

## KONTEYNİR TERMINALİ STOK ALANI YERLEŞİM DÜZENLERİNİN SİMÜLASYON İLE ANALİZİ

Osman KULAK

Özge ELVER

Olca POLAT

*Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği*

*Bölümü, Kınıklı Kampusu 20070, DENİZLİ*

*okulak@pau.edu.tr*

*oelver05@pau.edu.tr*

*opolat@pau.edu.tr*

### ÖZET

Ülkemizde konteyner taşımacılığının artması ile birlikte konteynir terminallerinde terminal içi operasyonların yönetimi önemli karar problemlerini ortaya çıkarmıştır. Terminal operasyonlarını etkileyen önemli karar problemlerinden bir tanesi de konteyner stok alanlarının yerleşim düzenlemesi problemidir. Stok alanlarına yönelik yerleşim düzenlemeleri terminal kapasitesini etkileyen önemli faktörlerden birisi olduğu için bu çalışmada yatay, dikey ve karışık tipte olmak üzere 3 farklı yerleşim düzeni analiz edilmiştir. Ülkemizdeki orta ölçekli bir konteyner terminali verileri kullanılarak simülasyon modeli tasarlanmış ve yerleşim düzeni alternatiflerinin terminal performans kriterleri (elleçlenen konteynir sayısı, kaynak kullanım oranları, geminin rıhtımda servis süresi gibi) üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

*Anahtar Sözcükler: Konteynir terminali, yerleşim düzenlemesi, simülasyon*

### 1.GİRİŞ

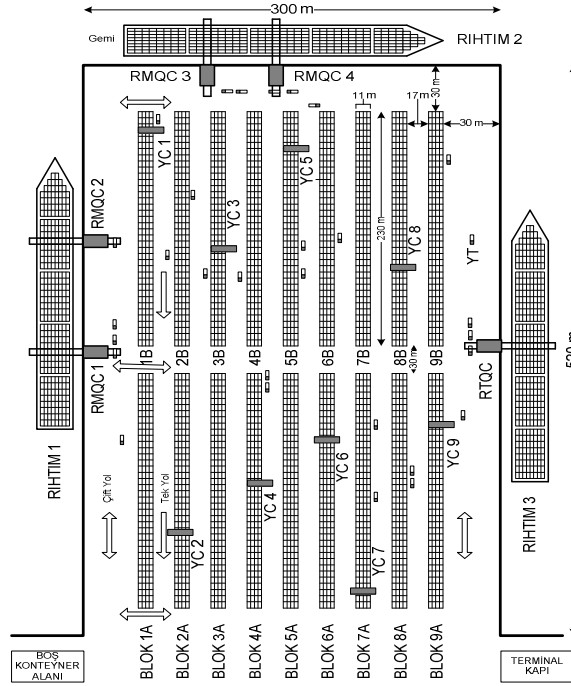
Uluslararası deniz ticaretinin artmasıyla konteynir terminalleri önem kazanmıştır. Konteynir terminallerinde gemiyle gelen konteynirlerin demiryolu veya karayoluyla terminalden çıkışına ve bu işlemin tam tersi olan terminale demiryolu veya karayolu ile gelen konteynirlerin teslim alınmasından gemiye yüklenmelerine kadar olan süreç terminal içi operasyonları oluşturur. Bu operasyonların yönetimi önemli karar problemlerini ortaya çıkarmıştır. Bu karar problemlerinden bazıları; rıhtım atama problemleri (Imai ve diğerleri 2007), saha planlama problemleri (Kim ve diğerleri 2008), ekipman seçim problemleri (Lau ve diğerleri 2008), çizelgeleme problemleridir (Chen ve diğerleri 2007).

Terminal yerleşim düzenlemesi ve rıhtımlara stok alanı atanması ile ilgili olarak literatürde çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Zhang ve diğerleri (2003), stok alanlarındaki iş yükü dengelemesi ve terminal içindeki toplam hareket mesafesinin minimize edilmesi üzerine bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Liu ve diğerleri (2004), simülasyon modeli kullanarak otomatik kılavuzlu araçların (AGV) ve saha alanlarının yerleşiminin terminal performansını artırıcı etki gösterdiğini tespit etmişlerdir. Kim ve diğerleri (2008), stok alanları için paralel yerleştirme ile dikey yerleştirmenin terminal operasyonları üzerindeki etkisini karşılaştırarak stok alanları için optimum yerleşim tipini belirlenmeye çalışmışlardır. Petering (2009), konteynir stok alanlarının genişliğinin, Petering ve Murty (2009) stok alanlarının uzunluğunun terminalin performansı üzerindeki etkisini araştırmak için simülasyon modelleri oluşturarak çalışmalar gerçekleştirmişlerdir.

Bu çalışmada terminal yerleşim düzenlemesi ve rıhtımlara stok alanı atanması problemi ele alınmıştır. Bu amaçla dikey, yatay ve karışık olmak üzere belirlenen üç farklı yerleşim tipi için simülasyon modelleri tasarlanmış ve her bir yerleşim tipi için rıhtımlara stok alanı atanması yapılmıştır.

## 2.KONTEYNİR TERMİNALİ MEVCUT DURUMU

Bu çalışmada, farklı yerleşim tiplerine ve rıhtım atamalarına ilişkin senaryoları test etmek için İstanbul'da yer alan orta ölçekli bir terminale ilişkin veriler kullanılmıştır. Şekil 1'de terminalin mevcut yerleşimi gösterilmektedir. Mevcut durumda, tüm stok alanları terminal kapısına dikey yerleştirilmektedir. Terminalde, toplam uzunluğu 3.215 feet olan üç adet rıhtım bulunmaktadır. Rıhtım 1 ve Rıhtım 2 de ikişer adet ray üzerinde hareket eden (rail mounted) rıhtım vinci, Rıhtım 3'de ise bir adet lastik tekerlekli (rubber-tired) rıhtım vinci olmak üzere toplamda beş adet vinç bulunmaktadır. Her stok alanı iki adet blok içermekte ve her bir stok alanında bir adet lastik tekerlekli saha vinci bulunmaktadır. Toplamda 9 adet saha vinci vardır. Terminal içersinde taşıma operasyonlarında 30 adet kamyon kullanılmaktadır.

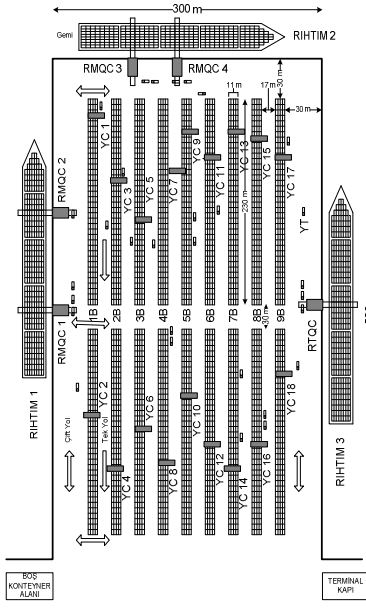


Şekil 1 Konteynir terminalinin mevcut yerleşimi

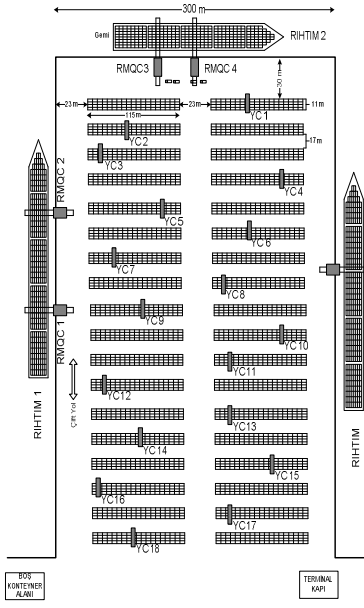
Konteynir terminali, yılda 1700 konteynir gemisine hizmet verebilecek kapasitededir. Terminal kent içerisinde bulunan bir yerleşim alanı sınırları dahilinde dar bir bölgede kurulu olup, bu özelliğinden ötürü genişleme olanağı sınırlıdır. Stok alanları  $155.810 \text{ m}^2$  alana sahiptir ve bu alan eşit büyüklükteki 9 stok alanına ayrılmıştır. Her bir stok alanında konteynir depolama kapasitesi 1216 TEU ve toplam depolama kapasitesi 10.944 TEU'dur. Yeni yerleşim düzenleri oluşturulurken toplam depolama kapasitesinde değişiklik yapılmamıştır.

## 3. KONTEYNİR TERMİNALİ STOK ALANI YERLEŞİM DÜZENLERİNİN SİMÜLASYON İLE ANALİZİ

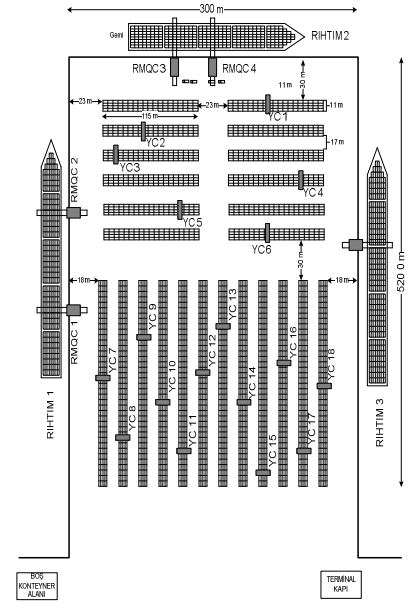
Terminal içindeki stok alanlarının yerleşimi, konteynir elleçleme operasyonlarının verimliliğinde önemli bir faktördür. Terminalin yapısına uygun olarak stok alanlarının yerleşiminin tasarımı için stok alanlarının yerleşim tipine, stok alanlarının ana hatlarına, stok alanları arasındaki koridorların sayısına ve genişliğine karar verilmesi gerekir. Bu hususlar dikkate alınarak terminal yapısına uygun dikey, yatay ve literatürde yer almayan karışık olmak üzere üç farklı yerleşim tipi tasarlanmıştır. Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'te sırasıyla, dikey, yatay ve karışık yerleştirme tipleri gösterilmiştir.



Şekil 2 Dikey yerleşim



Şekil 3 Yatay Yerleşim

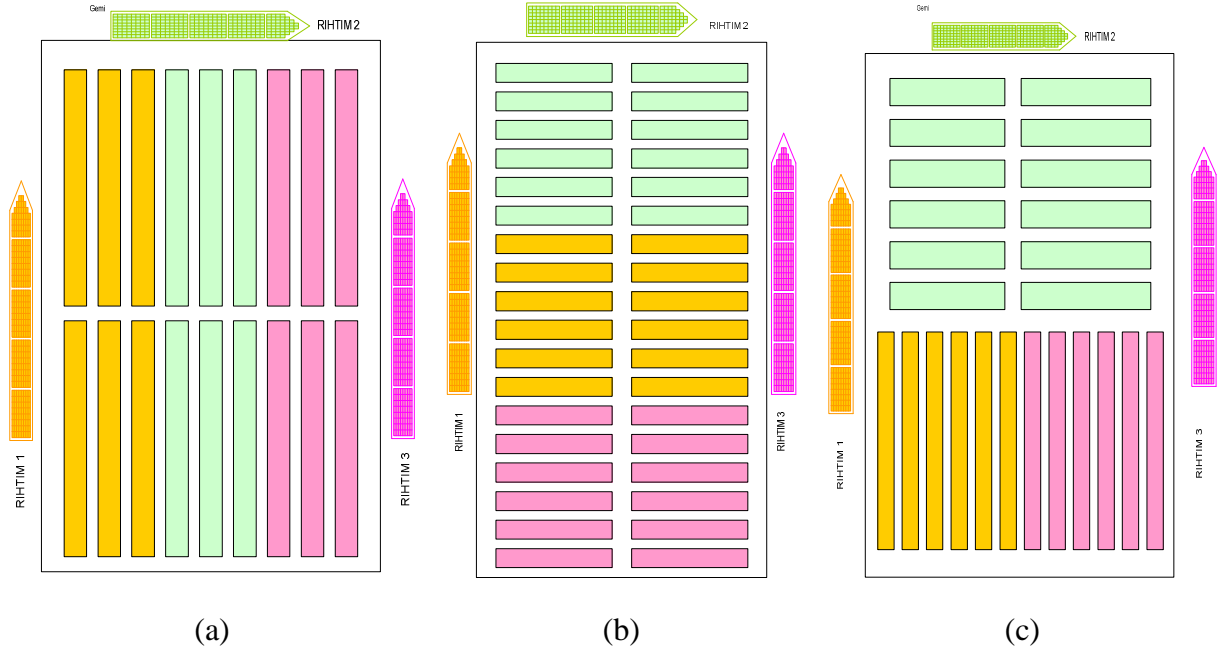


Şekil 4 Karışık yerleşim

Çalışmada ilk olarak, terminal darboğaz operasyonları tespit edilmiştir. Daha sonra kamyonların hareket mesafeleri kısaltılarak daha kısa sürede daha fazla hizmet vermeleri ve terminal içindeki trafiğinin azaltılarak tıkanmaların en aza indirilmesini sağlayan yerleşim tipi ve stok ataması senaryoları göz önüne alınmıştır. Atamalar gerçekleştirilirken rıhtıma yakın olan stok alanları tercih edilmiştir. 3 farklı yerleşim için stok alanı atamaları Şekil 5'te gösterilmektedir. Daha sonra, yapılan bu atamalara göre simülasyon modelleri çalıştırılarak yerleşim şekillerinin performansa olan etkileri araştırılmıştır.

Gerçekleştirilen simülasyon çalışmasında aşağıdaki varsayımlar kullanılmıştır;

- Terminalde araçlar teknik spesifikasyon açısından birbirinden farklı olmasına rağmen, bütün araçların aynı tipte olduğu kabul edilmiştir.
- Terminalin çalışma koşullarının hava şartlarından etkilenmediği ve çalışma vardiyaları arasında fark olmadığı kabul edilmiştir.
- Gemilerin limana çizelgeli bir şekilde gelmediği, tamamen rassal olarak geldiği kabul edilmiştir.
- Lastik tekerlekli vinçler transfer yollarına zarar vermektedir. Bu yüzden bu tip vinçler bazen düzgün bir şekilde çalışmamaktadır. Geliştirilen simülasyon modelinde bu durum limanda yeterli veri alınmadığı için ekipman hatası olarak modellenmiştir.



**Şekil 5** (a) Dikey yerleşim stok alanı ataması, (b) Yatay yerleşim stok alanı ataması, (c) Karışık yerleşim stok alanı ataması

#### 4. SİMÜLASYON ÇALIŞMASI

Mevcut durumda toplamda 9 adet saha vinci bulunmaktadır. Mevcut yerleşim ve mevcut saha vinci sayısı ile analiz edildiğinde yıllık elleçlenen konteynır sayısı 400,000 TEU civarındadır. Yapılan analizler sonucunda saha vinçlerinin darboğaz kaynakları olduğu tespit edilmiştir. Saha vinç sayıları 18 olduğunda önemli bir elleçleme artışı sağlanmıştır. Bu yüzden yerleşim düzenlemesi analiz çalışmalarında 18 saha vinci olan modeller kullanılmaktadır. Yapılan simülasyon çalışmalarında ele alınan senaryolar Tablo 2’de özetlenmiştir. Simülasyon modellerinde kullanılmak üzere rıhtım, rıhtım vinci, saha vinci ve kamyonların sayısı, kaynakların işlem süreleri gibi girdi parametreleri çalışma kapsamında toplanmıştır. Girdi parametreleri için 2000–2007 yılları arasındaki veriler kullanılarak (trace-driven simulation), Arena Input Analyzer 10,0 ve SPSS 15,0 programları yardımıyla oluşturulmuştur. Tablo 1’de simülasyon modellerinde kullanılan bazı örnek dağılımlar verilmiştir. Tüm dağılımlar K-S ve Chi Square testleri sonucunda kabul edilebilir hata oranları ile oluşturulmuştur.

**Tablo1** Simülasyon modellerinin örnek dağılımları

Açıklama	Tip	Dağılım	Birim
Gemi gelişleri	Gelişler arası süre	EXPO(14,6)	Saat
Küçük gemi yük yükleme miktarı	Toplam yükleme	NORM(118,31)	TEUs
Küçük gemi yük boşaltma miktarı	Toplam boşaltma	259 * BETA(1.31, 1.43)	TEUs
Rıhtım vincinin operasyon süresi	Ort. yükleme süresi	TRIA(1,2,6,4)	Dakika
Saha vincinin operasyon süresi	Ort. stok alanına yükleme süresi	TRIA(2.1,4,8,7.6)	Dakika
Kamyonların taşıma süresi	Ort. hareket süresi	Mesafe / Kamyon hızı	Dakika

Geliştirilen simülasyon modelleri 5 tekrarlı olarak çalıştırılmış ve çıktı miktarları, kaynak doluluk oranları ve servis süreleri tespit edilmiştir. Sonuçlarla ilgili yorumları desteklemek için ANOVA testi gerçekleştirilmiş ve sonuçları Tablo 3’te gösterilmiştir. Anlamlılık değerinin 0,05’ten küçük olması senaryoların ürettikleri çözümler arasında anlamlı düzeyde

fark olduğunu göstermektedir. Ortaya çıkan bu farklılığın nereden kaynaklandığını bulmak için Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi yapılmış ve 6 adet senaryo 4 gruba ayrılmıştır. Atamanın olduğu dikey yerleşim senaryosu (Senaryo 2) en iyi sonuçları verirken, Senaryo 5 ve Senaryo 6'nın sonuçları ile arasında anlamlı bir fark olmadığı için aynı grupta yer almıştır.

**Tablo 1** Simülasyon için geliştirilen senaryolar

	Senaryolar					
	1	2	3	4	5	6
<b>Yerleştirme Tipi</b>	Dikey	Dikey	Yatay	Yatay	Karışık	Karışık
<b>Stok Alanı Ataması</b>	Yok	Var	Yok	Var	Yok	Var

**Tablo 2** Simülasyon ve ANOVA sonuçları

Tekrar No	Atama Yok			Atama Var		
	Dikey yerleşim	Yatay yerleşim	Karışık yerleşim	Dikey yerleşim	Yatay yerleşim	Karışık yerleşim
1	618260	588760	622480	640250	620920	635270
2	618400	580860	628380	632670	630170	630680
3	605090	594640	622910	633190	618630	623300
4	606410	611670	623550	640270	628320	630290
5	612460	602230	626930	636150	608560	634660
<b>Ortalama</b>	612124	595632	624850	636506	621320	630840
<b>ANOVA TESTİ</b>						
	<b>Kareler Toplamı</b>	<b>df</b>	<b>Kareler Ortalaması</b>	<b>F</b>	<b>Anlamlılık</b>	
<b>Gruplar arası</b>	5,40E+08	5	1070779672	21,465	0,000	
<b>Grup içi</b>	1,20E+09	24	49885988,33			
<b>Toplam</b>	6,60E+00	29				
<b>VARYANS ANALİZİ</b>						
<b>Levenelstatistiği</b>	<b>df1</b>	<b>Df2</b>	<b>Önem</b>			
2,356	5	24	0,071			
<b>HOMOJEN ALT GRUPLAR</b>						
<b>Alt Gruplar için alpha=.05</b>						
<b>Senaryo No</b>	<b>N</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	
<b>Yatay yerleşim_atama yok</b>	5	595632				
<b>Dikey yerleşim_atama yok</b>	5		612124			
<b>Yatay yerleşim_atama var</b>	5		621320	621320		
<b>Karışık yerleşim_atama yok</b>	5		624850	624850	624850	
<b>Karışık yerleşim_atama var</b>	5			630840	630840	
<b>Dikey yerleşim_atama var</b>	5				636506	

## 5.SONUÇLAR

Limanlardaki kaynakların etkin kullanılması ve darboğazların ortadan kaldırılması ile hem yatırım anlamında hem de kapasite artışı anlamında büyük ekonomik kazançlar sağlanacaktır. Bu çalışmada, İstanbul'da faaliyet gösteren, ülkemiz konteynır taşımacılığında önemli bir konuma sahip olan orta ölçekli bir konteynır terminalinin rekabetçi hale getirilmesi için stok alanı yerleşimi ve rıhtımlara stok alanı atama problemleri ele alınmıştır. Geliştirilen simülasyon modelleri 6 farklı senaryo için 5'er kez çalıştırılmış ve sonuçlar analiz edilmiştir. Atamanın olmadığı yatay yerleşimli Senaryo 3 en kötü çözümleri sunmuştur. Atamanın olduğu dikey yerleşimli Senaryo 2, Senaryo 3'e göre %4.68 daha iyi sonuç vermiştir. Senaryo 1, 4, 5 ve 6 Senaryo 3'e göre sırasıyla %1,10, %3,02, %2,73 ve %3,86 daha iyi sonuçlar üretmiştir. Buna göre ele alınan limanda mevcut durumda rıhtımlara stok alanı atanması ile %4.68 gibi bir oranda iyileştirme sağlanabileceği görülmüştür.

## KAYNAKLAR

- Imai A. , Chen H.C. , Nishimura E. , Papadimitrou S. , “The simultaneous berth and quay crane allocation problem”, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, In Press, Corrected Proof, Available online 5 July 2007
- Chen L. , Bostel N. , Dejax P. , Cai J. , Xi L. , “A tabu search algorithm for the integrated scheduling problem of container handling systems in a maritime terminal”, *European Journal of Operational Research*, Volume 181, Issue 1, 16 August 2007, Pages 40-58
- Lau H.Y.K. , Zhao Y. (2008), “Integrated scheduling of handling equipment at automated container terminals”, *International Journal of Production Economics* 112-2, 665-682.
- Kim, K. H., Park, Y.M., Jin M.J., 2008 An optimal layout of container yards. *OR Spectrum* 30:675–695.
- Petering, M.E.H., 2009 Effect of block width and storage yard layout on marine container *Transport. Res. Part E* doi:10.1016/j.tre.2008.11.004
- Petering, M.E.H., Murty, K.G., 2009 Effect of block length and yard crane deployment systems on overall performance at a seaport container transshipment terminal. *Computers and Operations Research* 36 1711–1725.
- Liu, C.-I., Jula, H., Vukadinovic, K., Ioannou, P., 2004 Automated guided vehicle system for two container yard layouts. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 12, 349–368.
- Zhang C., Liu J., Wan Y., Murty K.G., Linn R. J., 2003 Storage space allocation in container terminals. *Transportation Research Part B*: 37 883–903