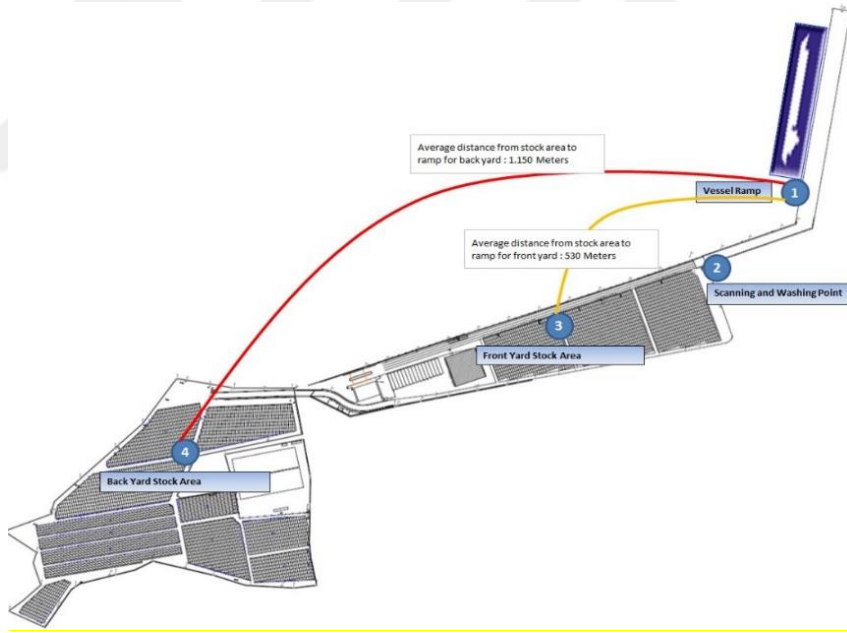
Şekil 2.14: Autoport Liman İşletmeleri A.Ş Ford Otosan ve İzmit Gümrük Müdürlüğüne Olan Mesafesi [39]

Şekil 2.14'te Autoport Limanı, İzmit Gümrük Müdürlüğü ile kapı komşusu denebilecek bir mesafede olduğu ve Ford Otosan Üretim Tesisleri ve Limanı ile 4 km mesafede bulunduğu

görülmektedir. Autoport Limanı 5.600 adetlik adreslenmiş park alanıyla senelik 400.000 araç kapasitesine sahiptir.

656 metre uzunluğunda ve 25 metre genişliğinde olan iskelesiyle aynı anda iki gemiye tahliye ve yükleme hizmeti verebilmektedir. Liman derinliği, 20 metre drafta kadar olan gemilerin yanaşması için elverişlidir. Limanın iskeleye yakın ön sahasının alanı, 55.000 m² olup, 2.000 araçlık kapasiteye sahiptir. Limanın geri kalan kısmı ise 85.000 m²'dir. Şekil 2.19 ve Şekil 2.20'de ön ve arka saha gösterilmektedir.

Limanın teknolojik alt yapı sistemi olan Elektronik Bilgi Akışı (EDI) bağlantısıyla, limanda olan anlık hareketler hakkında müşterilerine tam zamanlı olarak bilgi akışı sağlamaktadırlar. Liman iki metre yükseklikteki beton duvarlarla en yüksek seviyede güvenlik sağlamaktadır. Şekil 2.15'de ön ve arka sahaların iskeleye olan uzaklıkları belirtilmektedir. Sahaların iskeleye olan uzaklıklarının 530 metre ile 1,2 km arası olduğu görülmektedir.



Şekil 2.15: Autoport Limanı İskele ve Park Alanları Arasındaki Mesafe Bilgisi [39]

Autoport Liman İşletmeleri A.Ş. ISO 9001, ISO 14001 ve OHSAS 18001 belgelerine sahiptir. Operasyonel süreçte çekilmiş farklı resimler aşağıda verilmiştir.



Şekil 2.16: Autoport Limanında İş Makinaları Tahliyesi [39]

Şekil 2.16’da limandan park sahasına giden tarım makinalarını;



Şekil 2.17: Autoport Limanı Araçların Konvoy Eşliğinde Tahliyesi [39]

Şekil 2.17’de Limanda konvoy eşliğinde gemiden park alanına götürülen binek araçları;



Şekil 2.18: Autoport Limanında Tır Dizimi; Tırlar Araçları Almak İçin Beklerken [39]

Şekil 2.18’da bayilere ulaştırılmak için tırlara yüklenmiş araçlar görülmektedir.



Şekil 2.19: Autoport Limanı Park Sahasından İskeleye Bakış [39]

Şekil 2.19 Autoport Limanının Park sahasını görüntüsünü sunmaktadır.

2.7.2. Borusan Limanı

Borusan Limanında, 1984 yılından bu yana liman hizmetleri vermektedir. Dünya standartlarında konteyner, genel kargo, araç parkı hizmetleri ve proje kargo liman ve terminal hizmetlerini, 7 gün 24 saat kendi uzman kadrolarıyla sunmaktadır. Borusan Limanı, Bursa ili, Gemlik ilçesi, Gemsaz mevkiinde, stratejik konumuyla, Güney Marmara, Ege ve İç Anadolu'dan gerçekleştirilen ihracat ve ithalat faaliyetlerinde Türkiye'nin en önemli gümrük kapılarından biridir [40].

Borusan Limanı Konteyner, Genel Kargo, Proje Kargo, PCC ve PCTC RO-RO gemilerine hizmet vermektedir. Yükleme-boşaltma, terminal hizmetleri, lashing-dunnaging, depolama, yıkama, mini hasar tamiri gibi değişik hizmet gruplarını farklı terminallerinde sunmaktadır. Borusan Limanı, Doğu Akdeniz ve Karadeniz deniz yolları arasında stratejik konumdadır. Doğu –Batı ve Kuzey Güney ticaret koridorlarının birleştiği noktadadır. Global otomotiv, beyaz eşya, hızlı tüketim ürünleri, tekstil, maden ve mobilya endüstrileri limanın hinterlandı içerisindedir [40].



Şekil 2.20: Borusan Limanı Dünya Haritasında Yeri [40]

Borusan Limanı, 5.000.000 metrik tonluk genel kargo, 400.000 TEU konteyner ve 350.000 araç kapasitesine sahiptir.



Şekil 2.21: Borusan Limanı İskele Uzunlukları [40]



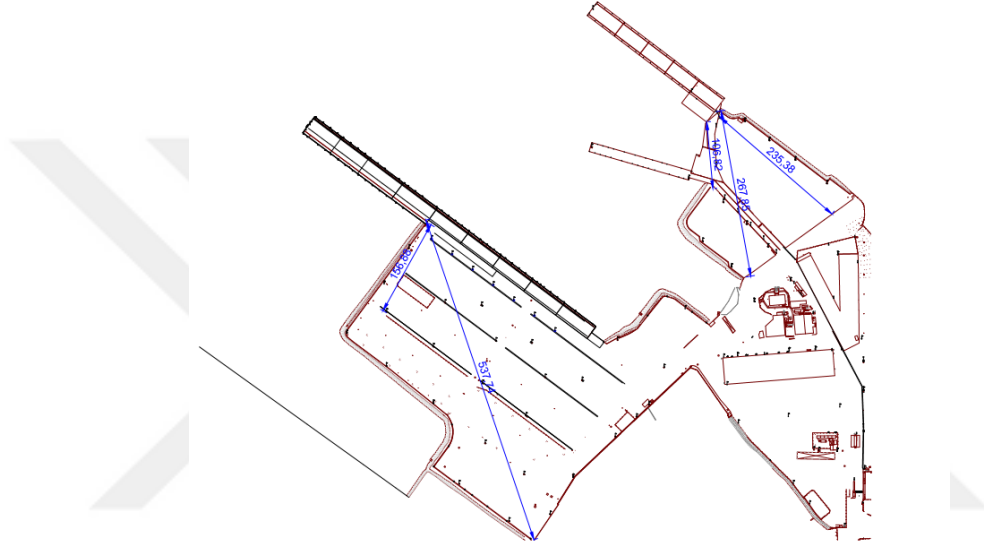
Şekil 2.22: Borusan Limanı Farklı Yük Sahalarını Gösteren Kuş Bakışı Görüntü

[40]

Şekil 2.22'deki saha kapasiteleri yakından incelendiğinde; 2, 3 ve 5 numaralı alanların, RO-RO sahalarını teşkil ettiği görülecektir.

- 2 numaralı alan 26.000 m² -2.300 araç kapasitesi
- 3 numaralı alan 14.000 m²- 1.250 araç kapasitesi
- 5 numaralı alan 39.000 m²- 3.120 araç kapasitesine sahiptir.

Araç stok alanlarının iskeleye olan mesafeleri, Şekil 2.23'te sunulmuştur. Söz konusu şekil incelendiğinde, araç sahalarıyla en yakın iskele arasındaki mesafenin 156 metre ile 537 metre arası olduğu görülmektedir.



Şekil 2.23: Borusan Limanı İskele ve Park Sahaları Arasındaki Mesafeyi Gösteren

Çizim [40]

Borusan Limanı; ISO 9001, ISO 10002, ISO 27001, ISO 50001 ISO 14001, ISPS, Green Port ve Carbon Footprint Verification sertifikalarına sahiptir.

2.7.3. Efesan Limanı

Efesan Limanı, 2008 yılında Efesan Grup bünyesine dahil olmuştur [41]. Türkiye'nin sanayi ve ticari hayatı için önemli bir konum olan Dilovası Organize Sanayi Bölgesi'nde bulunan Efesan Limanı, 100.000 m²'lik bir alana sahiptir. Efesan Limanı, E-100 Karayolu'na 1 km, TEM Otoyolu'na 2 km uzaklıkta olup, İstanbul'a 55 km, Kocaeli'ne ise 40 km uzaklıkta yer almaktadır. Efesan Limanı, uzman kadrosu ve modern iş makineleri ile proje yüklemeleri, dökme ve kuru yük, genel kargoya ve RO-RO gemilerine elleçleme hizmeti vermektedir.

Efesan Limanında elleçlenen yük cinsleri ve kapasiteleri aşağıda belirtilmiştir [41]:

- Araç stoklama kapasitesi: 2.500 araç açık alan
- Gümrüklü araç stok kapasitesi: 4.500 araç (Kapalı otopark)
- Genel Yük/Kargo elleçleme kapasitesi: 2.000.000 mton/yıllık
- Dökme Kuru yük elleçleme kapasitesi: 750.000 mton/yıllık
- Asfalt elleçleme kapasitesi: 200.000 mton/ yıllık
- Proje Yüğü elleçleme kapasitesi: 50.000 mton / yıllık

Efesan Limanında verilen hizmetler [41]:

- Liman sahasında Stoklama Hizmetleri:
 - Genel yük
 - Dökme Kuru Yüğü
 - Proje Yüklemleri
- RO-RO Hizmetleri:
 - Binek Araç ithalatı için hizmet vermektedir.



Şekil 2.24: Efesan Limanı Katlı Otoparkı [41]

Şekil 2.24'te Efesan Limanı'nın önemli bir özelliği, araç stok alanını arttırmak için yapılmış olan katlı otoparkı görülmektedir. Bu otopark, iskeleye 600 metre mesafede; 6 kapalı kat ve en üst katı açık olmak üzere toplamda 77.000 m² 'lik kapasiteye sahiptir. Günümüzde otoparkın tamamı, Doğu Grup tarafından ithal edilen araçlar için kullanılmaktadır [41].

Efesan Limanı'nda çevresel risklerin önlenmesi prensibi ile verimliliğe odaklı, acil durum müdahale planına uygun tedbirler alınmaktadır. Efesan, çalışanlarının da katılımıyla çevre

kirliliğinin önlenmesi, çevre güvenliğinin yönetiminin devamlı olarak iyileştirilmesi, geliştirilmesi ve sürekliliğinin sağlanması ile gelecek nesillere daha yaşanabilir bir çevre bırakabilmek amacıyla çalışmalarını aralıksız sürdürmektedir. Alınan tüm tedbirlere rağmen, oluşabilecek çevresel olaylara yönelik gerekli tüm ekipmanlar (joker bot, bariyer, ağ) saha içerisinde bakımlı ve hazır olarak bulundurulmaktadır. Liman sahasında çevre sağlığı konusunda uzman kuruluşlarca kontrol ve denetimler yapılmaktadır. Mevzuatlara uygun olarak sahada oluşabilecek tüm atıklar, katı atık yönetim planı ve tehlikeli atık yönetim planları çerçevesinde konusunda uzman kurum ve kuruluşlar aracılığıyla geri dönüşüm-imha tesislerine gönderilerek, liman genelinde çevre zararlarına karşı sıfır tolerans ilkesiyle çalışılmaktadır [41].

2.8. AVRUPA'DA PCC VE PCTC GEMİLERİNE RO-RO SERVİSİ VEREN LİMANLARA ÖRNEK

2.8.1. Pasajer Limanı

UECC tarafından işletilen Pasajer Limanı içerisinde yer alan katlı otoparkın hemen iskelenin yanında olması ve çelik konstrüksiyonla yapılmış olmasından dolayı çevreci bir yapıya sahiptir. 2016-2017 yılında 250.000 adede yakın bitmiş araç yükleme ve boşaltmasının yapıldığı bu limanda ağırlıklı oran, ihracat yüklemelerine aittir.



Şekil 2.25: Pasajer Limanı Katlı Otoparkı [1]

Şekil 2.25’te görülen katlı otoparkıyla birlikte Liman toplam 206.663 m² alana sahiptir. 90.000 m² alana kurulmuş olan katlı otoparkın giriş kat yüksekliği, 5 metre olup, diğer 3 katı 2,40-2,70 m yüksekliğe sahiptir. Gemilerin arka yan rampalarına direk ulaşımına sahip olan bu otopark operasyonel performansın en üst seviyede olması adına örnek bir terminal planlaması olarak gösterilebilir. Biri 170 ton diğeri ise 70 ton kapasiteli 2 adet liman rampası gabari dışı ağır yüklerin gemilere yüklenmesine fırsat vermektedir. Şekil 2.26’de limanın kuşbakışı görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 2.26: Pasajes Limanı Kuşbakışı Görüntüsü [1]

1.400m² kapalı depolama alanı olan liman, yükleme boşaltma hizmeti vermektedir. Bunun dışında 1 adet PDI (Teslim öncesi kontrol alanı) ve balmumu yıkama alanı bulunmaktadır. Liman, 3 iskeleye ve yine saha içerisinde 4 adet demiryolu hattı bağlantısına sahiptir. Liman, 24 saat canlı kameralarla güvenliğini sağlamaktadır. Liman, ISO 9001 ve ISO 14001 belgelerine ve ISPS sertifikasına sahiptir.

2.9. VERİMLİLİK

Verimlilik belli bir üretim süreci içerisinde yaratılan çıktının ve bu çıktıları oluşturmak için kullanılan girdilerle olan oranı olarak ifade edilir.

Bayar [46], verimliliği mamul miktarının üretim faktörlerinden birisine oranını gösterdiğini vurgulamıştır. Bu faktörlerin iş gücü, sermaye hammadde olmasına göre ayrı ayrı işgücü, sermaye ve hammadde verimliliğinden söz edilebileceğini belirtmiştir.

Çağlar [37], verimliliği çıktı/girdi oranı olarak ifade etmiştir. Verimliliğin, üretim teknolojisindeki, üretim sürecinin etkinliğindeki ve üretimin gerçekleştiği çevredeki değişimlerden etkilenmekte olduğunu belirtmektedir.

Yollu [13], verimliliği bir kurumun amacına uygun olarak yarattığı ürünün, bu ürünü ortaya koyabilmek için harcadığı kaynağa oranlanmasıyla hesaplanması olarak belirtmiştir. Girdilerdeki ve çıktılardaki vasıfsal değişiklikler hesaplamayı zorlaştırmaktadır.

Yollu [13], verimliliğin; statik verimlilik oranı ve dinamik verimlilik oranı olarak iki şekilde gösterilebileceğine değinmiştir;

Statik verimlilik oranı:

$$\text{Verimlilik Oranı} = \frac{\text{Belli Bir Dönem Çıktısı}}{\text{Belli Bir Dönem Girdisi}} \quad (2.1)$$

Dinamik verimlilik oranı ise;

$$\text{Verimlilik Oranı} = \frac{\text{Belli Bir Dönem Girdisi/Çıktısı}}{\text{Bir Önceki Dönemin Girdisi/Çıktısı}} \quad (2.2)$$

Yollu [13], verimliliği bir kat sayı olarak ifade etmektedir. Kat sayı arttıkça verimliliğin de artacağını savunmaktadır. Yollu [13], verimliliği toplam verimlilik ve kısmi verimlilik olarak ikiye ayırmıştır. Toplam verimliliği; belirli bir üretim sürecinde elde edilen çıktıların, bu çıktıları elde etmek için kullanılan tüm girdilere oranı şeklinde ifade ederken, kısmi verimliliği ise üretilen çıktıların sadece herhangi bir üretim faktörüne oranı olarak tarif etmiştir.

Yollu [13], şirket seviyesinde kullanılan verimlilik ölçütlerini de şu şekilde sıralamıştır:

- Toplam verimlilik
- Kısmi verimlilik
- Toplam faktör verimliliği

Kısmi verimlilik oranları, belli bir süre ve belli bir miktarda girdide sağlanan tasarrufu ölçmek için kullanılmaktadır. Kısmi verimlilikte hangi faktörün verimliliğini görmek istiyorsak, o faktörün toplam miktarı kullanılır.

2.9.1. Liman İşletmeciliğinde Verimliliği Etkileyen Faktörler ve Verimlilik Ölçütleri

Limanlarda verimlilik denildiği zaman saat başına her bir personelin ortalama yaptığı yükleme adedi olarak belirtilebilir. Bu konteyner terminallerinde teu, aşık yük terminallerinde ton, RO-RO terminallerinde yüklenen ve boşaltılan araç adedi olarak hesaplanır.

Akyürek [48], verimliliği çeşitli mal ve hizmetlerin üretimindeki kaynakların – emek, sermaye, arazi, malzeme, enerji, bilgi – etkin kullanımı olarak tanımlamaktadır. Verimlilik aynı zamanda sonuçlarla, bu sonucu elde etmek için harcanan zaman arasındaki ilişki olarak da tanımladığını belirtip limanlardaki verimliliğin hesaplanabilmesi için hem operasyon hem de yönetim bölüm verimliliğinin ölçülmesi gerektiğini savunmuştur. Çalışmasında Veri Zarflama Analizi kullanmıştır.

Bayar [46], limanlarda verimlilik kavramının çok önemli olduğunu, bu sebeple limanlarda yapılan değerlendirme ve ölçümlerde verimsizlikle karşılaşıldığı durumlarda tedbirler alınıp düzeltmelerin yapılması gerektiğini belirtmiştir. Bayar [46], limanlarda verimlilik ilkelerini doğru hizmetin doğru zamanda doğru miktarda en az maliyetle beklenen kalitede ve katma değer yaratacak biçimde çevreye zarar vermeden ve insan kaynaklarını gözeterek sunulması gerektiğini belirtmiştir.

Verimliliğin artırılması şirketlerin sürdürülebilirliğin ve rekabetçiliğini devam ettirebilmesi için çok gereklidir. Limanlar elleçledikleri farklı yük türlerinden dolayı farklı terminal çeşitleriyle uzmanlaşmaya gitmek durumunda kalmaktadırlar. Bu terminallerin hepsinin verimliliği tüm limanın toplam verimliliğini etkilemektedir.

Yollu [13], limanlarda kullanılan başlıca kısmi verimlilik kavramlarını aşağıdaki şekilde sıralamıştır:

Gemi Verimi: Operasyon sürecinde elleçlenen yük miktarının, gemi çalışma saatine oranıyla belirlenen bir kriterdir.

$$Gv = \frac{\text{Ortalama Yükleme Boşaltma Süresi}}{\text{Gemi Başına Düşen Ortalama Yükleme Boşaltma Tonu}} \quad (2.3)$$

Posta Verimi: Değişik malların elleçleme farklarını belirtmek üzere; posta verimi (Pv) kriteri çeşitli mal grupları için kullanılır.

$$Pv = \frac{\text{Elleçlenen Ton}}{\text{Posta Saati}} \quad (2.4)$$

Şeklinde hesaplanmaktadır.

Çağlar [37], Tablo 2.9' da konteyner terminallerinde verimliliğe etki eden faktörleri; depo alanı, ekipman (vinç), kapı, yanaşma yeri ve personel olarak beş değişik başlık altında ele almıştır.



Tablo 2.9: Konteyner Terminal Verimliliğini Etkileyen Faktörler ve Verimlilik Ölçütü [37]

Terminal Operasyon Bölümü	Verimliliği Etkileyen Faktörler	Operasyon Üzerindeki Etkinin Yapısı	Verimlilik Ölçütü
Konteyner Depo Sahası	Alan Biçim Plan Depo Elleçleme Yönetimi Konteyner Boyutu Terminaldeki Kalma Süresi	Konteynerlerin İstiflendiği Alanın Boyutu	TEU/ Brüt Alan TEU Kapasitesi/Net Depolama Alanı
Vinç	Vinç Karakteristikleri Operatör Kabiliyeti Arıza Nedenli Duraksamalar Gemi karakteristikleri	Operasyonel Gecikmeler	Saat başına taşınan Konteyner Adedi
Kapı	Operasyon Süresi Yol Şerit Sayısı Otomasyon Seviyesi Verilerin Geçerliliği	Gönderilen Konteynerlerin Muayene Kontrol Belgeleri	Kamyon Dönüşüm Süreci
Yanaşma Yeri	Gemi Çizelgesi Yanaşma Yeri Uzunluğu Vinç Sayısı	Yanaşma Yeri Kullanma Alanı	Konteyner Gemisi Çalışma Süresi/Yanaşma Yerinde Harcadığı Süre
Personel	Ekip Sayısı Çalışma ve Güvenlik Kuralları Çalışma Potansiyeli Eğitim Motivasyon Gemi Karakteristikleri	Genel Operasyon Temposunun Hızı	Bir Saatlik Çalışma Sürecindeki taşınım Miktarı

Çağlar'ın çalışması örnek alınarak benzer verimlilik çalışmasını, RO-RO terminalleri için de yapılması mümkün olacaktır.

Tablo 2.10: RO-RO Terminalleri İçin Verimlilik

Terminal Operasyon Bölümü	Verimliliği Etkileyen Faktörler	Operasyon Üzerindeki Etkinin Yapısı	Verimlilik Ölçüsü
Otomobil Stok Alanı	Alan Biçim	Plan	Araçların Yerleştirildiği, İstiflendiği Alanın Boyutu Araç başına brüt alan Araç Kapasitesi
Yanaşma Yeri	Gemi çizelgesi Yanaşma yeri uzunluğu	Yanaşma Yeri Kullanma Oranı	RO-RO Gemisi Çalışma Süresi/Yanaşma Yerinde harcadığı süre
Personel	Ekip sayısı Çalışma ve güvenlik kuralları Çalışma potansiyeli Eğitim Motivasyon Gemi karakteristikleri	Genel Operasyon Temposunun Hızı	Bir Saatlik Çalışma Süresindeki Yüklenen/Boşaltılan Araç Miktarı

PCC terminallerinde verimlilik birim şoförün saat başına yükleme/boşaltma yaptığı toplam araç sayısı olarak tanımlanır. Limanlarda verimliliğin artması gemilerin limanlarda kalış sürelerinin azaltılması, dakika başına yüklenen yük sayısının maksimizasyonu ve yük hasarının en düşük seviyeye indirilmesi ile sağlanabilir.

2.10. PCC TERMİNALLERİNDE OPERASYONEL VERİMLİLİĞİ; PERFORMANSI VE EMİSYON MİKTARINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Operasyonel verimlilik, saat başına gemiye yüklenen ve gemiden indirilen araçların adet ortalaması olarak tanımlanmaktadır. Operasyonel verimi etkileyecek başlıca faktörler aşağıda sıralanmıştır:

- Yüklenecek ve indirilecek araç sayısı
- Depolama/park alanlarının rıhtıma ve gemiye olan uzaklıkları
- Organizasyon/ şoför sayısı
- İthalat İhracat Dengesi ve Limanlardaki Stok Durumu

2.10.1. Araç Adedi

Bundan durum, gemiye operasyon sürecinde yüklenecek ihraç kayıtlı araçlar ile ithalat amaçlı gemiden indirilecek araçların toplam adedi olarak belirtilmektedir. Operasyon sürecini, toplam araç adedi direkt etkileyeceği gibi; araçların sürülerek yüklenip, tahliye edilinceye dek kat ettikleri mesafe de, doğrudan km başına oluşacak emisyon miktarını etkileyecektir.

2.10.2. Depolama Alanlarının Rıhtıma Olan Uzaklığı

Limanlarda araçların yükleme için beklediği park alanları ve ithal araçların dağıtımına çıkmadan önce bekletilecekleri stok alanlarının rıhtıma olan mesafeleri, operasyonel süreçte ortaya çıkacak emisyon miktarını ve toplam operasyon süresini etkilemektedir.

2.10.3. Liman İçi Servis Araç ve Şoför Sayısı

Gemi operasyonu süreci, geminin limana yanaşmasıyla kalkışı arasında geçen süreden ibarettir. Fazla şoför adedi süreci hızlandırabileceği gibi, bu sayının gemi rampasında trafiğe sebep verip operasyonun yavaşlamasına sebep olmasının da engellenmesi gerekmektedir. Limanlarla yapılan görüşmelerde, optimum şoför sayısınının 36'şar kişilik iki ekibi geçmemesi önerilmiştir.

2.10.4. İthalat ihracat Dengesi ve Limanlardaki Stok Durumu

Operasyonel verimliliği etkileyen en önemli etkenlerden biri de limanlardaki stok durumudur.

Stok durumu piyasa koşullarına bağlı olarak ithalat ihracat dengesiyle bağlantılı olarak değişiklik gösterebilir. Günümüzde Türkiye'de RO-RO terminallerinin karşılaştığı durum buna örnek verilebilir. Döviz kurundaki şiddetli dalgalanma otomotiv satışlarını Ağustos- Kasım 2018 aralığında neredeyse durma seviyesine getirmiştir. Üreticiler ve ihracatçılar beklentileri oranında satış gerçekleştirememiş ve ilaveten varış yapan otomobiller ile stok seviyeleri kontrol edilemez hale gelmiştir. İthalatçılar stok sahaları yetersiz olduğundan dolayı Türkiye iç pazarı için ithal ettikleri araçları limanlarda depolamak durumunda kalmışlardır. Bu da limanlardaki doluluk oranını arttırmaktadır. Limanlarda doluluk oranı arttığı zaman hareket alanı kısıtlandığından dolayı operasyonel performans düşmekte ve bekleyen gemilerden kaynaklı emisyon miktarının artmasına sebep olmaktadır.

PCC ve PCTC gemilerine hizmet veren RO-RO terminallerinde kullanılan ekipman, konteyner ve kuru yük terminallerinin aksine yok denecek kadar sınırlıdır. Sürülerek yüklenen ve indirilen araçların operasyonunun doğasında emisyonu etkileyen faktörler:

- Gemilerin salgıladığı emisyon oranı ve
- Araçlardan salgılanan emisyon oranının toplamından ibaret olmaktadır.

2.10.5. Geminin Limanda Bekleme Süresi (Hotelling)

Operasyon sürecinde gemilerin ana makinaları çalışmadığından, seyir boyunca salgılanan emisyon miktarını limandaki operasyon sürecinde salgılamazlar. Ancak gemilerin limanda olduğu sürede zaruri elektrik ihtiyaçlarının karşılanması, jeneratörlerin çalışması için yedek makinaların stand-by durumunda çalıştırılması gerekmektedir. Bu durum limanlardaki süreçte, CO² salınımına sebep olmaktadır.

Gemilerin operasyon sürecinde salgıladığı emisyon miktarını hesaplamak için:

- Gemilerin limanda kaldığı süre; diğer bir deyişle operasyonun başlamasından bitimine kadar geçen süre
- Gemilerin yedek makinalarının yaktıkları saatlik yakıt tüketim miktarı
- Yakıt cinsinin ton başına salgıladığı emisyon miktarına ihtiyaç duyulmaktadır.

2.10.6. Üretim ve Teslim Arasındaki Araç Mesafeleri

PCC ve PCTC gemilerine servis veren RO-RO limanlarındaki operasyon sürecinde emisyonu etkileyen en önemli faktörün, ithalat ve ihracat araçlarının salgıladığı emisyon miktarlarıyla birlikte servis araçlarının salgıladıkları emisyon miktarları olduğu varsayılmaktadır. Günümüzde hükümetler, araç kaynaklı emisyon sorununa büyük önem gösterirken bu konuda çalışan kuruluşlar da emisyon miktarlarının düşürülmesi için üreticilere baskı ve yaptırım uygulamaktadırlar. Ancak limanlarda operasyonel süreçte ortaya çıkacak emisyon miktarının düşürülmesi için harcanan çabanın yeterli oranda olmadığı düşünülmektedir.

Günümüzde araçların salgıladığı karbondioksit oranları gr/km olarak hesaplanmaktadır. Terminaldeki operasyonel süreçte emisyonu sebep olan faktörlerin en önemlisi olan araçların salgıladığı emisyonun bahsederken şoförlerin gemilerden araç sahasına nakliyesini ve akabinde konvoyun başında konvooya eşlik eden bu servis araçlarının salgıladığı emisyon

miktarını da hesaplamak gerekmektedir. İhraç ve ithal araçların limanlarda sürülürken salgıladıkları emisyonlar ve servis araçlarının salgıladığı emisyon miktarında en önemli etken kat ettikleri mesafe olarak belirtilmektedir. Bu da stok sahasıyla gemi katları arasındaki mesafe anlamına gelmektedir.

2.11. EGZOZ EMİSYONU

İklim değişiklikleri, dünyanın günümüzde karşılaştığı en büyük doğa tehdidi olarak tanımlanmaktadır. Günümüzde hava kirliliğinin en önemli sebeplerinden biri, motorlu taşıtlardan kaynaklanan kirlenmedir. Özellikle büyük şehirlerde artan taşıt sayısı insan sağlığını da tehdit etmektedir. Bu tehditle mücadelede hükümetler, motorlu taşıtların bu tehditte etkilerinin azaltılması için çaba sarf etmektedirler. Bu sebeple, motorlu taşıt üreticileri sürekli zorlaşan emisyon standartları gereği emisyon hacimlerini iyileştirmeye zorlanmaktadır.

Benzinli, dizel ve alternatif yakıtlı motorlardan kaynaklanan hava kirliliği emisyonları karbon monoksit, azot oksitleri, yanmamış hidrokarbonlar ve partiküler maddelerden oluşmaktadır. Bu emisyonların miktarları, Avrupa emisyon standartlarına göre düzenlenmektedir. Modern arabalar, hava kalitesi kirleticilerinin oldukça az miktarlarını üretirler. Ancak dünyada her geçen gün artan otomobil sayısı, toplam emisyonu önemli bir hava kalitesi problemine dönüştürmektedir [42].

Kirletici diye adlandırılan karbon monoksit, azot oksitleri ve yanmamış hidrokarbonlar çeşitli görünmez gaz sınıflarıdır. Kirletici emisyon seviyeleri, araç teknolojisine ve aracın bakım durumuna, kullanım biçimine, sürüş koşulları ve ortam sıcaklığı ile buna benzer birçok faktörden etkilenir. Bu sebeple, en azından başlangıç noktası olarak, tüm yeni binek otomobillerin, minimum AB emisyon standartlarını karşılaması gerekmektedir [42].

Özcumalı [43] çalışmasında egzoz gazlarının etkileri, aşağıdaki daha detaylı olarak açıklamıştır:

- CO- Karbon monoksit, kanın oksijen taşıma kapasitesini düşürür ve bu da organların oksijen kullanımını azaltabilir.
- NO_x - Azot oksitleri, Azot dioksit (NO₂) ve Azot oksit (NO) içerir.
- NO, özellikle solunum yolu rahatsızlığı olan insanlarda sağlık üzerinde olumsuz etkilere neden olabilecek azot dioksiti (NO₂) oluşturmak üzere atmosferde reaksiyona girer.

Partikül madde (PM)- İnce parçacıklar, özellikle mevcut solunum bozuklukları bulunan kişilerde insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiye neden olmaktadır. İngiltere’de her yıl yaklaşık 30.000 insan ölümü PM’den kaynaklanmaktadır. HC- İnsan solunum sistemine zarar verebildikleri gibi aynı zamanda kanserojen maddelerdir [42].

Hava kalitesinde kirleticilerin kara nakil araçlarından salınımı, yakıtların kalitesinin artırılması ve yeni araçların artan oranda emisyon sınırlarının belirlenmesi ile günümüze kadar azaltılmıştır. Örneğin; 1970-1980 yıllarında üretilen bir araçta, kilometre başına aynı miktarda hava kirleten emisyonu üretmek için günümüzde 50-60 yeni araçla aynı kilometreyi yapmak gerekir. Son yirmi yılda daha sıkı emisyon limitleri, Avrupa düzeyinde belirlenmiş ve 1992 yılında "Euro1"sınırlarıyla başlatılan bu süreç, Eylül 2015'ten itibaren tüm yeni otomobillerde "Euro 6" standardına çıkarılmıştır. Çalışmanın konusunun içeriğini teşkil eden karbondioksit emisyon oranı, motorlu taşıtlarda gr/KM olarak hesaplanmaktadır.

2.12. AVRUPA OTOMOTİV EMİSYON STANDARTLARI

Avrupa emisyon standartları, satılan yeni araçların emisyonları için kabul edilen standartlardır. Bu standartlar, 1992 senesinde uygulamaya alınmış ve günümüze kadar Tablo 2.11’de belirtildiği gibi 6 basamak ilerleyerek emisyon miktarının düşürülerek; kontrol altına alınmasını amaçlamıştır. Bunun ana sebebi, satılan araç sayısının her geçen gün daha da artması ve bununla birlikte artan emisyon miktarının kontrol altına alınması gereksiniminin ortaya çıkmasıdır. Öncesindeki uygulamalar 1960’ların sonlarında Amerika’da, 1970’lerin başlarında da Avrupa’da uygulanmaya başlanmıştır.

Tablo 2.11: Avrupa Normları [20]

Dizel motorlu araçlar için emisyon değeri						
	Geçerlilik Tarihi	CO (g/km)	HC (g/km)	Nox (g/km)	HC+Nox (g/km)	PM
Euro 1	01/92	3,16			1,13	0,14
Euro 2	01/96	1,00	0,15	0,55	0,70	0,08
Euro 3	01/00	0,64	0,06	0,50	0,56	0,05
Euro 4	01/05	0,50	0,05	0,25	0,30	
Euro 5	09/09	0,50	0,05	0,18	0,23	0,005
Euro 6	08/14	0,50	0,09	0,08	0,17	0,005
Benzin motorlu yeni araçlar için emisyon değeri						
	Geçerlilik Tarihi	CO (g/km)	HC (g/km)	Nox (g/km)	HC+Nox (g/km)	PM
Euro 1	01/92	2,72			0,97	
Euro 2	01/96	2,20			0,5	
Euro 3	01/00	2,30	0,20	0,15		
Euro 4	01/05	1,00	0,10	0,08		
Euro 5	09/09	1,00	0,10	0,06		0,005*
Euro 6	08/14	1,00	0,10	0,06		0,005*

Türkiye’de de emisyon standartları, 1993 senesinden bu yana uygulanmasına rağmen; Euro standartlarına geçiş, 2008 yılını bulmuştur. Bu gecikmeden dolayı, 2008 yılında Euro-1 standardından sonra, 2009 yılında direk olarak Euro-4 standardına geçilmiştir. Avrupa binek araçlar için Eylül 2014 sonrası ithal edilen araçlarda, Euro-6 standardı aranmaktadır. Euro-6 standartlarında kabul gören karbondioksit emisyon miktarı, km başına 130 gr’dan düşük olmalıdır. 2021 sonrası bu oranın 95gr/km’ye düşürülmesi amaçlanmaktadır. Türkiye’de Euro-6 standardı, Ocak 2016 itibarıyla uygulamaya girmiştir. Amaç, benzinli araçların yanı sıra dizel araçlarda da emisyon oranını kontrol altına almaktadır. Hali hazırda trafikte olan araçlara, Avrupa düzenlemesi bir düzenleme getirmese de yeni üretilen araçlarda emisyon kontrolü her geçen gün önem kazanmakta olup; standartların dışına çıkan, yanlış bildirimde bulunan firmalara yüksek cezalar uygulanmaktadır.

2.13. DÜNYA’DA GEMİLER İÇİN UYGULANAN VE UYGULANMASI PLANLANAN EMİSYON KONTROL UYGULAMALARI

Her geçen gün emisyon oranlarına karşı olan duyarlılık artmaktadır. Otomotivde uygulanan emisyon oranı standartları, daha büyük hacimli gemi makinalarında da 1997 yılından bu yana

Uluslararası Denizcilik Örgütü [44] tarafından kontrol altına alınmaya çalışılmakta ve özellikle son senelerde, gelen emisyon oran limitleri doğaya verilen önemden dolayı daha da düşürülmeye çalışılmaktadır.

Uluslararası Denizcilik Örgütü, 1948'de Cenevre'de kurulmuş, 1958'de yürürlüğe girmiştir. Uluslararası Denizcilik Örgütüne 167 üye devlet bulunmaktadır. IMO, 1960 yılından bu yana denizcilik sektörünün doğaya verdiği zararlı etkiyi azaltmak için çaba göstermektedir. Uluslararası Gemilerin Sebep Olduğu Kirliliğin Önlenmesi Konvansiyonu'na 1997 yılında adapte edilerek, gemilerden kaynaklanan emisyonla atıfta bulunulmuştur [44].

Emisyon Kontrol Alanları:

- Küresel şartlar
- Emisyon Kontrol Alanlarındaki (ECA) gemiler için geçerli daha sıkı şartlar.

Mevcut Emisyon Kontrol Alanları Aşağıdaki gibidir:

- Baltık Denizi
- Kuzey Denizi
- Kuzey Amerika ECA Alanı, Birleşik Devletler ve Kanada sahillerinin birçoğunu içerir
- ABD- Karayip ECA alanı, Porto Riko ve ABD Virgin Adaları

Azot Oksit (Nox) Emisyon Standartları:

Azot Oksit Emisyon limitleri, Tablo 2.12'de gösterildiği gibi dizel makineler için işletme hızına (n, rpm) bağlı olarak belirlenmiştir. Kademe I ve Kademe II limitleri küresel iken; Kademe III standartları, sadece yukarıda belirtilen Emisyon Kontrol Alanlarında geçerlidir.

Tablo 2.12: MARPOL Azot Oksit Emisyon Limitleri

Kademe	Tarih	Nox Limit, g/kWh		
		n<130	130≤n<2000	n≥2000
Kademe 1	2000	17	$45 \cdot n^{-0.2}$	9.8
Kademe 2	2011	14.4	$44 \cdot n^{-0.23}$	7.7
Kademe 3	2016 +	3.4	$9 \cdot n^{-0.2}$	1.96

NOx Emisyon Kontrol Alanlarında (Kademe 2 standartları, ECA'lar dışında geçerlidir).

Yakıtın Kükürt Oksit (SOx) içeriği:

Gemilerden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Önlenmesi Yönetmeliği, gemilerden gelen hava kaynaklı emisyonları (sülfür oksitler / SOx) kontrol etmeye çalışmaktadır. Sülfür oksit emisyonlarını azaltmaya yönelik düzenlemeler, geminin akaryakıt içeriğindeki kükürt oranı için küresel bir sınır getirmiş ve belirlenen emisyon kontrol alanlarında daha sıkı denetlemeler getirilmiştir. Bu denetlemeler, 01.01.2020 tarihinden itibaren yeni küresel % 0,5 kükürt oranı yasaasının uygulanmasını zorunlu kılacaktır. Uluslararası Denizcilik Örgütü'nün tahminlerine göre gelecek uygulamadan 70 bin kadar gemi etkilenecektir. Avrupa ve Amerika'daki Emisyon Kontrol Bölgelerinde (ECA), kükürt emisyonu konusunda daha sıkı limitler, 2015 yılından bu yana uygulanmaktadır.

Tablo 2.13: Marpol Yakıt Kükürt Limitleri

Tarih	Yakıtın kükürt limiti(% m/m)	
	SOx ECA	Küresel
2000	1.50%	4.50%
2010	1.00%	
2012		3.50%
2015	0.10%	
2020		0.50%

Tablo 2.13'de belirtildiği gibi SECA (Kükürt Emisyonu Kontrol Alanı) olarak adlandırılan İngiltere Körfezi'nden başlayıp Rusya'ya kadar uzanan alanda, 2015 yılında emisyon oranlarının %1'den %0.1'e düşürülmesi, denizcilik sektöründe atılmış en önemli adımlardan biri olarak görülmektedir (Şekil 2.27). Bu alanda çalışacak gemilerin, kükürt oranı düşük mazot kullanması zorunlu hale getirilmiş ve ilave mazot maliyetlerinin ortaya çıkması beklenirken petrol fiyatlarındaki düşüş, bu sürecin mali etkisini bir nebze de olsa azaltmıştır.



Şekil 2.27: SECA Bölgesi [1]

Bu süre zarfında bölgede faaliyet gösteren gemi firmaları emisyon miktarını 0.1% ye düşürebilmek için öncelikli çözüm olarak yüksek sülfürlü katı yakıt yerine (IFO380) düşük sülfür içeren sıvı yakıt (LSMGO) kullanımına geçmişlerdir. Bu da yakıt maliyetlerini ortalama ton başına 200.- Amerikan Doları civarında artışa sebep olmuştur. Gelecekteki değişecek uygulama ve yaptırımları öngören bazı armatör firmalar daha henüz 2015 uygulamaları başlamadan geleceğe yönelik yatırımlar yapmaya başlamışlardır. United European Car Carrier AS isimli Norveç firması, dünyanın ilk LNG (Sıvılaştırılmış Doğal Gaz) ile çalışan 2 gemiyi filosuna katmış, Kükürt Emisyonu Kontrol Bölgesinde sefere başlatmıştır (Şekil 2.13 ve Şekil 2.14). Bu gemiler emisyon kontrol alanı dışında yüksek sülfürlü yakıt kullanabilmekte ve böylelikle maliyetlerini bu bölgeler içerisinde kısılabilmektedirler. 2015 yılında yapılan bu değişiklik, küresel anlamda 2020' de başlayacak olan yeni uygulamanın başlangıcını oluşturmaktadır. 2020 yılı 1 Ocak itibarıyla küresel anlamda kükürt salınım miktarının % 0.5 olarak hedeflenmiş ve kanun olarak yayınlanmıştır. Kanunun getirdiği zorunluluk gemi firmalarının çözüm yolları aramaya sevk etmiştir. Bu çözüm yolları arasında Ağır Fuel Oil'den (HFO) Marine Gaz Yağı'na (MGO) geçiş, ultra düşük sülfürlü muadil yakıtlar, LNG gibi alternatif yakıtları kullanmak ve düzenli olarak çalışmaya devam etmek için yıkayıcı sistemlerin kurulması yer almaktadır.

Bu alternatiflere biraz daha detaylı incelediğimizde:

- Deniz Gaz Yakıtı: 2015 yılından sonra sülfür kontrol bölgesinde özellikle kullanılmaya başlamış düşük sülfür oranlı yakıttır.
- Muadil Yakıtlar: VLSFO (Çok düşük sülfür içeren sıvı yakıt) ve ULSFO (Ultra düşük sülfür içeren sıvı yakıt) olarak gündemde yerini almaktadır. Bu yakıtlar yakıt şirketleri tarafından denenen farklı yakıtların karışımıyla 0.5% sülfür oranının altına ulaşmaya sağlanan yakıt tipleridir. Her ne kadar bu yakıtlara talebin artacağı öngörülse de hala bilinmeyen iki handikap bulunmaktadır. Bunlar:
 1. Gemi makinaları bu yakıtları kullanmaya elverişliliği ve performans düşüşüne sebep olmadan gemiler bu yakıtlarla çalışabilecek mi?
 2. Yakıtların maddi etkisi ne olacaktır?
- LNG: UECC firmasının kullanmaya başladığı gibi sıvılaştırılmış doğal gaz ile çalışan gemilere geçiş maliyetli bir alternatif olarak ortaya çıkmaktadır. Bu yakıt -160 derecede soğutulup sıvılaştırılarak makinalara verilmektedir. Farklı bir teknolojiye sahip bu makinalara sahip gemilerin yapılması ciddi maliyetler getirmektedir.
- Egzoz Gazı Temizleme sistemleri (Scrubber): Gemilerin makinalarından çıkan duman su sistemli bacalara benzeyen tesisatlar kurularak temizlenmekte ve doğaya zorunlu sınırların içinde emisyon miktarı bırakılmasına yardımcı olmaktadır. Yeni sıvılaştırılmış doğal gaz ile çalışan gemilere oranla maliyetleri çok düşük olsa da yine ortalama bir gemi için 1.5 -3 Milyon Euro arası maliyet getirmektedir. Egzoz Gazı temizleme sistemleri Açık ve Kapalı tip olmak üzere ikiye ayrılır. Denizden alınan suyla temizlenip tekrar denize tahliyeye izin veren sistemler açık tip; koksit soda ile nötrü hale getirilip depolanan daha sonrasında tahliye edilmesi gereken sistemler ise kapalı tip sistem olarak adlandırılır.

Bu yıkama sistemlerinin en büyük dezavantajı yıkanan dumandan çıkan atıklar gemilerden tahliye edilmek zorunda olmasıdır. Bu da diğer bir anlamda denizlerdeki kirliliğin artmasına sebep olacak bir yöntem olarak düşünülmekte ve geçici bir çözüm olmaktadır [1].

3. MALZEME VE YÖNTEM

Limanlarda gemi operasyonu süresinin hesaplanması ve oluşan emisyon miktarına ulaşmak için denklem kurgulanmış ve kurgulanan denklemin doğrusal programlamada operasyonel sürecin minimize etmesi hedeflenmiştir.

3.1. OPERASYONEL SÜRECİN VE KARBONDİOKSİT EMİSYON MİKTARLARININ HESAPLANMASI

Operasyonel verimlilik ve karbondioksit emisyon miktarlarının hesaplanabilmesi için bunları etkileyen faktörler göz önünde bulundurularak emisyon miktarını ve de operasyon sürecini hesaplamak için denklem hazırlanmıştır.

3.1.1. Varsayımlar

1. Gemilerin operasyon sürecinde salgıladığı emisyon oranlarını formüle edildiğinde aşağıdaki algoritmanın çalıştırılması gerekir:
 - Planlanan vardiya süresi= Operasyon süresi= Gemi varışı ve gemi kalkışı arasında geçen süre
 - Yedek motorların ESB durumunda (Engine Stand-by) bu süre zarfında saatlik yakıt tüketim miktarlar ton bazında
 - Dizel / Gaz yağı için karbondioksit emisyon oranı (Aşağıdaki tablodan 3206000 g/t olarak alınmıştır)

Tablo 3.1: Farklı Yakıt Türlerinin Karbondioksit İçerikleri [1]

Yakıt Cinsi	Referansı	Karbon içeriği (m/m)	Karbon (gram CO ₂ / ton yakıt)
1. Dizel/ Mazot	ISO 8217 Derece DMX- DMC Aralığı	0.875	3206000
2. Düşük Sülfürlü Sıvı Yakıt (LFO)	ISO 8217 Derece RMA- RMD Aralığı	0.86	3151040
3. Yüksek Sülfürlü Sıvı Yakıt (HFO)	ISO 8217 Derece RME- RMK Aralığı	0.85	3114400
1. Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (LPG)		0.81	2967840
2. Doğal Gaz		0.8	2931200

- Hazırlanan denklemde, Türkiye limanlarına haftalık sefer hizmeti veren United European Car Carriers firmasına ait, Leader Class PCTC gemilerinin yedek makinalarının limana yanaştığı andan limandan ayrılana dek geçen süre zarfında yedek motorlarının tükettiği saatlik mazot değerleri veri olarak kabul edilecektir.
- Alınan ortalamalara istinaden yedek makinaların 24 saatte harcadıkları yakıt miktarı, 5.5 mton/24 saat olarak belirlenmiştir. United European Car Carriers Ship Management departmanı verilerine göre; Türkiye'ye gelen gemilerin operasyon sürecinde tükettikleri yakıt oranı aşağıdaki gibidir:

EMERALD Leader:

Limanda Operasyon Sürecinde 5.5MT MGO

Limana Yanaşma Sürecinde 8.5MT MGO

OPAL Leader:

Limanda Operasyon Sürecinde 5.5MT MGO

Limana Yanaşma Sürecinde 8.5MT MGO

CORAL Leader:

Limanda Operasyon Sürecinde 5.5MT MGO

Limana Yanaşma Sürecinde 8.5MT MGO

VEGA Leader

Limanda Operasyon Sürecinde 6 MT MGO

Limana Yanaşma Sürecinde 9 MT MGO

- Leader Class gemilerin 24 saatlik tüketim miktarı, ortalama 5.5 ton olarak değerlendirmeye dahil edilmiştir.
 - Leader Class PCTC Gemileri Yedek Makina Tüketim Miktarı/saat= 229,16 kg (UECC)
 - Tüketilen yakıt cinsine göre ton başına karbondioksit emisyon miktarı, 3206000 gr'dır. Yani kg yakıt başına emisyon miktarı, 3.206 gr'dır.
 - Toplam Emisyon= operasyon süresi x yedek makinaların saatlik tüketim miktarı x yakıt cinsine göre ton başına emisyon miktarı
2. Sürülerek gemilere yüklenen yeni üretilmiş binek araçların kat edilen mesafe başına salgıladığı karbondioksit emisyon oranlarını hesaplamak için, Vehicle Certification Agency tarafından 2017 yılı için hazırlanan çalışmada sunulan marka ve model bazında binek araç karbondioksit emisyon oranlarının km başına ortalaması alınarak kullanılmıştır [42].
- Hem dizel; hem benzinle çalışan 49 marka ve 5538 farklı modeldeki aracın, CO² emisyon miktarı ortalaması = 134.59gr/km olarak hesaplanmıştır.
 - Toplam Emisyon = araç sayısı x kat edilen mesafe x CO² gr/km
3. Gemi operasyonu sürecinde yüklemesi ve boşaltması yapılacak araçlar ve şoförlerin araç yanına getirilmesi ile konvoylara refakat etmekte kullanılan servis araçlarının emisyon oranlarını hesaplamak için Vehicle Certification Agency tarafından 2017 yılında hazırlanan çalışmada sunulan marka ve model bazında Hafif Ticari Araç emisyon oranlarının km başına ortalaması alınarak kullanılmıştır [42].
- Hem dizel; hem benzinle çalışan 17 marka ve 2112 farklı modeldeki aracın, CO² emisyon miktarı ortalaması = 188.93 gr/km olarak hesaplanmıştır.
 - Toplam Emisyon = servis aracı sayısı x kat edilen mesafe x CO² gr/km
4. Operasyon süresi hesaplanırken:

- Hız sınırı ortalama, 20 km/saat olarak hesaplanmıştır.
- Mesafe olarak da sadece limandan gemiye kadar olan mesafe, formülün sade kalması amacıyla değişken olarak kullanılmış olup gemi rampasından katlara kadar olan mesafe hesaplama katılmamıştır.
- Şoförler, 8 saatlik vardiya içinde 1 saat yemek, 0,5 saat çay molası alırlar. Denklemde, molalar hesaplama dahil edilmemiştir. Dolayısıyla, net operasyon süreci üzerine hesaplama yapılmıştır.
- Her konvoyun şoförlerinin gemiye varışıyla gemiden ayrılışı arasındaki süreç, saha çalışmalarına dayanılarak 5dk olarak hesaplanmıştır.
- Yine her şoförün servis aracından inip, yüklenecek araçlara binerek konvoyu oluşturmalarına kadar geçen süre 5 dakika olarak hesaplanmıştır.
- Konvoydaki 1. ve sonuncu aracın kat edeceği mesafe aynıdır.
- Operasyon süreci hesaplaması yapılırken; konvoydaki araçlar aynı anda hareket edeceğinden beher araç değil beher konvoy olarak hesaplama yapılmıştır.
- Süreler dakika olarak hesaplanmıştır.

3.1.2. Değişkenler

Limanlarda operasyonel süreçte salgılanan karbondioksit emisyon miktarını hesaplamak için kullanılan denklem aşağıdaki gibidir. Notasyonlar aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

n	: İhraç Araç Sayısı
k	: İthal Araç Sayısı
m	: Servis Aracı Sayısı
c_{Makine}	: Makina Tüketim
d	: Park sahası ile gemi arasındaki mesafe
e_{makina}	: Makina Emisyonu
e_{Servis}	: Servis Araçlarının Emisyonu
e_{Gemi}	: Gemi Emisyonu
$e_{ithalat}$: İthal Araçların Emisyonu
$e_{ihraç}$: İhraç Araçlarının Emisyonu
$e_{Araç}$: Araç Emisyonu
$e_{ithalat} = e_{ihraç} = e_{Araç}$	

$e_{Toplam Araç}$: Yüklenen ve Boşaltılan Toplam Araç Emisyonu
e_{Toplam}	: Operasyon Sürecindeki Toplam Emisyon
v_{Lim}	: Hız Sınırı
S_i	: i. Aracın Servis Sayısı
$t_{Operasyon}$: Operasyon Süresi
y_1	: Servis Aracının Sefer Süresi
y_2	: Sahada ve gemide servis araçlarının bekleme süresi
A	: Servis Araçlarının Toplam Sefer Sayısı
p_i	: S(i+7) kapasiteli aracın sefer sayısı
Z_{min}	: Amaç Fonksiyonu

3.1.3. Operasyonel Süreçlerde Emisyonlar

Denklem kurgulanırken operasyon sürecinde emisyonla etki eden, araçların, servis araçlarının ve gemilerden kaynaklı emisyon miktarının hesaplanması ve bunun yanında operasyon sürecinin hesaplanması hedeflenmiştir.

Servis aracı başına düşen ortalama sefer sayısı:

$$\frac{1}{m} \sum_{l=1}^m S_l \quad (3.1)$$

Servis araçları başına düşen ortalama sefer sayısı operasyon sürecinde yapılan toplam sefer sayısının kullanılan servis aracı sayısına bölünmesiyle bulunmaktadır.

Servis Araçlarının Toplam Emisyonu:

$$2e_{Servis} d \sum_{l=1}^m S_l \quad (3.2)$$

Servis araçlarının toplam emisyon miktarı hesaplanırken araçların park sahasından gemiye ve gemiden park sahasına 2 sefer yaptığı göz önünde bulundurulmuş dolayısıyla toplam sefer sayısı ikiyle çarpılarak bu rakam mesafe ve km başına üretilen emisyon miktarıyla çarpılarak sonuca ulaşılmıştır.

Toplam Operasyon Süresi:

$$t_{Operasyon} = 2 \frac{d}{v_{Lim}} \left(\frac{1}{m} \sum_{l=1}^m S_l \right) + 10 \frac{1}{m} \sum_{l=1}^m S_l \quad (3.3)$$

$$t_{Operasyon} = 2 \left(\frac{d}{v_{Lim}} + 5 \right) \left(\frac{1}{m} \sum_{l=1}^m S_l \right) \quad (3.4)$$

Toplam operasyon süresi hesaplanırken mesafe, hız sınırı Servis aracı sayısı göz önünde bulundurulmuş ve yine yukarıda belirtildiği üzere araçların çift yönlü hareketleri hesaba katılmış; bunun yanı sıra servis araçlarından park alanındaki araçlara personel binerken ve de gemide araçlar katlara yüklendikten sonra personel servis araçlarına binene kadar olan süre beşer dakika olarak hesaplanmıştır.

Araçların Toplam Emisyon Miktarı:

$$e_{Toplam Araç} = de_{Araç}(n+k) \quad (3.5)$$

Araçların salıgiladığı emisyon miktarı operasyon sürecinde yüklenen toplam araç sayısı kat ettikleri mesafe ve km başına binek araçların salıgiladığı emisyon miktarı çarpılarak bulunmuştur.

Geminin Toplam Emisyon Miktarı:

$$e_{Gemi} = t_{Operasyon} c_{Makine} e_{makina} \quad (3.6)$$

Geminin salıgiladığı emisyon miktarı geminin liman operasyonu sürecinde limanda kaldığı süre, yedek makinaların saat başına yaktığı mazot miktarı ve mazot cinsinin ton başına salıgiladığı emisyon miktarı çarpılarak hesaplanmaktadır.

Operasyon Sürecinde Toplam Emisyon Miktarı:

$$e_{Toplam} = e_{Gemi} + e_{Servis} + e_{Toplam Araç} \quad (3.7)$$

Toplam emisyon operasyon sürecinde Gemi, Servis araçları ve yüklenen ve boşaltılan araçların salıgiladığı toplam emisyon miktarıdır.

Denklem kurgulandıktan sonra değişkenlerin etkilerini görebilmek için Excel de uygulama yapılmıştır. Önce yöntemin çalıştığı kontrol edilmiştir. Sonuçlar Autoport KPI raporlarıyla karşılaştırılmıştır ve sonuçların gerçeğe uygun olduğu görülmüştür.

Tablo 3.2: Denklem Excel’ de Çalıştırılması

Giriş Değerleri	Birim	Miktar
Araç Sayısı Giriniz	Adet	1800.00
Şöför Sayısı Giriniz	Adet	65.00
Mesafe Giriniz	Km	1.10
Hız Sınırı	Km/Saat	20.00
Servis Araçlarındaki Personel Sayısı	Adet	8.00
Sonuçlar		
Servis Aracı Sayısı	Adet	8.13
Toplam Sefer Sayısı	Adet	257.14
Servis Aracı Başına Sefer Sayısı	Adet	31.65
Servis Aracı Başına Emisyon Miktarı	Gram	13154.51
Servis Araçlarının Toplam Emisyon Miktarı	Gram	106880.40
Araçların Toplam Emisyon Miktarı	Gram	266488.20
Toplam Operasyon Süresi	Dakika	525.36
Toplam Gemi Emisyonu	Gram	6432951.32
Operasyon Sürecinde Toplam Emisyon Miktarı	Gram	6806319.92

Tablo 3.2 de hazırlanan denklem Excel’de çalıştırılmıştır ve kullanılan yöntemle göre yapılan hesaplamalar sonucu toplam emisyon miktarı 6.806319.92 gr olarak hesaplanmıştır.

3.2. METODOLOJİ

3.2.1. Doğrusal Programlama

Doğrusal programlama belirlenmiş kaynakların kullanımını optimize etmek için kullanılan matematiksel modelleme yöntemidir. Doğrusal programlama sınırlı kaynaklar arasında en iyi dağıtımın sağlanmasını konu eder. Kısıtlı kaynaklar farklı miktarlarda bir araya getirilerek optimizasyon sağlamayı hedefleyen bir planlama faaliyeti olarak ifade edilebilir. Kısıtlamalara bağlı kalınarak optimizasyonun sağlamaya çalışıldığı günümüzde çok yararlı bir araçtır [45].

Bulunan veriler ışığında Operasyonel Süreci minimize edebilmek için veriler Excel Çözücü ’de Doğrusal Programa çalıştırılmıştır.

Tablo 4.1’de görüleceği üzere;

Amaç Bağıntısı: Operasyonel Sürecin Minimasyonu

$$Z_{min} = (2y_1 + y_2) A \quad (4.1)$$

Değişkenler:

- Şoför Sayısı
- Mesafe
- Hız sınırı
- Servis araçlarının kapasiteleri olarak belirlenmiştir.

Kısıt Bağlılıkları:

$$A = \sum_{i=1}^8 p_i S(i + 7) \quad (4.2)$$

$$0.0165 \leq y_1 \leq 0.2 \quad (4.3)$$

$$y_2 \leq 10 \quad (4.4)$$

$$y_1 = \frac{d}{v_{Lim}} \quad (4.5)$$

1. Şoför Sayısı: 1- 80 aralığında olacak)
2. Mesafe: 330 metre ve 2 km arası olacak
3. Servis aracı kapasiteleri: 8-15 Şoför Kapasiteli olacak.
4. Şoför sayısı ve Servis araçları kapasiteleri tam sayı olacaktır.

Excel Çözücü 'ye girilen verilerle program çalıştırıldığında Tablo 3.3'deki yanıt ve Tablo 3.4'deki popülasyon raporları oluşmuştur.

Tablo 3.3: Doğrusal Programlama Yanıt Raporu

Microsoft Excel 16.0 Yanıt Raporu					
Çalışma Sayfası: [Dogrusal Programlama v.1.xlsx]Sheet2					
Rapor Oluşturuldu: 2/12/2019 1:09:11 PM					
Sonuç: Çözücü, geçerli çözüme yakınsadı. Tüm Kısıtlamalar karşılandı.					
Çözücü Altyapısı					
Altyapı: Açılım					
Çözüm Süresi: 2.719 Saniye.					
Yinelemeler: 0 Alt problemler: 1053					
Çözücü Seçenekleri					
Zaman Sınırı Limitsiz, Yinelemeler Limitsiz, Precision 0.000001					
Yakınsama 0.99, Popülasyon Boyutu 100, Mutasyon Oranı 0.9, Geliştirme Olmadan Süre 30 saniye					
En Çok Alt Problem Limitsiz, En Çok Tamsayı Çözümü Limitsiz, Tamsayı Toleransı 1%, Negatif Olmadığını Varsay					
Hedef Hücre (En Küçük)					
Hücre	Ad	İlk Değer	Son Değer		
\$B\$13	Toplam Operasyon Suresi(Dk)	0.00	263.56		
Değişken Hücreleri					
Hücre	Ad	İlk Değer	Son Değer	Tamsayı	
\$B\$2	Sofor Sayisi Giriniz	1.00	80.00	Tamsayı	
\$B\$3	Mesafe Giriniz(Km)	1.00	0.33	Sürekli	
\$B\$4	Hiz Siniri(Km/Hr)	1.00	20.00	Sürekli	
\$B\$5	Servis Araclarindaki Personel Sayisi	1.00	13.00	Tamsayı	
Kısıtlamalar					
Hücre	Ad	Hücre Değeri	Formül	Durum	Serbestlik
\$B\$2	Sofor Sayisi Giriniz	80.00	\$B\$2<=80	Aynı	0
\$B\$2	Sofor Sayisi Giriniz	80.00	\$B\$2>=1	Farklı	79.00
\$B\$3	Mesafe Giriniz(Km)	0.33	\$B\$3<=2	Farklı	1.67
\$B\$3	Mesafe Giriniz(Km)	0.33	\$B\$3>=0.3	Aynı	0.00
\$B\$4	Hiz Siniri(Km/Hr)	20.00	\$B\$4<=20	Aynı	0
\$B\$4	Hiz Siniri(Km/Hr)	20.00	\$B\$4>=10	Farklı	10.00
\$B\$5	Servis Araclarindaki Personel Sayisi	13.00	\$B\$5<=15	Farklı	2
\$B\$5	Servis Araclarindaki Personel Sayisi	13.00	\$B\$5>=8	Farklı	5.00
\$B\$2=Tamsayı					
\$B\$5=Tamsayı					

Tablo 3.4: Doğrusal Programlama Popülasyon Raporu

Microsoft Excel 16.0 Popülasyon Raporu						
Çalışma Sayfası: [Dogrusal Programlama v.1.xlsx]Sheet2						
Rapor Oluşturuldu: 2/12/2019 1:09:11 PM						
Değişken Hücreleri						
Hücre	Ad	En İyi Değer	Ortalama Değer	Standart Sapma	En Çok Değer	En Az Değer
\$B\$2	Sofor Sayisi Giriniz	80.00	77.72	8.2774068	80	6
\$B\$3	Mesafe Giriniz(Km)	0.33	0.39	0.2618694	1.8031571	0.33
\$B\$4	Hiz Siniri(Km/Hr)	20.00	18.92	2.9499858	20	10
\$B\$5	Servis Araclarindaki Personel Sayisi	13.00	14.62	0.9179154	15	9

Program çalıştırıldığında çözücü, geçerli çözüme yakınsamıştır ve tüm kısıtlamaların karşılandığı gözlemlenmiştir.

4. BULGULAR

Çalışmanın başında değişkenlerin araç sayısı, mesafe ve şoför sayısı olarak kullanılması öngörülmüştür. Çalışma esnasında servis araçlarındaki taşınabilecek personel sayısındaki değişiklik yani servis araçlarının kapasitelerindeki artış operasyonu pozitif yönde etkileyebileceği fark edilmiştir. Bu sebepten, servis araçlarındaki personel sayısı da değişken olarak kabul edilmiş ve Excel’de hesaplama farklı değişkenlere göre çalıştırılmıştır.

Tablo 4.1: Denklem ‘de Şoför Sayısı Değişiminin Uygulaması

1. Şoför Sayısı Değişikliği				
Giriş Değerleri	Birim	Miktar	Miktar	Miktar
Araç Sayısı Giriniz	Adet	1800.00	1800.00	1800.00
Şoför Sayısı Giriniz	Adet	65.00	75.00	85.00
Mesafe Giriniz	Km	1.10	1.10	1.10
Hiz Sınırı	Km/Saat	20.00	20.00	20.00
Servis Araçlarındaki Personel Sayısı	Adet	8.00	8.00	8.00
Sonuçlar				
Servis Aracı Sayısı	Adet	8.13	9.38	10.63
Toplam Sefer Sayısı	Adet	257.14	257.14	257.14
Servis Aracı Başına Sefer Sayısı	Adet	31.65	27.43	24.20
Servis Aracı Başına Emisyon Miktarı	Gram	13154.51	11400.58	10059.33
Servis Araçlarının Toplam Emisyon Miktarı	Gram	106880.40	106880.40	106880.40
Araçların Toplam Emisyon Miktarı	Gram	266488.20	266488.20	266488.20
Toplam Operasyon Süresi	Dakika	525.36	455.31	401.75
Toplam Gemi Emisyonu	Gram	6432951.32	5575224.47	4919315.71
Operasyon Sürecinde Toplam Emisyon Miktarı	Gram	6806319.92	5948593.07	5292684.31

Tablo 4.1’ te yüklenip tahliye olacak araç adedi sabit tutulup şoför sayısındaki değişikliğin etkisi hesaplanmıştır. Buna göre şoför sayısındaki değişiklik;

- Servis aracı sayısının arttırılmasına sebep olmakta, fakat toplam sefer sayısını değiştirmemektedir.
- Servis araçlarının toplam emisyon miktarı da bu sebeple aynı kalmaktadır.
- Şoför sayısının artışı, operasyonel süreci kısaltmaktadır. Bu durumun toplam gemi emisyonunun düşmesine faydası olmaktadır.

Tablo 4.2: Denklem 'de Mesafe Değişikliğinin Uygulaması

2. Mesafe Değişikliği				
Giriş Değerleri	Birim	Miktar	Miktar	Miktar
Araç Sayısı Giriniz	Adet	1800.00	1800.00	1800.00
Şöför Sayısı Giriniz	Adet	65.00	65.00	65.00
Mesafe Giriniz	Km	1.10	0.80	0.60
Hız Sınırı	Km/Saat	20.00	20.00	20.00
Servis Araçlarındaki Personel Sayısı	Adet	8.00	8.00	8.00
Sonuçlar				
Servis Aracı Sayısı	Adet	8.13	8.13	8.13
Toplam Sefer Sayısı	Adet	257.14	257.14	257.14
Servis Aracı Başına Sefer Sayısı	Adet	31.65	31.65	31.65
Servis Aracı Başına Emisyon Miktarı	Gram	13154.51	9566.92	7175.19
Servis Araçlarının Toplam Emisyon Miktarı	Gram	106880.40	77731.20	58298.40
Araçların Toplam Emisyon Miktarı	Gram	266488.20	193809.60	145357.20
Toplam Operasyon Süresi	Dakika	525.36	468.40	430.42
Toplam Gemi Emisyonu	Gram	6432951.32	5735402.38	5270369.75
Operasyon Sürecinde Toplam Emisyon Miktarı	Gram	6806319.92	6006943.18	5474025.35

Tablo 4.2’de park alanıyla gemi rampası arasındaki mesafenin azalması kurgulanmıştır. Mesafenin azalması;

- Servis araçlarının salgıladığı toplam emisyonun azalmasına olanak sağlamaktadır.
- Yüklenen ve boşaltılan araçların toplam emisyonunun da azalmasına olanak sağlamaktadır.
- Bununla birlikte operasyonel süre ciddi şekilde kısalttığı ve sürenin kısalmasıyla toplam gemi emisyonunun da düşürüldüğü görülmektedir.

Tablo 4.3: Denklem 'de Servis Araçlarındaki Kapasite Değişikliği Uygulaması

3. Servis Araçlarındaki Kapasite Değişikliği				
Giriş Değerleri	Birim	Miktar	Miktar	Miktar
Araç Sayısı Giriniz	Adet	1800.00	1800.00	1800.00
Şoför Sayısı Giriniz	Adet	65.00	65.00	65.00
Mesafe Giriniz	Km	1.10	1.10	1.10
Hiz Sınırı	Km/Saat	20.00	20.00	20.00
Servis Araçlarındaki Personel Sayısı	Adet	8.00	10.00	12.00
Sonuçlar				
Servis Aracı Sayısı	Adet	8.13	6.50	5.42
Toplam Sefer Sayısı	Adet	257.14	200.00	163.64
Servis Aracı Başına Sefer Sayısı	Adet	31.65	30.77	30.21
Servis Aracı Başına Emisyon Miktarı	Gram	13154.51	12789.11	12556.58
Servis Araçlarının Toplam Emisyon Miktarı	Gram	106880.40	83129.20	68014.80
Araçların Toplam Emisyon Miktarı	Gram	266488.20	266488.20	266488.20
Toplam Operasyon Süresi	Dakika	525.36	510.77	501.48
Toplam Gemi Emisyonu	Gram	6432951.32	6254258.22	6140544.44
Operasyon Sürecinde Toplam Emisyon Miktarı	Gram	6806319.92	6603875.62	6475047.44

Tablo 4.3'te belirtildiği üzere; çalışmanın başında operasyonel süreyi ve karbondioksit emisyon hacmini etkileyen en önemli etkenlerin, mesafe ve şoför sayısı değişkenleri olduğu varsayılmıştı. Ancak yapılan Excel hesaplamasında, önemli bir değişkenin daha olduğu tespit edilmiştir. Bu değişkenin servis araçlarının personel kapasiteleri olduğu gözlemlendi.

- Servis araçlarındaki personel kapasitesi arttıkça, kullanılacak servis aracı sayısı düşmekte,
- Yani daha büyük servis aracı kullanımı, servis aracı adedinde azalmaya,
- Bu da servis araçlarındaki emisyon miktarının toplamında azalmaya neden olmaktadır.

Limanlardaki performans artırımı ve emisyon hacminin düşürülmesi için gereken değişkenleri önem sırasına koyduğumuz da; 1. sırada Mesafe, 2. sırada Şoför sayısı ve 3. sırada Araç kapasiteleri ön plana çıkmaktadır.

Bu bulgular çerçevesinde aşağıda sunulan liman planlaması Autocad ve 3DS Max programları kullanılarak, ziyaret edilen limanlardaki yapılar göz önünde bulundurularak hazırlanmıştır.

Çalışma döneminde ziyaret edilen limanlara bakıldığında, Gempport ve Efesan Limanları'nda katlı otopark kullanıldığı görülmüştür. Stok alanlarının optimizasyonu için doğru bir yapılanma

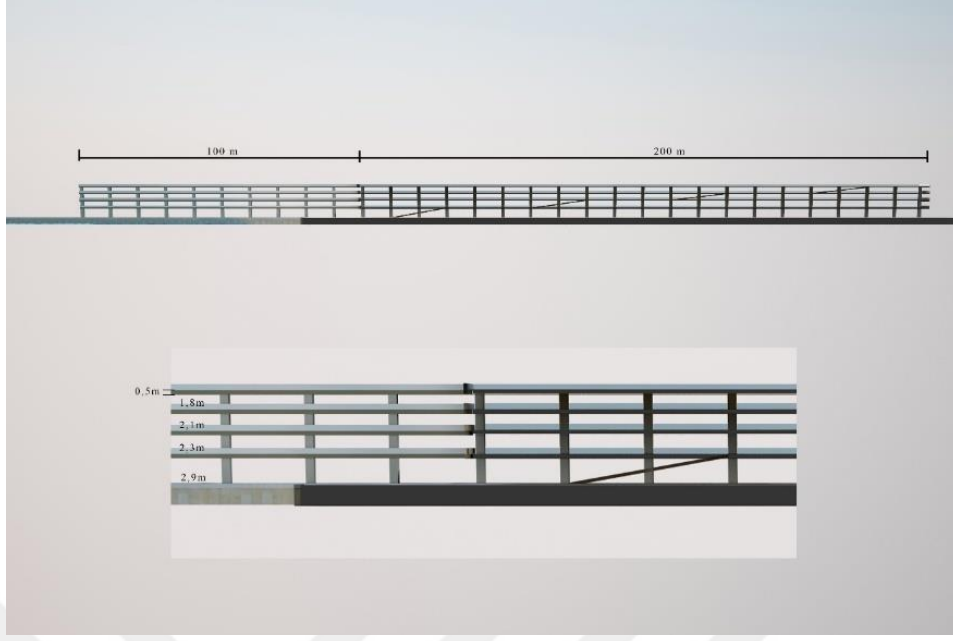
olarak gözükmelerine rağmen, operasyonel verimliliği arttırmada iskeleye olan mesafelerinden ötürü fayda sağlayamadıkları gözlemlenmiştir. İspanya'daki Pasajes Limanının'da bulunan katlı otoparkın ise iskeleye olan mesafesi ve her katından direk gemiye ulaşım sağlanabilmesinin operasyonel performansı olumlu yönde etkilediği gözlemlenmiştir.

Tablo 2.7'de belirtilen Türkiye Limanlarındaki senelik ithalat ihracat rakamları göz önünde bulundurularak toplam kapasiteye ulaşmak hedeflenmiştir. Bu limanların genel yapıları geliştirilerek, operasyonel performansın artırılması ve limanlardaki karbondioksit oranının asgariye düşürülebilmesi için liman planlamasının aşağıdaki şekilde yapılması faydalı olabileceği düşünülmektedir:



Şekil 4.1: Liman Tavsiyesi- Üstten Görünüm

Şekil 4.1 ve 4.2 de hazırlanan liman planında, 400 metre genişlikte 300 metre denize doğru uzantılı katlı otoparkın olduğu bir liman planlanmıştır. Planlanan otopark, hemen deniz kenarında olup, 4 katlı olarak düşünülmüştür. İzmit Körfezinde bu tip bir planlama hem limanları merkezileştirecek hem de emisyonla olan olumlu etkisiyle yeşil liman sınıfına güzel bir örnek olacaktır.



Şekil 4.2: Liman Tavsiyesi- Yandan Görünüm

Çalışmada sunulan liman örneklerine bakıldığında; bu sayıda araç kapasitesine sahip bir liman için 416.000 m²'lik alana ihtiyaç duyulurken, katlı otopark 120.000 m² üzerine oturtulmuştur. Eğer katlı otoparkın en üst katının da kullanılacağı hesaplanır ise günümüz liman örneklerinin bu kapasiteye ulaşabilmeleri için 520.000 m² sahaya ihtiyaç duyacakları ortaya çıkacaktır. Planlanan katlı otoparkın kapasitesi, giriş mesafeleri çıkarıldığında 32.500 adet binek ve hafif ticari aracı barındırabilecek büyüklüktedir. Araçların limanda bekleme sürelerini ortalama 3 gün olarak hesaplandığında, bu limanın yıllık kapasitesi 3.900.000 adetlik bir kapasiteye ulaşacaktır. Bu rakam şu anda Türkiye'deki bütün RO-RO limanlarının toplam kapasitelerinden fazladır. Bununla birlikte araçların gemiye olan mesafeleri hesaplandığında, otoparkın en uzak noktasından gemiye olan mesafe 350 metrenin altına düşmektedir. Bu da sürülecek mesafenin kısılmasına ve bu sayede operasyon süresinin düşmesine ve dolayısıyla da operasyon sürecinde karbondioksit emisyon hacminin büyük oranda aşağıya çekilmesine fayda sağlayacaktır.



Şekil 4.3: Liman Tavsiyesi

Şekil 4.3'te görüleceği üzere gemi rampaları katlı otoparkın hemen hemen içine açılanabilmesine izin verecek şekilde limanın planlandığı görülmektedir.



Şekil 4.4: Liman Tavsiyesi- Gemi Rampasından Görünümü

Şekil 4.4'te rampanın gemi rampasının hemen limanın park sahasına açıldığı görülmektedir. Örnek planlamada görüldüğü üzere; sürüş mesafesinin kısaltılması için tek çözüm, katlı otoparkın kullanılmasıdır. Ancak katlı otoparkın örnek Türk Limanlarında olduğu gibi, arka

Tablo 4.4: Örnek Planda Katlara Göre Mesafe Hesaplaması

MESAFE	Birim	Zemin	1	2	3	4
A	Mt	100	341.8	417.3	492.8	566.5
B	Mt	136.8	142	217.5	293	366.7
C	Mt	100	278.8	354.3	429.8	505.2
D	Mt	120	320.8	396.3	471.8	545.5
Ortalama	Mt	329.84				

Yaklaşık 4.000.000 adet yıllık kapasiteliye sahip bir limanda park sahası ile iskele arasındaki ortalama sürüş mesafesinin Tablo 4.4'te 329.84 metreye düşürüldüğü gözlemlenmiştir.

Tablo 4.5: Örnek Plandaki Ortalama Mesafenin Toplam Emisyona Etkisi

Mesafe Değişikliği						
Giriş Değerleri	Birim	Miktar	Miktar	Miktar	Miktar	Miktar
Araç Sayısı Giriniz	Adet	1800.00	1800.00	1800.00	1800.00	1800.00
Şöför Sayısı Giriniz	Adet	65.00	65.00	65.00	65.00	65.00
Mesafe Giriniz	Km	1.10	0.80	0.60		0.33
Hız Sınırı	Km/Saat	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Servis Araçlarındaki Personel Sayısı	Adet	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Sonuçlar						
Servis Aracı Sayısı	Adet	8.13	8.13	8.13	8.13	8.13
Toplam Sefer Sayısı	Adet	257.14	257.14	257.14	257.14	257.14
Servis Aracı Başına Sefer Sayısı	Adet	31.65	31.65	31.65	31.65	31.65
Servis Aracı Başına Emisyon Miktarı	Gram	13154.51	9566.92	7175.19	3946.35	
Servis Araçlarının Toplam Emisyon Miktarı	Gram	106880.40	77731.20	58298.40	32064.12	
Araçların Toplam Emisyon Miktarı	Gram	266488.20	193809.60	145357.20	79946.46	
Toplam Operasyon Süresi	Dakika	525.36	468.40	430.42	379.15	
Toplam Gemi Emisyonu	Gram	6432951.32	5735402.38	5270369.75	4642575.71	
Operasyon Sürecinde Toplam Emisyon Miktarı	Gram	6806319.92	6006943.18	5474025.35	4754586.29	

Bu kapasiteye sahip bir limanda sürüş mesafesinin azaltılması Tablo 4.5 de görüleceği üzere operasyon sürecinde önemli bir kısalma ve emisyon miktarında büyük miktarda azalma sağladığı gözlemlenmiştir. Ulaşılan ortalama sürüş mesafesi örnek gösterdiğimiz limanlarla karşılaştırıldığında ciddi oranda düşürüldüğü ortaya konulmuştur.

Doğrusal programlamada çözücü 1 ile 80 adet şoför aralığında operasyonel sürecin minimize edilebilmesi için tamamının kullanılmasının gerekli olacağını göstermiş, bununla birlikte

mesafenin verilen aralıkta en düşük seviyeye indirilmesi gerektiğini ve servis araçlarındaki kapasitenin ise tavsiye edilen aralık dahilinde 13 adette kalması gerektiğini tavsiye etmiştir.

2017 yılında Türkiye Limanlarında 1.963.515 adet aracın elleçlendiğini daha önceden belirtilmişti.. Türkiye limanlarındaki park alanıyla iskele arası olan mesafeyi ortalama olarak 800 metre olarak hesaplırsak Tablo 4.6 Türkiye Limanlarında oluşan toplam emisyon miktarını verecektir.

Tablo 4.6: Türkiye PCC Limanlarında 2017’de Oluşan Tahmini Emisyon Miktarı

Giriş Değerleri	Birim	Miktar
Araç Sayısı Giriniz	Adet	1963515.00
Şöför Sayısı Giriniz	Adet	65.00
Mesafe Giriniz	Km	0.80
Hiz Sınırı	Km/Saat	20.00
Servis Araçlarındaki Personel Sayısı	Adet	8.00
Sonuçlar		
Servis Aracı Sayısı	Adet	8.13
Toplam Sefer Sayısı	Adet	280502.14
Servis Aracı Başına Sefer Sayısı	Adet	34523.34
Servis Aracı Başına Emisyon Miktarı	Gram	10435991.60
Servis Araçlarının Toplam Emisyon Miktarı	Gram	84792431.76
Araçların Toplam Emisyon Miktarı	Gram	211415587.08
Toplam Operasyon Süresi	Dakika	510945.44
Toplam Gemi Emisyonu	Gram	6256415888.85
Operasyon Sürecinde Toplam Emisyon Miktarı	Gram	6552623907.69

2017 yılında Türkiye Limanlarında elleçlenen 1.963.515 aracın gemileri yükleme ve tahliyeleri sürecinde toplam 6.552.623.907.69 gr yani 6.552.623,9 kg karbondioksit emisyon miktarı salgılanmıştır.

Matematiksel denklem ve Doğrusal programlamadan edinilen veriler ışığında Tablo 4.6’da 2017 Türkiye Limanlarında hesaplanan toplam emisyon miktarının ne seviyelere düşürüle bilineceği Tablo 4.7’ de gösterilmiştir.

Tablo 4.7: Tavsiyeler Çerçevesinde 2017 Yılında Türkiye Limanlarında Ulaşılabilir Olan Emisyon Miktarı

Giriş Değerleri	Birim	Miktar	Miktar
Araç Sayısı Giriniz	Adet	1963515.00	1963515.00
Şöför Sayısı Giriniz	Adet	65.00	80.00
Mesafe Giriniz	Km	0.80	0.33
Hiz Sınırı	Km/Saat	20.00	20.00
Servis Araçlarındaki Personel Sayısı	Adet	8.00	13.00
Sonuçlar			
Servis Aracı Sayısı	Adet	8.13	6.15
Toplam Sefer Sayısı	Adet	280502.14	163626.25
Servis Aracı Başına Sefer Sayısı	Adet	34523.34	26589.27
Servis Aracı Başına Emisyon Miktarı	Gram	10435991.60	3315516.57
Servis Araçlarının Toplam Emisyon Miktarı	Gram	84792431.76	20403178.89
Araçların Toplam Emisyon Miktarı	Gram	211415587.08	87208929.67
Toplam Operasyon Süresi	Dakika	510945.44	318539.40
Toplam Gemi Emisyonu	Gram	6256415888.85	3900445750.56
Operasyon Sürecinde Toplam Emisyon Miktarı	Gram	6552623907.69	4008057859.12
Fark			-38.83%

Tablo 4.6’de 2017 yılında PCC terminallerinde oluşan emisyon miktarı hesaplanırken, çalışmada belirtilen mesafeler göz önünde bulundurulmuş ve ortalama mesafe 800 metre olarak kabul edilmiştir. Tablo 4.7’de ise tavsiye niteliğinde hazırlanan liman planlamasında ortalama mesafenin 330 metreye düşürüldüğü gözlemlenmektedir. Bu sayede toplam emisyon miktarın 6.552.623,9 kg’dan 4.008.057.8 kg’a % 38.83 oranında bir düşüş sağlanmıştır.

Bulgular ve Doğrusal programlamadan çıkan sonuçlar incelendiğinde operasyonel sürenin kısaltılıp gemilerin limanlarda harcadığı süreyi minimize edebilmek için:

- Gemiler ile park alanları arasındaki mesafenin kısaltılması
- Servis araçlarındaki kapasitenin artırılması
- Şöför sayısının tavsiye oranında maksimize edilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmada elde edilen sonuçlar operasyonel verimliliğin limanlardaki operasyon sürecinde salgılanan emisyon oranlarına etkisi ters orantılıdır. Operasyon aşamasında yükleme boşaltma süresinin kısalması ve aynı zamanda operasyonel performansının artması, salınan karbondioksit oranını azaltan pozitif faktörlerdir. Operasyonel verimlilik ancak kullanılan şoför sayısında artış ve araçların sürülecek mesafelerinin en kısa seviyeye düşürülmeleriyle mümkün olacaktır. Çalışmanın başında PCC ve PCTC gemilerine hizmet veren RO-RO limanlarında oluşan emisyon miktarının en büyük sebebi ithalat ve ihracatı yapılacak olan araçların ve bunlara hizmet veren servis araçlarının salgıladıkları toplam emisyon miktarı olduğu varsayılırken, aslından en fazla emisyonu sebep olan etkenin limanda operasyon sürecinde bekleyen gemilerin yedek makinalarının oluşturduğu emisyon miktarı olduğu ortaya çıkmıştır. Yapılan çalışmada görülmüştür ki, araçlar ortalama yaktığı benzin/mazot miktarının hemen hemen iki katı kadar, gemiler ise tükettikleri yakıt başına yaklaşık olarak üç katı kadar karbondioksit emisyon hacmi üretmektedir.

Gemi kaynaklı emisyon miktarının araç başına ortalaması alındığında 1 aracın gemiye yüklenmesi sürecinde gemi emisyonunun da eklenmesiyle oluşan emisyon miktarının 25 kata çıktığı görülmüştür. Çalışmada bir aracın yüklenmesi sürecinde salgıladığı emisyon miktarı 148,049 gr olarak hesaplanmaktadır Bir aracın gemiye yüklenmesi esnasında oluşan emisyon miktarı toplam gemi emisyonunu yüklenen araç sayısına bölerek hesapladığı zaman 3.573,86 gr olduğu görülmüştür (Tablo 3.2). Yani bir araç yüklenmesi aslında toplamda 25 aracın oluşturduğu emisyon miktarına eşittir. Yapılan çalışmada, gemi operasyon süreçlerinin, saat başına yüklenen araç sayısı ile ters orantılı olduğu bulunmuştur. Ayrıca saatlik yükleme adedindeki artışın, gemilerin limanlardaki bekleme sürelerini düşürdüğünü göstermiştir. Hedeflenmesi gereken operasyon sürecini en düşük seviyeye getirebilmek için çalışmalar yapıp gemilerin limanlardan bir an önce ayrılmasını sağlamak olmalıdır.

Operasyonel performansı artırmanın; yani saat başına yüklenen araç sayısını artırmanın sağlanması için limanların özen göstermesi gereken konular şu şekilde olmalıdır:

- Limanlar daha yapım aşamasındayken, liman planlamasının gemiye en yakın mesafe göz önünde bulundurularak planlanması; dolayısıyla yüklenecek araçların asgari mesafe kat edip gemiye yüklenip/ boşaltılmasının sağlanması,
- Bununla birlikte kullanılan şoför sayısının optimize edilerek; saat başı yüklenen araç sayısının en üst seviyeye çıkarılması gerekliliği,

- Kullanılan servis araçlarının yolcu kapasitelerini arttırıp; kullanılacak servis aracı sayısını düşürmenin operasyon esnasındaki toplam emisyon hacminin düşmesine fayda sağlayacağı da ortaya çıkmıştır.

Çalışma operasyonel performansın arttırılması, yüklenen ve boşaltılan araçların en kısa mesafeyi kat edip bu sayede gemilerin limanlarda bekleme sürelerinin düşürülmesi, operasyon sürecinde salgılanan karbondioksit oranının düşürülmesine fayda sağladığını göstermiştir. Ayrıca operasyonel performansın arttırılabilmesi araçların asgari mesafeyi kat ederek yüklenip boşaltılabildiği, servis araçlarının salgıladığı emisyon miktarının da asgari seviyede tutulabildiği ve operasyon sürecinin en kısa süreye indirilebildiği bir liman planlaması gerekliliğini belirtmektedir. Bu sebeple, öncelikle hükümetlerin limanların enine genişletilmesine, bununla birlikte limanların iskelelere doğru atıl kalmış yerlerinin, bataklık bölgelerinin kurutulup doldurularak genişletilmesine izin vermesi gerekmektedir. Doldurularak yaratılacak ilave bölgeler, gemilere olan mesafenin kısalmasına imkân sağlayacak olup, operasyonel performansın artması imkân sağlayacaktır. İzmit Körfezinde bu tip bir planlama hem limanları merkezileştirecek hem de emisyonu olan olumlu etkisiyle yeşil liman sınıfına güzel bir örnek olacaktır.

Çalışma sonucunda ortaya çıkan diğer bir iyileştirme önerisi ise şoförleri taşımak için kullanılacak servis araçlarının kapasitelerinin artırımı olacaktır. Kullanılan araç kapasitesi ve diğer değişkenler tam sayı olması gerektiğinden ötürü Doğrusal Programlama servis aracı kapasitesini 13 adette kalması gerektiğini göstermiştir. Bu da servis aracı kapasitelerinin 8 kişiden 13 kişiye çıkarılması gerektiğini tavsiye etmektedir. Çalışmada örneği sunulan katlı otopark ile kapasite artırımının ve mesafe düzenlemesine yanı sıra servis araçları kullanımının da mazotla ya da benzinle çalışan hafif ticari araçlar yerine golf aracı benzeri elektrikle çalışan araçlardan tercih edilmesi limanlarda operasyon sürecinde oluşacak karbondioksit emisyon miktarının düşürülmesine katkı sağlayacaktır. Yükseklikleri sayesinde gemilerin her katına ulaşmalarının hali hazırda kullanılan hafif ticari araçlardan daha verimli olabilmelerinin yanında, aynı zamanda operasyon sürecinde servis araçlarının salgıladığı karbondioksit miktarını da tamamen ortadan kaldıracaktır.

Limanlarda operasyon sürecinde oluşan emisyon miktarını düşürmek ancak verilen bu tavsiyeler çerçevesinde mümkün olacaktır. Bu tavsiyeler çerçevesinde limanlarda oluşan emisyon miktarı %38,83 oranında bir düşüş sağlanacağı tespitine varılmıştır. Ancak alınan bu

önlemler gemilerin salgıladığı emisyon miktarını ortadan tamamen kaldırmak için yine de yeterli olmayacaktır. Çalışmada elde edilen sonuçlarda olumlu bir oranda emisyon miktarının azaltılabildiği kanıtlanmış olsa da gemilerden salgılanan emisyon miktarının ancak kısaltılan operasyon süresi oranında azaltılabilmesi sağlamıştır.

Gemilerin salgıladığı emisyon miktarını ortadan kaldırmak için tek çözüm emisyon salgılamayan gemilerdir. Bu tip gemiler yapmak günümüzde mümkündür. Örneğin sıvılaştırılmış doğal yakıt ve hibrit yani basit anlamda pil ve aküyle ile sağlanan enerjiyle çalışacak bir gemi limanlardaki emisyon sorunun önüne geçecektir. Gemiler sefer boyunca çalışırken yedek makinaların kullanacağı akülerin şarj olmasını sağlayacaktır. Böylelikle gemiler limanlarda operasyon sürecinde hibrit makinaları kullanabilecek ve emisyon oranları sıfıra düşürülmüş olacaktır. Hibrit motorlara alternatif olarak güneş enerji panellerinin de ileride alternatif olabileceği varsayılabilir. Bu alternatifte de limanlarda yedek makinaların çalışmasına fırsat verecek miktarda enerji birikimini güneş panellerinden sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

- [1]. United European Car Carriers AS, www.uecc.com, [Ziyaret Tarihi: 8 Ağustos 2018]
- [2]. Kol, B., 2010, *Türkiye'nin Dış Ticaretinde Deniz Taşımacılığının Önemi Ve Sorunları*, Doktora Tezi, DEÜ Sosyal Bilimleri Enstitüsü.
- [3]. <https://www.jato.com/global-car-sales-2-4-2017-due-soaring-demand-europe-asia-pacific-latin-america/> [Ziyaret Tarihi: 23 Nisan 2020]
- [4]. TC Çevre ve Şehircilik Bakanlığı web sayfası TUIK Seragazi Emisyon Envanterleri Verileri. <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/ulastirma-turune-gore-seragazi-emisyonu-i-85790>
- [5]. Auto Express Dergisi <https://www.autoexpress.co.uk/tips-advice/90816/euro-6-emissions-standards-what-do-they-mean-you>
- [6]. Organization of Motor Vehicle Manufacturers (<http://www.oica.net/category/production-statistics/>, 2017 Mart) [Ziyaret Tarihi: 23 Nisan 2019]
- [7]. OSD,2017, Otomotiv Sanayi Derneği (OSD) (Avrupa Toplam Otomotiv Sektör Analizi http://www.osd.org.tr/sites/1/upload/files/Avrupa_Toplam_Otomotiv_Sektor_Analizi_27012017-2213.pdf
- [8]. European Automobile Manufacturers Association (<http://www.acea.be/statistics/tag/category/eu-production>)
- [9]. Yulu, A., Doldur, H. 2019, Türkiye’de otomotiv sanayisinin kuruluş ve işleyişinde etkili olan faktörler. *Türk Coğrafya Dergisi*, (73), 17-28.
- [10]. T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı
- [11]. Saurí S., Fusco P. and Martín E., 2012, An Empirical Analysis of the Resiliency of Ro/Ro and Ro/Pax Terminal Operations 2, TRB 2012 Annual Meeting.
- [12]. Fusco, P., Saurí, S., and Spuch, B., 2010, Quality Indicators and Capacity Calculation for RoRo Terminals, *Transportation Planning and Technology* 33.8: 695-717.
- [13]. Yollu, A., 2009, *Kalite Standartlarının Örnek Bir Liman İşletmesine Uygulanması Ve İyileştirme İçin Öneriler*, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [14]. Çağlar, V., 2012, *Türk Özel Limanlarının Etkinlik ve Verimlilik Analizi*, DEÜ Sosyal Bilimleri Enstitüsü.
- [15]. Köseoğlu B., 2015, Limanlarda Tasarım, Planlama ve Modelleme Süreçlerinde Kullanılan Yöntem ve Teknikler Üzerine Bir Literatür Araştırması. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 7(1).
- [16]. Aksoy, S., 2011, *RO-RO Terminalleri için Simulasyon Modellemesi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [17]. Danışman, İ.K., 2012, Türkiye’de Liman Çevre Yönetimi ile İlgili Düzenlemeler, *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi* Cilt:4 Sayı:2

- [18]. Durmaz, M., 2015, *Bir Feribottan Yayılan Egzoz Emisyonlarının Deneysel ve Teorik Olarak İncelemesi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [19]. Hülügü, S.E, 2007, *RO-RO Taşımacılığı ve Türkiye'deki uygulamalar*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [20]. Katip, A., Karaer F., Özengin N., 2014, *Otomotiv Sektörünün Çevresel Açından Değerlendirilmesi*, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 19(2).
- [21]. Ötken, B., Gümüşay M.Ü., 2009, Karayolunda Hareket Halindeki Araçların Yayıdıkları Emisyonların Analizi İçin CBS'de Ara yüzlerin Hazırlanması, *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, (101).
- [22]. Özkan, E.D., 2014, *RO-RO Terminallerinin Simülasyon Modellemesi Yöntemi ile Kapasite Analizleri*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [23]. Uyumaz A., Boz F., Yılmaz E., Solmaz H., Polat S., 2017, Taşıt Egzoz Emisyonlarını Azaltma Yöntemlerindeki Gelişmeler, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Özel Sayı 1, 15-24
- [24]. Yıldırım, S., 2006, *RO-RO Taşımacılığında Yer Seçimi Problemine Yönelik Bir Çözüm Geliştirilmesi ve İstanbul İli İçin Uygulanması*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi
- [25]. İnflation.eu, <https://www.inflation.eu/inflation-rates/turkey/historic-inflation/cpi-inflation-turkey.aspx>
- [26]. Deveci, D. A., Çavuşoğlu, D., Met, Ö, 2013. İntermodal demiryolu taşımacılığı: Türkiye için fırsatlar ve tehditler.
- [27]. <http://www.omsan.com/lojistik/hizmetlerimiz/bitmis-arac-lojistigi> [Ziyaret Tarihi: 27 Ocak 2019]
- [28]. Yenal, S, 2011. Dünyada ve Türkiye'de Uluslararası Deniz Yolu Taşımacılığının Gelişiminin Değerlendirilmesi.
- [29]. <https://seanews.co.uk/features/history-and-types-of-ro-ro-ships/>
- [30]. Göde, M., 2011, *Yük ve Yolcu Taşımacılığında Göller Bölgesi İçin Kombine Taşımacılık Sistemlerinin Araştırılması*, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- [31]. Fulser, B., 2015, *Kombine Taşımacılık ve Türkiye Uygulamaları*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- [32]. Erol, F., 2015, *Lojistik Köylerin Önemi ve İntermodal Taşımacılık Faaliyetleriyle Desteklenmesi: Karaman İlinde Bir Uygulama*, T.C. Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
- [33]. Özdemir, Ö., Erdamar, C., 2009. Denizyolu Yük Taşımacılığında Maliyetler ve Bir Uygulama. *Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.*
- [34]. Eröztürk, S.E, 1985, *Deniz Taşımacılığında Acentalığa Başlarken*, Deniz Nakliyatı T.A.Ş. Yayını, s.3.
- [35]. Uta Lojistik İnternational Logistics Magazine, Kasım 2017, 64-65

- [36]. Baykal, R., 2012. *Karma taşımacılık yaklaşımıyla: limanlar ve terminaller*. Birsen yayınevi.
- [37]. Çağlar, V., 2012. *Türk özel limanlarının etkinlik ve verimlilik analizi* (Doctoral dissertation, DEÜ Sosyal Bilimleri Enstitüsü).
- [38]. Onat, Z. M, 2005. Dünya limanlarında rekabet ve düzenleme, Marmara bölgesi konteyner terminallerinin değerlendirilmesi.
- [39]. Autoport Liman İşletmeleri A.Ş., Resmi İnternet Sitesi, <http://www.autoport.com.tr/anasayfa.html>, [Ziyaret Tarihi: 3 Nisan 2017]
- [40]. Borusan Liman İşletmeleri A.Ş., Resmi İnternet Sitesi, <http://www.borusanlimani.com/> [Ziyaret Tarihi: 23 Temmuz 2017]
- [41]. Efesan Liman İşletmeleri, Resmi İnternet Sitesi, <http://www.efesanport.com/>, [Ziyaret Tarihi: 25 Temmuz 2017]
- [42]. Vehicle Certification Agencies, <http://www.dft.gov.uk/vca/> [Ziyaret Tarihi: 25 Temmuz 2018]
- [43]. Özcumalı R., 2007, *Biyodizelin Bir Gemi Dizel Motorunun Egzoz Emisyon Karakteristiklerine Olan Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [44]. International Maritime Organization, <http://www.imo.org/en/About/Pages/Default.aspx>, [Ziyaret Tarihi: 8 Şubat 2017]
- [45]. Yılmaz H., 2010, *Doğrusal Programlama Tekniği İle Üretim Planlamasının Mobilya Sektöründe Uygulanması*, Doktora Tezi, T.C. Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı
- [46]. Bayar S., 2005. *Veri zarflama analizi kullanılarak liman verimliliğinin ölçülmesi: Türk Limanlarından Bir Örnek*, Yüksek Lisans, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [47]. Türk Armatörler Birliği <http://armatorlerbirligi.org.tr/gemi-tipleri> [Ziyaret Tarihi: 3 Ağustos 2020]
- [48]. Akyürek E., Verimlilik Dergisi, <https://dergipark.org.tr/en/pub/verimlilik/issue/31514/345305>, 2017, 4. Baskı, 29-45

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Mehmet Özgür GÜNERİ
Doğum Yeri	İstanbul
Doğum Tarihi	27.03.1976
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	532-2747732
E-Posta Adresi	ozgurguneri@yahoo.com
Web Adresi	



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Marmara Üniversitesi
Fakülte	İşletme ve İktisadi Bilimler Fakültesi
Bölümü	Ekonomi
Mezuniyet Yılı	07.01.1999
Yüksek Lisans	
Üniversite	Francis Marion Üniversitesi
Enstitü Adı	İşletme Fakültesi
Anabilim Dalı	İşletme Yönetimi
Programı	İşletme Yönetimi
Mezuniyet Yılı	09.05.2003
Doktora	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa
Enstitü Adı	Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Anabilim Dalı	Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı
Programı	Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Programı
Mezuniyet Yılı	