YAKIT TİPİNİN VE HİBRİT SEVK SİSTEMİNİN YAKIT TÜKETİMİNE ETKİSİ: İZMİR ALSANCAK LİMANINDA BİR HİZMET GEMİSİ İÇİN UYGULAMA

Murat BAYRAKTAR¹ Cennet Özlem BİLİR FİDAN²
A. Güldem CERİT³

ÖZET

Denizcilik sektöründe sistemlerin işletilmesi sırasında kullanılan araçların enerji tüketimini azaltma yolunda dünya çapında araştırma ve geliştirme çalışmaları yapılmakta ve bu çalışmaları yaparken çevreci olma şartı istenmektedir. Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) 'nın MARPOL Ek VI "Gemilerden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Önlenmesine Yönelik Düzenlemeler" göz önünde bulundurulduğunda deniz taşıtlarında enerji kazanımı ve düşük salım değerleri elde etmek, daha fazla önem arz etmektedir. Bu bağlamda deniz ulaştırma sistemlerinde enerji kazanımı sağlamak için gemi ana makinesinde, gemi gövdesi ve sevk sisteminde teknolojik gelişmelere katkı sağlayacak çalışmalar yapılmaktadır. IMO tarafından oluşturulan Enerji Verimliliği Tasarım Endeksi yeni inşa edilen gemiler için en önemli parametrelerden biri olup daha fazla enerji tasarrufu yapan ve daha az salım yapan ekipman ve gemi makinelerin kullanımını teşvik etmeyi amaçlamaktadır.

Bu çalışmada liman işletim sisteminin önemli bir parçası olan, gemilerin zamanında limana girip çıkmaları ve manevralarına doğrudan destek veren römorkörlerin, römorkaj hizmeti esnasındaki yakıt tüketimi değerleri, toplam operasyon süreleri, kullanılan yakıtların tipi ve bu yakıtların analiz değerleri elde edilmiştir. Römorkaj hizmeti veren römorkörlerde var olan ana makine sisteminde iyileştirmeler teorik olarak ele alınmış ve sistem üzerindeki etkilerini gösterilmiştir. Operasyon sırasında sistemde kullanılan yakıtın yerine alternatif yakıtların kullanılmasıyla sistemde oluşabilecek olumlu ve olumsuz sonuçlar ifade edilmiştir.

¹ Araş.Gör., Dokuz Eylül Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, İzmir
murat.bayraktar@deu.edu.tr

²Araş.Gör., Dokuz Eylül Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, İzmir
ozlem.fidan@deu.edu.tr

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

Anahtar Sözcükler: Deniz Ulaştırma Sistemleri, Römorkör, Yakıt Tüketimi, Hibrit Sevk Sistemi.

1. GİRİŞ

Günümüzde artan ticaret ve bu ticaretin deniz taşımacılığına etkileri sonucu daha büyük tonaja sahip gemiler üretilmektedir. Limanlar yenilenerek kapasiteleri arttırılmaktadır. Liman elleçleme teknolojilerindeki gelişimler liman kalış sürelerinin azalmasına dolayısıyla gemi giriş çıkışlarının artmasına neden olmuştur. Bu durumda emniyetli manevraya sahip römorkör hizmetinin alınması gerekmektedir (Hensen, 2003). Römorkörler, suları çok sığ olan limana gemileri çekmesi için kullanılan deniz taşıtlarıdır ve 31.07.2002 tarihli ve 24832 sayılı resmi gazetede yayınlanan Gemi Adamları Yönetmeliği uyarınca hizmet gemileri sınıfında değerlendirilmektedir (UDHB, 2002).

MARPOL Ek VI' daki değişiklikler Temmuz 2011 Deniz Çevre Koruma Komitesi'nin (MEPC) 62. toplantısında kabul edilerek tüm Yeni gemiler için Enerji Verimliliği Tasarım Dizini (EEDI) zorunlu hale getirildi ve MEPC 62'deki tüm gemiler için Gemi Enerji Verimliliği Yönetim Planı (SEEMP) yapıldı. Enerji Verimliliği Tasarım İndeksi (EEDI) yeni gemiler için en önemli teknik önlem olup, daha fazla enerji tasarruflu (daha az kirletici) ekipman ve makinelerin kullanımını teşvik etmeyi amaçlamaktadır. EEDI, farklı gemi tipi ve boyut segmentleri için kapasite mili başına minimum bir enerji verimliliği seviyesi gerektirir. 1 Ocak 2013'ten bu yana, yeni gemiler inşa edilirken gemi tiplerine bağlı referans seviyesini karşılaması gerekmektedir. Bu referans seviyesi her beş yılda bir sıkılaştırılarak, EEDI'nin tüm bileşenlerin devam eden yenilikçiliğini ve teknik gelişimini takip ettirerek yakıt verimliliğini tasarım aşamasında olumlu olarak etkileyecektir (IMO, 2011).

Römorkör, kelime anlamı olarak, diğer deniz araçlarına nispeten, boyutsal olarak daha küçük ölçülerde inşa edilmiş, yeterli makine gücü ile donatılmış, her türlü boyuttaki ticari gemileri, yolcu gemilerini, tankerleri, yüzer platformları, dubaları, petrol ve gaz platformlarını, kısacası her türlü yüzer cisim ve nesneleri, her türlü hava koşullarında itmekte ve çekmekte kullanılan deniz araçlarına verilen genel isimdir (Eke, 2010) .

Römorkaj hizmeti veren römorkör, operasyon işlemini dört aşamada gerçekleştirmektedir. Bu aşamalar “Limanda Bekleme”, “Operasyona Başlamak İçin Bekleme”, “Operasyon Yapılacak Bölgeye Seyir Etme” ve Römorkaj Hizmeti olarak belirtilmiştir.

Limanda Bekleme: Bu operasyon sırasında römorkör, tekne üzerindeki ışıkları ve iklimlendirme çalıştırmak için bir yardımcı makine kullanılmaktadır. Hibrit sevk sistemine sahip römorkör de ise ilk aşamada bataryadan gerekli güç sağlanmaktadır. Bataryaların doluluk oranı belirli bir seviyenin altına düşmesi durumunda, yardımcı makinelerden birisi bataryaları şarj etmek için devreye girmektedir. Batarya doluluk oranı yeterli seviyeye çekildiğinde yardımcı makine kapatılır.

Operasyona Başlamak İçin Bekleme: Bu aşamada, römorkör pilotdan bir çağrı gelmesi durumunda, operasyona başlamaya hazır olmak için ana makineyi rölantide çalışır konumda bekletmektedir. Geleneksel römorkörler, bekleme sırasında ana makine ve bir yardımcı jeneratör operasyonda kullanılmaktadır.

Operasyon Yapılacak Bölgeye Seyir Etme: Bu mod, operasyonlar arasındaki geçiş sırasında römorkörün farklı rıhtımlara veya rıhtıma olan hareketini ifade eder. Geleneksel römorkörde, bu geçiş sırasında ana makine ve bir yardımcı makine çalıştırılmaktadır. Hibrit römorkörde, seyirini piller ve bir yardımcı motor ile yapmaktadır. Yüksek güç gerektiğinde ise diğer makineler devreye girmektedir.

Römorkaj Hizmeti: Bu operasyon sırasında römorkör, gemilerin rıhtımdan denize ve denizden rıhtıma gelmesine yardım etmek etmez. Geleneksel römorkörlerde ana makineler çalışmakta, hibrit te ise ana makine ve jeneratörler çalışmakta olup aynı zamanda bataryalar için şarj işlemini gerçekleştirmektedir (Jayaram ve Diğerleri, 2010).

Dizel yakıtlar amaçlanan kullanıma bağlı olarak, birkaç farklı aşamada üretilmektedir. Benzin gibi, dizel yakıt da tek bir madde değil, parafinleri, izoparafinleri, naftenleri, olefinleri ve aromatik hidrokarbonları içeren çeşitli petrol türevi bileşenlerin karışımıdır; bunların her biri kendi fiziksel ve kimyasal özelliklerine sahiptir. Dizel yakıt, yakıt sistemi teknolojisinde, motor sıcaklıklarında ve yakıt sistemi basınçlarında farklılıkların yanı sıra, farklı motor koşulları, farklı çalışma koşullarını ve devrelerini karşılamalıdır. Aynı zamanda çeşitli iklim koşullarına uygun olmalıdır (Automotive Service Excellence, 2007).

Dizel yakıt dünya ekonomisini hareketli tutmaktadır. Dizel yakıt, dünya çapında taşınan tüketim mallarından, elektrik üretimine, artan verimlilik düzeyine, küresel ekonomiyi ve yaşam standardını güçlendirmede hayati bir rol oynamaktadır (Chevron, 2007).

Biyodizel, hayvansal veya bitkisel yağlar gibi yenilenebilir kaynaklardan elde edilen alternatif bir dizel yakıtıdır. Kimyasal olarak ise, uzun zincirli yağ asidi mono alkil esteri olarak tanımlanabilir. 'Biyo' kökü biyolojik esaslı olduğunu, 'Dizel' kelimesi ise dizel yakıtı olduğunu gösterir. Biyodizel bitkisel veya hayvansal yağların bir alkol ve katalizör ile reaksiyona sokulmasıyla üretilir (Xue vd., 2011).

Biyodizelin, motor gücüne, ekonomisine, dayanıklılığına ve düzenlenmiş ve düzenlenmemiş emisyonlar dahil emisyonlara etkisi ve ilgili etki faktörleri ayrıntılı olarak incelenir ve analiz edilir. Biyodizel kullanımı, belirsiz güç kaybıyla birlikte PM, HC ve CO emisyonlarında önemli bir azalmaya, yakıt tüketiminde artışa ve geleneksel Dizel motorlarda NOx emisyonunda artışa yol açarak hiç veya daha az değişiklik yapılmasına neden olur ve ana motor parçalarının karbon depolanmasını ve aşınmasını azaltmak için destek verir. Bu nedenle, biyodizelin dizel yerine küçük içeriğe sahip harmanları, hava kirliliğini kontrol etmede ve motor gücünü ve ekonomisini önemli ölçüde feda etmeden kıt kaynaklar üzerindeki baskıyı hafifletirken yardımcı olabilir. Bununla birlikte, motor üzerinde optimizasyon ve modifikasyon, motorun düşük sıcaklık performansları, ölçümler için yeni enstrümantasyon ve metodoloji gibi birçok araştırmalar, dizelin tamamen biyodizel ile ikame edildiğinde yapılmalıdır (Xue vd., 2011).

Biyodizel çevre dostu, biyolojik olarak parçalanabilen, toksik olmayan, kükürt içermeyen ve yenilenebilir alternatif yakıttır (Ingle vd., 2013).

DIESEL-RK, tam anlamıyla makinelerin termodinamik simülasyonlarının yapıldığı yazılımdır. İki zamanlı ve zamanlı içten yanmalı makinelerin çalışmalarını gerçek verilere yakın bir şekilde göstermek ve optimize etmek için tasarlanmıştır. Bu programda dizel yakıt, biyoyakıt ile işletilen makinelerde ve Metan, Propan-Bütan, Biyogaz ile sevk edilen gaz ana makineleri için kullanılmaktadır. Diesel-Rk termodinamik yazılım olup, makinede bulunan silindirleri açık termodinamik sistemler olarak kabul etmektedir. Bu programda yakıt tüketimi tahmini ve optimizasyonu, tork eğrisi ve diğer makine performans tahminleri, yanma analizi yapılmaktadır. Bunlara ek olarak Diesel-RK yazılımda ana makinede kullanılacak olan farklı tipteki yakıtların yanma analizlerinin karşılaştırılması yapılmaktadır (<http://diesel-rk.bmstu.ru/>, Erişim Tarihi: 22.06.2017).

Hibrit sistemler düşük hızla sevk edilen geminin operasyonuna yardımcı olmakla beraber aynı zamanda ana makinenin güç artırımına ihtiyacı olduğunda devreye girmektedir.

Hibrit sistemle gemi ana makinesinin ömrü uzamakta ve mevcut gücünün üstüne çıkabilmektedir (BAE Systems Inc., 2016).

Küresel anlamda ortaya konulan emisyon sınırlamalarını ve yakıt fiyatları göz önünde bulundurduğumuzda gemi sahiplerine ve işletmecilerine esneklik ve performans açısından iyi dengelenmiş ve uyarlanmış sevk sistemine ihtiyaç duymaktadır. Bu sevk sistemlerinden biri hibrit sevk sistemidir (MAN, 2014).

Şekil 1: Hibrit sevk sistemi (MAN, 2014)

Gemilerde kullanılan hibrit teknolojisinde, mekanik ve elektrik gücü bir arada çalışarak, gemiye gerekli olan gücü sağlamakta ve böylece sevk sisteminin verimli bir şekilde çalışmasını sağlamaktadır. Dizel motorlar tarafından sağlanan mekanik güç ile elektrikli motorlar tarafından sağlanan elektrik gücü kombinasyonu, gemiye geniş çalışma kabiliyeti sağlayarak her çalışma modunda pervaneye doğru güç ve tork sağlayan bir itici güç sağlamaktadır. Geleneksel dizel makinelerin sevk sistemi gemilerin en fazla operasyon yaptığı güç aralığına göre tasarlanmışken, hibrit sevk sisteminde farklı güçte çalışma aralıklarına göre tasarlanmıştır. (MAN, 2014)

Limanda römorkör, römorkaj hizmeti verirken her zaman yüksek makine yükünde çalışmadığından dolayı römorkörün sevk sisteminde hibrit sistemin kullanılmasıyla oluşacak avantajlar görülecektir (Völker, 2013).

Völker (2013), çalışmasında farklı tip gemiler için hibrit tahrik sisteminin fizibilitesini incelenmiştir. Shen vd. (2010, 1-7) ise çalışmasında, mekanik sevk sistemi, elektrik tahrik sistemi ve hibrit tahrik sisteminin avantaj ve dezavantajlarını analiz etmiştir ve HAVYARD 845 ve A122 hibrit tahrik sisteminin konfigürasyon ve tip spektrumunu tanıtmıştır. Simon (2008), VS491CD'nin üç hibrit tahrik sisteminin konfigürasyonu incelenmiş ve sistemin yakıt tüketimi ve egzoz emisyonu geleneksel tahrik sistemi ile karşılaştırılmıştır.

2. ARAŞTIRMANIN AMACI

Bu çalışmada liman işletim sisteminin önemli bir parçası olan, gemilerin zamanında limana girip çıkmaları ve manevralarına doğrudan destek veren römorkörlerin operasyon sırasında sistemde kullanılan yakıtın yerine alternatif yakıtların kullanılmasıyla yakıt tüketimin nasıl etkileneceğinin teorik olarak incelenmesi amaçlanmıştır. Bununla birlikte ele alınacak olan örnek römorkörde hibrit sevk sistemi kullanılması halinde yakıt tüketiminde oluşabilecek değişikliklerin incelenmesi hedeflenmiştir.

Bu çalışmada veriler planlı ve sistematik bir şekilde toplanıp, değerlendirilmeleri yapılmıştır. Çalışma, denizcilik sektöründe kullanılan ana makinelerde farklı tipte yakıtların kullanılması ve hibrit sevk sistemi hakkında çalışma yapacaklar için bir kaynak oluşturmayı amaçlamıştır. Ek olarak römorkaj hizmeti veren römorkörler için hibrit sevk sisteminin kullanılabilirliği ifade edilmiştir.

3. METODOLOJİ

Uygulama gemisinin çalışma alanı haritalandırılarak hız, anlık yakıt tüketim değerleri gibi veriler gemi üzerinde alınacaktır. DIESEL-RK programında uygulama gemisinin ana makinesinin farklı yakıt tipleri ile çalışması simüle edilecek ve elde edilen sonuçlar gerçek veriler ile kıyaslanacaktır. Ayrıca hizmet gemisin sevk sisteminin hibrit sevk sistemi olması durumunda yakıt tüketimin nasıl etkileneceği teorik olarak hesaplanacaktır.

4. UYGULAMA

4.1. Uygulama Alanı

Bu uygulama Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü'ne bağlı Alsancak Limanı'nda römorkaj hizmeti veren gemilerinden M/TUG GARP gemisinin ana makinesinde gerçekleştirilmiştir.

4.1.1. Hizmet Gemileri

Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü'ne ait İzmir Alsancak Limanı'nda hizmet veren gemiler Tablo1'de belirtildiği gibidir.

Tablo 1. İzmir Alsancak Limanı'nda hizmet veren gemiler
(www.kiyiemniyeti.gov.tr, 22.06.2017)

M/TUG GARP	Yapım Yeri Ve yılı	Yalova 2013
	Klas	Türk Loydu
	Tam Boy	20,02 m
	Kütük Boy	19,05 m
	Kütük Derinliği	3,33 m
	Air Draft	6 m
	Gross Tonnage	110
	Hız	13 knt
	Günlük Yakıtlı harcaması	1,6 m3
	Yakıt tank Kapasitesi	24.7 m 3
	Sığıası Range	Liman Seferi (100 mille sınırlı)
	Ana makine	BAUDOUIN 12 M 26.2 2 x 808 kW
	Jeneratör Generators	CAT C4 4 DITA 2 x 74,5 kW
	Çeki gücü Bollard Pull	21 ton
	Mülkiyet	Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü
	Durum	İzmir Limanı Pasaport Rıhtımı
M/TUG "NAZİ M TUR"	Yapım Yeri Ve yılı	Türkiye , 2008
	Klas	Türk Loydu
	Tam Boy	32 m

Tablo 1. Devam

	Kütük Boy	30,46 m
	Kütük Derinliği	5,36 m
	Draft	4.56 m
	Gross Tonnage	490
	Net Tonnage	147
	Çeki Gücü	65,55
	Günlük Yakıtlı harcaması	700 lt/saat (100% yük)
	Yakıt tank Kapasitesi	187,6 m ³
	Tatlı Su Kapasitesi	40 ton
	Ana makine	WARTSILA 9 L20 2 X 2413 BHP
	Pervane	ASD Sistem (2 adet)
	Yangın Tulumbası	FI-FI 2x1436 m ³ /saat
	Seyir yardımcıları	X Band radar
	Haberleşme Cihazı	VHF
	Foam Tank	10 m ³
	Mülkiyet	Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü
	Durum	İzmir Limanı Pasaport Rıhtımı
M/TUG “POYRAZ”	Yapım Yeri Ve yılı	Singapur , 1994
	Klas	Türk Loydu
	Tam Boy	33,7 m
	Kütük Boy	31,53 m
	Kütük Derinliği	4,95 m
	Draft	4.38 m
	Gross Tonnage	398
	Net Tonnage	119
	Çeki Gücü	40,5
	Günlük Yakıtlı harcaması	2,36 m ³
	Yakıt tank Kapasitesi	199 m ³
	Tatlı Su Kapasitesi	
	Ana makine	WARTSILA 2 X 2000 BHP
	Pervane	ASD Sistem (2 adet)

Tablo 1. Devam

	Yangın Tulumbası	Bağımsız motor tahrikli SCAM diesel FI-FI
	Seyir yardımcıları	“X Band radar
	Haberleşme Cihazı	VHF
	Foam Tank	5 m ³
	Mülkiyet	Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü
	Durum	İzmir Limanı Pasaport Rıhtımı

4.2. Uygulama: Hizmet Gemisinin Özellikleri

Uygulama için seçilen M/TUG Garp römorkörünün sevk sisteminde ana makine olarak Baudouin 12 M26.2 kullanılmaktadır. Bu ana makine Baudouin geçmişte kullandığı M26 makinesinin geliştirilmesiyle denizcilik sektöründe kullanılmaya başlanmış ve aynı zamanda IMO Tier II tarafından sertifikalandırılmıştır BAE Systems Inc (Baudoin, 2014). Uygulama için seçilen M/TUG Garp römorkörüne ait genel bilgiler Tablo 1’de gösterilmiştir.

Şekil 2. Römorkör Ana Makinesi Baudouin 12 M26.2

Tablo 2. Baudoin 12 M26.2 P2 için ana makine katalog değerleri (Baudoin, 2014)

Güç			
Hp	kW	Hız(rpm)	Yakıt Tüketimi(g/kwh)
1100	808	1900	200

4.3. Veri Toplama Süreci

Uygulamalarda kullanılacak verileri birincil ve ikincil olmak üzere iki farklı veri elde edilmiştir. Birincil veriler gemi üzerinde manevra esnasında alınan anlık veriler, ikincil veriler ise Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü’nden alınan aylık devirçarklardaki verilerdir. İlgili kurumun elinde aylık yakıt tüketim değerlerinin ve makine çalışma saatlerinin bulunmasına rağmen birincil verilere ihtiyaç duyulmasının sebebi ana makine yüküne ihtiyaç duyulması ve bu yükü gösteren herhangi bir araç olmamasıdır. Ana makine yükü gemi üzerinde manevra esnasında alınan anlık veriler ile ilgili formüller kullanarak hesaplanabilmektedir.

Tablo 3. Operasyon sırasında römorkörden alınan yakıt tüketim değerleri

Garp Gemisi Şubat 2017 Devriçark				
Tarih	Liman	Harcanan Yakıt Miktarı (lt)	Ana Mak. Çalışma Saat Top.	Jeneratör Çalışma Saat top.
01.02.2017	İZMİR			
02.02.2017	İZMİR	140	02:30	02:45
03.02.2017	İZMİR	820	06:55	10:20
04.02.2017	İZMİR	70	01:15	01:25
05.02.2017	İZMİR	25	00:25	00:30
06.02.2017	İZMİR	190	03:00	05:00
07.02.2017	İZMİR	125	03:10	03:30
08.02.2017	İZMİR	20	00:25	00:30
09.02.2017	İZMİR	60	01:25	01:40
10.02.2017	İZMİR	50	01:05	01:15
11.02.2017	İZMİR	30	00:40	00:45
12.02.2017	İZMİR			
13.02.2017	İZMİR	65	01:30	01:40
14.02.2017	İZMİR	75	02:00	02:15
15.02.2017	İZMİR	25	00:30	00:40
16.02.2017	İZMİR	40	01:00	01:10
17.02.2017	İZMİR	730	06:00	10:15
18.02.2017	İZMİR	30	00:45	00:45
19.02.2017	İZMİR	40	01:10	01:10

Tablo 3. Devam

20.02.2017	İZMİR	35	00:55	00:55
21.02.2017	İZMİR	60	01:45	02:35
22.02.2017	İZMİR	20	00:35	00:35
23.02.2017	İZMİR	100	02:30	02:30
24.02.2017	İZMİR	20	00:30	00:30
25.02.2017	İZMİR	60	01:25	01:25
26.02.2017	İZMİR	45	00:55	00:55
27.02.2017	İZMİR	30	01:00	01:00
28.02.2017	İZMİR	110	02:35	02:35

4.4. Hibrit Sevk Sistemi Uygulaması, Analizi ve Bulgular

Hibrit sevk sistemi uygulaması, analizi ve bulgular aşamasında ilk olarak uygulamanın yapılacağı Alsancak limandan gerekli izinler alınarak, römorkörün ana makinesi üzerinden veriler elde edilmiştir. Bu uygulamada kullanılan Garp adlı römorkörün verileri kullanılmıştır. Römorkörün operasyon sırasındaki seyir planı Şekil 3’te belirtilmiştir.

Tablo 4. Römorkaj hizmeti veren geminin uygulama sırasındaki operasyon durumları ve yakıt tüketimleri

Seyir	Operasyon Durumları	Ana Makine Ortalama r.p.m değerleri	Ortalama Yakıt Tüketim Değerleri (lt/saat)	Toplam Yakıt Tüketim Değerleri(lt)
1-2	Römorkaj Hizmeti Verilecek Gemiye Yapılan Seyirde elde edilen veriler	600	16	12
2-3	Römorkaj Hizmeti verilirken elde edilen değerler	1200	36	9
3-4	Limana Geri Dönmede elde edilen veriler	600	16	4

Şekil 3. Römorkörün operasyon sırasındaki seyir planı

Tablo 4’te römorkaj hizmeti veren geminin yakıt tüketim değerleri ve ana makinenin dakikadaki devir sayısı gösterilmiştir. Operasyonun ilk aşamasında römorkaj hizmeti verilecek gemiye yapılan seyir yaklaşık olarak 45 dakika sürmüştür ve bu sürede ana makine 12lt yakıt tüketmiştir. Geminin yanaştırılması esnasında hizmet gemisi saat başına en fazla yakıt tüketimini hizmet verilen geminin itmeye başlanmasından limana bağlamasına kadar geçen sürede gerçekleştirmiştir. 15 dakika süren bu aşamada 9lt yakıt harcanmıştır. Son aşamada harcanan 4lt yakıt römorkaj hizmeti veren geminin limana dönme süresinde ana makinenin harcadığı yakıt miktarıdır.

4.5. Yakıt Tipi Uygulaması, Karşılaştırmalı Veri Analizi ve Bulgular

Yakıt tipi uygulaması, karşılaştırılmalı veri analizi ve bulgular bölümünde uygulama yapılan geminin ana makinesi tipi ve özellikleri Diesel-Rk programında girdi olarak kullanılmış ve benzer ana makine modeli yapılmıştır.

Tablo 5. Uygulamada kullanılan yakıt tipleri ve özellikleri (Kaynak: DIESEL-RK)

	EN 590	Dizel Yakıt	Biofuel SME B20	Biofuel SME B40
Yakıtta sülfür fraksiyonu [%]	0,0003	0	0,00105	0,00208
Yakıtın düşük kalorifik değeri [Mj/kg]	43,1	42,5	41,18	39,89
Yakıtın kendiliğinden tutuşma prosesi için belirgin aktivasyon enerjisi[kj/mol]	22	22	21	20
Setan sayısı	53,3	48	48,68	49,37
323 K de Yakıt yoğunluğu[kg/m ³]	810	830	841	852
323 K'de Yakıtın yüzey gerilimi faktörü[N/m]	0,028	0,028	0,03122	0,03436
323 K'de Yakıtın dinamik viskozite katsayısı[Pa s]	0,003	0,003	0,003343	0,003677
Spesifik buharlaşma ısısı [kj/kg]	250	250	265,8	281,2
Enjektör sıcaklığında yakıt termik kapasitesi[j/kg*K]	1853	1853	1853	1853
Yakıtın moleküler kütlesi	182	190	211,5	232,5
Atmosferik koşullarda D difüzyon faktörü [s]	3,1E-10	3,1E-10	3,1E-10	3,1E-10

Tablo 5. Devam

Yakıt sıcaklığı [K]	380	380	380	380
Düşük sıcaklıkta (480 K) doymuş buhar basıncı	0,0477	0,0477	0,04326	0,03822
Kritik sıcaklıkta (710 K) doymuş buhar basıncı	1,616	1,616	2,408	3,609

Tablo 6. Diesel-Rk programına uygulama için girilen veriler

Kullanılan Yakıt	Fuel Oil	
	Bağıl yoğunluk	0,840± 0,005
	Düşük kalorimetrik güç	42 700 kJ/kg
	Tüketim toleransları	0 ± 5 %
	Giriş limit sıcaklığı	35 °C / 95 °F
Refererans Durumu	Ortam sıcaklığı	25 °C / 77 °F
	Barometrik basınç	100 kPa
	Bağıl nem	30%
	Su sıcaklığı	25 °C / 77 °F
	P1	P2
Uygulama Şekli	sınırsız sürekli	Devamlı
Ana Makine Yükleme Durumları	çok az veya hiç	Sayısız
Yük Durumu	80 - 100 %	30 - 80 %
Çalışma Saati	5000 saat ve fazlası	3000 - 5000 saat
Çalışma Sıklığı	sınırsız	8 saat her 12 saatte

Tablo 6’da verilerin kullanılması ile elde edilen grafikler aşağıdaki tabloda belirtilmiştir.

Şekil 4. Römorkörün ana makinesinin devrine bağlı olarak güç ve yakıt tüketim katalog değerleri

Farklı yükleme durumlarına göre veriler, Diesel-Rk yazılımında kullanılarak aşağıdaki tablolar elde edilmiştir.

Şekil 5. Farklı yakıt tiplerine ve operasyon şekline göre yakıt tüketimi ve güç değerleri

Farklı yakıt tiplerinin bu tip ana makinede farklı kullanım koşullarında kullanılması sonucunda elde edilen değerler Şekil 5'te belirtilmiştir. Şekil 5a'daki grafikte eurodizel yakıt tüketimi açısından kıyaslandığında Dizel yakıtlara ve biyoyakıtlara göre daha avantajlı olarak gözükmektedir.

Ana Makineden elde edilen güç ve tork olarak kıyaslandığında; Dizel yakıtla sevk edilmesi durumunda daha fazla güç çektiği görülmektedir.

(a)

(b)

Şekil 6. Farklı yakıt tiplerine ve operasyon şekline göre tork ve NOx Değerleri

Şekil 6b'deki grafikte Diesel-Rk yazılımının kullandığı ampirik formüllerle ortaya çıkan NOx değerleri kıyaslanıldığında biyodizelden ortaya çıkan miktarın en fazla olduğu görülmektedir.

5. SONUÇ

Bu uygulama sonucunda limanlarda römorkaj hizmeti veren gemilerin ana makine sistemleri incelenmiş ve bu sistemlere alternatif olabilecek hibrit sevk sisteminin teorik olarak uygulaması yapılmıştır. Bu uygulama için Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü'ne bağlı İzmir Alsancak Limanı'nda hizmet veren M/TUG Garp gemisi seçilmiştir. Yapılan çalışmada bu geminin operasyon sırasındaki ana makinesinden elde edilen değerler kullanılmıştır.

Römorkaj hizmeti veren geminin operasyon süresi üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Bu aşamalardan en uzun süreyi römorkaj hizmeti verilecek gemiye yapılan seyir oluşturmakta ve yaklaşık 45 dakika sürmüştür. Bu süre zarfında ana makine düşük yükte çalışmaktadır. Geminin yanaştırılması esnasında 12lt'lik bir yakıt tüketimi olmaktadır. Uygulamanın yapıldığı gemide operasyon sırasında ana makine yaklaşık olarak 60 dakika düşük yükte çalışmaktadır. Toplam operasyon süresi 75 dakika olup bunun sadece 15 dakikasında ana makine yakıt tüketimi g/kWsa cinsinden en düşük olduğu seviyede işletilmektedir.

Ana makine katalog verileri incelendiğinde birim başına en yüksek yakıt tüketimine sahip olduğu değerler düşük makine devirlerinde görülmektedir. Hibrit sitemle beraber ana makine optimum yakıt tüketimi devrinde çalıştırılabilen bu sayede yakıt tüketiminde verimlilik elde edilebilmektedir.

Römorkaj hizmeti veren geminin ana makinesi Diesel-RK paket programında modellenmiştir. Modeli oluşturulan bu ana makinede farklı tipte yakıtları, farklı devirlerde kullanılması sonucu ana makinedeki güç, tork, yakıt tüketim değerleri ve NOx miktarları karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda en düşük yakıt tüketim değerlerine standart eurodizel yakıtla ulaşılmıştır. Elde edilen güç ve tork değerleri bakımından en yüksek verilere standart dizel yakıt ile ulaşılmıştır. NOx değerleri kıyaslanıldığında biyodizelden ortaya çıkan miktarın en fazla olduğu görülmüştür.

KAYNAKÇA

ASE (Automotive Service Excellence) (2007). “Changes in Diesel Fuel The Service Technician’s Guide to Compression Ignition Fuel Quality” 01 Ağustos 2017, http://biodiesel.org/docs/ffs-performace_usage/service-technician%27s-guide-to-diesel-fuel.pdf?sfvrsn=4.

BAE SYSTEMS (2016). “Power and Propulsion Solutions Hybrid Assist propulsion system”. 21 Haziran 2017, http://www.hybridrive.com/pdf/marine/Hybrid_Assist.pdf.

Baudoin (2014). Marine propulsion and mechanical drive. 19 Haziran 2017, <http://www.mshs.com/pdf/Products/Baudouin/M26.2%20Marine%20Propulsion%20Catalog%20SV.pdf>.

Chevron (2007). “Diesel Fuels Technical Review” 01 Ağustos 2017, <https://www.chevron.com/-/media/chevron/operations/documents/diesel-fuel-tech-review.pdf>.

Diesel-RK (2017). “Applications of Diesel- RK” ,19 Haziran 2017, <http://diesel-rk.bmstu.ru/Eng/index.php?page=Vozmojnosti>.

Eke, A.B. (2010). Römorkör işletmeciliği uygulama yöntemlerine göre çekme kuvveti hesaplamaları, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Gemi Adamları Yönetmeliği (2002) 19 Haziran 2017, <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.5668&sourceXmlSearch=&MevzuatIliski=0>

Hensen, H. (2003). *Tug use in Port A Practical Guide*. The Nautical Institute, London.

IMO, (2011). "Marine Environment Protection Committee (MEPC) – 62nd session". 19 Haziran 2017, <http://www.imo.org/en/MediaCentre/meetingsummaries/mepc/pages/mepc-62nd-session.aspx>.

Ingle, S., Nandedkar, V., & Nagarhalli, M. (2013). Prediction of Performance and Emission of Palm oil Biodiesel in diesel Engine. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, 16-20.

Jayaram, V., Khan, M. M. Y., Miller, J. W., Welch, M. W. A., Johnson, K., & Cocker, D. R. (2010). Evaluating emission benefits of a hybrid tug boat. *Contract*, 7, 413.

Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü 22 Haziran 2017, <https://www.kiyiemniyeti.gov.tr/userfiles/editor/pdf/deniz-vasitalarımız-2016.pdf>

MAN (2014). "Hybrid Propulsion Flexibility and maximum efficiency optimally combined" 21 Haziran 2017, <https://marine.man.eu/docs/default-source/shopwaredocumentsarchive/hybrid-propulsion.pdf?sfvrsn=4>.

Shen Jing-kang Chen Wei-zhong. (2010), Prospect of hybrid power on multi purpose working ship in deep sea .*Jiangsu Ship*, 8:1-7

Sortland, S. (2008) Hybrid propulsion system for anchor handling tug supply vessels. *WÄRTSILÄ TECHNICAL JOURNAL*. 01:45-48.

Xue, J., Grift, T. E., & Hansen, A. C. (2011). Effect of biodiesel on engine performances and emissions. *Renewable and sustainable energy reviews*, 15(2), 1098-1116.

Völker, T. (2013). Hybrid propulsion concepts on ships. *Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni*, (79), 66-76.