

Gemi Hız Optimizasyonunun Fayda-Maliyet İlişkisi Üzerindeki Etkileri Hakkında Değerlendirme

Olca Sert¹, Levent Bilgili²

osert@bandirma.edu.tr¹, lbilgili@bandirma.edu.tr²

^{1,2}Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Bölümü, Bandırma Onyedü Eylül Üniversitesi, Bandırma – Balıkesir, Türkiye

ÖZET

Denizcilik sektörü, sayısız uygulama alanı ve çeşitli operasyon süreçleri ile kapsamlı bir endüstri koludur. Dünya ticaretinin yaklaşık % 90'ı deniz ticaretiyle gerçekleştiğinden, dünya ticaret ağında vazgeçilmez bir rol oynamaktadır. Her ne kadar deniz ticareti sisteminin büyük kapasiteyi elinde bulundursa da sistemin başarısı özellikle paydaşların mutlak dakikliği, güvenliği ve iş birliği gibi bazı faktörlere bağlıdır. Yakıt tüketimi, gemi egzoz emisyonları ve genel işletme maliyetleri üzerinde etkisi olan gemi optimizasyonu çok boyutlu bir konudur.

Geminin hızı tasarım aşamasında optimize edilmiştir; ancak, bazı durumlarda, tasarım hızı, zaman kısıtlamaları nedeniyle tasarım hızı en uygun hız olmayabilir. Hız azaltımının CO₂ emisyonlarını azaltmanın önemli bir yolu olduğu bilinmesine rağmen, bu yöntemin de bazı kısıtlamaları vardır.

Gemi hız optimizasyonu, kayda değer faydalarının yanı sıra bazı belirsizlikler de beraberinde getirmektedir. Emisyonları azaltmanın önemli bir yolu olarak kabul edilebilse de, her yolculuk ve koşul için güncellenmesi gerekir.

Anahtar Kelimeler: Gemi Hız Optimizasyonu, Yakıt Tüketimi, Maliyet-Fayda Analizi.

Makale geçmişi: Geliş 30/04/2019 – Kabul 23/05/2019

Evaluation of the Effects of Ship Speed Optimization on the Cost-Benefit Relationship

Olcay Sert¹, Levent Bilgili²

osert@bandirma.edu.tr¹, lbilgili@bandirma.edu.tr²

^{1,2} Department of Naval Architecture and Marine Engineering, Bandirma Onyedi Eylul University, Bandirma – Balikesir, Turkey

ABSTRACT

The Maritime sector is a comprehensive branch of industry with its numerous fields of application and various operation processes. Because approximately 90% of world trade is via maritime trade, it plays an indispensable role on world trade network. Although the great capacity that maritime trading system can manage this high trade, the success of the system is strongly bound to some factors such as absolute punctuality, safety and cooperation of shareholders. Speed optimization, which has impacts on fuel consumption, flue gas emissions and general operation costs, is a multidimensional issue.

The speed of a ship is optimized during design stage; however, in some cases, the designed speed may not be the optimal speed due to the time constraints. Although it is well known that speed reduction is an important way to reduce CO₂ emissions, this method has some constraints as well.

Speed optimization brings some uncertainties besides its remarkable benefits. Although it can be accepted as an important way to reduce emissions, it must be updated for every voyage and condition.

Keywords: Ship Speed Optimization, Fuel Consumption, Cost-Benefit Analysis.

Article history: Received 30/04/2019 – Accepted 23/05/2019

1. Giriş

Günümüzde yük taşımacılığının büyük bir bölümü deniz taşımacılığı üzerinden yapılmaktadır. Bu nedenle ürünlerin taşınması büyük bir ekonomik hacim oluşturmaktadır. Deniz taşımacılığı, arz talep ilişkisinin en temel unsurlarıyla yakından ilişkili olduğundan politik, ticari ve ekonomik birçok değişim sektörü doğrudan etkilemektedir. Konteyner taşımacılığı yapan şirketleri, ürünlerini mümkün olduğunca çabuk ve güvenilir bir şekilde teslim etmeyi amaçlamaktadır. Sürekli artan yakıt fiyatları bile bu aceleci tutumu değiştirememiştir. Ortaya çıkan fazladan maliyetler, küreselleşme nedeniyle dünya genelinde artan taşıma kapasitesi talebinin sebep olduğu fazladan kazanç ile telafi edilebilir. Bununla birlikte, ekonomik krizin küresel ticaret piyasası üzerinde yaratmış olduğu kötü atmosfer, ulaştırma sektöründeki gelirleri ciddi biçimde azalmıştır. Yaşanan kriz, taşıma kapasitesinin talebini daraltmakla

birlikte tedariki de hızlı bir şekilde arttırmaktadır. Bu kısır döngü özellikle konteyner taşımacılığı için tipik durumdur. Artan gemi büyüklüğü eğilimi ve durgunluk nedeniyle azalan talep ile, bu döngü arz ve taşıma kapasitesi talebi arasında büyük bir uyumsuzluğa yol açmaktadır. Bu durumun sonucunda da navlun düşmektedir.

Seferler sırasında gemilerin limana yanaşma, özel manevra durumları, idari kısıtlamalar, kanal geçişleri gibi farklı nedenlerden dolayı beklemek zorunda oldukları süreler mevcuttur. Bu sürenin azaltılmasına yönelik farklı önlemler alınmasının yanında hız optimizasyonu ile varacağı noktaya daha uzun sefer sürelerinde gidip boşa gidecek zamanı azaltmanın mümkün olacağı düşünülmektedir. Böylece gemi liman öncesi veya kanal geçişleri öncesi beklemek yerine varacağı noktaya daha uzun sürede giderek hız optimizasyonu için uygun bir zemin hazırlayacaktır. Özellikle taşınma süresi daha toleranslı ürünler taşınırken bu uygulama yapılabilmektedir. Bir malın taşınmasının aciliyetini; bu taşımanın tedarik zincirinin önem arzeden bir parçası olması, taşınan ürünün bozulabilir olması, malın el değiştirilmesi sırasında yapılmış olan anlaşmalar, geminin belirli bir programının olması ve aynı gemi üzerinde farklı çeşitlerde yükler taşınıyor olması gibi durumlar etkilemektedir.

Uluslararası deniz taşımacılığının neden olduğu artan sera gazı emisyonları endişe uyandırmaktadır. Son zamanlarda Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO)'nün de uyguladığı birtakım politikalarla egzoz gazından kaynaklanan kirletici etmenlerin bu etkisine karşı çalışmalar yapılmış ve bu doğrultuda bazı kurallar getirilmiştir (IMO, 2014). Gemilerin gerçekleştirdikleri iş başına, sahip oldukları ana makine ve dizel jeneratörlerden oluşan emisyon miktarlarına sınırlamalar getirilmiştir. Bu kurallar dahilinde sektörde emisyonları azaltmaya yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Egzoz emisyonlarını azaltmak için şirketler hız azaltma yöntemini de benimsemişlerdir. Bu yolla bazı egzoz emisyonlarını azaltmayı amaçlamışlardır.

Denizcilikte rotalar planlanırken, her gemi için özel olarak, gemilerin belirli hızlarda sefer yaptığı yaklaşımla çalışılmaktadır. Daha sonra seferler sırasında hızlar optimize edilmektedir. Andersson vd., (2015) hız optimizasyonunu, gemi rotalarının planlanmasında bir modelleme yaklaşımı ile ele almışlardır. Geliştirilen model Ro-Ro tipi ticari bir gemi üzerinde uygulanmıştır. Gerçek şartlarda hesaplanan değerler ile modelin uyum sağladığı görülmüştür. Modelin tutarlılığının yanında hız optimizasyonun Ro-Ro tipi ticari gemiler başta olmak üzere hız optimizasyonu konusunda faydalı çözümler sunacağı belirtilmiştir. Geliştirilen model için odak noktası yakıt tüketimi olduğundan sonuçlar yalnızca yakıt tüketimi üzerinden değerlendirilmiştir. Bu sayede hız optimizasyonun ekonomik fayda sağlayacağı belirtilmiştir.

Genellikle oluşturulmuş olan rota belirleme ve rota planlama modelleri sabit bir hızda ve her gemi için belirli bir yakıt tüketimi değerine göre yapılmaktadır. Ancak gerçek şartlarda gemi hızı değişkendir ve yakıt tüketimi de hız ile ilişki içerisindedir. Norstad vd., (2011) çalışmalarında, düzensiz deniz taşımacılığı durumunda rota belirleme ve planlama problemlerine karşılık her bir sefer aşamasında ayrı ayrı olmak üzere hız optimizasyonu gerçekleştirmişlerdir. Oluşturulan çözüm yolunun düzensiz deniz taşımacılığı için gemi rotalarının belirlenmesi ve planlanması konusunda etkili sonuçlar ortaya koyduğu gösterilmiştir. Gemi seferinin her bir aşaması ayrı ayrı dikkate alındığında daha gerçekçi olan bu yöntem yakıt tüketimini azaltma konusunda etkili olmuştur.

2. Hız Azaltma

Deniz taşımacılığı şirketleri, gemi giderlerini azaltmak ve kazançlarını arttırmak için çeşitli çalışmalar yapmaktadır. Gemilerin gider kalemleri içerisinde yakıt en büyük paya sahip olanıdır. Bu nedenle gemi giderlerini düşürmek için yapılan çalışmalar, yakıt tüketiminin azaltılmasına yönelmiştir. Yakıt tüketiminin azaltılmasına yönelik tasarımsal bazı önlemlerin yanında gemilerin seferleriyle ilgili

uygulamalar mevcuttur. Sektörde çalışan birçok firmanın kullanmış olduğu, sefer ile ilgili olan, önlem mahiyetindeki uygulamalar hız faktörüne odaklanmaktadır. Uygulamalarda gemilerin hızlarını düşürüp sefer süresini arttırarak harcanan yakıt miktarının azaltılması hedeflenmektedir. Geminin tam yükte gitmesi durumunda harcamış olduğu yakıt miktarını azaltmak için sefer hızlarını düşürme stratejileri uygulanmaktadır. Geminin hızıyla beraber yakıt tüketiminin de artacağı düşüncesi, özellikle büyük kargo gemileri için yeni bir düşünce değildir. Bundan dolayı gemiler, genellikle en yüksek hızların altında işletilmektedir. Yaşanmış olan ekonomik krize kadar hız düşürme, yararları bilinmesine rağmen pek kullanımda olan bir yakıt ekonomisi uygulaması değildir (Meyer vd., 2012). Ancak 2008 ekonomik krizinin etkisiyle bu yöntem özellikle konteynır gemilerinde uygulanmıştır ve krizin üzerinden geçen uzunca zamana rağmen halen kullanımda olan bir yöntemdir.

Hız azaltımı, uluslararası taşımacılıkta karbondioksit emisyonlarını önemli ölçüde azaltmıştır. Önceleri pek de önemsenmeyen bu yöntem özellikle son yıllarda, konteynır pazarında yaşanan gelişmelerle, çoğu deniz taşımacılığı hattında uygulanmaktadır. Cariou, (2010) çalışmasında hâlihazırda azaltılmış olan CO₂ emisyonlarının, farklı taşımacılık marketlerine yayılıp yayılamayacağını ve bunun sürdürülebilirliğini sorgulamıştır. Çalışmanın bulgularına göre 2008-2010 yılları arasında hız düşürme yöntemi sayesinde emisyonlarda % 11 civarında azalma gözlenmişse de bu yöntemin sadece konteynır gemileri için yakıt fiyatlarının 350-400 \$ civarında seyrettiği sürece, uzun vadede sürdürülebilir olduğuna dikkat çekilmiştir. Bu nedenle yakıt fiyatlarındaki değişikliğin, ileride hız düşürmenin sürdürülebilirliği konusunda oldukça etkili olacağı savunulmuştur. Yakıt fiyatlarının düşmesiyle; hız düşürmenin yaratacağı ek maliyetlerin, yakıt tasarrufundan elde edilecek olan kazancı karşılayamayabileceğine de değinilmiştir.

Deniz taşımacılığında yakıt tüketimi ve emisyonlar arasında bir ilişki mevcuttur. Geminin seferi sırasında, limandan ilk çıkışından tahliye limanına kadar olan her bir sefer kademesinde, hız optimizasyonu yaparak yakıt tasarrufu edilebileceği tahmin edilmektedir. Fagerholt vd., (2010) bu durumu matematiksel olarak analiz etmişlerdir. Çalışmada farklı yaklaşımlar aracılığıyla sefer rotalarında uygun hızlarda seyrederek yakıt tasarrufu sağlayabilmek için bir çözüm yöntemi önerilmiştir. Sonuçlarda gerçek bir nakliye problemine uygun olarak tasarlanan model üzerinden, çözüm yöntemlerinin, oldukça hızlı ve en uygun çözümleri sağladığını gösterilmiştir. Deniz taşımacılığında sefer güzergahı boyunca hızı optimize etmenin etkisinin çok önemli olduğu ve bunun rota oluşturmayı önemli ölçüde etkileyeceği de ayrıca belirtilmiştir.

Lindstad vd., (2011) hız azaltmanın emisyon azaltma ve genel maliyetler üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Deniz kaynaklı karbon dioksit emisyonlarının 2007 yılında tüm dünyada salınanının %3.3'ünü temsil ettiğini bunun 1046 milyon ton CO₂ olduğu belirtilmiştir. Emisyonların sıfır maliyetle % 28 oranında azaltılabileceği sonucuna varmışlardır. Öte yandan, emisyon azaltma miktarı % 33'e ve % 36'ya çıkarsa, sırasıyla ton başına CO₂ azaltımı için 20 \$ ve 50 \$ harcanması gerekir. Çalışmada genel olarak hız azaltımı, denizden kaynaklı emisyonlar, dünya deniz filosunu uygun bir şekilde temsil edebilmesi için uygun gemi sınıflarının seçimi yapılmıştır. Bu doğrultuda maliyet analizinin tutarlı sonuçlar vermesi sağlanmıştır.

Emisyon Kontrol Bölgelerinde (ECA) gemiler tarafından üretilen kükürt oksitler (SO_x) emisyonlarının önüne geçmek amacıyla, kullanılan yakıtın kükürt içeriğine dair katı sınırlamalar getirilmiştir. Maliyet konusunda, düşük kükürtlü yakıt kullanmak avantajlı değildir. Bu nedenle özellikle bu bölgelerde kullanılması zorunlu olan düşük kükürtlü yakıtın yarattığı fazladan maliyeti düşürmek gerekir. Fagerholt vd., (2015) gemi işletmecileri tarafından onaylanmış çalışmalarında, sefer rotaları ve hızlarını belirleyerek işletme maliyetlerini en aza indirecek bir optimizasyon modeli geliştirmişlerdir. Sefer rotalarının ve hızlarının yakıt tüketimi ve maliyetler üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla gerçek deniz taşımacılığı rotaları üzerinde hesaplamalı çalışma yapmışlardır. Çalışmanın bir amacı da ekonomik

etkilerinin yanında çevresel etkiyi de ele almaktır. Çalışmanın sonuçlarında ECA bölgeleri dışından sefer yolunu uzatarak gitmenin maliyet açısından faydalı olacağını görmüşlerdir. Diğer bir yöntem ise ECA bölgelerinden geçen gemilerin daha düşük hızlarda seyir etmesi rotanın ECA bölgesi dışında kalan kısmında ise yüksek hızlarda gitmenin uygun olacağını belirtmişlerdir.

Guan vd., (2014) hız azaltma yöntemiyle çalışan bir büyük konteynır ana makinesinin çalışma koşullarını incelemişlerdir. İki zamanlı gemi dizel motoru bilgisayar üzerinde modellenmiştir. Motorun farklı yüklerde çalışması gerektiğinden bu durumlar simüle edilmiş ve atölye koşullarında gerçek bir motor çalışma sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. % 50 yüklerinde kısa süreli makine operasyonunun simülasyon sonuçları incelenerek kompresör çalışma noktası gösterilmiştir. Turboşarjın kesilmesi durumda, gücünü elektrik motordan alan hava blöverlerinin devreye alınıp alınmaması koşullarını ana makine için karşılaştırılmıştır. Düşük yüklerde turboşarj kullanılmadığından bu durumdan kaynaklanacak yük kayıplarını dolayısıyla fazladan yakıt tüketiminin önüne geçmek için hava blöverlerinin uygun biçimlerde devreye alınması gerektiğini vurgulanmıştır. Düşük yüklerde artacak olan egzoz sıcaklığıyla birlikte hava blöverleriyle bu etkinin azaltılması ve uygun koşullarda da turboşarjın devreye alınması gerektiğini belirtilmiştir. Bu çalışmada hız optimizasyonları uygulamalarının istenen sonucu verebilmesi için ana makinenin hangi koşullar altında çalışması gerektiği farklı hava doldurma yöntemleri üzerinden açıklanmıştır.

Psarftis vd., (2014) hız optimizasyonu konusunda bazı önemli hususları, sefer senaryolarını ve geminin hızını etkileyen farklı değişkenleri de dikkate alarak ortaya koymuştur. Bu temel parametreler ve özellikle gemi sahibi veya kiracısının operasyon durumuna göre hız konusundaki kararları başta olmak üzere diğer unsurları incelemişlerdir. Bunlar yakıt fiyatları, navlun, yükün stok maliyeti ve yakıt tüketiminin yük ile olan ilişkisidir. Ayrıca hız optimizasyonun çevresel açıdan oluşturulan çözüm yöntemlerinin ekonomik açıdan oluşturulan çözüm yöntemleriyle aynı olmadığı gösterilmiştir. Bunun yanında çevresel açıdan uygun gibi görülen çözümlerin yetersiz olduğunu öne sürmüşlerdir. Bu nedenle hız optimizasyonu konusunda en uygun amacın ekonomik kazanç olabileceği öne sürülmüştür.

Deniz taşımacılığında hız düşürmenin ekonomik ve çevresel açıdan etkileri tartışılmaktadır. Bu nedenle gemi sahiplerinin ve kiracıların hız düşürme yöntemlerine olan ihtiyacı gün geçtikçe artmaktadır. Gerek navlunların genel durumu gerekse operasyonel maliyetler onları nispeten daha ekonomik kabul edilen hız düşürme yöntemlerine itmektedir. Bu yönelişin farkında olan makine üreticileri tüketicilerin ihtiyaçlarına karşılık vermek ve hız düşürme yöntemlerini desteklemek amacıyla çalışmalar yürütmektedir. Gerek teknik açıdan yapmış oldukları geliştirmeler gerekse tasarımı konusunda hız düşürmeye olan katkıları görülmektedir. Hız azaltımının makine üzerindeki olumsuz etkileri makine üreticileri tarafından da bilinmektedir. Bu durum makine ömrünü etkileyeceğinden bunu gidermek adına teknik ekipmanlar sunmuşlardır (Wiesman, 2010). Hız azaltımının çok belirgin avantajlara sahip olduğu ve bu nedenle muhtemelen endüstrinin uzun süre kullanmaya devam edeceği sonucuna vararak bu desteği sunduklarını belirtmişlerdir. Hız azaltımı uygun şekilde ele alınması gereken bir konudur. Bu nedenle çeşitli zorluklar ortaya çıkarır ve operasyonel önerilerin de takip edilmesi gerekir.

Lojistik sektörü, dünya ticareti ile dünyadaki taşımacılık hareketlerindeki büyümenin devam etmesi, tedarik zincirindeki mesafelerle birlikte kırılma noktalarının da artması koşullarında, daha yüksek hizmet kalitesi, hız ve esneklik için müşteri taleplerini karşılama konusunda büyük zorluklarla karşı karşıyadır. Lojistik operasyonların ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliği ile ilgili ilave zorluklarda mevcuttur. Perboli vd., (2017) çalışmalarında hız düşürme ve senkro-modal taşımacılığın bir araya getirilmesiyle uluslararası taşımacılıkta emisyonların ve maliyetlerin azaltılması konusundaki etkinliğini göstermişlerdir. Ayrıca bu uygulamanın sürdürülebilirliği ve güvenilirliğini arttırmaya yönelik çalışmaları da içermektedir. Hız düşürme yönteminin senkro-modal taşımayla birlikte kullanılmasının faydalı olacağı sonucuna ulaşmalarına karşın uygulanabilirliği açısından kısıtlamaları mevcuttur. Hem

çevresel açıdan hem de mali açıdan faydaları bulunmasına rağmen bu kısıtlamalarla uygulanması için çalışma gerekmektedir. Deniz taşımacılığı şirketlerinin emisyonlarının azaltılmasına yönelik kullandıkları ekipmanlar ve yöntemler konusunda hala bir eksiklik olması bu kısıtlardan biridir. Bu bağlamda, gemi kaynaklı emisyonların azaltılmasına yönelik endüstri odaklı bir yaklaşım çok önemlidir, çünkü kapsamlı olarak ekipman ve yöntemlerin yakında uygulanması pek olası değildir.

Tai ve Lin, (2013) uluslararası çalışan konteynır gemisinde hız düşürme yöntemi ve günlük frekans stratejileriyle azot oksit (NO_x), kükürt oksit (SO₂), CO₂, hidrokarbon (HC) ve katı partikül azaltımını incelemiştir. Her iki stratejinin de incelenen emisyonları azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. Günlük frekans stratejisinin, hız düşürme yöntemine göre daha etkili olduğunu belirtmişlerdir. Ortalama hızın 22 knot'ta olduğu durumda toplam emisyon 12552,8 ton iken, hız 15 knot'a düştüğünde 7448,7 tona düştüğünü gözlemlemiştir. Bunun yanında inceledikleri rotalar için sefer süresi 30,7 günden 40,3 güne çıkmıştır. Bu durum konteynır taşımacılığı için uygun değildir çünkü bu taşımacılık türünde acil durumlar hariç sabit gemi hızının değiştirilmesi tercih edilmez. Çalışmanın yapıldığı 2011 yılı için geçerli rotalarda hızın 22 knot'tan 18 knot'a düşmesiyle % 22,7; 18 knot'tan 15 knot'a düşmesiyle % 23,3 azaldığını görmüşlerdir.

Bir geminin dalgalara karşı oluşan direnci değerlendirebilmek çok önemlidir, çünkü herhangi bir ilave direnç ile hız kaybı, gecikmeler veya rota değişiklikleri sonucunda ekonomik kayıplara neden olabilir. Potansiyel akış teorisi tabanlı doğrusal şerit teorisi, yeterli mühendislik doğruluğuna sahip hızlı çözümleri nedeniyle, gemi inşa mühendisleri arasında hala yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Tezdoğan vd., (2016), gemi hareketlerini ve S-175 konteynerinin ilave direncini belirleyerek düzenli veya düzensiz çalışma koşullarında etkin güç ve yakıt tüketimindeki artışı hesaplamışlardır. Analizlerini, tasarım ve hız azaltımı koşullarında, normal deniz şartlarında bir dizi dalga koşulu ve düzensiz deniz koşullarında üç farklı deniz hali için gerçekleştirmişlerdir. Yaptıkları çalışmayı modelleyip bunu deneysel verilerle de karşılaştırmışlardır. Karşılaştırma sonucu modelin güvenilirliği onaylanmış ve hız düşürme yönteminin gemi hareketlerini, güç ihtiyacını, yakıt tüketimini ve CO₂ emisyonlarını azaltmada etkili olduğunu görmüşlerdir.

Hız azaltımı, deniz taşımacılığının hem çevresel hem de ekonomik performansını iyileştirme yöntemlerinden biridir. Hız düşürme, yakıt tüketimini ve dolayısıyla yakıt maliyetleri ile egzoz emisyonları azaltmanın tek yolu değildir, ancak zaman açısından ve ekonomik açıdan avantajları nedeniyle dünya çapında nakliye gemileri tarafından geniş çapta uygulanmaktadır. Farklı çalışmaların gösterdiği gibi, bazı müşteriler daha uzun teslimat süreleri ve buna bağlı maliyetler nedeniyle pazardaki pozisyonlarını kaybedebilse de, müşterilerin çoğunluğu hız azaltma yöntemini olumlu olarak kabul etmiştir. Çevreci yaklaşımlar ve maliyetler üzerindeki olumlu etkisi nedeniyle hız düşürme tercih edilen bir yöntemdir (Zanne vd., 2013).

3. Sonuçlar

Hız azaltımı veya hız optimizasyonu yöntemleri günümüzde birçok deniz taşımacılığı şirketinde kullanılan uygulamalardır. Bir şirketin en önemli amacı kar etmek olduğundan bu yöntemlerin ekonomik etkileri bu şirketlerin öncelikli hedefidir. İncelenen çalışmalardan da görüldüğü gibi hız optimizasyonunu en iyi hale getirmek için uygun modeller geliştirilmeye çalışılmaktadır. Modellerin uygulanabilirliği yalnızca belirli rotalar üzerinden test edildiğinden global anlamda sonuç elde edebilmek için geliştirilen bu modellerin uygulama örnekleri genişletilmelidir.

Çalışmalarda aradan geçen zamanla birlikte gerek global ekonomik durum gerekse denizyolu taşımacılığındaki yönelimler taşımacılıkla ilgili diğer tüm parametreleri etkilemektedirler. Bu nedenle bazı çalışmaların günümüz navlun, yakıt fiyatları, yük çeşidine bağlı gemi türü yönelimi, siyasi ve politik

ilişkilerin yanında uluslararası çevre ile ilgili kurallara göre yeniden gözden geçirilmesi gerektiği söylenebilir. Muhtemelen günümüz koşulları dikkate alındığında özellikle maliyet analizleri ile ilgili farklı durumlar ortaya çıkacaktır. Bu duruma sebep olarak global krizin üstünden geçen süre ve petrol fiyatlarındaki değişim gösterilebilir.

Konteynır yük taşımacılığında taşıma hızı önemli bir konudur. Bu nedenle hız optimizasyonunun uygulanabilirliği ilgili deniz taşımacılığı şirketlerinin yapmış oldukları anlaşmalar dahilinde yeniden sorgulanabilir. Günümüzde müşteri memnuniyetini üst düzeyde tutmak adına, taşıma işleminin olabildiğince hızlı gerçekleşmesi istenmektedir. Durum böyleyken özellikle düzenli yol konteynır taşımacılığı yapan şirketlerin hız optimizasyonu uygulamaları pek de mümkün görülmemektedir. Tüm bunların yanında özellikle düşük navlun fiyatları ve düzensiz denizyolu taşımacılığının nispeten daha çok görüldüğü kuru yük gemilerinde hız düşürme yöntemi ile sefer yapmak daha uygun görünmektedir.

Hız düşürmenin çevreye olan etkileri uluslararası kurallar çerçevesinde pozitif sonuçlar doğurmuştur. Firmaların öncelikli amacı yakıt maliyetlerini düşürmek olsa da emisyon kısıtlamalarının getirmiş olduğu yaptırımlardan kaçınmak için de hız düşürme yöntemi kullanılmaktadır. Günümüz şartlarında artan çevre bilinciyle birlikte bu uygulamaların destekleneceği söylenebilir. Hem çevreye karşı olumlu etkisi hem de ekonomik oluşu nedeniyle kazan-kazan olarak nitelendirilebilecek cazip sonuçları olduğu yapılan çalışmalardan da görülmüştür.

Teşekkür

Bu çalışma Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından BAP-18-DF-1009-058 numaralı proje numarası ile desteklenmiştir.

4. Kaynaklar

IMO, 2014, MEPC 66, MARPOL Annex VI Regulation 13/14, International Maritime Organization (IMO) London, UK, April.

Andersson, H., Fagerholt, K., & Hobbesland, K. (2015). Integrated maritime fleet deployment and speed optimization: Case study from RoRo shipping. *Computers & Operations Research*, 55, 233-240.

Norstad, I., Fagerholt, K., & Laporte, G. (2011). Tramp ship routing and scheduling with speed optimization. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 19(5), 853-865.

Meyer, J., Stahlbock, R., & Voß, S. (2012). Slow steaming in container shipping. In 2012 45th Hawaii International Conference on System Sciences (pp. 1306-1314). IEEE.

Cariou, P. (2010, September). Is slow steaming a sustainable mean for reducing liner shipping CO2 emissions. In *Euromed Management Mare Forum* (Vol. 14).

Fagerholt, K., Laporte, G., & Norstad, I. (2010). Reducing fuel emissions by optimizing speed on shipping routes. *Journal of the Operational Research Society*, 61(3), 523-529.

Lindstad, H., Asbjørnslett, B.E., Strømman, A.H., (2011). Reductions in greenhouse gas emissions and cost by shipping at lower speeds, *Energy Policy*, 39:3456-3464.

Fagerholt, K., Gausel, N. T., Rakke, J. G., & Psaraftis, H. N. (2015). Maritime routing and speed optimization with emission control areas. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 52, 57-73.

Guan, C., Theotokatos, G., Zhou, P., & Chen, H. (2014). Computational investigation of a large containership propulsion engine operation at slow steaming conditions. *Applied energy*, 130, 370-383.

Psaraftis, H. N., & Kontovas, C. A. (2014). Ship speed optimization: Concepts, models and combined speed-routing scenarios. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 44, 52-69.

Wiesmann, A. (2010). Slow steaming—a viable long-term option?. *Wartsila Technical Journal*, 2, 49-55.

Perboli, G., Musso, S., Rosano, M., Tadei, R., & Godel, M. (2017). Synchro-modality and slow steaming: New business perspectives in freight transportation. *Sustainability*, 9(10), 1843.

Tai, H. H., & Lin, D. Y. (2013). Comparing the unit emissions of daily frequency and slow steaming strategies on trunk route deployment in international container shipping. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 21, 26-31.

Tezdogan, T., Incecik, A., Turan, O., & Kellett, P. (2016). Assessing the impact of a slow steaming approach on reducing the fuel consumption of a containership advancing in head seas. *Transportation Research Procedia*, 14, 1659-1668.

Zanne, M., Počuča, M., & Bajec, P. (2013). Environmental and economic benefits of slow steaming. *Transactions on maritime science*, 2(02), 123-127.