

Yayın Geliş Tarihi: 02.08.2018  
Yayına Kabul Tarihi: 14.10.2018  
Online Yayın Tarihi: 26.12.2018  
DOI: 10.18613/deudfd.495796  
**Araştırma Makalesi (Research Article)**

Dokuz Eylül Üniversitesi  
Denizcilik Fakültesi Dergisi  
Cilt:10 Sayı:2 Yıl:2018 Sayfa:169-181  
ISSN:1309-4246  
E-ISSN: 2458-9942

## GEMİ VE LİMAN ETKİLEŞİMİ İÇİN ÖNERİLEN ENERJİ YÖNETİM SİSTEMİ MODELİNİN İNCELENMESİ

Kenan YİĞİT<sup>1</sup>  
Bora ACARKAN<sup>2</sup>

### ÖZET

*Bu çalışmada, yeni nesil gemi ve liman tasarımı konseptlerine uygulanabilecek ve gemilerin limanda iken alternatif enerji kaynaklarını kullanarak elektrik enerjisi ihtiyacının karşılanmasına imkân tanyacak bir enerji yönetim modeli önerilmiştir. Bu model ile gemiler limandaki operasyonlarını gerçekleştirirken finansal ve çevresel şartları göz önüne alarak hem kendi jeneratörlerini kullanabilecek hem de ulusal şebekeye etkin bir şekilde bağlanabilecektir. Bu sayede, gemi mürettebatı bulunduğu limanda uluslararası sözleşmelerden kaynaklı çevresel bir kısıtlama var ise bu kuralları karşılamak için en temiz enerji kaynağını seçebilecektir. Çevresel kısıtlamaların karşılandığı bir limanda ise en ekonomik enerji kaynağını kullanarak enerji maliyetlerinde tasarruf sağlayabilecektir.*

*Çalışmada, gemi enerji yönetim modeli ve benzetim çalışması için MATLAB programı kullanılmıştır. Benzetim çalışmasında, kabul edilebilir sonuçlar elde etmek için “M/V İnce Hamburg” isimli yük gemisine ait veriler ile Türkiye ulusal şebekesine ait gerçek veriler dikkate alınmıştır. Sadece kendi jeneratörlerini kullanan gemi ile enerji yönetim sistemine sahip ve ulusal şebekeye bağlanabilen gemi için elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, önerilen sistem ile enerji maliyetinde yaklaşık %46’lık bir tasarruf, CO<sub>2</sub> salımında ise yaklaşık %33’lük bir azalma sağlanacağını göstermektedir.*

**Anahtar Kelimeler:** Gemi, liman, elektrik, akıllı şebeke, enerji yönetimi.

---

<sup>1</sup> Araş. Gör., Yıldız Teknik Üniversitesi, Gemi Makineleri İşletme Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, kyigit@yildiz.edu.tr

<sup>2</sup> Dr.Öğr.Üyesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, acarkan@yildiz.edu.tr

## AN EXAMINATION OF THE PROPOSED ENERGY MANAGEMENT SYSTEM MODEL FOR SHIP AND PORT INTERACTION

### ABSTRACT

*In this study, ship energy management model has been developed to be applied to next-generation ships and port concepts and to supply electrical energy demand of ships from alternative energy sources. With this model, when at ports, ships can use both their generators and national electricity grid considering financial and environmental criteria. Thus, ship crew will be able to select the cleanest energy source to meet the likely requirements arised from any environmental restriction based on international contracts. Ship crew will also be able to select the most economic energy sources, if any environmental criteria has been set at the port.*

*In this study, MATLAB software has been used in ship energy management model and the relevant simulations. In the simulations, the data of "M/V Ince Hamburg" bulk carrier ship and national electricity grid of Turkey have been taken into account to obtain acceptable results. The two types of ships using only own generators and having energy management system and shore-side connection have been compared. The results show that the proposed ship energy management model will save about 46% reduction in energy costs and a reduction of about 33% in CO<sub>2</sub> emissions.*

*Keywords: Ship, port, electricity, smart grid, energy management.*

## 1. GİRİŞ

Denizcilik sektörü ulaştırma sektörleri arasında önemli bir değere sahiptir. Özellikle, denizyolu taşımacılığı tüm taşımacılık sektörünün %80'ini oluşturmaktadır (IMO, 2018). Gemilerin, taşımacılıkta büyük bir paya sahip olması nedeni ile bazı çevresel etkilerin oluşması da kaçınılmazdır. Araştırmalara göre, dünyadaki toplam Karbon Dioksit (CO<sub>2</sub>) salımının %3'ü, Nitrojen Oksit (NO<sub>x</sub>) salımının %15'i ve Sülfür Dioksit (SO<sub>2</sub>) salımının %6'sı gemiler tarafından gerçekleşmektedir (Samosir vd. 2017). Gemilerin yaklaşık %55'inin limanlarda, %25'inin kıyıya yakın bölgelerde ve %20'sinin açık denizlerde bulunduğu dikkate alındığında ise liman ve limana yakın kesimlerde oluşabilecek çevresel problemlerin büyüklüğü daha iyi anlaşılmaktadır (Saraçoğlu vd. 2013). Bu nedenle, Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) tarafından enerji verimliliği, enerji yönetimi ve çevresel duyarlılık gibi konular üzerine çalışmalar yapılmaya ve etkin stratejiler geliştirilmeye başlanmıştır. Tüm gemilerde operasyonel verimliliğin sağlanmasına yönelik Gemi Enerji Verimliliği Yönetim Planı (SEEMP) ve yeni gemilerde CO<sub>2</sub> salımının

azaltılmasına yönelik Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi (EEDI) uygulaması IMO tarafından atılan önemli adımlardan bazılarını oluşturmaktadır. Ayrıca, Denizlerin Gemilerden Kirlenmesini Önleme Uluslararası Sözleşmesi (MARPOL) Ek-VI'ncı maddesine eklenen Kural 13 ve Kural 14 ile gemilerden salınan NO<sub>x</sub> ve SO<sub>2</sub> emisyonlarına yönelik önemli sınırlamalar getirilmiştir. Bu kapsamda, gemi dizel makinelerinden salınan NO<sub>x</sub> emisyon sınırı gemi inşa yılına ve dizel makine kapasitesine bağlı olarak yeniden düzenlenmiştir. Ayrıca, 2020 yılında gemi yakıtlarındaki maksimum sülfür oranının %3,50'den %0,50'ye indirileceği belirtilmiştir (Yiğit ve Acarkan, 2018: 167-178). Daha çevreci bir bölge oluşturmak isteyen bazı ülkeler ise Emisyon Kontrol Alanı (ECA) düzenlemesini hayata geçirmiştir. Genel olarak, ECA Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada bölgesindeki alanları kapsamaktadır. ECA ile bu alandaki gemilere maksimum sülfür oranı %0,10 olan yakıt kullanma zorunluluğu getirilmiştir (MARPOL, 2011). Avrupa Birliği (AB) ise kendi limanlarında gemilerin alternatif enerji kaynaklarını kullanılmasına yönelik bir düzenlemeye gitmiştir. Düzenlemeye göre, AB limanlarında 2 saatten fazla kalacak gemiler ya sülfür oranı %0,10'u geçmeyen yakıt kullanacak ya da Kıyıda Enerji Temini (KET) uygulaması ile ulusal şebekeye bağlanıp enerji ihtiyacını karşılayacaktır (EU Directive, 2012).

İstatiksel veriler ve bu verileri kabul edilebilir seviyelere çekmek için getirilen düzenlemeler, gemilerin elektrik enerjisi ihtiyacını yakın zamanda sadece kendi jeneratörleri ile karşılayamayacağını göstermektedir. Bu nedenle, sektör temsilcileri ve araştırmacılar gemilerde rüzgâr türbini, güneş enerjisi, enerji depolama sistemleri, KET sistemi ve biyoyakıt gibi alternatif enerji kaynaklarının kullanılmasına yönelik çalışmalara odaklanmıştır. Özellikle, KET sistemi sektör temsilcilerinin ve araştırmacıların ilgi duyduğu güncel konular arasında yerini almıştır. Gemiler limanda iken liman operasyonlarını ve süreklilik gerektiren işlerini yerine getirmek için elektrik enerjisine ihtiyaç duyarlar. KET sistemi ile gemiler elektrik enerjisi ihtiyacını kendi jeneratörleri yerine limandan temin etmesi sağlanır (WPCI, 2018). Bazı araştırmacılar farklı ülke limanları için KET sisteminin çevresel etkilerini, ekonomik etkilerini ve teknolojik gereksinimlerini incelemişlerdir. Paul vd. (2014: 24-32) KET sisteminin standartları ve elektriksiz gereksinimleri üzerine çalışmışlardır. Ballini ve Bozzo (2015: 92-98) Danimarka limanları için KET sisteminin uygulanması durumunun finansal ve çevresel açıdan etkilerini incelemişlerdir. Kotrikla vd. (2017: 238-248) Yunanistan limanları için KET sistemi uygulaması ve CO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılma potansiyeli üzerine çalışmışlardır.

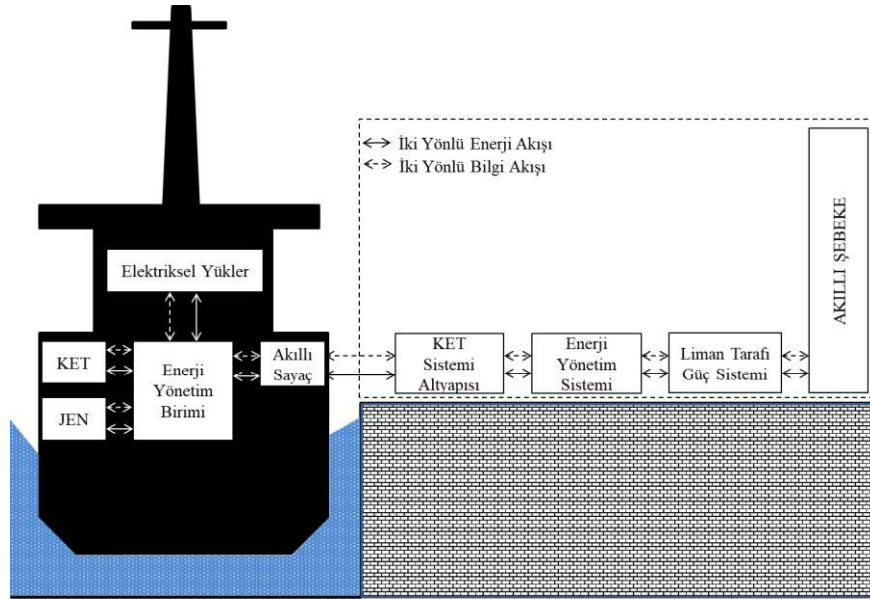
Yapılan araştırmalar incelendiğinde KET sisteminin gemi dizel jeneratörlerine göre birçok avantaj sağlayacağı söylenebilir. Öncelikle, gemide jeneratörler çalışmayacağı için makine dairesindeki gürültü ve titreşim büyük oranda azalacaktır. Dolaylı olarak bakım sürelerine ve giderlerine olumlu katkı sağlanacaktır. Ayrıca, geminin bulunduğu limana göre enerji maliyetleri ve CO<sub>2</sub> salımındaki değişimlere de pozitif katkı sağlaması muhtemeldir.

KET sisteminin gemideki enerji maliyeti ve emisyon salınımına etkisini ise enerji yönetim sistemi ile analiz etmek mümkündür. Çünkü gemiler gerek yük almak gerekse yük boşaltmak için dünyanın birçok limanına yanaşmakta ve her limanın bağlı olduğu ulusal elektrik şebekesi farklılık göstermektedir. Bu farklılık, KET sisteminden kaynaklanan enerji maliyetlerini ve salım değerlerini etkileyecektir. Limandaki gemiler için bir alternatif enerji kaynağı olarak gösterilen ve şu anda sayılı uygulaması bulunan KET sisteminin ülke limanlarında yaygınlaşması durumunda gemi ve liman arasındaki etkileşimin, bilgi alışverişinin anlık olarak izlenmesi ve yönetilmesi önem arz edecektir. Bu aşamada önümüzdeki süreçte geleneksel şebeke sistemlerinin yerini alması beklenen Akıllı Şebeke konseptinin tamamlanması ile etkin bir enerji yönetim sistemi de sağlanmış olacaktır. Akıllı şebeke, mevcut elektrik şebekesinin bilgi ve iletişim teknolojisi ile donatılarak, elektrik enerjisinin üretiminden tüketimine kadar her aşamasında izlenmesi, yönetilmesi, üretici ve tüketici arasında karşılıklı faydayı sağlaması üzerine kurulmuş bir kavramdır. Akıllı ev sistemleri, elektrikli araçların ulusal şebekeye entegrasyonu, yenilenebilir enerji kaynaklarının sisteme dahil edilmesi, enerji depolama sistemlerinden maksimum fayda sağlanması akıllı şebeke sisteminin önemli bileşenlerini oluşturmaktadır (DOE, 2018).

Yakın zamanda KET sistemi ve akıllı şebeke sistemindeki gelişmeler neticesinde gemi ve liman etkileşiminin daha ileri seviyelere ulaşacağı öngörülmektedir. Gemi ve liman arasındaki bağlantıyı yönetecek enerji yönetim sistemleri de bu yapıda önemli bir yer alacaktır. Bu çalışmada, gelecekte daha fazla uygulama alanına sahip olacak KET sistemi ile akıllı şebeke sisteminin entegrasyonunu sağlayacak ve gemide en uygun enerji kaynağının kullanılmasını belirleyecek bir enerji yönetim sistemi önerilmiştir. Önerilen enerji yönetim sistemi modelinin gelecekte karşılaştırılması muhtemel yeşil gemi ve yeşil liman uygulamalarına katkı sağlaması da beklenmektedir. Ayrıca, akıllı şebeke sisteminde önemli bir yeri olan elektrikli araçlar gibi gemilerin de akıllı şebeke sisteminin bir parçası olarak değerlendirilmesine katkı sağlaması beklenmektedir.

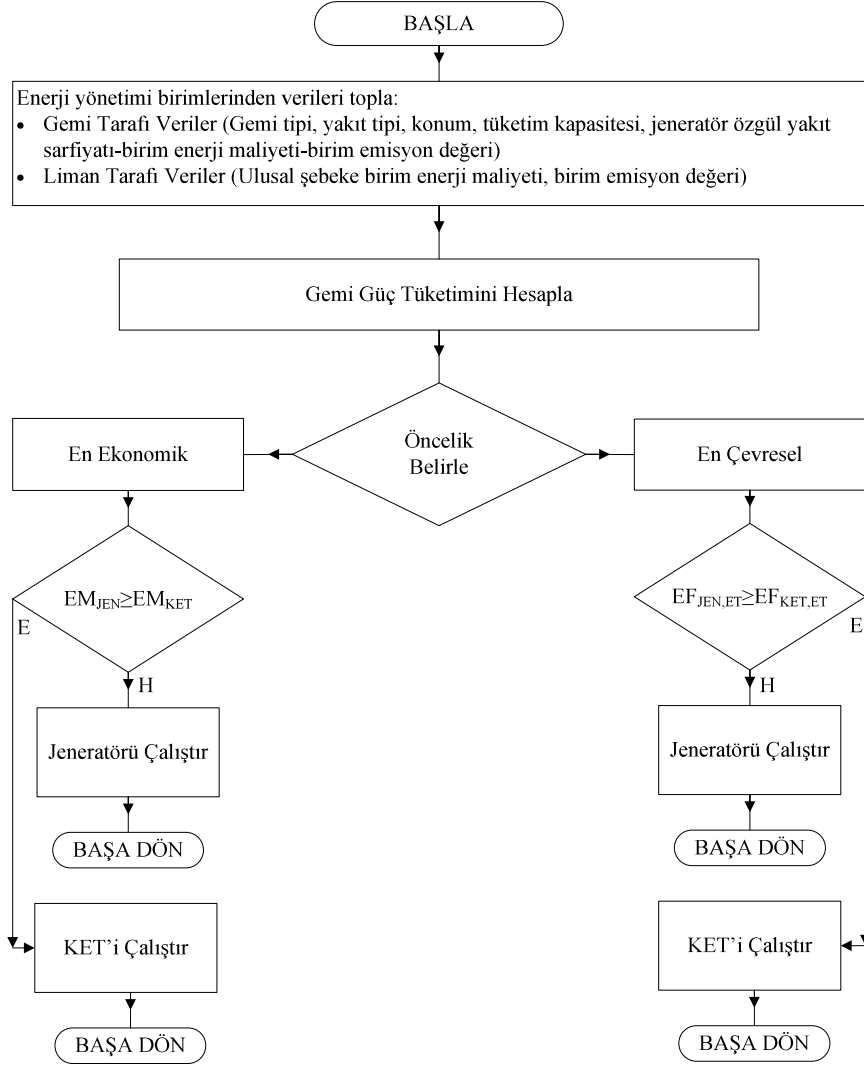
## 2. SİSTEM TANIMI

Önerilen elektrik enerjisi yönetim sistemi ile gemi tarafında dizel jeneratörden salınan emisyon miktarları ve birim enerji maliyeti sensörler aracılığı ile enerji yönetim paneline aktarılacaktır. Ayrıca, geminin “Sahil Bağlantı Kutusu” kısmına yerleştirilecek akıllı sayaç ile iki yönlü enerji ve bilgi akışı sağlanacaktır. KET sistemi kullanılması durumundaki birim enerji maliyetleri ve emisyon salınımları, gemi tarafındaki enerji yönetim paneline liman tarafındaki enerji yönetim biriminden aktarılacaktır. Liman tarafındaki enerji yönetim birimi ise gereken bilgileri akıllı şebeke sistemi altyapısını kullanarak temin edecektir. Bu sayede, gemi mürettebatı limanda iken enerji yönetim panelinden hangi enerji kaynağının en ucuz, hangisinin daha çevreci olduğunu anlık olarak analiz edebilecek ve limandaki uluslararası kısıtlamaları da dikkate alarak en ucuz veya en çevreci enerji kaynağını devreye alacaktır. Önerilen gemi enerji yönetim sistemi modeli Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1: Gemi ve Liman Etkileşimi için Enerji Yönetim Sistemi Modeli

Gemi enerji yönetim sistemi için geliştirilen enerji yönetim algoritmasının akış şeması Şekil 2’de verilmiştir.



**Şekil 2:** Gemi Enerji Yönetim Modeli Algoritmasının Akış Şeması

Gemiye yerleştirilecek enerji yönetim panelinde gemi mürettebatı tarafından en ucuz enerji kaynağı seçildiğinde, algoritma jeneratör ve ulusal şebekeden kaynaklı birim enerji maliyetlerini toplar, karşılaştırır ve sonrasında hangi enerji kaynağı daha ucuz ise o enerji kaynağını devreye alır. En çevreci enerji kaynağı seçildiğinde ise algoritma jeneratör ve ulusal şebekeden kaynaklı birim emisyon salınım değerlerini toplar, karşılaştırır ve sonrasında hangi enerji kaynağı daha az emisyon salıyor ise o enerji kaynağını devreye alır.

### 3. METODOLOJİ

Gemi jeneratörlerinde üretilen elektrik enerjisi için harcanan yakıt miktarı, yakıt maliyeti, birim enerji maliyeti ve emisyon salım miktarı Denklem 1-4 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$YT_{JEN}(t) = P_{JEN}(t) \times ÖYS(t) \quad (1)$$

$$M_{JEN}(t) = YT_{JEN}(t) \times EM_{Yakit} \quad (2)$$

$$EM_{JEN}(t) = ÖYS(t) \times EM_{Yakit} \quad (3)$$

$$E_{JEN,ET}(t) = P_{JEN}(t) \times EF_{JEN,ET} \quad (4)$$

Burada  $YT_{JEN}$  jeneratördeki yakıt tüketimini,  $P_{JEN}$  jeneratördeki güç üretimini (W),  $ÖYS$  özgül yakıt sarfiyatını (g/kWh),  $t$  birim zamanı,  $M_{JEN}$  jeneratör yakıt maliyetini,  $EM_{Yakit}$  ton başına yakıt fiyatını,  $EM_{JEN}$  jeneratörlerde kWh başına üretilen enerjinin maliyetini,  $E_{JEN,ET}$  emisyon tipine göre jeneratörlerden kaynaklı emisyon miktarını,  $EF_{JEN,ET}$  ise emisyon tipine göre kWh başına jeneratörlerden salınan emisyon miktarını ifade eder.

KET sistemi ile elde edilen elektrik enerjisinin maliyeti ve ulusal şebeke kaynaklı emisyon salınım miktarı ise Denklem 5-6 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$M_{KET}(t) = P_{KET}(t) \times EM_{KET} \quad (5)$$

$$E_{KET,ET}(t) = P_{KET}(t) \times EF_{KET,ET} \quad (6)$$

Burada  $M_{KET}$  ulusal şebekeden elde edilen elektrik enerjisinin maliyetini,  $P_{KET}$  KET sisteminin güç kapasitesini (W),  $EM_{KET}$  ulusal şebekeden kWh başına alınan enerjinin maliyetini,  $E_{KET,ET}$  emisyon tipine göre ulusal şebekeden salınan emisyon miktarını,  $EF_{KET,ET}$  ise emisyon tipine göre kWh başına ulusal şebekeden salınan emisyon miktarını ifade eder.

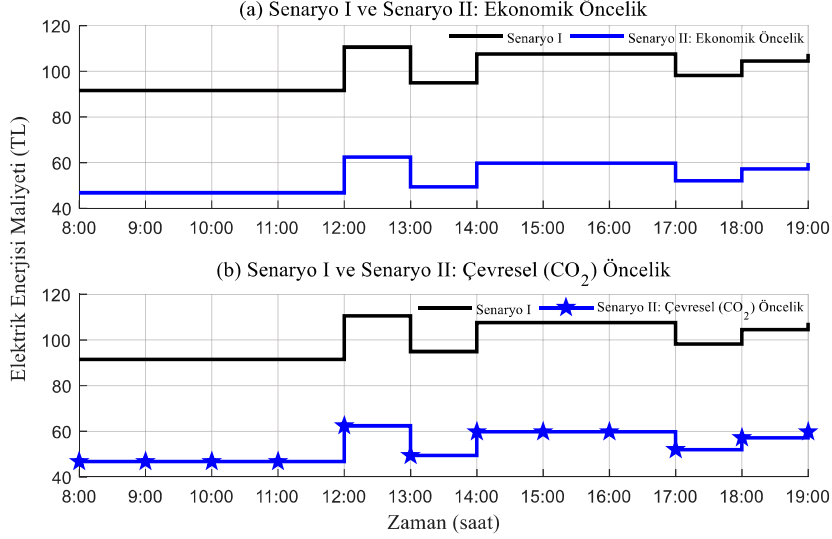
Önerilen gemi enerji yönetim modeli için ifade edilen hesaplama yöntemleri MATLAB programında geliştirilen algorithmada kullanılmış ve benzetim çalışması gerçekleştirilmiştir. Benzetim çalışmasında gemi tarafındaki verileri elde etmek için "M/V İnce Hamburg" isimli yük

gemisinde çeşitli incelemeler ve ölçümler yapılmıştır. 08:00 ile 19:00 saatleri arasında geminin limandaki güç ihtiyacı ölçülerek enerji tüketim analizleri yapılmıştır. Gemi yakıt fiyatı için 2017 yılına ait Marine Diesel Oil (MDO)'nun ortalama yakıt fiyatı dikkate alınmıştır.  $EM_{Yakit}$  değeri MDO için 2.026 TL/ton olarak hesaplanmıştır (Bunker Index, 2017). Gemi jeneratörlerinden kaynaklı emisyonları belirlemek için ENTEC firmasının 2015 yılı için gerçekleştirdiği limandaki yük gemilerinden salınan emisyon değerleri dikkate alınmıştır.  $EF_{JEN,ET}$  değerleri CO<sub>2</sub> için 690 g/kWh olarak belirlenmiştir (ENTECC, 2005). KET sistemi için ulusal şebeke enerji maliyeti ve emisyon salınım değerleri literatürden elde edilmiş olup, Türkiye Cumhuriyeti limanlarına ait veriler kullanılmıştır.  $EM_{KET}$  değeri için 2017 yılı ortalama elektrik fiyatı 0,26 TL/kWh olarak belirlenmiştir (TÜİK, 2017).  $EF_{KET,ET}$  değeri CO<sub>2</sub> için 464,43 g/kWh olarak alınmıştır (Creative IG Tools, 2015). Benzetim çalışmasında, tüm fiyatlandırmalar 1 Ocak 2018 tarihli döviz kuru üzerinden Türk Lirasına çevrilmiştir.

#### 4. BENZETİM ÇALIŞMASI

Önerilen enerji yönetim sisteminin ve algoritmasının etkisini incelemek amacı ile MATLAB programında benzetim çalışması yapılmıştır. Çalışmada, iki farklı senaryo dikkate alınmıştır. Senaryo I'de gemi ve liman tarafında herhangi bir enerji yönetim sistemi ve KET sistemi bulunmamaktadır. Gemi sadece jeneratörleri ile enerji ihtiyacını karşılamaktadır. Senaryo II'de ise gemi tarafı ve liman tarafının enerji yönetim sistemine sahip olduğu ve liman tarafının akıllı şebeke sistemi ile entegre edildiği varsayılmıştır. Senaryolarda geminin Türkiye limanlarında kalma durumu incelenmiştir. Her iki senaryo için toplam elektrik enerjisi maliyetleri ve emisyon salınım miktarları geliştirilen algoritma ile hesaplanmış ve analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar neticesinde Senaryo I ve Senaryo II için enerji maliyeti Şekil 3'teki gibi gerçekleşmiştir.





**Şekil 3:** Farklı Senaryolar için Elektrik Enerjisi Maliyeti

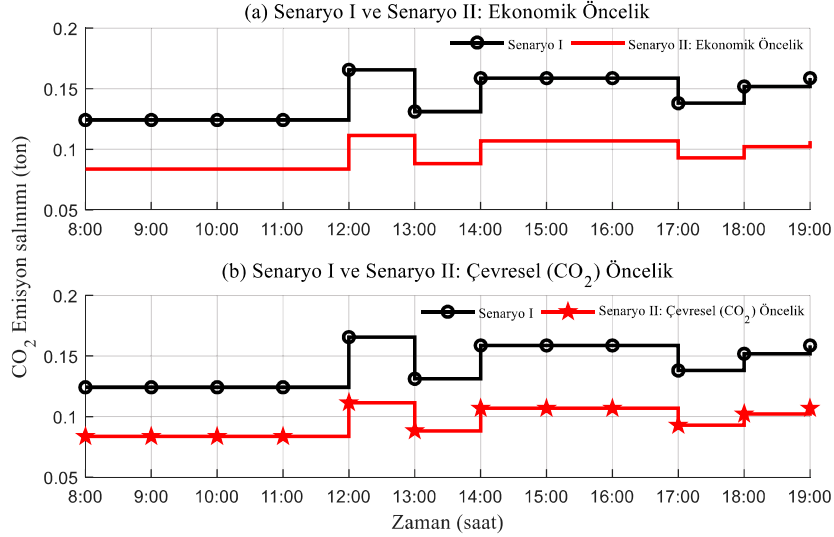
Şekil 3 (a) geminin limanda kaldığı süre boyunca Senaryo I ve Senaryo II’de ekonomik önceliğin seçilmesi durumundaki saatlik enerji maliyetlerini göstermektedir. Buna göre, Senaryo I’de gemi sadece kendi jeneratörlerini kullanmakta ve Senaryo II’de ekonomik önceliğe göre enerji maliyeti daha yüksek olmaktadır. Senaryo II’de ekonomik önceliğin seçilmesi durumunda enerji yönetim birimi KET sisteminin daha ucuz olacağını belirlemiş ve jeneratörler yerine KET sistemini devreye alarak geminin elektrik enerjisi ihtiyacını temin etmiştir.

Şekil 3 (b) ise geminin limanda kaldığı süre boyunca Senaryo I ve Senaryo II’de çevresel önceliğin seçilmesi durumunda saatlik enerji maliyetlerini göstermektedir. Buna göre, Senaryo I’de gemi sadece kendi jeneratörlerini kullanmakta ve Senaryo II’de çevresel önceliğe göre enerji maliyeti daha yüksek olmaktadır. Senaryo II’de çevresel öncelik olarak CO<sub>2</sub> salımının en az olması istenmiştir. Bu durumda enerji yönetim birimi KET sisteminin daha az CO<sub>2</sub> emisyonu yayacağını belirlemiş ve jeneratörler yerine KET sistemini devreye alarak geminin elektrik enerjisi ihtiyacını temin etmiştir.

Şekil 3’te Türkiye limanlarında gemideki ekonomik ve çevresel öncelik için KET sisteminin daha avantajlı olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, Senaryo II’de belirtilen her iki öncelik için de KET sistemi devreye girmekte ve elektrik enerjisi maliyeti eşit olmaktadır. Ayrıca,

Senaryo I'e göre enerji maliyetinde yaklaşık %46'lık bir azalma olmaktadır.

Çevresel açıdan bakıldığında ise Senaryo I ve Senaryo II için CO<sub>2</sub> emisyon salımı Şekil 4'teki gibi gerçekleşmiştir.



Şekil 4: Farklı Senaryolar için CO<sub>2</sub> Emisyonu Salımı Miktarı

Şekil 4 (a) geminin limanda kaldığı süre boyunca Senaryo I ve Senaryo II'de ekonomik önceliğin seçilmesi durumundaki saatlik CO<sub>2</sub> salımını göstermektedir. Buna göre, Senaryo I'de gemi sadece kendi jeneratörlerini kullanmakta ve Senaryo II'de ekonomik önceliğe göre CO<sub>2</sub> salımı daha yüksek olmaktadır. Senaryo II'de ekonomik önceliğin seçilmesi durumunda enerji yönetim birimi KET sisteminin daha az CO<sub>2</sub> salımı gerçekleştireceğini belirlemiş ve jeneratörler yerine KET sistemini devreye alarak geminin elektrik enerjisi ihtiyacını temin etmiştir.

Şekil 4 (b) ise geminin limanda kaldığı süre boyunca Senaryo I ve Senaryo II'de çevresel önceliğin seçilmesi durumundaki saatlik CO<sub>2</sub> salımını göstermektedir. Buna göre, Senaryo I'de gemi sadece kendi jeneratörlerini kullanmakta ve Senaryo II'de çevresel önceliğe göre CO<sub>2</sub> salımı daha yüksek olmaktadır. Senaryo II'de çevresel öncelik olarak CO<sub>2</sub> salımının en az olması istenmiştir. Bu durumda enerji yönetim birimi KET sisteminin daha az CO<sub>2</sub> salımı yayacağını belirlemiş ve jeneratörler yerine KET sistemini devreye alarak geminin elektrik enerjisi ihtiyacını temin etmiştir.

Şekil 4’te Türkiye limanlarında gemideki ekonomik ve çevresel öncelik için KET sisteminin daha avantajlı olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, Senaryo II’de belirtilen her iki öncelik için de KET sistemi devreye girmekte ve CO<sub>2</sub> salımı eşit olmaktadır. Ayrıca, Senaryo I’e göre CO<sub>2</sub> salımında yaklaşık %33’lük bir azalma olmaktadır.

Benzetim çalışmasından anlaşılacağı üzere, enerji yönetim konusu enerji verimliliği açısından önem arz etmektedir. Gelecekte gemi ve liman tarafında oluşturulacak enerji yönetim birimleri ile gemi mürettebatı hem enerjiyi daha ucuz temin edebilecek hem de daha çevreci enerji kaynaklarını kullanabilecektir. Bu sayede, özellikle hem IMO tarafından getirilen kısıtlamalar karşılanmış olacak hem de denizcilik sektöründe yeşil gemi ve yeşil liman konseptlerinin gelişimine katkı sağlanacaktır. Ayrıca, gemiler akıllı şebeke konsepti için elektrikli araçlar gibi başlıca bir konu ve önemli bir bileşen haline gelecektir.

## **5. SONUÇ**

Bu çalışmada, gemi ve liman etkileşiminin gerçek zamanlı izlenmesi ve gemi için en uygun enerji kaynağının belirlenmesine yönelik gemi enerji yönetim modeli ve bu modele uygun bir enerji yönetim algoritması önerilmiştir. Bu kapsamda iki farklı senaryo için benzetim çalışması yapılmıştır. Senaryo I’de geminin geleneksel elektrik sistemine sahip olduğu kabul edilmiştir. Senaryo II’de ise gelecekte uygulanması muhtemel olan, gemi ve liman tarafının enerji yönetim sistemine sahip olduğu ve akıllı şebeke sistemine entegre edildiği varsayılmıştır. Sonuç olarak, Senaryo II’nin Senaryo I’e göre enerji maliyetinde yaklaşık %46’lık bir tasarruf sağlayacağı, CO<sub>2</sub> salımında ise yaklaşık %33’lük bir azalma olacağı analiz edilmiştir.

Önerilen enerji yönetim modeli ile gemiler bulunduğu limanın kısıtlarına göre en uygun veya en çevreci enerji kaynağını seçebilecek ve elektrik enerjisi ihtiyacını temin edebilecektir. Bu model ile ayrıca gemiler ulusal şebeke ile etkileşime girecek ve elektrik sektöründeki güncel konulardan biri haline gelen akıllı şebeke sistemine katkı sağlanacaktır.

## **TEŞEKKÜR**

Katkı ve desteklerinden dolayı İnce Denizcilik AŞ’ye, M/V İnce Hamburg mürettebatına ve DPA & Teknik Müdür Sn. Ahmet Yaşar CANCA’ya teşekkürlerimizi sunarız.

## **KAYNAKLAR**

Ballini, F. ve Bozzo, R. (2015). Air pollution from ships in ports: the socio-economic benefit of cold-ironing technology. *Research in Transportation Business & Management*, 17, 92-98.

ENTEC UK Limited. (2005). European Commission Directorate General Environment, Service Contract on Ship Emissions: assignment, abatement and market-based instruments, Task 1: Preliminary Assignment of Ship Emissions to European Countries, Final Report.

EU Directive. (2012). Directive 2012/33/EU of the European Parliament and of the Council, Amending Council Directive 1999/32/EC as regards the sulphur content of marine fuels, 21 November 2012.

Kotrikla, A.M., Lilas, T. ve Nikitakos, N. (2017). Abatement of air pollution at an Aegean Island Port utilizing shore side electricity and renewable energy. *Marine Policy*, 75, 238-248.

MARPOL. (2011). *The International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, Consolidated Edition*. London: IMO press.

Paul, D., Peterson, K. ve Chavdarian, P.R. (2014). Designing cold ironing power systems: electrical safety during ship berthing. *IEEE Industry Applications Magazine*, 20(3), 24-32.

Samosir, D.H., Markert, M. ve Busse, W. (2017). The technical and business analysis of using shore power connection in the port of Hamburg. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), G-350-355.

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*, 2013.

Yiğit, K. ve Acarkan, B. (2018). Exergetic, Energetic and Environmental Dimensions, in I. Dincer, C.O. Colpan, O. Kizilkan (Eds.), *The Importance of Ships in the Next-Generation Electric Power Systems*, pp. 167-178. London: Academic Press.

**İnternet Kaynakları:**

Bunker Index. (2017). *Gemi Yakıtı Fiyatı Ortalama Değerleri*.  
<http://www.bunkerindex.com/prices/indices.php>, Erişim Tarihi:  
15.07.2018.

Creative IG Tools. (2015). *CO<sub>2</sub> Emission Conversion Factors Used on the Creative IG Tools for the Purposes of Calculating an Organisation's Carbon Footprint*. [https://ig-tools.com/files/International\\_elec\\_2015.pdf](https://ig-tools.com/files/International_elec_2015.pdf),  
Erişim Tarihi: 15.07.2018.

DOE - Department of Energy. (2018). *What is the Smart Grid?*  
[https://www.smartgrid.gov/the\\_smart\\_grid/smart\\_grid.html](https://www.smartgrid.gov/the_smart_grid/smart_grid.html), Erişim  
Tarihi: 15.07.2018.

IMO - International Maritime Organization. (2018). *Introduction to IMO*.  
<http://www.imo.org/en/About/Pages/Default.aspx>, Erişim Tarihi:  
15.07.2018.

TÜİK - Türkiye İstatistik Kurumu. (2017). *Türkiye Elektrik Fiyatları*.  
<http://www.turkstat.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=24637>, Erişim  
Tarihi: 15.07.2018.

WPCI - World Ports Climate Initiative. (2018). *Onshore Power Supply*.  
<http://www.onshorepowersupply.org/>, Erişim Tarihi: 15.07.2018.