

**KRUVAZİYER GEMİLERİN KARBON SALIMI TAHMİNİ:  
KUŞADASI LİMAN BÖLGESİ İÇİN SİSTEM  
DİNAMİKLERİ YAKLAŞIMI**

<sup>1</sup> Yiğit GÜLMEZ, <sup>2</sup>Onur GÜNAY, <sup>3</sup>A.Güldem CERİT

**ÖZET**

*Dünyada toplam karbon salımının %13,2'si taşımacılık sektöründen (IPCC,2007) ve %2,8'i deniz taşımacılığından (UNFCC,2014) kaynaklanmaktadır. Gemilerden kaynaklı karbon salımı, gemilerin limanda kalma süreleri boyunca, limanın bulunduğu bölgedeki toplam karbon salımına etki etmektedir. Bu çalışmada Kuşadası kruvaziyer limanını kullanan gemilerin yanaşma ve ayrılma manevraları ile limanda kalma sürelerinde oluşan karbon salımı araştırılmış ve toplam salım miktarı tahminlenmiştir. Karbon salımını etkileyen tüm değişkenler literatür taraması ve yüz yüze görüşmeler yöntemi ile belirlenmiş ve Vensim® programı kullanılarak bir modelleme yapılmıştır. Oluşturulan model ile gemilerden kaynaklı karbon salımını etkileyen değişkenlerin toplam karbon salımı miktarlarına etkisi sistem dinamikleri yaklaşımıyla analiz edilmiştir.*

**Anahtar Kelimeler:** Kruvaziyer Gemi, Karbon Salımı, Kuşadası Limanı, Sistem Dinamikleri

---

<sup>1</sup>Araş. Gör., Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi, İzmir  
yigit.gulmez@deu.edu.tr

<sup>2</sup>Araş. Gör., Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi, İzmir  
onur.gunay@deu.edu.tr

<sup>3</sup> Prof.Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi, İzmir,  
gcerit@deu.edu.tr

## 1. GİRİŞ

Günümüzde pek çok gemi ana güç kaynağı olarak dizel makineler kullanmaktadır. Bu makineler ise günlük yaşantımızda kullanılan dizel makinelere oranla daha fazla karbondioksit (CO<sub>2</sub>), Nitrojen oksit (NO<sub>x</sub>) Sülfür oksit (SO<sub>x</sub>), hidrokarbon (HC) ve diğer partiküller açığa çıkarmaktadır (Eyring vd.,2005).

Gemilerin liman sahası ve manevra alanlarında yapmış olduğu salım bölgenin hava kalitesini etkilediği gibi insan sağlığı üzerine de etkileri bulunmaktadır (Bailey ve Solomon, 2004).

Deniz taşımacılığında kaynaklanan baca gazı salımına neden olan bir gemi türü de kruvaziyer gemilerdir ve yerel hava kalitesi üzerine yapılan akademik çalışmalarda çok az ilgi görmüştür. Bunun nedenleri arasında kruvaziyer gemi sektörünün dünya gemi filosunun düşük bir yüzdesini oluşturması ve yolcu gemilerinin diğer yük gemileri ve tankerlere oranla daha düşük kükürtlü yakıt kullanması gösterilebilir (Poplawski vd.,2011) .

Liman sahaları gemilerden kaynaklı gazlara maruz kalan başlıca bölgelerdendir. Transit geçiş ve manevra boyunca gemi kaynaklı salımları liman ve kıyı sahasının hava kalitesini olumsuz etkilemektedir. Liman sahalarında gemi salımları hava kalitesi düşürmesi nedeniyle halk sağlığı üzerinde potansiyel bir etkidir. Liman sahalarındaki hava kirliliği astım, solunum yolu hastalıkları, kardiyovasküler hastalık, akciğer kanseri ve erken ölüm gibi sonuçlar doğurabilmektedir (USA Natural Resources Defense Council, 2004).

Gemi kaynaklı egzoz gazı salımları insan sağlığı ve çevre üzerinde ciddi etkileri bulunmaktadır. Bu salımların etkileri özellikle liman bölgeleri, kanallar ve iç denizlerde daha net görülmektedir (Saraçoğlu vd., 2013).

Bu çalışmalar göz önüne alındığında liman sahası yerleşim yeriyile iç içe olan bölgelerde egzoz gazı salımlarını ve etkilerini inceleyen akademik çalışmalar yapılması önem arz etmektedir.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Enerji üretimine yatırım yapan ülkelerin karbon salım miktarları yatırımlarıyla doğru orantılı olarak artmaktadır. Karbon salımı dünya için önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Bu konu hakkında çeşitli ülkeler birçok istatistiksel veri hazırlamakta ve bunları kamuoyuna sunmaktadır. Bu çalışmaların en önemlilerinden birisi de Hollanda'da çevresel istatistikleri değerlendirme grubunun 2013 yılında yayınladığı rapordur. Bu rapor başlıca ülkelerin 1990 - 2012 yıllarında çevreye ne kadar salım yaptığına

yer vermektedir. (PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, 2013).

Bu çalışma kapsamında liman bölgesi egzoz salımını ele alan akademik çalışmalar incelenmiş olup Tablo 1 de bu çalışmaların bazılarına yer verilmiştir. Tabloda çalışmanın yapıldığı tarih, yayınlandığı dergi, kullanılan yöntemler, çalışmanın konusu ve ulaştığı bulgular listelenmiştir. İncelenen çalışmalar göz önüne alındığında üç farklı yöntem uygulandığı gözlemlenmektedir. Bunlar;

- Gemi hareketleri (seyir, manevra ve limanda bekleme) temel alan hareket odaklı çalışma yöntemi
- Hava kalitesinin cihazlar yardımıyla ölçülmesi sonucu elde edilen bulgulara dayanan çalışmalar
- Gemi türlerine göre yakıt kullanımını temel alan yakıt tüketimini modelleme yapan çalışmalar

Çalışmalar incelendiğinde karbon salımının sadece çevreye ve insan sağlığına değil dolaylı olarak bütün sistemlere olumsuz etkilediği görülmektedir.

Önceki çalışmalar incelendiğinde gemilerden kaynaklı karbon salımını araştıran yayınlarda sistem dinamikleri yaklaşımının fazlaca yer almadığı görülmektedir.

**Tablo 1:** Liman Bölgelerindeki Egzoz Gazı Salımlarını İnceleyen Çalışmalar Üzerine Literatür Taraması

Yazarlar	Dergi ve Yıl	Yayın Başlığı	Konusu ve Yöntemi	Bulgu
Lucialli P. ve diğ.	Atmospheric Environment (2007)	Harbour of Ravenna: The contribution of harbour traffic to air quality	Ravenna limanında MEET yöntemiyle 12 farklı gemi tipine yakıt tüketimi hesaplanmış, sefer sayıları birleştirilip model oluşturulmuştur.	Çalışmada ADMS-URBAN modeli kullanılmış bu yöntem ölçüm cihazları sonuçlarıyla benzerliği ortaya konulmuştur.
Deniz C. ve Kılıç A.	Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com). (2009)	Estimation and Assessment of Shipping Emissions in the Region of Ambarlı Port, Turkey	Gemi hareketleri göz önüne alınarak 2005 yılında Ambarlı Limanı'nda gemi kaynaklı egzoz emisyon değerleri araştırılmıştır.	Ambarlı Limanı'nda 2005 yılı için gemi kaynaklı 78590 ton CO <sub>2</sub> , 845 ton NO <sub>x</sub> , 242 ton SO <sub>2</sub> egzoz salımı hesaplanmıştır.
Poplawski K. ve diğ.	Atmospheric Environment 45 (2011)	Impact of cruise ship emissions in Victoria, BC, Canada	2005-2008 yılları arası Victoria Körfezi'ndeki kruvaziyer gemi kaynaklı egzoz gazı salımları CALPUFF modellemesi yardımıyla yaklaşım yapılmıştır. Hava kalitesi ölçüm cihazları kullanılmıştır.	Modelleme sonucu günlük SO <sub>2</sub> miktarı Dünya Sağlık Örgütü kabullerinin üstünde olduğu görülmüştür.
Berechman J. ve diğ.	Transportation Research Part D 17 (2012) 35–38	Estimating the environmental costs of port related emissions: The case of Kaohsiung	Kaohsiung limanında yıllık gemi ve liman içi nakliye kaynaklı esnasında oluşan salımlar araştırılmıştır. Her bir hareket listelenmiştir.	Bu limandaki egzoz gazları salımının oluşmasında en fazla etkinin tanker tipi gemilerden kaynaklandığı görülmüş, yıllık çevresel maliyet \$123 milyon olarak hesaplanmıştır.
Song S.	Atmospheric Environment 82 (2013) 288-297	Ship emissions inventory, social cost and eco-efficiency in Shanghai Yangshan port	Gerçek zamanlı AIS verileri kullanılarak, Shanghai Yangsan limanında gemi hareketleri kaynaklı salım modellenmesi yapılmış ve oluşan salımın sosyal maliyeti hesaplanmıştır.	2009 yılı verilerine göre gemi kaynaklı 578,444 ton CO <sub>2</sub> açığa çıkmış ve egzoz gazı salımlarından kaynaklı toplam sosyal maliyet \$287 milyon olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 1:** (devamı)

Saraçoğlu Halil ve diğ.	The Scientific World Journal Volume 2013, s:8	An Investigation on the Effects of Ship Sourced Emissions in Izmir Port, Turkey	Gemi hareketleri göz önüne alınarak 2007 yılında İzmir Limanı'nda gemi kaynaklı egzoz emisyon değerleri araştırılmıştır.	İzmir Limanı'nda 2007 yılı için gemi kaynaklı 82753 ton CO <sub>2</sub> ,1923 ton NO <sub>x</sub> , 1405 ton SO <sub>2</sub> egzoz salımı hesaplanmıştır.
Sang-Keun Song ,Zang-Ho Shon	Environmental Science of Pollution Research 21 (2014) 6612–6622	Current and future emission estimates of exhaust gases and particles from shipping at the largest port in Korea	Busan limanında 2006,2008 ve 2009 yıllarına ait gemi hareketleri incelenerek gemi kaynaklı egzoz salımı incelenmiş, 2020 ve 2050 yılı muhtemel senaryoları ile karşılaştırılmıştır.	Busan limanında egzoz salımının %45-67 arası konteyner gemilerinden kaynaklandığı saptanmıştır.2020 yılında mevcut salımın 1.4 -1.8 katına çıkacağı, 2050 yılında ise 4.7-6.1 katına çıkacağı öngörülmektedir.
Cerit G., Bayraktar M.	11. Ulaştırma Kongresi (2015) , İstanbul	İzmir Aliğa Limanı'nda Gemilerin Limanda Bekleme Süresi Boyunca Karbon Salımlarının Hesaplanması ve Bu Salımın Sistem Dinamikleri Yaklaşımıyla İncelenmesi	Aliğa Limanı'nın 14 farklı terminalinde bekleyen gemilerin, IMO numaralarını, durumlarını ve diğer veriler toplanılmış, limanda gemilerden kaynaklı karbon salımını bulmak için sistem dinamikleri yardımıyla model oluşturulmuştur.	90 adet gemi incelenmiştir. Yapılan modelden faydalanılarak Aliğa limanı için yıllık ortalama karbondioksit salım miktarı yaklaşık 25 ton'dur. Denizcilik sektörünün karbondioksit salımına etkisi yaklaşık olarak 1,2 milyon ton olarak hesaplanmıştır.

Kaynak: Yazarlar tarafından düzenlenmiştir.

### 3. AMAÇ

Dünyada toplam karbon salımının %13,2'sinin taşımacılık sektöründen (IPCC,2007) ve %2,8'inin deniz taşımacılığından (UNFCC,2014) kaynaklandığı düşünüldüğünde kruvaziyer gemilerin turistik bölgelerde oluşturduğu salım büyük önem arz etmektedir. Özellikle yerleşim merkezlerine yakın olan ve yoğun gemi trafiğine sahip limanlarda hava kirliliği tartışılması gereken bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Dünya ekonomik krizine bağlı olarak 2009 yılında yaşanan %7'lik düşüşten sonra 2010 yılı ile beraber tekrar yükselişe geçen kruvaziyer turizmi 2010 yılında %15, 2011 yılında ise %27 artış göstererek 2 milyon seviyesini aşmış ve 2,191 milyon yolcuya ulaşmıştır. 2012 yılında yaşanan %2'lik azalmaya rağmen 2013 yılında gerçekleşen %5'lik artış ile 2 milyon 240 bin seviyesine ulaşmıştır (DTGM, 2013).Ancak 2014 yılında yaklaşık %20'lik bir düşüş yaşanarak 1,790 milyon seviyesine düşmüştür (DTO, 2015).

Kruvaziyer gemilerin konaklama fonksiyonunu yerine getirmede, yolcu başına düşen gecelik enerji miktarı 1600 MJ olarak tahmin edilmiştir. Bu değer karasal otellerin yaklaşık 12 katıdır (Howitt ve diğ., 2010).

Türkiye'de kruvaziyer turizmi kapasitesi 2003 ile 2014 yılları arası yaklaşık iki kat artmıştır (DTO, 2015). Kruvaziyer gemilerin limana yanaşma, bekleme ve yolcularını boşaltma ve alma sürelerine bağlı olarak enerji ihtiyaçları değişmekte ve enerji ihtiyacını karşılamak için fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Bu süreler boyunca gemilerin ana makinelerinden ve yardımcı makinelerinden karbon salımı meydana gelmektedir. Gemi sayısındaki hızlı artış, karbon salım miktarını önemli ölçüde artırmaktadır.

Bu çalışma kruvaziyer gemilerinin bulunduğu liman bölgesinde oluşturduğu karbon salımını, tahmin etmeyi hedeflemektedir. Ayrıca çalışma sistem dinamiği yaklaşımıyla elde edilen bu tahminin, karbon salımına etki eden değişkenlerin değişmesi halinde karbon salımını nasıl etkilediğini öngörmeyi amaçlamaktadır. Literatür kısmında belirtildiği gibi sistem dinamiği gibi çok yönlü bir yöntemin, kruvaziyer gemilerin liman bölgesindeki salımı gibi karmaşık durumlarda uygulanabilirliğini test etmek ve diğer yapılacak çalışmalara ışık tutmak çalışmanın amaçları arasındadır.

### 4. METODOLOJİ

Bu çalışmada karbon salımı tahmininde kullanılan yöntemlerden "yakıt tüketimi modeli" kullanılmıştır. Bu modelin uygulanabilmesi için çalışmanın yapıldığı dönemde incelenen

gemilerin veya makinelerin harcamış olduğu yakıt türleri ve miktarları bilinmesi gereklidir. Yakıt türüne göre değişen CO<sub>2</sub> salım katsayısı ile harcanan toplam yakıt miktarı çarpılarak toplam CO<sub>2</sub> salım miktarı tahmin edilebilir (Trozzi, 2010: 4).

Çalışma kapsamında, liman bölgesi olarak kabul edilecek bölgenin sınırları yüz yüze görüşme yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

Gemilerden kaynaklı karbon salımını etkileyen değişkenlerin toplam karbon salımına etkisinin analiz edilebilmesi için sistem dinamikleri yaklaşımı kullanılmıştır.

Sistem dinamikleri yaklaşımı, karmaşık konu ve sorunları anlamak, çerçeveselendirmek ve tartışmak için güçlü bir yöntem ve bilgisayar simülasyon modelleme tekniğidir. Sistem dinamikleri yaklaşımı ilk olarak yöneticilerin endüstriyel süreçler konusunda anlayışlarını geliştirmek için 1950'li yılların başlarında ortaya çıkmıştır (Forrester, 1971).

Sistem dinamikleri yaklaşımı, şirket stratejilerinden insanların bağışıklık sistemlerine kadar birçok konuyu ele almakta ve herhangi bir dinamik sistem için kullanılabilir. Her duruma özgü bir sistem dinamiği modeli oluşturulabilir. Oluşturulan modelle sistemlerde oluşan değişiklikler kolaylıkla belirlenebilmektedir. Bu sayede zaman ve maliyet açısından fayda sağlanır. Özetle bu yaklaşımın amacı daha büyük başarı sağlayan yönetim politikalarını ve organizasyon yapılarını oluşturmaktır (Stern, 2000).

#### **4.1. Veri Toplama Yöntemleri**

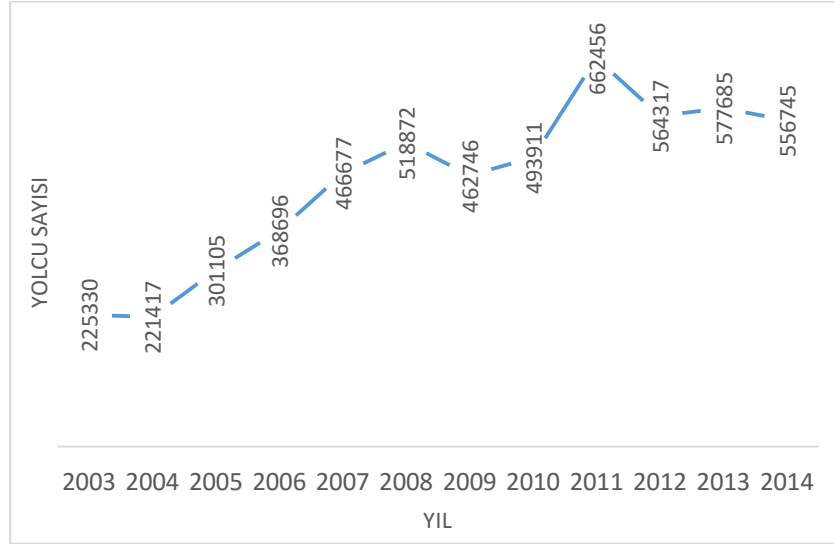
Bir liman bölgesinde uğrak ve bekleme yapan gemilerin karbon salımının hesaplanabilmesi için liman bölgesinde gemilerin ana ve yardımcı makinelerinin çalışma saatleri ve yükleri, misafir sayıları ve personel sayıları kullanılmıştır. Ana ve yardımcı makinelerin çalışma saatlerine ulaşabilmek için gemilerin liman bölgesine giriş, yanaşma, kalkış ve liman bölgesinden çıkış saatleri kullanılmıştır.

Liman bölgesinde kruvaziyer gemilerden kaynaklı karbon salımını etkileyen değişkenleri belirlemek için literatür taraması sonucu elde edilen bazı bulgular kullanılmıştır. Yapılan literatür taraması ile çeşitli kaynaklardan liman bölgesine uğrak yapan gemilerin ana ve yardımcı makineleri ve modelleri ile gemilerin büyüklükleri ve inşa yıllarına ulaşılmıştır. Elde edilen inşa yılları ve makine tiplerine göre, gemilerde kullanılan ana ve yardımcı makinelerin 1 kw güç üretmek için bir saatte kaç gram yakıt harcaması gerektiğini gösteren özgül yakıt harcamalarına ulaşılmıştır.

Çalışmada liman bölgesinde gemilerin yakıt harcamaları ve karbon salımların etkileyecek bölgesel değişkenlerin saptanması için yüz yüze görüşme yöntemi kullanılmıştır.

## 4.2. Örneklem

Bu çalışmada gemilerden kaynaklı karbon salımını tahmin etmek için örneklem olarak Kuşadası limanı seçilmiştir. Kuşadası limanı her yıl yüzlerce kruvaziyer gemisinin uğrak yaptığı büyük bir limandır. Yıllara göre Kuşadası limanına uğrak yapan gemilerin toplam yolcu sayıları Şekil 1’de gösterilmiştir.



**Şekil 1:** Kuşadası limanı yıllara göre yolcu sayıları grafiği  
Kaynak: Deniz Ticareti Dergisi, 2015: 47

Örneklem kapsamında 01.03.2015 ile 01.11.2015 tarihleri arasında Kuşadası limanına uğrak yapan 1000’den fazla yolcu kapasiteli kruvaziyer gemileri incelenmiştir. Her bir gemi için ana ve yardımcı makinelerin model ve tipleri araştırılarak özgül yakıt harcamaları bulunmuştur.

## 4.3. Veri Toplama Süreci

Çalışma için ihtiyaç duyulan, Kuşadası limanını kullanan gemilerin isimleri, geliş tarihleri, liman bölgesine giriş, yanaşma, kalkış ve liman bölgesinden çıkış saatleri, gemilerin müşteri ve



personel sayıları gibi bilgilere ulaşmak üzere 20.11.2015 tarihinde Kuşadası Liman Başkanlığı ziyaret edilmiş, liman başkanlığı gemi hareket kayıtları incelenerek limanı kullanan gemilerle ilgili bilgilere ulaşılmıştır. Elde edilen bilgilere ek olarak limanı kullanan gemilerin kullandıkları ana ve yardımcı makinelerin marka ve model bilgilerine ulaşılmıştır.

Çalışma kapsamında, liman bölgesi olarak kabul edilecek bölgenin sınırları yüz yüze görüşme yöntemi kullanılarak liman bölgesinin 9 mil açığından başlayan bölge olarak kabul edilmiştir.

Kuşadası limanına uğrak yapan gemilerin liman başkanlığı gemi hareket kayıtlarından ulaşılan listesi ve bu gemilerle ilgili bilgiler araştırmaya esas olan dönemde Kuşadası Limanı'na uğrak yapan her bir gemi için Tablo 2'de gösterilmiştir.

**Tablo 2:** Kuşadası Limanına Uğrak Yapan Gemiler ile İlgili Bilgiler

Gemi				Jeneratör		
Adı	İşleten Firma	GT	İnşa Yılı	Güç	Modele Göre Özgül Yakıt Harcamı	Üretim Yılına Göre Özgül Yakıt Harcamı
				kw	g/kw.h	g/kw.h
CELEBRITY CONSTELLATION	Celebrity Cruises	91000	2007	60000	305	305
CELEBRITY EQUINOX	Celebrity Cruises	121878	2009	62400	170	175
CELEBRITY REFLECTION	Celebrity Cruises	121878	2012	62400	170	175
CELEBRITY SILHOUETTE	Celebrity Cruises	121878	2008	62400	170	175
CRYSTAL SERENITY	Crystal Cruises	68870	2002	52198	180	175
QUEEN VICTORIA	Cunards	90000	2007	63400	190	175
NIEUW AMSTERDAM	Holland America	86700	2009	64000	200	175
ZUIDERDAM	Holland America	81769	2001	51000	305	305
MSC ORCHESTRA	MSC	92409	2007	58000	185	175
NORWEGIAN JADE	Norwegian	93558	2006	72000	185	175
N. SPIRIT	Norwegian	75388	1998	57600	180	185
RIVIERA	Oceania	66084	2011	49900	175	175
CELESTYAL CRYSTAL	Optimum	25611	1980	19124	225	205
CELESTYAL ODYSSEY	Optimum	25000	1999	16250	200	185
CELESTYAL OLYMPIA	Optimum	37584	1982	21060	210	205
EMERALD PRINCESS	Princess	113561	2006	67220	175	175
ISLAND PRINCESS	Princess	91627	2003	65200	260	260

Tablo 2: Kuşadası Limanına Uğrak Yapan Gemiler ile İlgili Bilgiler (01.03.2015 – 01.11.2015), (Devamı)

OCEAN DREAM	Pullmantur	36674	1982	22200	200	205
RHAPSODY OF THE SEAS	Royal Caribbean	78878	1995	67200	190	185
SPLENDOUR OF THE SEAS	Royal Caribbean	69130	1995	58500	190	175
VISION OF THE SEAS	Royal Caribbean	78340	1997	36000	185	185
T.MAJESTY	Thomson	32396	1991	21120	195	185
THOMSON SPIRIT	Thomson	33930	1982	22400	190	205
MEIN SCHIFF 1	TUI Cruises	76998	1996	12200	190	185
MEIN SCHIFF 2	TUI Cruises	77303	1997	36000	185	185

Kaynak: Kuşadası Liman Başkanlığı'nın verilerinden yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

## 5. BULGULAR

Çalışmanın bu aşamasında, elde edilen 01.03.2015 ile 01.11.2015 tarihleri arasında Kuşadası limanını kullanan 1000'den fazla misafir taşıyan gemilerin liman yanaşma ve kalkış manevraları ile limanda kalma süreleri boyunca harcamış olduğu yakıt miktarını ve salım yapmış olduğu CO<sub>2</sub> miktarını tahmin etmek üzere literatür araştırmalarıyla ve liman başkanlığı verileriyle elde edilen bulgular gösterilmiştir. Elde edilen bulgularla her bir gemi için toplam yakıt harcamı ve karbondioksit salımı tahminleri yapılmıştır. Son aşamada ise elde edilen bilgilerle analizler yapabilmek için bir sistem dinamikleri modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem dinamikleri modelinde Vensim® yazılımı kullanılmıştır. Modelde, kruvaziyer gemilerinde yakıt harcamını ve karbon salımını etkileyen temel faktörler değişkenler olarak kullanılmıştır.

### 5.1. Yakıt Tüketimi Modeli ile Karbon Salımı Tahminleri

Gemilerden kaynaklı karbon salımı hesaplanırken, yakıt miktarına göre yaklaşık olarak salım yapılan CO<sub>2</sub> miktarına ulaşmak için aşağıdaki formül kullanılmıştır (Simmons, 2001: 3).

$$C_r = Q \times NCV \times EF \times (1 - S_f) \times F \times 3.66$$

C <sub>r</sub>	Salım yapılan karbon miktarı (kg)
Q	Makinede yakılan yakıt miktarı (ton)
NCV	Yakıt kalorifik değeri (TJ/ton)
EF	Salım katsayısı (kg/TJ)
S <sub>f</sub>	Karbondioksit depolama katsayısı
F	Yakıt oksidasyon katsayısı

Bu formülle, gemilerden kaynaklı salım yapılan toplam karbondioksit miktarını bulmak için yakıtın kalorifik değeri 42.2 TJ/ton olarak kabul edilmiştir. “IPCC Guidelines” (1996)’dan elde edilen bilgilere göre gemilerde kullanılan ağır fuel oilin salım katsayısı 0.0211 kg/TJ, karbondioksit depolama katsayısı 0.18, oksidasyon katsayısı 0.99 olarak kullanılmıştır. Buna göre 1 ton ağır fuel oil yakıldığında yaklaşık 2.64 ton CO<sub>2</sub> salımı yapılacağı tahmin edilebilir.

Gemilerde ana makinelerin çalıştıkları süreçte harcamış oldukları yakıt miktarları geminin anlık hızının maksimum hızına oranının kübü alınarak tahmin edilebilir (California Air Resources Board, 2008:20). Bu tahmin için kullanılacak olan manevra sırasındaki gemi hızı birçok değişkene bağlıdır. Bu çalışmada gemi hızı 9 millik bölgenin ilk 4 millik kısmında 20 deniz mili, pilot alınan bölge olan son 5 mil ile son 0.5 millik mesafe arasında 6 deniz mili ve son yarım milde ise 3 deniz mili olarak kabul edilmiştir. Bu hız değerlerine göre yaklaşık makine yükleri hesaplanmış, bu yüklerin ağırlıklı ortalamaları alınmış ve bulunan ortalama yük değerlerine göre liman bölgesinde harcanan yakıt ve salım yapılan karbondioksit miktarları tahmin edilmiştir.

Gemilerde kullanılan jeneratörlerin çalışma yükünü tahmin edebilmek için Howitt vd. (2010)’lerinin çalışmaları sonucu ulaşılmış oldukları kruvaziyer gemilerinde kişi başına harcanan enerji miktarı 1600/MJ.gün.misafir olarak kullanılmıştır. Makinelerin çalışma yükü, markası, modeli ve üretim yılı verilerine göre yaklaşık özgül yakıt harcamalarını gösteren “IMO GHG Study” (2009) verileri kullanılarak her bir gemi için kullanılan yardımcı makinelerin yaklaşık özgül yakıt harcamaları modele dahil edilmiştir.

Yapılan hesaplamaların ayrıntısını gösterebilmek için Tablo 3’te MS Crystal Serenity gemisinin Kuşadası limanındaki karbon salımı tahminleri örnek olarak gösterilmiştir. Crystal Serenity gemisi ana makine olarak toplamda 17700 kw’lık iki adet Azimuth Thruster’a, jeneratör olarak ise hem ana makinenin hem de geminin diğer elektrik ihtiyaçlarını karşılamak üzere 6 adet Wärtsilä 12V38B tipi makineye sahiptir. Gemide elektrikli sevk sistemi olduğu için ana makinede harcanan güç için salım yapılan karbon miktarı jeneratörler üzerinden gösterilmiştir. Bu hesaplamalar her bir gemi için ayrı ayrı yapılarak liman bölgesindeki toplam CO<sub>2</sub> salım miktarlarına ulaşılması hedeflenmiştir. Ana makinenin ortalama yükü hesaplanırken

**Tablo 3:** Crystal Serenity Gemisi Tahmin Edilmiş Toplam CO<sub>2</sub> Salımı Tablosu

Tarih	Müşteri Sayısı	Mürettebat Sayısı	Toplam Yolcu Sayısı	Günlük Toplam Yolcu Enerji Harcamı	Gemi Hızı (knot)	Liman Yanaşma Saati	Liman Ayrılma Saati	Kaldığı Süre	Ana Makine Ortalama Yük	Ana Makine Yakıt Harcamı	Jeneratörler Yakıt Harcamı	Toplam CO <sub>2</sub> Salımı
				kw				saat	%	ton	ton	ton
6/10/15	880	630	1510	27935	20	7:30	22:00	0.60	4.81	1.89	20.95	60.75
9/15/15	760	625	1385	25622	21	7:15	22:00	0.61	4.81	1.89	18.41	53.98
9/22/15	764	625	1389	25696	21	7:00	23:30	0.69	4.81	1.89	20.70	60.08
10/9/15	849	628	1477	27324	22	7:00	22:00	0.63	4.81	1.89	20.91	60.64

Kaynak: Kuşadası Liman Başkanlığı'nın verilerinden yazarlar tarafından hesaplanmıştır.

Jeneratörlerin toplam çalışma saati hesaplanırken liman bölgesine giriş ile liman bölgesinden çıkış saatleri arasındaki süre kullanılmıştır. Tablo 4'te Kuşadası limanına uğrak yapan tüm gemiler için her seferinde ayrı ayrı hazırlanmış değerlerin ortalaması alınarak hesaplanmış olan toplam karbon salımı tahminleri gösterilmiştir. Tabloda her bir geminin Kuşadası limanına kaç sefer geldiği sefer sayısı sütununda gösterilmiştir. Ana ve yardımcı makinelerin çalışma süreleri de tüm seferlerin ortalaması hesaplanarak hazırlanmıştır. Tabloya göre gemilerde bulunan misafir sayısı arttıkça CO<sub>2</sub> salımının arttığı görülmektedir. Ayrıca ana veya yardımcı makine olarak gaz türbini kullanan Zuiderdam, Celebrity Constellation, Emerald Princess ve Island Princess gemilerinin sefer başına CO<sub>2</sub> salımı miktarlarının daha yüksek olduğu görülmektedir.

**Tablo 4:** Kuşadası Limanına Uğrak Yapan Gemilerin Tahmin Edilmiş Toplam CO<sub>2</sub> Salımı Tablosu

Gemi Adı	Sefer Sayısı	Ortalama Misafir Sayısı	Ortalama Mürettebat Sayısı	Ortalama Günlük Toplam Yolcu Enerji Harcamı	Maksimum Gemi Hızı	Liman Bölgesi Toplam Bulunma Süresi	Ana Makine Yakıt Harcamı	Jeneratör Yakıt Harcamı	Toplam CO <sub>2</sub> Salımı	Sefer Başına Ortalama CO <sub>2</sub> Salımı
				kw.h	kt	gün	ton	ton	ton	ton
CELEBRITY CONSTELLATION	9	2223	1097	41131	24	0.47	5.36	70.55	1817,6	201.9
CELEBRITY EQUINOX	8	2876	1252	53215	24	0.46	2.79	51.05	1145.9	145.2
CELEBRITY REFLECTION	16	3205	1364	59292	24	0.47	2.79	58.1	929.65	58.1
CELEBRITY SILHOUETTE	2	2774	1251	51328	24	0.46	2.79	48.69	273.94	136.97
CELESTYAL CRYSTAL	21	760	356	14064	21	0.29	1.48	10.44	666.7	31.74
CELESTYAL ODYSSEY	18	503	337	9299	22	0.27	1.15	5.79	332.7	18.48
CELESTYAL OLYMPIA	61	1182	490	21883	21	0.29	2.25	15.94	2953.1	48.41
CRYSTAL SERENITY	4	880	627	15045	22	0.63	1.88	20.24	235.45	58.86
EMERALD PRINCESS	5	3127	1155	57853	22	0.44	3.99	55.6	776.85	153.3

./..

**Tablo 4:** (Devamı)

ISLAND PRINCESS	6	2192	889	40555	21	0.35	5.03	43.93	781.52	130.24
MEIN SCHIFF 1	3	2005	871	37099	22	0.49	1.99	40.63	340.2	113.39
MEIN SCHIFF 2	3	1873	824	34657	22	0.47	2.4	35.79	304.78	101.59
MSC ORCHESTRA	1	2614	931	48359	23	0.46	2.61	47.87	134.29	134.29
NIEUW AMSTERDAM	5	2133	855	39475	24	0.5	2.19	44.2	617.02	123.4
NORWEGIAN JADE	15	2602	1027	48141	24	0.41	3.25	42.82	1838.26	122.55
NORWEGIAN SPIRIT	16	2166	906	40066	24	0.33	3.37	29.25	1389.1	86.81
OCEAN DREAM	2	968	384	17908	21	0.5	2.76	21.65	129.91	64.95
QUEEN VICTORIA	4	1996	975	36926	24	0.49	3.09	39.69	455.28	113.82
RHAPSODY OF THE SEAS	12	2190	778	40509	22	0.46	3.71	41.84	1454.3	121.2
RIVIERA	4	1215	771	22473	20	0.4	4.2	18.67	243.33	60.83
SPLENDOR OF THE SEAS	11	1938	776	35859	24	0.39	2.36	30.81	970.96	88.26
THOMSON MAJESTY	10	1492	633	27609	20	0.41	2.43	25.81	751.39	75.13
THOMSON SPIRIT	14	1246	491	23059	21	0.42	2.32	23.1	946.89	67.63
VISION OF THE SEAS	7	2262	917	41852	22	0.45	3.44	41.76	841.93	120.27
ZUIDERDAM	6	1916	801	35449	24	0.48	4.37	62.69	1070.51	178.41

Kaynak: Kuşadası Liman Başkanlığı'nın verilerinden yazarlar tarafından hesaplanmıştır

## 5.2. Karbon Salımına Neden Olan Değişkenler

Çalışmanın bu aşamasında, oluşturulacak olan sistem dinamikleri modelinde kullanılacak değişkenler belirlenmiştir. Model oluşturulurken ana ve yardımcı makineler için ayrı ayrı salım tahminleri yapılmıştır. Bu tahminler yapılırken makinelerin özgül yakıt harcamaları, maksimum güçleri ve liman bölgesinde tahmin edilen çalışma yükleri kullanılmıştır.

Gemilerin özgül yakıt harcamasının tahmini için iki çeşit yol kullanılmıştır. Bunlardan birincisi makinenin üretim yılına göre tahmin edilen özgül yakıt harcamı, ikincisi ise makinenin marka ve modeline göre belirlenmiş özgül yakıt harcamıdır. Bu değerlerin ikisi de "IMO GHG Study" (2009) verileri kullanılarak elde edilmiştir. Modelde hem ana makineler hem de jeneratörler için iki verinin ortalaması kullanılmıştır. Ayrıca makinelerin kondisyonları da özgül yakıt harcamalarında etkilidir (Kumar,2014:1).

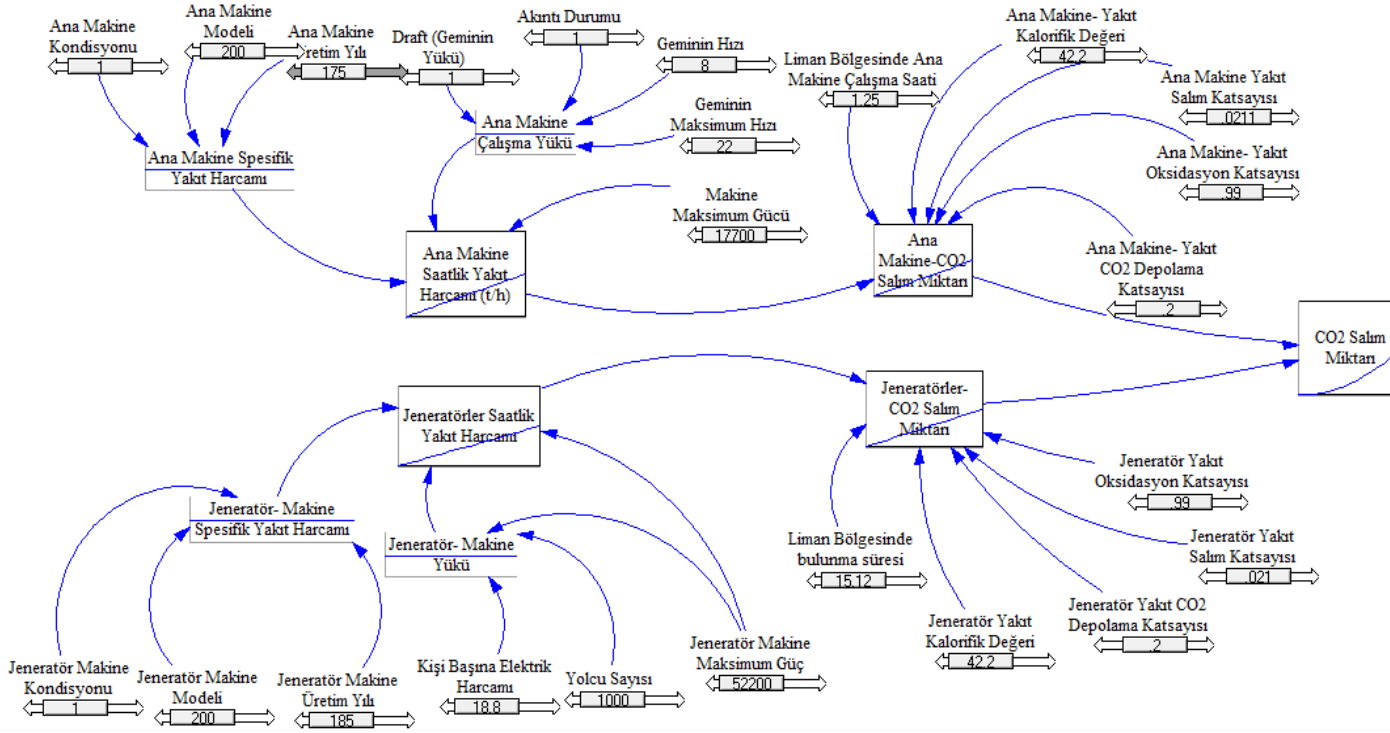
Ana makinenin çalışma yükü geminin hızına, yüklü olma durumuna ve akıntı hızı ve yönüne bağlı olabilir. Jeneratörler için ise çalışma yükü kullanılan elektrik miktarına bağlıdır. Bu çalışmada ana makineler için "California Air Resources Board" (2008)'e göre "Propeller Law" kullanılarak tahmin edilmiştir. Buna göre gemilerde ana makinenin yükü anlık gemi hızının maksimum gemi hızına oranının kübü hesaplanarak tahmin edilebilir. Jeneratörler için ise yük durumu Howitt vd. (2010)'lerinin çalışmaları sonucu ulaşılmış oldukları kruvaziyer gemilerinde kişi başına harcanan enerji miktarı 1600/MJ.gün.misafir verisi kullanılarak misafir sayısına oranla harcanan enerji miktarı bulunmuş ve jeneratörün bu enerjiyi karşılamak için çalışacağı yük durumu belirlenmiştir.

Elde edilen saatlik yakıt harcamaları ana ve yardımcı makinelerin toplam çalışma süreleri ve gemilerde kullanılan yakıtların salım değişkenleriyle çarpılarak her bir sefer için CO<sub>2</sub> salım miktarları tahmin edilmiştir.

Gemilerde kullanılan yakıtın salım değişkenleri belirlenirken yakıtın kalorifik değeri, salım katsayısı, CO<sub>2</sub> depolama katsayısı ve yakıt oksidasyon katsayısı kullanılmıştır.

## 5.3. Sistem Dinamikleri Modeli

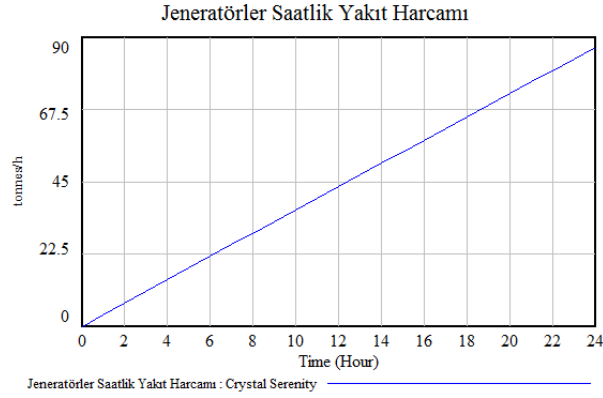
Belirlenen tüm değişkenlerin toplam salıma etkilerinin daha iyi analiz edilebilmesi için bir sistem dinamikleri modeli oluşturulmuştur.



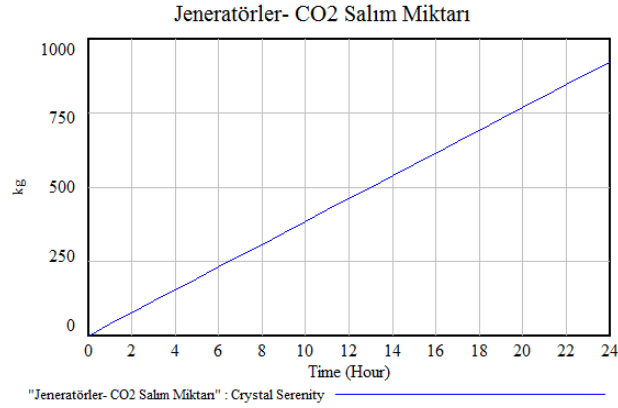
**Şekil 2:** Gemilerin Yakıt Harcamalarını ve CO<sub>2</sub> Salımlarını Gösteren Sistem Dinamikleri Modeli  
Kaynak: Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.



Şekilde görülen sistem dinamikleri modelinde değişkenler Crystal Serenity gemisine göre ayarlanmıştır. Gemide elektrikli sevk sistemi kullanıldığı için normal şartlarda ana makinesinden karbon salımı meydana gelmemektedir. Modelde görülen ana makine yakıt harcamı ve karbon salımı ana makine için gereken elektriği üretmek için harcanan yakıt ve salınan karbon miktarıdır. Buna göre Crystal Serenity gemisinin yardımcı makinelerinin liman periyodunda 24 saatlik yakıt harcamı ve CO<sub>2</sub> salımı Şekil 3 ve Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 3: Crystal Serenity Gemisi Jeneratörler Yakıt Harcam Grafiği



Şekil 4: Crystal Serenity Gemisi Jeneratörler CO2 Salım Grafiği

Sistem dinamikleri modeli kurulurken bazı bilgilere ulaşmak mümkün olmadığı veya daha ayrıntılı bir çalışma gerektirdiği için bazı kabuller yapılmıştır. Bu kabuller;

- Gemilerin ana makinelerinin liman yanaşma ve kalkışlarındaki çalışma yükü tahmin edilirken gemi hızı liman bölgesi olarak kabul edilen 9 millik bölgenin ilk 4 millik kısmında 20 deniz mili, pilot alınan bölge olan son 5 mil ile son 0.5 millik mesafe arasında 6 deniz mili ve son yarım milde ise 3 deniz mili olarak kabul edilmiştir.
- Makinelerin kondisyon kayıplarından oluşabilecek yakıt harcam ve emisyon değişiklikleri göz ardı edilmiştir.
- Gemilerde misafir başına harcanan günlük elektrik enerjisi miktarı Howitt vd. (2010)'nin yapmış olduğu çalışmanın sonuçları baz alınarak 1600 MJ olarak kabul edilmiştir.
- Hava ve deniz durumunun etkileri sistem dinamikleri modelinde değişken olarak sisteme dahil edilmiştir. Ancak örnek olarak hesaplanan modelde hava ve deniz durumunun etkileri ihmal edilmiştir.
- Gemilerde kullanılacak salım indirgeme teknolojileri ihmal edilmiştir.
- Tüm gemiler için ana makine ve jeneratörde kullanılan yakıt 42.2 kalorifik değere sahip ağır fuel oil olarak kabul edilmiştir. Ancak başka bir yakıt türüne göre hesaplama yapılacağı zaman kullanılan yakıtın kalorifik değeri sisteme dahil edilerek yeni hesaplamalar yapılabilir.

#### 5.4. Genel Bulgular

Çalışma kapsamında Kuşadası limanına uğrak yapan 1000 yolcu kapasitesinin üstündeki kruvaziyer gemilerinin 264 hareketi incelenmiş ve yakıt harcam modeli ile liman bölgesinde harcamış oldukları toplam yakıt harcamı tahmini yapılmıştır. Buna göre örneklem kapsamındaki gemilerin yanaşma ve kalkış manevralarında ana makinelerinin toplam 709.1 MT fuel oil harcadığı tahmin edilmektedir. Limanda bekleme sürelerinde ise aynı dönemde jeneratörlerin toplamda 7964.79 MT fuel oil harcadığı tahmin edilmektedir. Buna göre toplamda 19584 ton CO<sub>2</sub> salımı yapıldığı tahmin edilebilir.

Kurulan sistem dinamikleri modeliyle gemilerden kaynaklı toplam karbon salımını dolaylı olarak veya doğrudan etkileyen faktörler belirlenmiş ve toplam salıma etkileri incelenmiştir. Oluşturulan modele göre ana makine kondisyonunda oluşacak bir değişim, ana makine özgül yakıt harcamını arttırmakta bu da ana makine saatlik yakıt harcamı ve salım yapmış olduğu toplam karbon

salımı artmaktadır. Geminin manevra hızı arttıkça ana makinenin çalışma yükü artacak ve dolaylı olarak ana makine tarafından yapılacak olan salım miktarı artacaktır. Jeneratörlerin saatlik yakıt harcamı dolaylı olarak yolcu sayısındaki değişimden etkilenir. Yolcu sayısı azaldıkça jeneratörlerin yükü azalacak bu da jeneratörlerin saatlik yakıt harcamasının ve karbon salımının azalmasına neden olacaktır.

Ana makine ve jeneratörlerde kullanılan yakıt tipinin değiştirilmesi durumunda salım katsayısı değişecektir. Bu da ortaya çıkan karbon salımının değişmesine sebep olacaktır.

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışma kapsamında Kuşadası limanında gemilerden kaynaklı olarak salım yapılan CO<sub>2</sub> miktarı tahmini yapılmıştır. Bu tahminin yapılabilmesi için, yapılan literatür taramasıyla ve yüz yüze görüşmelerle belirlenen değişkenlerin doğrudan ya da dolaylı olarak toplam karbon salımına etkileri incelenmiştir.

Çalışma sonuçları kruvaziyer gemilerin çok yüksek enerji harcamaları olduğunu ve aynı büyüklükteki kara tesislerine göre çok yüksek karbon salımına sebep olduğunu göstermektedir.

Gemilerin ortaya çıkardığı yüksek karbondioksit salımları özellikle kruvaziyer turizmi için kullanılan turistik bölgeler için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Bu bölgelerde hava kirliliğinin artması bölgenin turizm potansiyelini olumsuz etkileyecektir. Bu sebeple bu bölgelerin hava kirliliği seviyelerinin daha düşük değerlere indirilebilmesi için çalışmalar yapılmalıdır.

Limanlarda gemilerden kaynaklı salımların indirgenebilmesi için gemilerin liman süreçlerinde elektrik ihtiyacını karşılamak üzere sahil bağlantısının kullanılması teşvik edilebilir. Ayrıca gemilerin salım indirgeme teknolojilerini daha aktif bir şekilde kullanabilmesi için çalışmalar yapılabilir.

### Kısıtlar ve Sonraki Çalışmalar

Gelecek çalışmalarda gemilerden anlık olarak salım ölçümleri yapılarak daha net sonuçlar elde edilebilir. Bu çalışmada oluşturulan model başka tarihlerde başka limanlarda başka gemilerle yapılabilir. Bu çalışmada yalnızca gemilerden kaynaklı salım miktarı tahmin edilmiştir. Gelecek çalışmalarda liman bölgesindeki römorkörler, palamar botları, yolcu otobüsleri gibi diğer araçların sebep olduğu salım miktarı da eklenerek kruvaziyer turizminin liman bölgesinde sebep olduğu toplam CO<sub>2</sub> salımı tahmin edilebilir.

Bu çalışmada tahminler yapılırken makinelerin kondisyonlarında oluşabilecek değişiklikler, ve gemilerde harcanan yağ ve kimyasallardan kaynaklı meydana gelebilecek değişimler göz ardı edilmiştir. Gelecek çalışmalarda bu değişkenler de modele dahil edilebilir.

Gemilerde harcanan yakıt türü olarak fuel oil belirlenmiş ve tahminler bu doğrultuda yapılmıştır. Jeneratör değişimlerinde ve kazan ön yanmasında kısa süreli ve az miktarda harcanacak olan dizel oil miktarı hesaplamalara dahil edilmemiştir.

Oluşturulan sistem dinamikleri modelinde meteorolojik ve oşinografik koşulların yakıt harcamına ve toplam salıma etkileri sisteme dahil edilmiştir. Ancak bu çalışmada toplam CO<sub>2</sub> salımı hesaplanırken bu etkiler ihmal edilmiştir. Gelecek çalışmalarda gemi formları, tonajları, akıntı ve rüzgar etkileri araştırılarak bu değişkenlerin gemilerden kaynaklı toplam karbon salımına etkileri tahmin edilebilir.

### **Teşekkür**

Yazarlar çalışmanın verilerin elde edilmesindeki desteklerini esirgemeyen T.C.Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Kuşadası Liman Başkanlığı'na ve 3. Ulusal Deniz Turizmi Kongresi Bilim Kurulu hakemlerine değerli katkı ve önerileri için teşekkür ederler.

### **KAYNAKÇA**

- Bailey, D. ve Solomon, G. (2004) “*Pollution prevention at ports: clearing the air*”. Environmental Impact Assessment Review, Cilt 24. s:73,79.
- Bayraktar, M. ve Cerit, A.G. (2015) “*İzmir Aliğa Limanında Gemilerin Limanda Bekleme Süresi Boyunca Karbon Salımlarının Hesaplanması ve Bu Salımın Sistem Dinamikleri Yaklaşımıyla İncelenmesi*” 11. Ulaştırma Kongresi. 27-29 Mayıs 2015. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul
- Berechman, J. ve Tseng, P. H. (2012) “*Estimating the environmental costs of port related emissions: The case of Kaohsiung*”. Transportation Research Part D: Transport and Environment, Cilt 17, Sayı 1. s:35–38.

- California Air Resources Board, Planning and Technical Support Division. (2011). *Appendix D: Emissions Estimation Methodology for Ocean-Going Vessels*  
<http://www.arb.ca.gov/regact/2011/ogv11/ogv11appd.pdf>  
Erişim Tarihi 28.12.2015
- DTGM (Deniz Ticareti Genel M¼d¼rl¼ę¼). (2014).*Kruvaziyer Sekt¼r Raporu*  
[http://www.kugm.gov.tr/BLSM\\_WIYS/DTGM/tr/Kitaplar/20140613\\_165336\\_64032\\_1\\_64480.pdf](http://www.kugm.gov.tr/BLSM_WIYS/DTGM/tr/Kitaplar/20140613_165336_64032_1_64480.pdf)  
Erişim Tarihi:28.12.2015”
- DTO (Deniz Ticaret Odası). (2015). *Deniz Ticareti Dergisi Temmuz 2015 Sayısı*  
[http://www.denizticaretodasi.org.tr/dergi/Sayfalar/Deniz-Ticareti-Dergisi.aspx?YIL=2015&SAYI=EK\\_7](http://www.denizticaretodasi.org.tr/dergi/Sayfalar/Deniz-Ticareti-Dergisi.aspx?YIL=2015&SAYI=EK_7)  
Erişim Tarihi: 01.12.2015
- Eyring, V., K¼hler, H., van Aardenne J. ve Lauer, A. (2005). “*Emissions from international shipping. The last 50 years.*”  
Journal of Geophysical Research, Cilt 110, Sayı 17. s:110-118.
- Forrester, J. (1971) “*Counterintuitive behavior of social systems.*”  
Technology Review, Cilt 73, Sayı 3. s:52–68.
- Howitt, O. J., Revol, V. G. N. ve Smith, I. (2010). “*Carbon emissions from international cruise ship passengers travel to and from New Zealand.*”  
Energy Policy, Cilt 38, Sayı 5. s:2552-2560
- IMO GHG Study (2009) “*Prevention of Air Pollution From Ships Second IMO GHG Study 2009 IMO GHG Study*”  
<http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/GHGStudyFINAL.pdf>  
Erişim Tarihi: 01.12.2015
- IPCC (2007) *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC, Geneva, Switzerland*
- Kumar, A. A., Dhar, A. ve Gupta, J. G. (2015). “*Effect of fuel injection pressure and injection timing of Karanja biodiesel blends on fuel spray engine performance, emissions and combustion characteristics*”.  
Energy Conversion and Management, Cilt 91. s:302-314
- Lucialli, P., Ugolini, P., & Pollini, E. (2007). “*Harbour of Ravenna: The contribution of harbour traffic to air quality*”  
Atmospheric Environment, Cilt 41, Sayı 30. s:6421-6431
- NRDC (Natural Resources Defense Council) (2004). *Harboring Pollution Strategies to Clean Up U.S. Ports, by the Natural Resources Defense Council*

- <https://www.nrdc.org/air/pollution/ports/ports2.pdf> Erişim Tarihi:28.12.2015
- PBL (Netherlands Environmental Assessment Agency) (2013). *Trends in Global CO<sub>2</sub> Emissions* [http://edgar.jrc.ec.europa.eu/news\\_docs/pbl-2013-trends-in-global-co2-emissions-2013-report-1148.pdf](http://edgar.jrc.ec.europa.eu/news_docs/pbl-2013-trends-in-global-co2-emissions-2013-report-1148.pdf) Erişim Tarihi:28.12.2015
- Poplawski, K., Setton, E., McEwen, B., Hrebenyk, D., Graham, M., ve Keller, P. (2011). “*Impact of cruise ship emissions in Victoria, BC, Canada*”. Atmospheric Environment, Cilt 45, Sayı 4. s:824–833.
- Saraçoğlu, H., Deniz, C. ve Kılıç, A. (2013). “*An Investigation on the Effects of Ship Sourced Emissions in Izmir Port, Turkey*”. The Scientific World Journal, Cilt 2013. s: 1-8
- Simmons, T. (2006). “*CO<sub>2</sub> Emissions From Stationary Combustion of Fossil Fuels*”. Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme
- Song, S. K. ve Shon, Z. H. (2014). “*Current and future emission estimates of exhaust gases and particles from shipping at the largest port in Korea*”. Environmental Science and Pollution Research, Cilt 21, Sayı 10. s: 6612-6622
- Sterman, J. D. (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*, The McGraw-Hill, USA.
- System Dynamics Society (2001). *The System Dynamics Review* <http://www.systemdynamics.org/DL-IntroSysDyn/start.html> Erişim Tarihi: 23.11.2015
- Trozzi, C. (2010) “*Emission estimate methodology for maritime navigation*”. US EPA 19th International Emissions Inventory Conference. September 27 – 30 2010. Texas.
- UNFCC. (2014) *Shipping, World Trade and the Reduction of CO<sub>2</sub> Emissions* <http://www.ics-shipping.org/docs/default-source/resources/environmental-protection/shipping-world-trade-and-the-reduction-of-co2-emissions.pdf?sfvrsn=6> Erişim Tarihi: 01.12.2015