

Yayın Geliş Tarihi: 09.09.2020
Yayına Kabul Tarihi: 24.09.2020
Online Yayın Tarihi: 05.10.2020

Dokuz Eylül Üniversitesi
Denizcilik Fakültesi Dergisi
ULK 2019 - UDTS 2020 Özel Sayı
Sayfa:15-31
ISSN:1309-4246
E-ISSN: 2458-9942

DOI: 10.18613/deudfd.803379
Araştırma Makalesi

KONTEYNER TERMİNAL EKİPMANLARI ARASINDA OPERASYONEL VERİMLİLİĞE GÖRE LİMAN EKİPMAN SEÇİMİ: KARŞILAŞTIRMALI BİR SİMULASYON ANALİZİ

Sedat BAŞTUĞ¹
Seçil GÜLMEZ²
Alpaslan ATEŞ³
Vahit ÇALIŞIR⁴

ÖZET

Gemi büyüklüğü ve çeşitliliğinin artışı, liman vinçlerinin teknolojik ve yapısal olarak değişimine neden olmaktadır. Bu değişim, ekipman seçiminin liman kapasite planlamaları, verimlilik hedefleri, mevcut gereklilikler ve amaçlar doğrultusunda yapılmasını gerektirmektedir. Bu yüzden çalışmanın ana amacı, gemilerden sahile konteyner elleçleyen liman ekipmanları arasındaki operasyonel verimliliği uygulamalı olarak karşılaştırmak ve doğru ekipmanı seçmektir. Araştırmada “Small-N” karşılaştırmalı analiz metodu, ekipmanların üstün ve zayıf yönlerinin tespit edilebilmesi amacıyla tercih edilmiştir. Çalışma için geliştirilen özgün bir simülasyon yazılımı aracılığı ile 2 adet MHC (Mobile Harbour Crane) ve 1 adet SSG (Ship to Shore Gantry Crane) ekipmanlarına ait veriler kullanılmıştır. Araştırmanın sonuçları göstermektedir ki liman ekipman seçimi, ekipmanlarının saatlik hareketlerine göre değişmektedir. Gemi sahipleri limanın verdiği hizmete odaklandığından ötürü liman-hat anlaşmaları minimum

¹ Dr.Öğr. Üyesi İskenderun Teknik Üniversitesi Barbaros Hayrettin Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi, Denizcilik İşletmeleri Yönetimi Bölümü, sedat.bastug@iste.edu.tr Orcid no: 0000-0002-7121-2882

² Dr.Öğr. Üyesi İskenderun Teknik Üniversitesi Barbaros Hayrettin Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi, Denizcilik İşletmeleri Yönetimi Bölümü, secil.gulmez@iste.edu.tr Orcid no: 0000-0002-4342-4386

³ Doç. Dr. İskenderun Teknik Üniversitesi Barbaros Hayrettin Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Bölümü, alpaslan.ates@iste.edu.tr Orcid no: 0000-0002-0933-2664

⁴ Dr.Öğr. Üyesi İskenderun Teknik Üniversitesi Barbaros Hayrettin Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Bölümü, vahit.calisir@iste.edu.tr Orcid no: 0000-0001-6575-8988

hareket sayı sınırına kadar yapılmaktadır. Bu noktada MHC'lerin yanıl hareketleri yüzünden vinç ve hareket sayısı kısıtlanmakta ve sonuç olarak STS'ler konteyner operasyonlarında önemli bir rekabetçi avantaj sağlamaktadır.

***Anahtar Kelimeler:** Liman Ekipmanları, Liman Simülasyon Teknikleri, Operasyonel Verimlilik, Karşılaştırmalı Analiz Tekniđi*

PORT EQUIPMENT SELECTION BETWEEN CONTAINER TERMINAL EQUIPMENT ACCORDING TO OPERATIONAL EFFICIENCY: A COMPARATIVE SIMULATION ANALYSIS

ABSTRACT

The rise in the ship size and diversity causes the technological and structural change of harbor cranes. This change requires equipment selection to be made in line with port capacity plans, efficiency targets, current requirements and objectives. Therefore, the main aim of the study is to compare the operational efficiency of port container handling equipment from ships to shore in practice and, finally, to select the right equipment. In this study, the "Small-N" comparative analysis method was preferred in order to determine the strengths and weaknesses of the equipments. The data belonging to 2 MHC (Mobile Harbor Crane) and 1 SSG (Ship to Shore Gantry Crane) equipments were used by means of a unique simulation software developed for this study. The study findings show that the selection of port equipment varies according to the hourly movements of the equipment. As a consequence of the ship owners that only focus on the service provided by the port, port-line agreements are made up to the minimum number of movements. At this point, the number of cranes and movements is limited due to the lateral movements of MHCs and as a result, STSs provide a significant competitive advantage in container operations.

***Keywords:** Port Equipment, Port Simulation Techniques, Operational Efficiency, Comparative Analysis Technique*

1. GİRİŞ

Son yıllarda deniz taşımacılığında kaydedilen artış ile birlikte deniz taşımacılığı sektörü, daha hızlı ve yüksek hacimli gemilere yönelmiştir. Daha yüksek kapasiteli gemilerin deniz taşımacılığı faaliyetlerinde artan kullanımı, gerek yüksek finansman gerektiren yatırımlar olması, gerekse liman kapasitesi açısından zorlayıcı olması sebebiyle liman operasyonlarında verimlilik konularına olan ilgiyi artırmıştır (Dayananda ve Dwarakish, 2018; Beškovnik, 2008).

Limanlar genel anlamda birçok alt sistemden oluşan ve rastlantısal faktörlerin tüm sisteme etki ettiği dinamik ve kompleks sistemler olarak tanımlanmaktadır (Esmer, 2008). Limanı oluşturan tüm sistemler, deniz ve kara arasında etkin bir taşıma bağlantısı oluşturacak, değişen arz talep koşullarına da hızlı adapte olacak ve verimliliği artıracak şekilde hizmet ve operasyonel seviyelerde tasarlanmalıdır (Schott ve Lodewijks, 2007).

Limanlarda verimlilik çoğunlukla yüklerin sorunsuz ve verimli bir şekilde elleçlenmesine bağlıdır. Yük elleçleme sistemleri ve bu sistemlerin otomasyon seviyesi, liman verimliliğinin temelini oluşturan faktörlerdendir (Beškovnik, 2008). Genel olarak bir limanın yük elleçleme ekipmanları, rıhtım, transfer ve alan ekipmanları olarak 3 temel düzeyde değerlendirilebilir. Alan ve transfer ekipmanları dışında, rıhtımlar gemi trafiğini karşılaması ve yüklerin elleçlenmesi açısından limana ait diğer alt sistemlerin çalışma prensibini etkilemektedir (Bugarcic vd. 2012). Dolayısıyla bu çalışmada, rıhtım elleçleme ekipmanlarından MHC (Mobile Harbour Crane) ve STS (Ship to Shore Gantry Crane)'nin operasyonel verimliliği, özgün bir simülasyon yazılımı aracılığı ile elde edilmiş veriler ile ölçülmüştür.

Simülasyon yöntemi, liman verimliliğinin değerlendirilmesinde sıklıkla tercih edilen bir yaklaşımdır (Sun vd. 2017). Son yıllarda geliştirilen interaktif simülasyon teknikleri, yüksek maliyet ve risk içeren limancılık endüstrisinin verimlilik ölçümleri için önemli bir araç haline gelmiştir. Özellikle farklı tip liman ekipmanlarının (liman vinçleri, mobil vinçler, forkliftler vb.) kullanımı, terminal ekipman verimliliğinin ölçülmesini zorunlu kılmıştır. Verimlilik parametrelerinin ölçümü ve maliyet tahmininin yapılabilmesi için limanlarda öncelikle operasyonel planlamanın dolayısıyla ekipman, liman yerleşimi ve yük elleçleme yöntemlerinin belirlenmesi gerekmektedir (UNCTAD, 1985). Terminallerin tasarımı, projelendirilmesi ve planlanması, optimizasyon ve simülasyon olarak iki önemli yaklaşım doğrultusunda gerçekleştirilebilir. Optimizasyona dayalı model yaklaşımları, problemin daha kompakt bir formülasyonu sağlarken, simülasyona dayalı modeller, matematiksel modellerin dayandığı temel kısıtların eliminasyonu, probleme yönelik oluşturulan stratejileri/politikaları daha anlaşılır kılması ve karar vericilerin farklı opsiyonları da anlık olarak değerlendirmesine olanak tanımaktadır (Elentably, 2016).

Literatürde simülasyona ilişkin birçok model uygulama önerilmiş ve sonuçlar bu tür bir yaklaşımın liman ekipman verimliliğinin ölçümünde oldukça etkili olduğunu göstermiştir. Literatürdeki katkıların çoğu (Demirci, 2003; Dahal, 2007; Sun vd. 2013) nesne tabanlı simülasyon modelleri tarafından geliştirilmiş ve temel taşıma faaliyetlerini (vinçlerin,

istif makinelerinin yada piyasa araçlarının kullanılması) incelemiştir. Simülasyon modellerinin çoğu sürekli hareket halindeki konteyner topluluklarını simüle ettiklerinden ötürü liman vinçlerinin birbirleri arasındaki karakteristik farklılıkların ve bu farklılıkların birbirlerine olan etkisini dikkate almamıştır. Halbuki bu durum ekipman seçimini doğrudan etkilemektedir.

Bu yüzden çalışmanın amacı, gemilerden sahile konteyner elleçleyen farklı tipteki liman ekipmanları arasındaki operasyonel verimliliğin karşılaştırılması ve doğru ekipman seçimidir. Belirli kısıtlar ve kabullere dayanan optimizasyon modellerinin oluşturduğu kısıtlarının elimine edilebilmesi ve farklı opsiyonların da anlak olarak değerlendirilebilmesi amacı ile simülasyon kullanılmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Mevcut literatürde simülasyon yöntemi, konteyner limanlarının verimlilik ölçümlerinde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Ayrıca elleçleme ekipmanlarının verimlilik analizlerine yönelik çalışmalarda simülasyon yöntemini kullanma eğilimi, oldukça yaygındır.

Choi (2004) konteyner terminallerine ait kaynakların verimliliği ölçen bir simülasyon geliştirmiştir. Durum geçiş ağı (state transition network) yaklaşımı ile geliştirilen simülasyon, ekipman atama etkinliğinin değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Pourahmadi vd. (2015) otomatik konteyner terminalleri ile konvansiyonel terminaller arasındaki verimlilik farklılıklarını kuyruk teorisi yaklaşımı ile ARENA simülasyon yazılımı kullanarak incelemiştir. Simülasyon için ekipman hızları, terminal yerleşimi, elleçleme süresi ve ekipman sayısı parametreleri dikkate alınmıştır. Daha çok ekonomik ve finansal değerlendirmenin yapıldığı çalışmada, otomatik konteyner terminallerinin, konvansiyonel konteyner terminallerine nazaran finansal olarak daha verimli olduğu belirtilmiştir. Houjun vd. (2011), konteyner terminalleri operasyon süreçlerini analiz ederek, sanal bir çevrede işbirliği ve karşılıklı etkileşim sayesinde liman ekipmanlarının operasyonel verimliliğinin, tüm terminalin hizmet seviyesine etkisini ölçmüşlerdir. Demirci (2003), elleçleme ekipmanlarına yönelik gerekli yatırımları analiz edebilmek için darboğazların tespit edildiği bir simülasyon modeli geliştirmiştir. AWESIM simülasyon dilinin kullanıldığı çalışmada girdi değişkenleri olarak rıhtım sayısı, elleçleme ekipman sayısı, depo sayısı, gemi varış ve hizmet süresi dağılımı, gemi tipleri ve gemi varışları arası olasılık dağılımı kullanılmıştır. Zhu vd. (2010), 40' konteyner elleçleyebilen rıhtım vinci ve raylı portal vinç (RMG (Rail mounted gantry crane)) ekipmanlarını dikkate alarak simülasyon yöntemi aracılığı ile otomatik konteyner terminalleri için yeni bir elleçleme

teknolojisi önermiştir. Çalışmada elleçleme süreçleri analiz edilerek terminalin operasyon koşulları belirlenmiştir. Olay güdümlü ve sanal gerçeklik yaklaşımları ile oluşturulan simülasyon sürecinde, belirlenen ekipmanlara ait verimlilikler hesaplanmıştır. Na vd. (2014) ise mevcut rıhtım vinçleri ile çalışma kapsamında önerilen rıhtım vinci arasındaki operasyonel verimliliği 3D modelleme ile karşılaştırmış, yenilikçi operasyonel sistem verimliliğini liman rekabetçiliği açısından incelemiştir. Kim ve Kim (2019) MHC ekipmanlarını analiz edebilmek ve optimal bir sistem tasarımı yapabilmek için bir simülasyon modeli geliştirmiştir. MHC ekipmanlarının operasyonel özelliklerini yansıtan ve sistemin verimlilik ölçümüne olanak sağlayan simülasyon modelinde, ekipman sayısı, MHC ekipmanlarının kapasitesi, gemi ve rıhtımın operasyon hızı, ekipmanın ilerleme hızı, gemi bilgileri ve rıhtım sayısı girdi değişkenleri olarak kullanılmıştır. García-Fernández vd. (2011) MHC ekipman kalitesinin geliştirilmesi amacıyla MHC eğitim simülasyonu geliştirmişlerdir. Karmaşık fiziksel sistemlerin geliştirilmesini ve donanımsal çözümlerin analizinin yapılmasını amaçlayan çalışma, dökme yükler baz alınarak gerçekleştirilmiştir.

Tüm bu çalışmalar değerlendirildiğinde, genellikle simülasyon yönteminin süreç temelli olduğu tespit edilmiştir. Operasyonel süreçlerin tanımlanması ile birlikte sistem davranışlarının incelendiği bu çalışmalar, vinç operatörünün elleçleme becerilerinin hizmet süresine etkisini göz ardı etmiştir. Ayrıca literatürde gemi boyutlarına göre ekipman niteliğinin, kapasitesinin ve sayısının belirlenmesi noktasında, karar vericilere ekipman verimliliği hakkında gerekli önerileri sunacak ve karar verme sürecinde liman yöneticilerini destekleyecek nitelikte çalışmaların sınırlı olduğu tespit edilmiştir. García-Fernández vd. (2011), her ne kadar sanal gerçeklik ile dökme yük terminallerinde olmak üzere MHC eğitim simülatörü tasarlamış ve elleçleme sürecini simüle etmiş olsa da, gerçekleştirilen çalışma ile elleçleme sürecindeki hataların eliminasyonu ve vinç operatörlerinin eğitimi amaçlanmıştır. Dökme yük elleçlemesinin, konteynerlerden farklılaştığı da dikkate alındığında bu çalışma, liman yöneticilerine ekipman nitelikleri konusunda karar vermelerini sağlayabilecek ve ekipman özellikleri konusunda yatırım kararlarını değerlendirmesine olanak sağlayacak literatürde belirlenen eksikliklerin giderilmesini amaçlamaktadır.

3. METODOLOJİ

Sosyal bilimlerde karşılaştırma yöntemi, teori inşasında sıklıkla kullanılan ve olaylar arasında benzerlikler ile farklılıkları keşfetmeye yarayan bilimsel bir analizdir. Aslında bu yöntemde vakalar birbirleriyle karşılaştırıldıklarından ötürü, gelişmiş bir vaka analizi olarak ta sayılabilir.

Esser ve Vliegthart (2017), karşılaştırma yöntemini beş aşamada incelemişlerdir. En temel seviye olan ilk aşama, araştırma sorusu veya hipotez ile başlar. İkinci olarak bağlamsal açıklamalar, karşılaştırmanın işlevselliği açısından yapılmalıdır. Örneğin, STS'in eşdeğeri olabilecek ve aynı gemiye yükleme veya tahliye yapabilecek liman ekipman eşdeğeri ne olabilir? sorusu bu aşamada sorulmalıdır. Üçüncü aşamada, ilk iki aşamada yapılan çalışmalar birleştirilerek sınıflandırmalar ve tipolojiler oluşturulmalıdır. Sınıflandırmalar, gruplandırılan vakaların o dünyadaki karmaşıklığını düşürmeyi amaçlar. Tipolojiler ise araştırmaya konu olan vaka üzerindeki teorinin başlangıç noktasıdır. Landman (2008) tasvir edilen ve sınıflandırılan tüm kavramların, karşılaştırmayı yapan tarafından açıklanması gerektiğini ifade etmiştir. Benzerliklerin ve farklılıkların açıklandığı bu kısım, karşılaştırma yönteminin dördüncü aşamasıdır. Son kısımda ise, karşılaştırma yöntemi araştırmacıya bir öngörü yapabilme imkânı sunar. Böylelikle farklı vakalar arasında karşılaştırma yaparak gelecekteki çalışmalar için bilimsel bir teori altyapısı oluşturulur.

Karşılaştırma yönteminin örneklem boyutuna göre iki farklı türü bulunmaktadır. Bunlar, küçük N “Small-N” ve büyük-N “Large-N” şeklinde sıralanmaktadır. Vaka analizlerinde kullanılan örneklem boyutları hakkında farklı görüşler bulunmaktadır. En yaygın görüş örneklem boyutunun 3 ile 10 elemana sahip olması gerektiğidir. Bu çalışmada örneklem boyutu üç ekipmanı geçmediğinden ötürü, küçük-N yöntemi tercih edilmiştir. Günümüzde karşılaştırmalı analizler Mill (1856) “*Benzerlik ve Farklılık Yöntemleri*” ile Teune ve Przeworski (1970) “*En Farklı ve En Benzer Sistem Tasarımları*” eserlerine dayanmaktadır.

“Yarı deneysel mantık (Quasi-Experimental Logic)” kavramına göre, analizci öncelikle bağımsız değişken olarak test edeceği sistemi seçer ve seçtiği sistemin verimliliği ise bağımlı değişken olarak belirtir. Öylese bu çalışmada, liman vinçleri bağımsız değişken ve verimlilik kriteri bağımlı değişken olarak görülmelidir. Öte yandan, bu tür yarı deneysel araştırma tasarımlarında genellikle bağımlı değişkene ait varyansı açıklayan kriterlerin güçlü bir nedensellik içermesine izin verilmemektedir.

Çalışmada Unity3D üzerinden geliştirilen üç boyutlu bir simülasyon yazılımı kullanılmıştır. Unity3D, öncelikli olarak bilgisayarlar, mobil cihazlar için oyun ve endüstriyel simülasyon geliştirmek için kullanılan ve Unity Technologies firması tarafından sürekli olarak geliştirilen üç boyutlu bir motordur. Unity3D’inin sahip olduğu fizik motoru, UnityScript denilen söz dizimsel olarak JavaScript’e benzeyen betik dili ve occlusion culling gibi özellikleri sayesinde endüstriyel yazılım geliştirenler içinde önemli avantajlar sunmaktadır. Örneğin, LG firması otonom araç tasarımcılarının

algoritmalarını test etmeleri için “LGSVL Simulator: An Autonomous Vehicle Simulator” simülatorünü Unit3D motoru üzerinden geliştirmiştir. Denizcilik alanında da Unity3D’nin kullanıldığı simülasyon örnekleri (örn. margantech vb.) bulunmaktadır. Aynı şekilde simülasyonda kullanılan liman ekipman modelleri (STS vinç modeli; ZPMC, MHC modeli; Gottwald HMK 7608 ve vinç ataçmanı; Bromma Twin Telescopic Spreader) gerçek hayatta kullanılan ekipmanların karakteristiklerine uygun bir şekilde tasarlanmışlardır.

Simülator, başka bir simülasyon yazılımı “ARENA 12.0” ve gerçek veriler kullanılarak ekipmanlar pilot bir çalışma ile test edilmiştir. Pilot çalışmada kullanılan gerçek veriler ASSAN limanından 27 Mayıs 2019 tarihinde toplanmıştır. Test esnasında toplam 1 adet Gottwald vinç modeli kullanılarak 729 konteyner hareketi yapılmış ve 805 adet konteyner elleçlenmiştir. Aradaki 76 adetlik (38 TEU tahliye, 38 TEU yükleme) bu fark, gemiden alınan ancak gemiye tekrar yüklenen yükten ibarettir. 729 konteyner hareketinin 450 adeti tahliye ve kalan 279 adedi ise yüklemedir. Kullanılan üç boyutlu geminin modeli 4675 TEU kapasiteli, 294 metre tam boy (LOA), 32 metre genişlik (Beam), ve 6220 ton DWT kapasitesine sahip MSC Rochelle gemisidir.

Tablo 1: Simülator Test Sonuçları

Test Edilen Ekipman	Yapılan Testler	Gerçek	Simülasyon
MHC	Toplam Operasyon Süresi (Saat)	34,9	34,8
	Toplam Hareket Sayısı (Birim)	729	729

3.1. Bağlamsal Tanımlar

Bu kısımda, birbirleriyle karşılaştırılacak ekipmanların tanımları ile verimlilik kriterlerinin bağlamsal tanımları verilmektedir. Metodolojide de belirtildiği üzere ekipmanlar bağımsız değişken, ekipman verimlilik kriteri ise bağımlı değişkendir. Bu yüzden, tanımlamalar iki kısımdan oluşmaktadır. İlk kısımda limanda yükleme ve tahliyelerde kullanılan STS ile onun yerini alabilecek mobil bir vincin karakteristikleri verilmektedir. Bu tanımlara göre;

a. Liman Sahil Vinci (STS, Ship to Shore Gantry Crane): Bu tip vinçler, genelde başlangıçta sadece ya konteyner ya da dökme yükler için donatılarak kullanılırlar. STS’lerin yoğun olarak kullanıldığı yük tipi konteyner olmakla beraber, demir-çelik fabrikalarına ait limanlarda cevher

tahliyelerinde veya maden ocaklarına ait limanlarda dökme madenlerin yüklemesinde kullanıldığı görülmektedir. Bu yük tiplerinin yanısıra, zaman zaman genel yük elleçlenmesinde de kullanıldığı görülmektedir.

b. Mobil Liman Vinci (MHC, Mobile Harbour Crane): Lastik tekerlekler üzerinde hareket eden, ana ve aktarma konteyner gemilerine yükleme, tahliye ve şifing operasyonu yapma yeteneklerine sahip önemli bir vinç ekipmanıdır. Seçilecek vinç, birden fazla iskelede veya iskelenin her iki tarafında da kullanılmak isteniyorsa, vinç etrafında 360 derece de yük elleçlemek isteniyorsa, aynı zamanda ağır tonajlı genel kargolar elleçlemek isteniyorsa MHC'lerin kullanılması vazgeçilmezdir.

c. Verimlilik Kriteri: Verimlilik ölçütleri girdinin çıktıya oranı olarak ifade edilmektedir. Verimliliğin ölçülmesi konteyner terminal işleticisi için operasyon maliyetlerinin hesaplanmasında önemli rol oynar. Esmer (2008)'e göre terminal operatörleri verimliliği gözlemlemek istemelerine rağmen, verimlilik ölçütlerini ölçmeye ihtiyaçları olduğunu söylemektedir. Bunun için yedi ayrı verimlilik ölçütü belirlemiştir: gemi verimliliği, vinç verimliliği, rıhtım verimliliği, terminal bölge verimliliği, ekipman verimliliği, işçi verimliliği ve maliyet liderliğidir. Bu çalışmada, konteyner yükleri esas alındığından vinç verimliliği yerine ekipman verimliliği kullanılmıştır. Esmer (2008)'e göre, ekipman verimliliği her bir ekipman yada ekipman topluluğunun saatte ürettiği konteyner hareketidir.

3.2.Sınıflandırmalar

STS tipi vinçler çoğunlukla bom mekanizmalarına göre farklı sınıflandırmaktadırlar. Bartošek ve Marek (2013) STS'leri yüksek ve düşük profilli olmak üzere iki gruba ayırmışlardır. Yüksek profilli STS'ler su seviyesinde üstünde katlanabilir bomun yanında, düşük maliyetli olup her bir tekerleğe binen yük eşit şekilde dağılmaktadır. Ancak düşük profilli STS'lerde ise sabit bom donanımına sahip, çok yüksek olmayan vinç tipleridir.

STS tip vinçlerde görülen bir başka sınıflandırma ise kaldırma (hoisting) sistemine göre yapılmaktadır. Kimi STS'ler tek kaldırma sistemine sahip iken kimisi ise çift tandem donanıma sahiptir. Tandem donanımı STS'lerin aynı anda birden fazla konteyneri kaldırıp indirilmesine olanak sağlamaktadır. STS'lerin kaldırma kapasiteleri konteyner tipine göre 50 tona kadar çıkabilmektedir.

MHC'lerde ise sınıflandırmalar ağırlıklarına ve vinç bomunun yanal yarıçaplarına göre yapılmaktadır. En büyük modellerde 200 ton yük kaldırma kapasitesi ve 61 metre bom yarıçapına sahip iken, en küçük

modeller 80 ton yük kaldırma kapasitesi ve 40 metre bom yarıçapı ile çalışabilmektedirler. Her iki vinç tipi de elektrikle çalışırken, MHC'ler üzerlerindeki dizel makineleri de kullanabilmektedirler.

Kullandıkları ataçmanlar açısından da hem STS'lerin hem MHC'lerin farklı sınıflandırmaları bulunmaktadır. STS'ler ataçman olarak tekli, çiftli ve tandem şeklinde çalışabilirken, MHC'ler sadece tekli ve çiftli ataçman aparatlarıyla çalışabilmektedirler.

Çalışmada kullanılan vinçlerin elektrikle çalıştıkları, her iki vincinde kaldırma kapasitelerinin eşit olduğu ve tekli ataçman kullandıkları düşünülmüş ve simüle edilen liman sahası üzerinde aynı anda çalışan 2 MHC ile 1 STS'nin ekipman verimlilikleri ölçülmüştür.



Grafik 1: Liman Ekipman Simülatörü

3.3. Öngörü ve Bulgular

Bu kısımda, seçilecek vinç için verimlilik kriteri (ekipman verimliliği) incelenerek doğru vincin seçilmesi amaçlanmaktadır. Bunun için öncelikle 8 saatlik konteyner hareketleri 2.300 TEU'luk bir aktarma gemisinin modeli kullanılarak simülasyon üzerinde öngörü yapılmaya çalışılmıştır. Kullanılan üç boyutlu geminin modeli 2300 TEU kapasiteli, 195,6 metre tam boy (LOA), 30,2 metre genişlik (Beam), ve 30554 ton DWT kapasitesine sahip Safmarine Illove gemisidir.

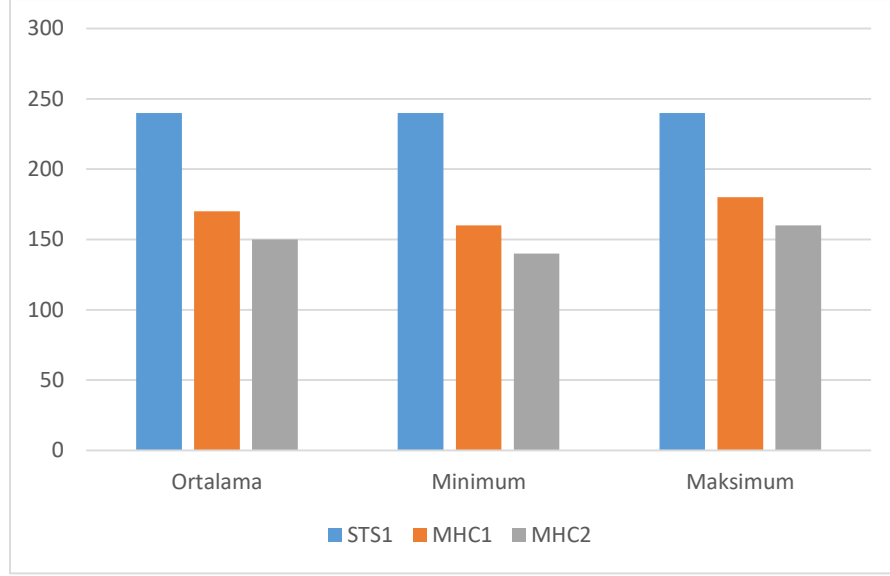
Sekiz saat içinde kullanılan posta saatleri, elleçleme tipi, her posta için atanan konteyner sayısı, kullanılan ataçman, trolleyin veya bom'un x düzlemindeki konumu ve elleçlenen konteyner sayıları açık bir şekilde belirtilmiştir.

Tablo 2: Liman Ekipmanları Konteyner Hareketleri

Vinç	Tanım	00:00 - 04:00	04:00 - 08:00	Konteyner Hareketi		
				Ortalama Hareket Sayısı	Minimum Hareket Sayısı	Maksimum Hareket Sayısı
STS1 (*)	Elleçleme Tipi	Tekli	Tekli	60,00	60,00	60,00
	Tahliye / Yükleme	Yükleme	Tahliye			
	X Düzlemindeki Konumu	40	68			
	Süre (Sn.)	14,400	14,400			
	Her Postada Elleç. Kont. Sayısı	240	240			
	Saatte Elleç. Kont. Sayısı	60	60			
MHC1 (**)	Elleçleme Tipi	Tekli	Tekli	42,50	40,00	45,00
	Tahliye / Yükleme	Yükleme	Tahliye			
	X Düzlemindeki Konumu	120	128			
	Süre (Sn.)	14,400	14,400			
	Her Postada Elleç. Kont. Sayısı	180	160			
	Saatte Elleç. Kont. Sayısı	45	40			
MHC2 (**)	Elleçleme Tipi	Tekli	Tekli	40,00	40,00	40,00
	Tahliye / Yükleme	Yükleme	Tahliye			
	X Düzlemindeki Konumu	180	160			
	Süre (Sn.)	14,400	14,400			
	Her Postada Elleç. Kont. Sayısı	140	160			
	Saatte Elleç. Kont. Sayısı	40	40			
	Ortalama	47,50	47,50	Vinçlerin Ortalama Verimliliği 47,50		
	Minimum	40	40			
	Maksimum	60	60			

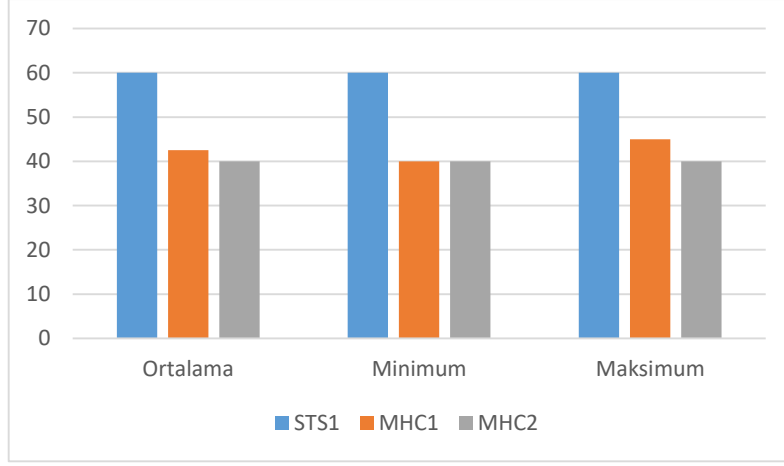
(*) Ekipman özellikleri Tablo 3 ve Şekil 5’de gösterilmektedir.

(**) Ekipman özellikleri Tablo 4 ve Şekil 6’da gösterilmektedir.

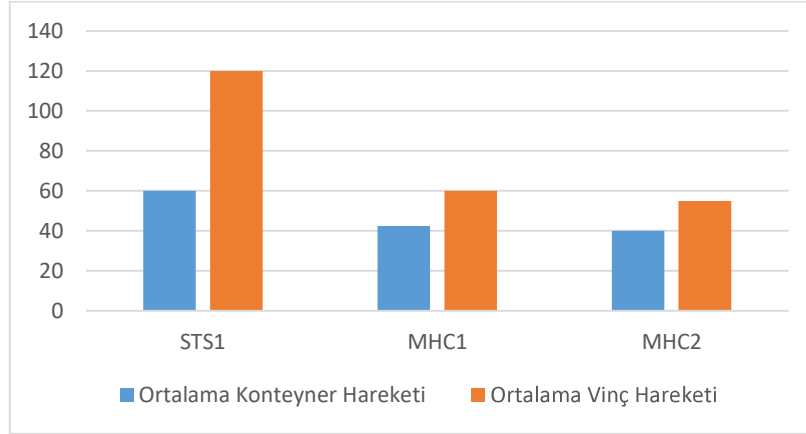


Şekil 2: Liman Ekipman Verimliliği
(Her Postada Elleçlenen Konteyner Sayısı)

Bununla beraber, gemi verimliliği, vinç verimliliği, rıhtım verimliliği, terminal bölge verimliliği ve işçi verimliliği değişmeden hesaplama yapılmıştır. Aşağıdaki Şekil 1’de ve Tablo 2’de her vincin posta başına vinç verimlilikleri, Şekil 2’de ise saatlik verimlilikleri gösterilmektedir. Bartošek ve Marek (2013)’e göre, liman vinçleri normal koşullarda saatte 30 ile 50 konteyner hareketi yapmaktadırlar. Konteyner terminalinde maksimum verimlilik için üst limitin %80’nin başarılması gerekmektedir. Ancak, konteyner terminalinde bir takım teknik nedenlerden ötürü (örneğin olumsuz hava koşulları vb.) maksimum verimliliği yakalanması zorlaşmaktadır. Nitekim her iki vinç türünde de en önemli problemlerden bir tanesi, yükün elleçlenmesi esnasında ataletlerden kaynaklanan sallantı durumudur. Bu sallantının giderilmesi için, STS’lerde direk olarak çeşitli antisway sistemleri neredeyse standart olarak sunulmaktadır. Buna karşın MHC’ler de ise, bazı üreticiler bu özelliği opsiyon olarak vermekle beraber, kullanımı pek yaygın değildir. Bu durum, Şekil 3’de de görüldüğü üzere ekipman verimliliğini de olumsuz yönde etkilemektedir.



Şekil 3: Liman Ekipman Verimliliği (Saatte Elleçlenen Konteyner Sayısı)



Şekil 4: Liman Ekipman Verimliliği
(Konteyner ve Vinç Hareket Ortalamaları)

Şekil 4'te ise tüm vinçlerin verimliliğini ölçmek için konteyner sayısı ve saatlik vinç hareketleri de birbirleri ile karşılaştırılmaktadır.

4. SONUÇLAR, KISITLAR VE GELECEK ÇALIŞMALAR İÇİN ÖNERİLER

Araştırmanın metodoloji karşılaştırma yöntemine dayanan küçük bir örnekleme gerçekleştirilen bir vaka çalışmasıdır. Bu vaka çalışmasında ekipman girdileri (elleçleme tipi, her postada elleçlenen kont. sayısı vb.) bağımsız değişken, verimlilik çıktıları bağımlı değişkendirler. Burada

amaç, yarı deneysel mantık çerçevesinde bir simülasyon üzerinde liman ekipmanlarını birbirleriyle karşılaştırarak verimlilik çıktılarının ölçülmesidir.

Araştırmanın bulgularına göre, STS'lerin maksimum konteyner hareket sayıları, MHC'lere göre daha yüksek çıkmıştır. Aynı sahada çalışan bir STS'in konteyner hareket ortalaması saatte 60'dır ve bu servis hızı bakımından oldukça yeterlidir. Elleçleme tipleri tekli olarak kabul edilen her posta için 4 saatlik elleçleme süresi tanımlanmış ve konteyner hareket sayıları arasındaki farklılıklar gözlemlenmiştir.

STS'lerin MHC'lerden verimlilik konusunda üstün olmalarının nedeni, yanal hareketlerinden ötürü saatlik yüklenen/tahliye olan konteyner sayılarının az olmasıdır. Yanal hareket nedeniyle vincin hareket sayısı da azalmaktadır. SSG'de 1 bay atlayarak hizmet verilirken MHC'de ise iki vinç arası mesafe artmakta ve dolayısıyla gemi üzerinde çalışan vinç sayısı da azalmaktadır. Bununla beraber, MHC tip vinçler bom yapıları itibari ile aynı gemi ambarına kontrollü olarak çalışabilirken, STS tip vinçlerde bu durum söz konusu değildir. Bu yüzden, iki MHC aktarma gemisi üzerinde aynı anda çalışsalar dahi STS'e karşı ekipman verimlilikleri önemli ölçüde geride kalmaktadır. Bu fark, panamax ya da post-panamax tipi konteyner gemilerinde daha artacağından STS'ler liman-hat anlaşmalarında önemli bir rekabetçi avantaj sunmaktadırlar.

Çalışmadaki kısıtlar şu şekilde sıralanmaktadır. STS'lerin veya MHC'lerin farklı ataçman tipleri (örneğin çift hoisting vb.) değişmeden kalacak şekilde düşünülmüştür. Ayrıca hava koşullarının ve diğer liman performans ölçütlerinin sabit kaldığı varsayılmıştır. Örneğin, rıhtım kullanım ölçütü dikkate alındığında demirde bekleyen herhangi bir geminin uzunluğuna bakılmaksızın sadece bir rıhtım gemiye tahsis edildiğini düşünülmüştür. Gelecekteki çalışmalar için liman ekipmanı verimliliğini ölçerken farklı performans ölçütlerini araştırmaya dahil edilmesi gerekmektedir. Ayrıca, veriler simülasyondan elde edildiğinden dolayı sonraki çalışmalarda gerçek bir liman sahası ve ekipmanları ile de karşılaştırılmalıdır.

KAYNAKÇA

Bartošek, A ve Marek, O. (2013), Quay Cranes in Container Terminals, *Transaction on Transport Sciences*, 6(1), 9-18.

Beškovnik, B. (2008). Measuring and increasing the productivity model on maritime container terminals. *Pomorstvo*, 22(2), 171-183.

Bugaric, U. S., Petrovic, D. B., Jeli, Z. V ve Petrovic, D. V. (2012). Optimal Utilization of the Terminal for Bulk Cargo Unloading. *Simulation*, 88(12), 1508–1521.

Choi, Y.-S. (2004). Simulation Study for Performance Measures of Resources in a Port Container Terminal. *International Journal of Navigation and Port Research*, 28(7), 587–591.

Dahal, K., Galloway, S., & Hopkins, I. (2007). Modelling, simulation and optimisation of port system management. *International Journal of Agile Systems and Management*, 2(1), 92-108.

Dayananda, S. K. ve Dwarakish, G. S. (2018). Measuring port performance and productivity. *ISH Journal of Hydraulic Engineering*, 26(2), 221-227.

Demirci, E. (2003). Simulation Modelling Analysis of a Port Investment, *Simulation*, 79(2), 94-105.

Elentably, A. (2016). Simulation of a Container Terminal and It's Reflect on Port Economy, *The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*. 10(2), 331-337.

Esmer, S. (2008). Performance Measurements of Container Terminal Operations. *Dokuz Eylul University Journal of Graduate School of Social Sciences*, 10(1), 238–255.

Esser, F., & Vliegenthart, R. (2017). Comparative research methods. The international encyclopedia of communication research methods, 1-22.

García-Fernández, I., Pla-Castells, M., Gamón, M. A. ve Martínez-Durá, R. J. (2011). New developments in simulation-based harbour crane training. *International Journal of Simulation and Process Modelling*, 6(4), 274–287.

Houjun, L., Daofang, C., Weijian, M. ve JingShuai, L. (2011). Design and Construction of Container Terminal Machine Cooperation Virtual Environment, *Applied Mechanics and Materials*, 80-81: 1193-1197.

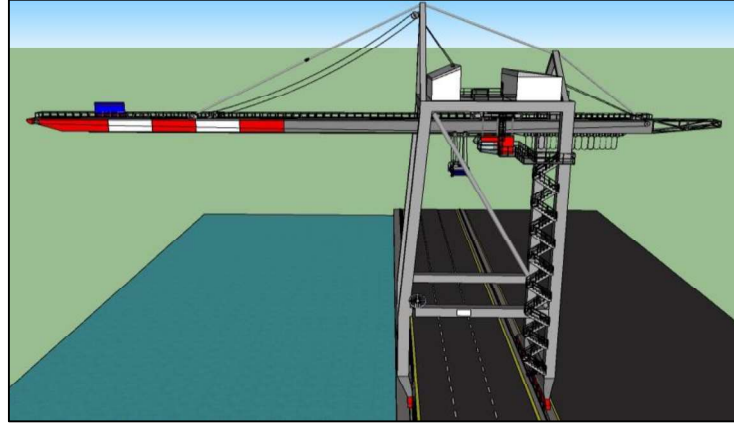
Kim, W.-S. ve Kim, J. (2019). Simulation Models for Offshore Port Service Concepts, *Applied Science*, 9, 1-12.

Landman, T. (2008). Issues and methods in comparative politics (3rd ed.). London: Routledge.

- Mill, J. S. (1856). A System of Logic, Ratiocinative and Inductive: 1 (Vol. 1). Parker.
- Na A, M., Koo, M.J. ve Lee, K.S. (2014). A Development of Next-Generation Port Simulator for the Performance Evaluation of Port Crane, *Applied Mechanics and Materials*, 548-549, 1498-1503.
- Pourahmadi, M., Sayehbani, M. ve Emad, G.R. (2015). Utilization of Fully Automated Container Terminals for Improving Efficiency of Port Logistics and Supply Chain (Port Complex of Shahid Rajai). *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Science*, 5(S2), 2644-2655.
- Schott, D. L. ve Lodewijks, G. (2007). Analysis of Dry Bulk Terminals: Chances for Exploration. *Particle and Particle Systems Characterization*, 24(4-5), 375-380.
- Sun, F., Wang, X., Jin, L., & Shi, Y. (2017). Improvement of Rail-sea Multimodal Transport with Dry Port Construction: Case Study of Ningbo-Zhoushan Port. *Sci. J. Bus. Manag*, 5, 78.
- Teune, H., & Przeworski, A. (1970). The logic of comparative social inquiry (pp. 32-4). New York: Wiley-Interscience.
- UNCTAD. (1985). *Port Development: A Handbook for Planners in Developing Countries* (Second Ed.). New York: United Nations Publications.
- Zhu, M., Fan, X., Cheng, H. ve He, Q. (2010) Modeling and simulation of automated container terminal operation. *Journal of Computers*, 5 (6): 951-957.

Tablo 3: Liman Sahil Vincinin Karakteristikleri

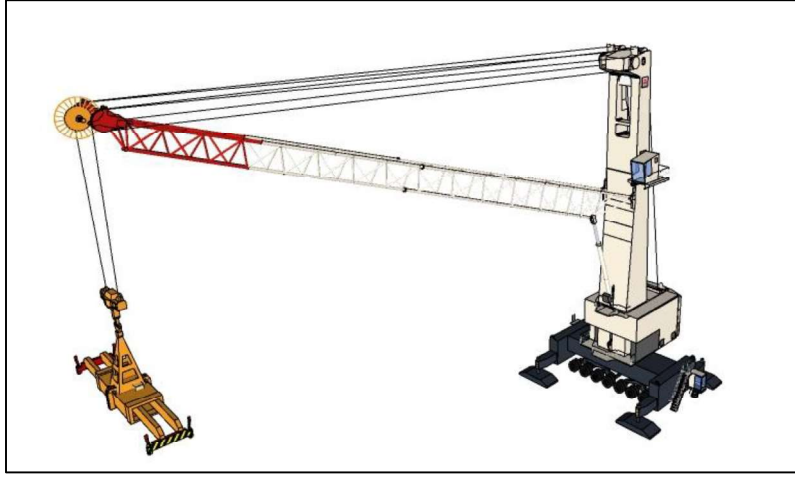
No	Tanım	Özellikler
1	Raylar arasındaki mesafe	30 mtr.
2	Hareketli kabinin (trolley) vincin boom'unun deniz tarafındaki en uzak noktasından vincin merkez noktasına olan uzaklığı	60 mtr.
3	Hareketli kabinin (trolley) vincin boom'unun kara tarafındaki en uzak noktasından vincin merkez noktasına olan uzaklığı	25 mtr.
4	Ayaklar arasındaki mesafe	18 mtr.
5	Deniz tarafındaki boom genişliği	9 mtr.
6	Yük kaldırma yüksekliği	24 - 30 mtr.
7	SWL	50 t tekli 60 t çiftli
8	Yük kaldırma sürati	50/125 m/dk
9	Hareketli kabin (Trolley) sürati	150 - 180 m/dk
10	Saha hareket sürati	45 m/min
11	Tekerlek azami istihabi	30 - 45 ton.



Şekil 5: Liman Sahil Vinci

Tablo 4: Mobil Liman Vincinin Karakteristikleri

No	Tanım	Özellikler
1	Maksimum konteyner kaldırma kapasitesi	63 ton
2	Maksimum grab kaldırma kapasitesi	77 ton
3	Maksimum kaldırma kapasitesi	154 ton
4	Boom'un erişebileceği maksimum uzaklık	54 mtr.
5	Yük kaldırma sürati	120 metre/dakika
6	Etrafındaki dönüş hareketi	1.6 rpm
7	Boom'un aşağı yukarı hareketi	55 mtr/dk
8	Saha hareket sürati	5.0 km/saat
9	Aracın toplam ağırlığı	454 ton



Şekil 6: Mobil Liman Sahil Vinç Modeli