



Bir Dökme Yük Gemisi Kreyn Operasyonunun Maliyet Etkinliği ve Emisyon Analizi

Veysi BAŞHAN, Mehmet ÇAKIR, Halil İbrahim SÖNMEZ

Yıldız Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi, Türkiye

vbashan@yildiz.edu.tr; ORCID ID: orcid.org/0000-0002-1070-1754

mecakir@yildiz.edu.tr; ORCID ID: orcid.org/0000-0001-5939-951X

hisonmez@yildiz.edu.tr; ORCID ID: orcid.org/0000-0002-0196-8334

Öz

Bu çalışmada M/V İnce İnebolu gemisine ait kreynlerin ekonomik analizleri yapılmıştır. Analizler ECA (Emisyon Kontrol Bölgeleri) göz önüne alınarak farklı yakıtlar için tekrarlanmıştır. Yakıt fiyatlarının artabileceği ihtimaline karşın değişken yakıt fiyatları da hesaba katılmıştır. Bu analizler sonucunda kreyn çalıştırılmasının dizel jeneratörden çektiği güç hesaplanarak, harcanan yakıt miktarı tespit edilmiştir. Buna ek olarak, kreyn için harcanan bu yakıtın ne kadar NO_x , SO_2 , CO_2 , PM ve HC emisyonu oluşturduğu hesaplanmıştır. %25 jeneratör yükünde kreyn çalıştırılması sebebiyle, 1 yılda, çalışmanın yapıldığı gemiyle benzer özellikte 10 gemisi olan bir şirket atmosfere yaklaşık 30-35 ton SO_2 , 38-42 ton NO_x , 1980-2090 ton CO_2 , 2.8-3 ton PM ve 4.2-4.5 ton HC emisyonları salmaktadır. Çalışma sonucunda, dizel jeneratörün %25 yükte iken kreynin çalıştırılmasıyla IFO 380 ve IFO 180 yakıtlarında 60.000-70.000 \$ arasında, MGO için 100.000-110.000 \$ arasında yıllık çalışma maliyeti olduğu görülmüştür. Sonuç olarak bu çalışmada gemi yüklerinin kreynle yükleme-tahliye operasyonlarının ekonomik analizi yapılarak kreynlerin kullanım maliyeti hesaplanmış ve loader kullanılmasıyla karşılaştırma yapılabilmeye imkân sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dökme Yük Gemisi, Emisyon, Kreyn, Maliyet Analizi.

Cost Efficiency and Emission Analysis of a Bulk Carrier Cranes Operation

Abstract

This study carries out economic analyzes of the cranes belonging to the M/V İnce İnebolu. Analyzes were repeated for variable fuels considering ECA (Emission Control Areas), and variable fuel prices were included into analyzes given the fluctuating fuel prices. As a result of these analyzes, the amount of fuel consumed has been determined by calculating the power of the diesel generator from the operation of the crane. In addition, this study calculated how much NO_x , SO_2 , CO_2 , PM and HC emissions this fuel generates. Since a crane is operated at 25% of the generator load, in a year, a company, with 10 ships with similar characteristics to the vessel where the work was done, has released about 30-35 tons of SO_2 , 38-42 tons of NO_x , 1980-2090 tons of CO_2 , 2.8-3 tons of PM and 4.2-4.5 tons of HC emissions to the atmosphere. The results demonstrate that running the crane with the diesel generator at 25% load causes between 60.000USD - 70.000USD annual operating cost for IFO 380 and IFO 180 fuels, and between 100.000USD -110.000USD annual operating cost for MGO. As a result, this study calculates the cost of crane usage through the economic analysis of cargo

To cite this article: Başhan, V., Çakır, M. ve Sönmez, H. İ. (2018). Bir dökme yük gemisi kreyn operasyonunun maliyet etkinliği ve emisyon analizi. *Journal of ETA Maritime Science*, 6(1), 27-36.

To link to this article: <https://dx.doi.org/10.5505/jems.2018.73645>

loading and unloading operations of the ship by cranes, and thereby, enables a comparison with loader usage.

Keywords: Bulk Carrier Ship, Emission, Crane, Cost Analysis.

1. Giriş

Kuru yük gemileriyle kömür, çimento, demir cevheri, alçı taşı, kireç taşı, uçucu kül, çakıl ve tahıl ürünleri gibi daha pek çok kuru dökme ürün taşınmaktadır. Gemiden kıyıya veya kıyından gemiye, güvenilir ve çevre dostu dökme yük transferi için kuru yük gemileri genellikle kendi kreyinlerini kullanırlar. Geminin daha çok yük taşıyabilmesi için bu kreyinlerin kompakt tasarım ile gemi üzerinde az yer kaplaması gerekir. Tüm bunların yanında, kreyinlerde yüksek performans, emniyetli çok yük taşıyabilme kapasitesi, düşük bakım onarım masrafı, uzun servis ömrü, hafiflik ve düşük yakıt tüketimi gibi özellikler istenmektedir. Gemilerin seyir esnasında ya da limanda bulunduğu sırada bazı operasyonel faaliyetleri gerçekleştirebilmesi için elektrik enerjisine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyaç gemi yardımcı makinelerinden olan dizel motorlardan sağlanmakta ve çalıştırılması sonucunda önemli miktarda zararlı egzoz gazı emisyonlarının oluşmasına neden olmaktadır. 1978 protokolü ile yenilenen MARPOL 73/78 (Gemilerden Kaynaklanan Kirliliğin Önlenmesi Uluslararası Sözleşmesi) EK VI kural 22 gereğince gemilerde enerji tüketen makinelerin verimliliğini arttırmak hedeflenmektedir[1]. Yakıt tüketiminin az olması, SO_x, NO_x, CO₂, CH₄ ve PM gibi deniz taşımacılığındaki gemi kaynaklı emisyonların azalmasını sağlamaktadır. Gemi ana makinesi veya gemi yardımcı makinelerindeki enerji verimliliğiyle elde edilen yakıt tasarrufu doğrudan emisyon salınımını azaltmakla birlikte ekonomik kazanç da sağlamaktadır. Literatürde gemi kaynaklı emisyonlar ve bu emisyonların azaltılmasına yönelik birçok çalışma bulunmaktadır[2-6]. Geng vd. tarafından yapılan deneysel çalışmada %50-90 motor

devirlerinde ve %25-100 tork değerlerinde ultra düşük sülfürlü yakıtın motor emisyonları üzerindeki etkileri incelenmiş ve NO_x emisyonlarının makine hızı ve yükünün artmasından kaynaklı yüksek sıcaklıklar sebebiyle arttığı, aynı şekilde CO₂ emisyonlarının da 70.000 ppm'e yaklaştığı ifade edilmiştir [7]. Agnolucci vd. Panamax türü kuru yük gemileri için enerji verimliliği ve emisyon azaltma uygulamaları için teşvikler olduğunu, bu nedenle gemi sahiplerinin daha verimli gemilere yatırım yapması gerektiğini vurgulamışlardır. 2007 yılındaki toplam CO₂ emisyonlarının %5'ini bu tür gemilerin oluşturduğunu belirtmişlerdir [8]. Seddiek ve Elgohary yaptıkları çalışmada gemi kaynaklı emisyonların azaltılabilmesi için farklı yakıt kullanılması, enerji verimliliği ile yakıt tasarrufu sağlanması ve seçici katalitik indirgenme yöntemlerinin mümkün olduğunu belirtmişlerdir [9]. Deniz vd. İzmir iline yakın olan Çandarlı körfezine ait 7520 gemi için yaptıkları çalışmada yıllık nakliye kaynaklı emisyonları NO_x için 631.2 ton/yıl, SO₂ için 333.6 ton/yıl, CO₂ için 33848.9 ton/yıl, HC için 32.3 ton/yıl ve PM için 57.4 ton/yıl olarak tahmin etmişlerdir [10]. Benzer şekilde Deniz ve Kılıç İstanbul ili Ambarlı limanına ait emisyon salınım miktarlarını belirlemişlerdir[11]. Talay vd. [12] yaptıkları çalışmayla gemilerde CO₂ emisyonlarının azaltılmasına yönelik uygulanabilecek enerji verimliliği yöntemlerine yer vermişlerdir. Genel olarak gemi kaynaklı emisyonların azaltılabilmesi için araştırmacılar biyodizel yakıt kullanılması [13-16] ve gemi enerji verimliliğinin artırılması [17-20] yöntemleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Başhan ve Parlak [21] gemi yardımcı makinelerinden biri olan soğutma sistemleriyle ilgili enerji verimliliğinin

ekonomik analizini gerçekleştirerek, değişken devirli kompresör kullanılması durumunda elde edilecek tasarruf miktarlarını hesaplamışlardır. Kreyn kullanarak yükleme veya tahliye operasyonlarında geminin stabilitesinin tekrar sağlanabilmesi için balast suyu boşaltılmakta veya alınmaktadır. Balast pompaları da yüksek güç tüketen gemi yardımcı makineleri arasındadır. Başhan vd. [22] bir kuru yük gemisine ait balast pompasının ekonomik ve ekolojik analizini gerçekleştirmiştir. Denizcilik şirketleri genellikle ekonomik nedenlerle yükleme-tahliye operasyonlarında geminin kendi üzerindeki kreynleri kullanmaktadırlar. Kuru yük gemileri, çoğu limanda harici yükleyici bantların (loader) olmaması sebebiyle bunları kullanamamakta veya pahalı olduğu düşüncesi ile tercih etmemektedir. Gemilerde günlük raporlarda (noonreport) ana makine ve yardımcı dizelin günlük toplam yakıt tüketim miktarları bilinmektedir. Fakat yardımcı dizelin beslediği kreyn, balast pompası ve devredeki diğer ekipmanların her birinin enerji tüketim dağılımları bilinmemektedir. Bu durum, yardımcı makinelerin her birinin ne kadar yakıt tükettiğini ve emisyon salınımına ne kadar etki ettiğini belirlemeyi zorlaştırmaktadır.

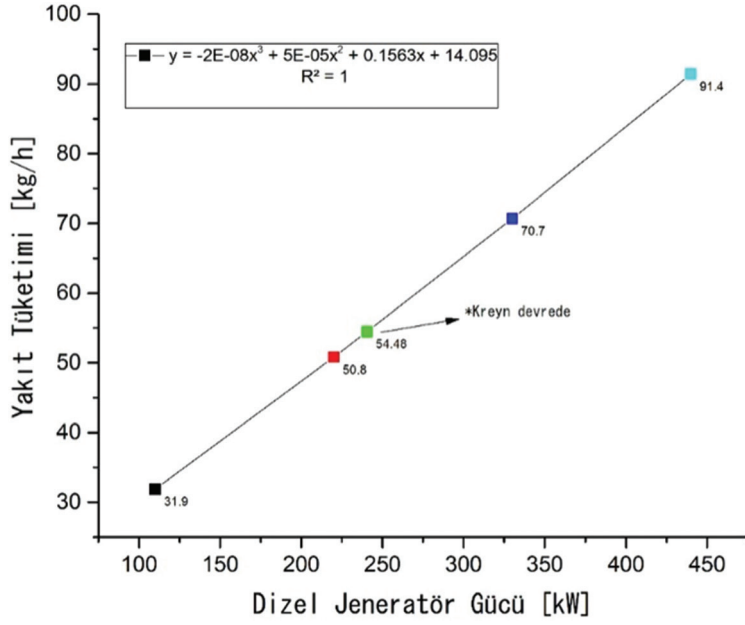
Bu çalışmada, yüksek güç tüketen yardımcı makinelerin başında gelen kreynlerin yakıt tüketim miktarları belirlenerek, kreyn kullanımının bant yükleyicilere göre avantajlı olup olmadığı araştırılmıştır. Aynı zamanda kreyn kullanımından kaynaklı salınan emisyon miktarları hesaplanmıştır.

2. Kreyn Yakıt Tüketiminin Belirlenmesi

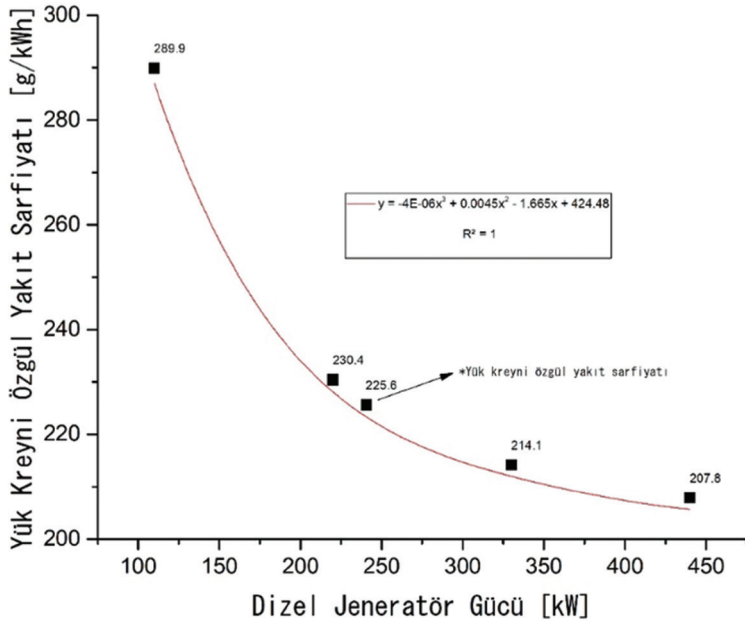
Gemide kreynlerin enerji ihtiyacı diğer tüm yardımcı makineler gibi jeneratörlerden sağlanmaktadır. Jeneratörleri tahrik eden dizel motorlarının yüke bağlı yakıt tüketiminin hesabında %25 %50 %75 ve %100 yükler için yakıt

tüketimi verilerinin yer aldığı fabrika test değerlerinden faydalanılmıştır. Ara değerlerdeki yüklerde yakıt tüketiminin hesaplanması için OriginPro'da Eğilim/ Regresyon türü 3. dereceden polinom seçilerek $R^2=1$ tam uyumlu denklem uydurulmuştur. M/V İnce İnebolu gemisine ait, makine modeli 5DK-20 x 440 kW olan Daihatsu marka bir jeneratöre ait yakıt sarfiyat değerleri kullanılmıştır. 110 kW için yakıt tüketimi 31.9 kg/h, 220 kW için 50.8 kg/h, 330 kW için 70.7 kg/h, 440 kW için ise 91.4 kg/h 'dir. Aşağıda ara değerlerdeki yakıt tüketimini hesaplayabilmek için jeneratör dizelin yüke bağlı yakıt sarfiyatlarından regresyon analizi ile bulunan denklem ve bu denkleme göre çizilen grafik bulunmaktadır (Şekil 1). Şekil 1 üzerinde 54.48 (kg/h) olarak gösterilen yer, jeneratörün %25 yükte çalışırken kreynin devreye girmesi ile oluşan yeni jeneratör yüküne karşılık kg/h cinsinden yakıt tüketimini göstermektedir. Aynı şekilde g/kWh cinsinden yakıt tüketimi de Şekil 2'de gösterilen grafik ve fonksiyonla bulunmuştur. Tablo 2'de M/V İnce İnebolu gemisine ait ambar kapasiteleri verilmiştir.

Ambar yükleme-boşaltma işlemleri yapılırken geminin emniyetli seyrinin sağlanabilmesi için genellikle 1. ve 5. ambarlardan yükleme-tahliyeye başlanmakta ve 3. ambara daha az yük alınmaktadır. Geminin stabilitesini sağlamak için gerekli olan bu durum Tablo 1'de gösterilen 3. ambarın yükleme kapasitesinin neden az olduğunu açıklamaktadır. Geminin denizde emniyetli seyri açısından yükleme ve tahliye operasyonlarında stabilitenin sağlanması gerekmektedir. Her ambarın KG'si (Ağırlık merkezinin omurgadan yüksekliği) ile MG'si (Ağırlık merkezi ile mastori arası uzaklık) farklı konumlarından ötürü değişiklik göstermektedir. Yükleme ve tahliye operasyonlarında Tablo 2'de ki bu değerlere dikkat edilmesi gerekmektedir.



Şekil 1. Dizele Jeneratörün %25 ve %25 Yükte Çalışırken Kreynin Devreye Alınması, %50, %75 ve %100 Yük Durumlarında Yakıt Sarfıyatı



Şekil 2. Yük Kreyne Özgül Yakıt Sarfıyatı (DG @110 kW)

Tablo 1. Daihatsu 5dk-20Jeneratör Yakıt Sarfiyatı Fabrika Test Değerleri

Jeneratör Gücü (kW)	Yakıt Sarfiyatı (kg/h)	Özgül Yakıt Sarfiyatı (g/kWh)
110	31.9	289.9
220	50.8	230.4
330	70.7	214.1
440	91.4	207.8

Tablo 2. Gemi Ambar Kapasiteleri

Ambar	Posta No	Kapasite		Ağırlık Merkezi	
		(m ³)	mt	MG (m)	KG (m)
1. Ambar	174-208	12663.8	10819	-68.32	10.64
2. Ambar	137-174	14635.8	12503	-39.40	9.80
3. Ambar	103-137	13471.1	3187	-9.16	9.75
4. Ambar	66-103	14532.1	12415	21.04	9.74
5. Ambar	32-66	12453.5	10639	50.56	10.19
Toplam	-	67756.3	49563	-	-

2.1. Kreyn Çalıştırma Maliyetinin Hesaplanması

Kreyn çalıştırma maliyeti (C) hesaplanırken, bir yük gemisi için n=1 ve ayda 1 sefer kreynle yükleme-tahliye yaptığı düşünüldüğünde yıllık b=24 alınmıştır. Yakıt ortalama fiyatları ise Busan, Hong-Kong, İstanbul, New York, Panama, Singapur, Tokyo, St. Petersburg gibi dünyanın çeşitli yerlerinden 20 farklı şehirdeki fiyatların ortalaması alınarak belirlenmiştir [23]. Bu ortalamalara göre yakıt fiyatları 1 Eylül 2017 tarihinde IFO380 için 0.3445 \$/kg, IFO180 için 0.362 \$/kg ve MGO için 0.567 \$/kg olarak kabul edilmiştir. Kreyn çalıştırma maliyeti için aşağıdaki matematiksel model kurulmuştur.

Yük ambarları toplam : M (m³)
kapasitesi

Kreyn grab yük taşıma : \dot{M} (m³/h)
kapasitesi

Filodaki gemi sayısı : n

Kreyn motoru yakıt : m (kg/h)
tüketimi

Kreyn yük yükleme-tahliye : b
sayısı

Yakıt ortalama fiyatı : D (\$/kg)

Kreyn motoru yakıt : m
tüketimi

$$(P_{G+K} - P_G) [(-2 \times 10^{-8}) ((P_{G+K})^2 + (P_{G+K} \times P_G) + (P_G)^2) + (5 \times 10^{-5})(P_{G+K} + P_G) + 0.1563] \quad (1)$$

Kreynin çalıştırma maliyetinin hesaplanması (C)

$$C = \frac{M}{\dot{M}} \times n \times m \times b \times D \quad (2)$$

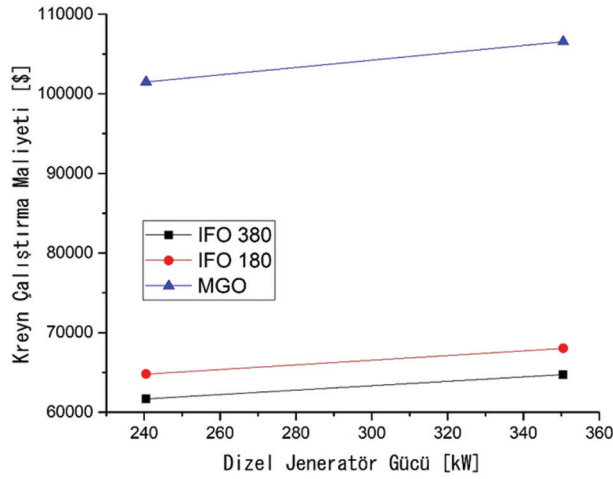
Denklem (1) Bölüm 2'de anlatıldığı gibi, mühendislerin ve bilim insanlarının, veri analizi, grafik çizimi, regresyon analizi gibi ihtiyaçlarının sağlandığı OriginPro programı yardımıyla elde edilmiştir. Jeneratörün %25, %50, %75 ve %100 yüklerdeki yakıt tüketiminin regresyon analiziyle ara değerler elde edilmiş olup doğrudan kreyn motorunun yakıt tüketiminin hesaplanabilmesi için, kreyn devrede iken ve jeneratör %25 yükte çalışırken ki yakıt tüketimlerinin farkı alınmıştır. Bu nedenle sabit ortadan kalkmıştır. Denklem derecesi, belirleme katsayısı olan R²'nin hassasiyeti bozulmadan gruplandırılarak bir derece azaltılmıştır. Denklem 2'de ise kreyn çalıştırma maliyeti; kreynin çalışma saati, yakıt tüketimi, yük yükleme-tahliye sayısı, yakıt ortalama fiyatı ve gemi sayısı çarpılarak elde edilmiştir.

Kreyn yük taşıma süresi belirlenirken IHI marka H300190-260B tipinde 125 kW elektrik motoru, 5.5 kW yağ soğutucu fan motoru gücüne sahip kreynin çekme (hoisting), indirme (lowering), eksen etrafında dönmesi (slewing) ve orsalaması (luffing) süreleri göz önüne alınarak ortalama bir değer olan 8 dk/

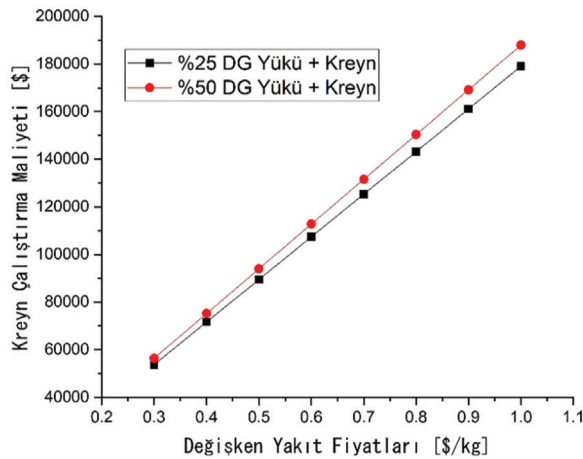
tur alınmıştır. Kreyn operatörüne, gemi stabilitesinin sağlanması için balast alma-boşaltma hızına göre bu süre değişkenlik gösterebilmektedir. Grabin emniyetli yük kaldırma miktarı 20 ton olarak kreyn üreticisinin teknik bilgi formundan alınmıştır.

Şekil 3'te dizel jeneratör %25 (110 kW) ve %50 (220 kW) yükte çalışırken kreynin (130.5 kW) devreye alınması durumunda değişik yakıtlar için çalıştırma maliyetleri hesaplanmıştır. Geminin

ECA'da [24] çalışabileceği ihtimali göz önüne alınarak MGO (Marine Gas Oil) yakıtı hesaplamalara dâhil edilmiştir. Bu maliyetlerin yanı sıra, bakım onarım, yedek parça, sarf malzeme v.s. masrafları da bulunmaktadır. Bu ek maliyetler hesaplamalara dâhil edilmemiştir. IFO380, IFO180 ve MGO yakıtları göz önüne alındığında kreynler ile yükün yüklenmesi veya tahliyesinin çalıştırma maliyetleri Şekil 3'te görülmektedir. Bant yükleyici kullanım fiyatı, IFO yakıt kullanılabilen



Şekil 3. Değişik Yakıtlarla Kreyn Çalıştırma Maliyeti



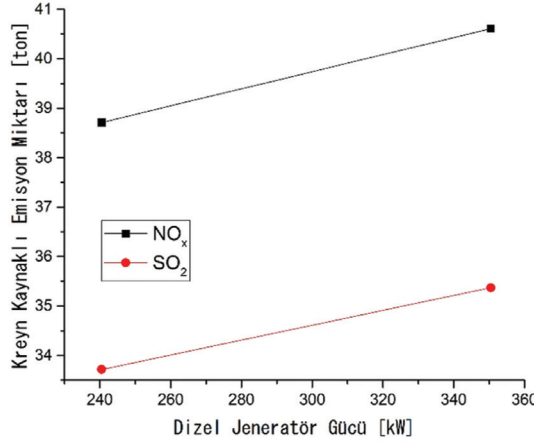
Şekil 4. Değişken Yakıt Fiyatlarına Göre Kreyn Çalıştırma Maliyeti

durumlarda 61.666 \$'dan, MGO kullanılmak zorunda olunan durumlarda 101.494 \$'dan daha düşükse ekonomik açıdan bant yükleyicilerin kullanımı daha avantajlı olacaktır.

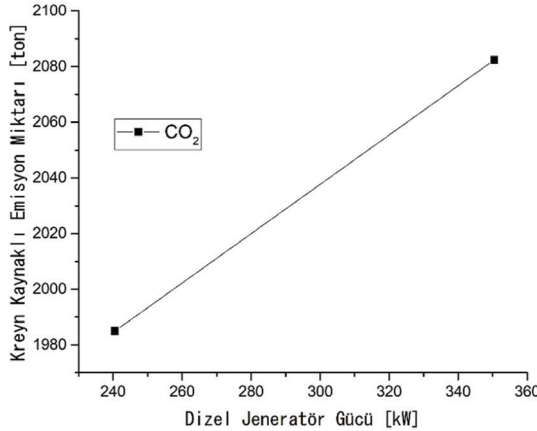
Şekil 4'te yakıt fiyatlarının zamanla değişkenlik gösterebileceği ihtimaline karşı değişik yakıt fiyatlarına göre kreyn çalıştırma maliyetleri, dizel jeneratör %25 (110 kW) ve %50 (220 kW) yükte çalışırken hesaplanmıştır. %50 jeneratör yükü ve kreyn çalıştırılması 2 kreynin %25 jeneratör yükünde çalıştırılması durumuna çok yakın olması sebebiyle jeneratörlerin paralel durumdaki yeni yakıt tüketimlerinin hesaplanmasına gerek duyulmamıştır. Şekil

4'te gösterilen değerler 1 yılda 24 kez (ayda bir yükleme-tahliye) yapıldığı kabul edilerek hesaplanmıştır.

Şekil 5'te dizel jeneratör %25 (110 kW) ve %50 (220 kW) yükte çalışırken kreynin (130.5 kW) devreye alınması durumunda kreyn'den kaynaklanan NO_x ve SO_2 , CO_2 , HC ve PM miktarları Entec'den alınan kuru yük gemilerinin limandaki operasyon durumlarına ait emisyon faktörü(EF) değerleri kullanılmıştır [25]. Bu emisyon faktörleri NO_x için 62 kg/tonyakıt, SO_2 için 54 kg/tonyakıt, CO_2 için 3179 kg/ton yakıt, HC için 4.5 kg/tonyakıt ve PM için de 6.8 kg/tonyakıt olarak alınmıştır. Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7'de kreyn kaynaklı emisyon



Şekil 5. Dizel Jeneratör %25 ve %50 Yüklerde Salınan NO_x ve SO_2 Miktarları



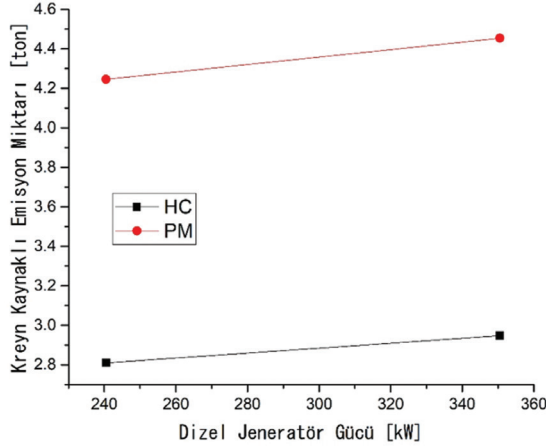
Şekil 6. Dizel Jeneratör %25 ve %50 Yüklerde Salınan CO_2 Miktarı

miktarları hesaplanırken kreynin %25 ve %50 yükteki yakıt tüketimi bulunarak kreynin çalışma saati ve emisyon faktörü değerleri ile çarpılmış ve ton'a çevrilmiştir (Denklem 3).

$$\frac{M}{M} \times m \times EF \quad (3)$$

Ortalama bir denizcilik şirketinin suster veya benzer 10 gemisinin olduğu varsayılırsa, yüksek güç çeken kreynlerin %25 jeneratör yükünde 1 yılda yaklaşık 30-35 ton arası SO₂ ve yaklaşık 38-39 ton NO_x salınımına sebep olduğu görülmüştür.

ana makinesinin ve dizel jeneratörünün günlük toplam yakıt tüketimi hakkında bilgi sahibidirler. Dizel jeneratörün beslediği herhangi başka bir yardımcı makinenin toplam yakıt tüketimine etkisi çoğu zaman bilinmemektedir. Bu durum hangi makinelerin ne kadar enerji tükettiği ve hangi makinelerde enerji verimliliğinin gözetilmesi gerektiğini zorlaştırmaktadır. Bu çalışmada M/V İnce İnebolu gemisine ait veriler kullanılarak kreyn kullanımının değişik yakıtlara ve değişken yakıt fiyatlarına göre maliyet analizi yapılmış olup bu durumlarda kreynin emisyon salınımına



Şekil 7. Dizel Jeneratör %25 ve %50 Yüklerde Salınan HC ve PM Miktarları

Şekil 6 ve Şekil 7 incelendiğinde, filonun (10 gemi) 1 yılda %25 ve %50 jeneratör yükleri arasında kreyn kullanarak yükleme/ tahliye yapması durumunda yaklaşık 1980-2090 ton CO₂, 2.8-3 ton PM ve 4.2-4.5 ton HC emisyon salınımına neden olduğu görülmektedir.

Şekil 5, 6 ve 7 incelendiğinde, kreyn kullanımından kaynaklanan emisyon miktarları görülmektedir. Bant yükleyici kullanımının ekonomik olarak uygun olduğu durumlarda, elektrik enerjisiyle çalışmalarından dolayı kreyn operasyonu kaynaklı emisyonlar salınmamış olacaktır.

3. Sonuç ve Değerlendirme

Gemi işletmecileri genellikle geminin

etkisinin ne miktarda olduğu gösterilmiştir. Çalışma sonucunda, dizel jeneratörün %25 yükte iken kreynle yükleme veya tahliye yapılmasının IFO 380 ve IFO 180 yakıtlarında 1 gemi için yaklaşık 60.000-70.000 \$ arasında, MGO için 100.000-110.000 \$ arasında yıllık çalıştırma maliyeti oluşturduğu görülmüştür. %25 jeneratör yükünde kreyn çalıştırılması sebebiyle 1 yılda çalışmanın yapıldığı gemiyle benzer özellikte 10 gemisi olan bir şirket atmosfere yaklaşık 30-35 ton SO₂, 38-42 ton NO_x, 1980-2090 ton CO₂, 2.8-3 ton PM ve 4.2-4.5 ton HC emisyonları salmaktadır. Sonuçlar incelendiğinde hem ekonomik hem de ekolojik nedenlerden ötürü yüksek güç tüketen gemi yardımcı makinelerinin

kullanılmasının optimize edilmesi gerektiği görülmektedir.

Kısaltmalar

DG	Dizel jeneratör
EF	Emisyon Faktörü
HC	Hidrokarbon
IFO	Intermediate fuel oil
IMO	Uluslararası denizcilik örgütü
KG	Gemi ağırlık merkezi
MARPOL	Gemilerden kaynaklanan kirliliğin önlenmesi uluslararası sözleşmesi
MG	Mastoriden uzaklık
MGO	Marine gas oil
PM	Partiküler madde

Semboller

M	Kreyn grab yük taşıma kapasitesi (m^3/h)
b	Kreyn yük yükleme-tahliye sayısı
D	Yakıt ortalama fiyatı ($\$/kg$)
G	Kreyn çalışmıyorken dizel jeneratör
G+K	Kreyn çalışırken dizel jeneratör
M	Yük ambarlarının toplam kapasitesi (m^3)
m	Kreyn motoru yakıt tüketimi (kg/h)
n	Filodaki gemi sayısı
P	Güç (kW)

Teşekkür

İnce Denizcilik A.Ş. ve DPA & Teknik Müdür, Sayın Ahmet Yaşar CANCA'ya ve Makine Enspektörü Sayın Fatih ŞEKERCİ'ye analiz için gerekli verilerin temininde gösterdikleri destek ve katkılar için teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- [1] International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL) [http://www.imo.org/en/about/conventions/listofconventions/pages/international-convention-for-the-prevention-of-pollution-from-ships-\(marpol\).aspx](http://www.imo.org/en/about/conventions/listofconventions/pages/international-convention-for-the-prevention-of-pollution-from-ships-(marpol).aspx) (Erişim Tarihi: 5 Ağustos 2017).
- [2] Başhan V. and Parlak A. (2015). Effects of Using Variable Speed Compressors in HVAC Systems on Emissions from Marine Auxiliary Diesel Engines, İstanbul: International Conference on Energy Systems (ICES'15) p. 1037-41.
- [3] Sun X, Liang X, Shu G, Lin J, Wang Y, Wang Y. (2017). Numerical investigation of two-stroke marine diesel engine emissions using exhaust gas recirculation at different injection time. Ocean Engineering 144:90-7.
- [4] Puškár M, Kopas M, Puškár D, Lumnitzer J. (2017). Method for reduction of the NO X emissions in marine auxiliary diesel engine using the fuel mixtures containing biodiesel using HCCI combustion. Marine Pollution Bulletin.
- [5] Kılıç A. (2009). Marmara Denizi'nde Gemilerden Kaynaklanan Egzoz Emisyonları. BAÜ FBE Dergisi; 11:124-34.
- [6] Kökkülünk G, Gonca G, Ayhan V, Cesur İ, Parlak A. (2013). Theoretical and experimental investigation of diesel engine with steam injection system on performance and emission parameters. Applied Thermal Engineering 54:161-70.
- [7] Geng P, Tan Q, Zhang C, Wei L, He X, Cao E, et al. (2016). Experimental investigation on NOx and greenhouse gas emissions from a marine auxiliary diesel engine using ultra low sulfur light fuel. Science of The Total Environment 572:467-75.
- [8] Agnolucci P, Smith T, Rehmatulla N. (2014). Energy efficiency and time charter rates: Energy efficiency savings recovered by shipowners in the Panamax

- market. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 66:173–84.
- [9] Seddiq IS, Elgohary MM. (2014). Eco-friendly selection of ship emissions reduction strategies with emphasis on SO_x and NO_x emissions. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering* 6:737–48.
- [10] Deniz C, Kilic A, Civkaroglu G. (2010). Estimation of shipping emissions in Candarli Gulf, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment* 171:219–28.
- [11] Deniz C. and Kilic A. (2009). Estimation and assessment of shipping emissions in the region of Ambarlı Port, Turkey. *Environmental Progress & Sustainable Energy* 107-115.
- [12] Talay AA, Deniz C, Durmuşoğlu Y. (2014). Analysis of Effects of Methods Applied to Increase the Efficiency on Ships for Reducing CO₂ Emissions. *Journal of ETA Maritime Science* 2:61–74.
- [13] Liu H, Ma X, Li B, Chen L, Wang Z, Wang J. (2017). Combustion and emission characteristics of a direct injection diesel engine fueled with biodiesel and PODE/biodiesel fuel blends. *Fuel* 209:62–8.
- [14] Zheng Z, Wang X, Zhong X, Hu B, Liu H, Yao M. (2016). Experimental study on the combustion and emissions fueling biodiesel/n-butanol, biodiesel/ethanol and biodiesel/2,5-dimethylfuran on a diesel engine. *Energy* 115:539–49.
- [15] Cárdenas MD, Armas O, Mata C, Soto F. (2016). Performance and pollutant emissions from transient operation of a common rail diesel engine fueled with different biodiesel fuels. *Fuel* 185:743–62.
- [16] Parlak A, Ayhan V, Cesur İ, Kökkülünk G. (2013). Investigation of the effects of steam injection on performance and emissions of a diesel engine fuelled with tobacco seed oil methyl ester. *Fuel Processing Technology* 116:101–9.
- [17] Poulsen RT. and Sornn-Friese H. (2015). Achieving energy efficient ship operations under third party management: How do ship management models influence energy efficiency? *Research in Transportation Business & Management* 17:41–52.
- [18] Perera LP. and Mo B. (2016). Emission control based energy efficiency measures in ship operations. *Applied Ocean Research* 60:29–46.
- [19] Ekanem Attah E. and Bucknall R. (2015). An analysis of the energy efficiency of LNG ships powering options using the EEDI. *Ocean Engineering* 110:62–74.
- [20] Ančić I. and Šestan A. (2015). Influence of the required EEDI reduction factor on the CO₂ emission from bulk carriers. *Energy Policy* 84:107–16.
- [21] Başhan V. and Parlak A. (2015) Değişken Deniz Suyu Sıcaklıklarında Çalışan Bir Gemi Soğutma Sisteminin Ekonomik Analizi. *Journal of ETA Maritime Science* 3:67–74.
- [22] Başhan V, Sönmez Hİ, Gonca G. (2016). Bir Yük Gemisinin Balast Operasyonunun Ekonomik ve Ekolojik Analizi, İstanbul: 1st International Congress on Ship and Marine Technology (SHIPMAR). 659-670
- [23] Global 20 Ports Average Bunker Prices. Ship & Bunker: <https://shipandbunker.com/prices/av/global/av-g20-global-20-ports-average> (Erişim Tarihi: 1 Eylül 2017).
- [24] Emission Control Areas (ECAs) designated under regulation 13 of MARPOL Annex VI (NO_x emission control) [http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Emission-Control-Areas-\(ECAs\)-designated-under-regulation-13-of-MARPOL-Annex-VI-\(NOx-emission-control\).aspx](http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Emission-Control-Areas-(ECAs)-designated-under-regulation-13-of-MARPOL-Annex-VI-(NOx-emission-control).aspx) (Erişim Tarihi: 9 Eylül 2017).
- [25] European Commission Directorate General Environment, Service Contract on Ship Emissions: Assignment, Abatement and Market-based Instruments, http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/chapter2_ship_emissions.pdf (Erişim Tarihi: 1 Ekim 2015).