

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KONTEYNİR TERMİNALLERİNDE YERLEŞİM DÜZENLEMELERİNİN
SİMÜLASYON İLE ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mustafa Egemen TANER**

Anabilim Dalı : Endüstri Mühendisliği

Programı : Yüksek Lisans Programı

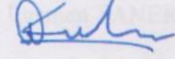
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Osman KULAK

Temmuz 2012

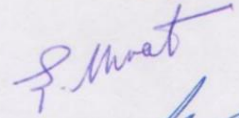
YÜKSEK LİSANS TEZ ONAY FORMU

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 091261001 nolu öğrencisi Mustafa Egemen TANER tarafından hazırlanan "KONTEYNİR TERMİNALLERİNDE YERLEŞİM DÜZENLEMELERİNİN SİMÜLASYON İLE ANALİZİ" başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Osman KULAK (PAÜ)
(Jüri Başkanı)



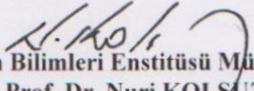
Jüri Üyesi : Doç. Dr. Yetiş Şazi MURAT (PAÜ)



Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Semih COŞKUN (PAÜ)



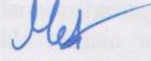
Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
19.03.2012. tarih ve 18.120... sayılı kararıyla onaylanmıştır.


Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü
Prof. Dr. Nuri KOLSUZ

ÖNSÖZ

Bu çalışmada iç denizlerdeki konveyör terminalleri incelenerek, yarıgeçirgen terminal verimliliği üzerindeki etkiyi faklı araç sayısı, dağılım kuralları ve atama stratejileri belirlemek amaçlanmıştır. Bu amaçla Erasmus Programı kapsamında Berlin Teknik Üniversitesi'nde devam ettirilen tez çalışmada benden yardım alan Prof. Dr. Hans-Otto GUENTHER'e, tez çalışmamın yürütülmesinde büyük katkıları bulunan Prof. Dr. İbrahim KOYUNCUOĞU'na, hayatı boyunca bana birçok manevi yardım olan, öğretilmiş olduğum üzere ocuktu, gerçek, her zaman büyük bedelleri olan, kendi tabiriyle gerçek bir insan olmanı için seferber eden Allah'ım'a, tez kapsamında okuduğum makalelerin yayımlanmasında bana öncelikli yardımlarında bulunan ve her koşulda bana destek olan çok değerli arkadaşlarıma ve Öğretmen Çevre TEKSÖZ'e teşekkür ederim.

İmza :



Öğrenci Adı Soyadı : Mustafa Egemen TANER

Temmuz 2012

Mustafa Egemen TANER
Endüstri Mühendisi

ÖNSÖZ

Bu çalışmada iç denizlerdeki konteynır terminalleri incelenerek, yerleşimin terminal verimliliği üzerindeki etkisi farklı araç sayısı, dağıtım kuralları ve atama stratejileri kullanılarak analiz edilmiştir. Bu amaçla, simülasyon yönteminden yararlanılarak modeller geliştirilmiş ve testler uygulanmıştır. Test sonuçları istatistiksel olarak analiz edilmiş, yerleşimin terminal verimliliği üzerinde önemli bir etkisi olduğu ortaya konmuş ve optimum araç sayısı ve kurallar belirlenerek söz konusu yerleşim tipleri için literatüre kazandırılmıştır. Bu çalışmanın gerçekleşmesinde katkıda bulunan, düşünceleriyle ve eylemleriyle bulunduğu çizgiden hiç sapmayarak bana mükemmel bir örnek olan, değerli hocam ve tez danışmanım Öğretim Üyesi Prof. Dr. Osman KULAK'a; yüksek lisans eğitimime Erasmus Programı kapsamında Berlin Teknik Üniversitesi'nde devam ettiğim sırada benden yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Hans-Otto GUENTHER'e ve aynı zamanda özellikle tezimin uygulama aşamasında büyük katkılarda bulunan Arş. Gör. Olcay POLAT'a, arkadaşım Mehmet Ulaş KOYUNCUOĞLU'na; hayatımın her döneminde en önemli destekçilerim olan, maddi manevi bütün olanaklarını, öğretmiş oldukları üzere onurlu, şerefli, her zaman büyük hedefleri olan, kendi tabirleriyle gerçek bir insan olmam için seferber eden canım aileme; tez kapsamında okuduğum makalelerin anlaşılmasında bana önemli yardımlarda bulunan ve her koşulda bana destek olan çok değerli arkadaşım Okutman Cevza TEKSÖZ'e teşekkür ederim.

Temmuz 2012

Mustafa Egemen TANER
Endüstri Mühendisi

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	iv
TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ	1
2. KONTEYNİR TAŞIMACILIĞI VE KONTEYNİR TERMİNALLERİ	4
2.1 Konteynirin Tanımı ve Tarihçesi	4
2.2 Konteynirin Sahip Olması Gereken Standart Kriterler	5
2.3 Konteynir Tipleri	6
2.4 Konteynir Taşımacılığının Avantajları ve Dezavantajları	9
2.4.1 Konteynir taşımacılığının avantajları	9
2.4.2 Konteynir taşımacılığının dezavantajları	11
2.5 Konteynir Gemileri	11
2.6 Konteynir Terminalleri	13
2.7 Konteynir Terminalinde Gerçekleşen Operasyonlar ve Bu Operasyonların Gerçekleştirilmesinde Kullanılan Araçlar	16
2.7.1 Rıhtımda (apron)	17
2.7.2 Rıhtımla depolama alanı (stok sahası) arası	18
2.7.3 Depolama alanı içerisinde	22
2.7.4 Depolama alanından hinterland taşımacılığına	24
2.7.5 Kapılar	25
2.8 Konteynir Taşımacılığının Dünyadaki Durumu	25
2.9 Konteynir Taşımacılığının Türkiye'deki Durumu	28
3. KONTEYNİR TERMİNALLERİ İLE İLGİLİ LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	30
3.1 Terminal Performans Analizi Konulu Çalışmalar	30
3.2 AGV ve Otomasyon Etkileri Konulu Çalışmalar	32
3.3 Araç Rotalama ve Araç Dağıtımı Konulu Çalışmalar	34
3.4 Kaynak Atama Stratejileri Konulu Çalışmalar	38
3.5 Yerleşim Problemi Konulu Çalışmalar	38
4. ÖZGÜN DEĞER	50
5. DOLGU TİPİ KONTEYNİR TERMİNALLERİ	52
5.1 Π Rıhtımlı Dolgu Tipi Konteynir Terminalleri	53
5.2 L Rıhtımlı Dolgu Tipi Konteynir Terminalleri	53
5.3 π Rıhtımlı Dolgu Tipi Konteynir Terminalleri	54
5.4 Ψ Rıhtımlı Dolgu Tipi Konteynir Terminalleri	55
6. UYGULAMA KAPSAMINDA TASARLANAN KONTEYNİR TERMİNALLERİ	56
6.1 Tasarlanan Π Rıhtımlı Dolgu Tipi Konteynir Terminali	56
6.2 Tasarlanan L Rıhtımlı Dolgu Tipi Konteynir Terminali	58
6.3 Tasarlanan π Rıhtımlı Dolgu Tipi Konteynir Terminali	60
6.4 Tasarlanan Ψ Rıhtımlı Dolgu Tipi Konteynir Terminali	62

7. UYGULAMA KAPSAMINDA GELİŞTİRİLEN SİMÜLASYON MODELİ	66
7.1 Kullanılan Yazılım Hakkında Bilgi	66
7.1.1 Arena simülasyon yazılımının genel tanıtımı	66
7.1.2 Arena'daki menüler	69
7.1.3 Arena 10.0 yazılımına yardımcı yazılımlar	70
7.2 Simülasyon Verileri	71
7.2.1 Gemi gelişleri	71
7.2.2 Gemi cinslerine göre yükleme – boşaltma sayıları	72
7.2.3 Gemi cinslerine göre yükleme – boşaltma operasyon süreleri	72
7.2.4 AGV'lerin yük durumlarına göre (dolu - boş) hızları	72
7.2.5 Otomatikleştirilmiş istif vinçlerinin terminal içi ve terminal dışı taşıyıcı araçlara hizmet süreleri	72
7.3 Geliştirilen Simülasyon Modelinin Yapısı	73
7.4 Simülasyon Modelinin Kurulmasında Kullanılan Varsayımlar	75
7.5 Kullanılacak Olan Performans Kriterleri	75
8. UYGULAMA	77
8.1 Araç Dağıtım Kuralları	77
8.1.1 Araç çağırma kuralları	77
8.1.2 Kavşak geçiş kuralları	78
8.2 Gerçekleştirilen Simülasyon Testleri ve Sonuçlar	79
8.3 Atama Stratejileri	100
8.3.1 Stok sahası atama stratejisi	100
8.3.2 AGV atama stratejisi	101
8.3.3 AGV atama + stok sahası atama stratejisi	104
8.4 Simülasyon Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Analizleri	104
9. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	110
KAYNAKLAR	112
ÖZGEÇMİŞ	124

KISALTMALAR

ISO	International Organisation of Standardization; Uluslararası Standartlar Örgütü
ASA	American Assosication of Standardization; Amerikan Standartlar Örgütü
TEU	Twenty-Foot Equivalent Unit; 20ft'lik konteynire eşdeğer hacim
FEU	Forty- Foot Equivalent Unit; 40ft'lik konteynire eşdeğer hacim
AGV	Automated Guided Vehicle; Otomatik kılavuzlu araç
ALV	Automated Lifting Vehicle; Otomatikleştirilmiş yük kaldırıcılı araç
FLT	Forklift
SC	Straddle Carrier
RS	Reach Stacker
MTS	Multi Trailer System; Çoklu Treyler Sistemi
RTQC	Rubber Tyred Quay Crane; Lastik Tekerlekli Rıhtım Vinci
RMQC	Rail Mounted Quay Crane; Raylı Rıhtım Vinci
RTG	Rubber Tyred Gantry; Lastik Tekerlekli İstif Vinci
RMG	Rail Mounted Gantry; Raylı İstif Vinci
ASC	Automated Stacking Crane; Otomatik İstif Vinci
HIT	Hongkong International Terminal; Hongkong Uluslararası Terminali
IEEM	Industrial Engineering and Engineering Management; Endüstri Mühendisliği ve Mühendislik Yönetimi
HHLA	Hamburger Hafen und Logistik AG, Hamburg/ALMANYA
ECT	Europe Container Terminals, Rotterdam/HOLLANDA
EYA	En Yakın Araç Kuralı
EUA	En Uzak Araç Kuralı
RST	Rastgele Araç Kuralı
DSG	Döngüsel Araç Kuralı
FCFS	First Come First Served Rule; İlk Gelen İlk Çıkar Kuralı
LCFS	Last Come First Served Rule; Son Gelen İlk Çıkar Kuralı
CL	En Yakın Araç Öncelik Kuralı
LVF	Düşük Değerli Araç Öncelik Kuralı
HVF	Yüksek Değerli Araç Öncelik Kuralı
Ft	Feet; Uzunluk birimi
İnç	Inch; Uzunluk birimi
L	Length; Uzunluk
B	Breadth; Genişlik
D	Draft; Derinlik
m	Metre; Uzunluk Birimi
GRT	Gros ton; Ağırlık Birimi

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1: ISO Tarafından Kabul Edilen Konteynır Boyutları[4].	5
Tablo 2.2: Konteynır Gemilerinin Gelişimi[4].	12
Tablo 2.3: Taşıyıcı Araçların Avantajları ve Dezavantajları[4].	23
Tablo 2.4: Dünyanın En İyi 10 Konteynır Terminali Elleçleme Miktarları[20].	27
Tablo 2.5: Türkiye’de En Fazla Konteynır Elleçlenen 10 Liman Başkanlığı[21]. ...	29
Tablo 3.1: Literatür Analizi Özet Tablo.....	43
Tablo 8.1: Tukey HSD Test Sonuçları (Araç Çağırma Kuralları).	85
Tablo 8.2: Tukey HSD Test Sonuçları (Optimum Araç Sayısı).	87
Tablo 8.3: Tukey HSD Test Sonuçları (Optimum Araç Sayısı).	89
Tablo 8.4: Tukey HSD Test Sonuçları (Araç Dağıtım Kuralları).	96
Tablo 8.5: Simülasyon Testleri Sonuçları.	106
Tablo 8.6: II Rıhtımlı Dolgu Tipi Konteynır Terminali Simülasyon Testleri Sonuçlarının İstatistiksel Analizi.	107
Tablo 8.7: L Rıhtımlı Dolgu Tipi Konteynır Terminali Simülasyon Testleri Sonuçlarının İstatistiksel Analizi.	108
Tablo 8.8: π Rıhtımlı Dolgu Tipi Konteynır Terminali Simülasyon Testleri Sonuçlarının İstatistiksel Analizi.	108
Tablo 8.9: Ψ Rıhtımlı Dolgu Tipi Konteynır Terminali Simülasyon Testleri Sonuçlarının İstatistiksel Analizi.	109

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 : Standart Yük Konteynırları[4].....	6
Şekil 2.2 : Üstü Açık Konteynır[4].....	6
Şekil 2.3 : Soğutmalı Konteynır[4].....	7
Şekil 2.4 : Flat Rack Konteynır[4].....	7
Şekil 2.5 : Platform Konteynır[4].	7
Şekil 2.6 : Havalandırılmalı Konteynır[4].	8
Şekil 2.7 : Tank Konteynır[4].	8
Şekil 2.8 : Bulk Konteynır[4].	8
Şekil 2.9 : Pana-Max Tipi Konteynır Gemisi[6].	13
Şekil 2.10 : Post-Pana-Max Tipi Konteynır Gemisi[7].	13
Şekil 2.11 : Otomatikleştirilmiş Konteynır Terminali Yerleşim Örneği[9].	14
Şekil 2.12 : Konteynır Terminallerinde Operasyon Alanları[9].....	15
Şekil 2.13 : Terminal Ekipmanları.....	16
Şekil 2.14 : Bir Konteynır Terminalinde Uygulanan İşlemler.	17
Şekil 2.15 : Gemi Vinçleri ile Konteynırların Elleçlenmesi[11].	18
Şekil 2.16 : Rıhtım Vinçleriyle Konteynırların Elleçlenmesi[11].	18
Şekil 2.17 : FLT[12].	19
Şekil 2.18 : RS[13].	19
Şekil 2.19 : Şasi Sistemi[14].....	20
Şekil 2.20 : SC[9].	21
Şekil 2.21 : MTS[15].....	21
Şekil 2.22 : AGV[16].....	22
Şekil 2.23 : Kızaklı AGV[17].....	22
Şekil 2.24 : RTG[17].	23
Şekil 2.25 : RMG[14].	24
Şekil 2.26 : ASC[18].	24
Şekil 2.27 : Konteynır Terminali Giriş / Çıkış Kapısı[14]	25
Şekil 2.28 : Konteynır Terminali Giriş / Çıkış Kapısı[15]	25
Şekil 2.29 : Konteynır Taşımacılığında Yıllar Bazında Büyüme Oranı[9].	26
Şekil 2.30 : Global Deniz Taşımacılığı Gelişimi (milyar ton-mil)[19]	27

Şekil 2.31 : Türkiye'nin Coğrafik Konumu ve Konteynır Terminaleri[29].....	28
Şekil 2.32 : 2003-2010 Yıllarında Türkiye Limanlarında Gerçekleştirilen Elleçleme Miktarları[21].....	29
Şekil 5.1 : Π Rıhtımlı Dolgu Tipi Konteynır Terminali.....	53
Şekil 5.2 : L Rıhtımlı Dolgu Tipi Konteynır Terminali.....	54
Şekil 5.3 : π Rıhtımlı Dolgu Tipi Konteynır Terminali.....	54
Şekil 5.4 : Ψ Rıhtımlı Dolgu Tipi Konteynır Terminali.....	55
Şekil 6.1 : Tasarlanan Π Rıhtımlı Dolgu Tipi Konteynır Terminali.....	57
Şekil 6.2 : Tasarlanan L Rıhtımlı Dolgu Tipi Konteynır Terminali.....	59
Şekil 6.3 : Tasarlanan π Rıhtımlı Dolgu Tipi Konteynır Terminali.....	61
Şekil 6.4 : Tasarlanan Ψ Rıhtımlı Dolgu Tipi Konteynır Terminali.....	63
Şekil 6.5 : Terminal Operasyonlarına Ait İş Akış Şeması.....	65
Şekil 7.1 : Arena Simülasyon Yazılımının Arayüzü.....	67
Şekil 7.2 : Bir Simülasyon Modeli Oluşturulmasında İzlenecek Yol	68
Şekil 7.3 : Kurulan Simülasyon Modelinin İlk Bölümü.....	73
Şekil 7.4 : Kurulan Simülasyon Modelinin İkinci Bölümü.....	74
Şekil 7.5 : Kurulan Simülasyon Modelinin Üçüncü Bölümü.....	75
Şekil 8.1 : Π Rıhtım Tipli Dolgu Tipi Konteynır Terminalinde Araç Çağırma Kurallarının Etkileri.....	80
Şekil 8.2 : L Rıhtım Tipli Dolgu Tipi Konteynır Terminalinde Araç Çağırma Kurallarının Etkileri	81
Şekil 8.3 : π Rıhtım Tipli Dolgu Tipi Konteynır Terminalinde Araç Çağırma Kurallarının Etkileri	83
Şekil 8.4 : Ψ Rıhtım Tipli Dolgu Tipi Konteynır Terminalinde Araç Çağırma Kurallarının Etkileri	84
Şekil 8.5 : Π Rıhtım Tipli Dolgu Tipi Konteynır Terminalinde Farklı Araç Dağıtım Kuralları Analizi	91
Şekil 8.6 : L Rıhtım Tipli Dolgu Tipi Konteynır Terminalinde Farklı Araç Dağıtım Kuralları Analizi	92
Şekil 8.7 : π Rıhtım Tipli Dolgu Tipi Konteynır Terminalinde Farklı Araç Dağıtım Kuralları Analizi	94
Şekil 8.8 : Ψ Rıhtım Tipli Dolgu Tipi Konteynır Terminalinde Farklı Araç Dağıtım Kuralları Analizi	95
Şekil 8.9 : Stok Sahası Atama Stratejisi Kullanılarak Gerçekleştirilen Simülasyon Test Sonuçları.....	102
Şekil 8.10 : AGV Atama Stratejisi Kullanılarak Gerçekleştirilen Simülasyon Test Sonuçları.....	103
Şekil 8.11 : AGV Atama + Stok Sahası Atama Stratejileri Kullanılarak Gerçekleştirilen Simülasyon Test Sonuçları.....	105

Şekil B.1 : Geliştirilen Simülasyon Modeli.....	119
Şekil B.2 : Π Rıhtım Tipli Dolgu Tipi Konteynır Terminalinde Stok Sahası Atama	120
Şekil B.3 : L Rıhtım Tipli Dolgu Tipi Konteynır Terminalinde Stok Sahası Atama	121
Şekil B.4 : π Rıhtım Tipli Dolgu Tipi Konteynır Terminalinde Stok Sahası Atama	122
Şekil B.5 : Ψ Rıhtım Tipli Dolgu Tipi Konteynır Terminalinde Stok Sahası Atama	123

ÖZET

KONTEYNİR TERMİNALLERİNDE YERLEŞİM DÜZENLEMELERİNİN SİMÜLASYON İLE ANALİZİ

Dünya yük taşımacılığının %80'inden fazlasının denizyolu ile yapılması göz önüne alındığında, konteynir taşımacılığının ülkeler açısından önemi rahatlıkla anlaşılmaktadır. Gelişen teknolojiyle yük gemilerinin taşıma kapasiteleri önceki yıllara oranla hızlı bir şekilde artmaktadır. Kapasitelerin artması terminallerin büyümesine neden olmaktadır. Hem kapasitelerin artması hem de uluslararası ticaret hacmindeki önemli artış; konteynir terminali yöneticilerini, fazla sayıda terminal operasyonlarını yönetebilmeleri için daha verimli yöntemler bulmaya teşvik etmiştir.

Son yıllarda, konteynir terminallerinde verimliliği arttırmak için, tekrarlı terminal operasyonları üzerinde önemli yetkinliğe ve otomatik-kontrol teknolojisine sahip olan otomatik kılavuzlu araçlar (AGV) ve otomatik kaldırma araçları (ALV) kullanılmaya başlanmıştır. Yeterli rıhtım derinliğine sahip olan terminallerin aksine, iç denizlerdeki konteynir terminalleri, daha az rıhtım derinliğine sahip olmaları sebebiyle kıyıların doldurulmasıyla inşa edilmektedir. Bu tarz dolgu tipi konteynir terminalleri içerisinde yaygın olanlar; Π , L, π veya Ψ rıhtımlı dolgu tipi yerleşime sahip olanlardır.

Bu çalışmada, yaygın tipte rıhtıma sahip olan dolgu tipi konteynir terminalleri için simülasyon modelleri geliştirilmiştir. Geliştirilen modeller yardımıyla söz konusu terminaller için farklı AGV dağıtım kuralları ve atama stratejileri, belirlenen performans kriterlerinden yararlanılarak test edilmiş ve terminal yerleşiminin belirlenen performans kriterleri üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. Sonuçlar, farklı AGV dağıtım kuralları ve atama stratejileri altında yerleşimin önemli bir etkisi olduğunu ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Dolgu tipi konteynir terminalleri, AGV dağıtım kuralları, atama stratejileri

ABSTRACT

LAYOUT ARRANGEMENTS ANALYSIS WITH SIMULATION IN CONTAINER TERMINALS

When it's thought that more than %80 of world's bulk transportation is provided by the seaway, it's easy to understand the importance of container transportation in terms of countries. Vessel's load capacity is increasing rapidly by the developing technology in comparison to the previous years. Increasing capacities lead to development of terminals. Due to a significant increase in the volume of international trade and in capacities, container terminal managers were encouraged to find more efficient methods to be able to manage many operations.

In recent years, in order to increase the efficiency in terminals, AGVs and ALVs have been used. Owing to their low berth depth, container terminals in Turkey are built as artificially filled near the coast. Terminals which are Π , L, π or Ψ berth typed are the common ones among this kind of filled typed terminals.

In this study, simulation models are developed for filled typed container terminals which have common berth types. Terminals, with the help of models developed for these rules, and the assignment of different AGV deployment strategies, and terminal layout has been tested using the specified performance criteria have been represented influence on the performance of terminals. Results indicate that under different AGV dispatching rules and assignment strategies, layout has a significant effect.

Key Words: Short sea container terminals, AGV dispatching rules, allocation strategies

1. GİRİŞ

Küçük parçalardan meydana gelen taşınacak elemanların standart birimler haline getirilerek hareketli teknik donanımlar aracılığı ile taşınmasına, birim yük oluşturma denmektedir. Birim yük oluşturma yöntemlerinden en gelişmiş olan ve konteynır adı verilen standart taşıma kapları 50 yılı aşkın bir süredir, özellikle uluslararası deniz taşımacılığında, yaygın olarak kullanılmaktadır.

Konteynır taşımacılığı dış ticaretteki hızlı büyümeden etkilenecek son 30 yılda önemli derecede büyüme kaydetmiştir. Taşımacılık ticaretinin ana hedefi; taşınan malın en ucuz, en güvenli ve en hızlı şekilde taşınmasıdır. Bu hedefe konteynır taşımacılığı ile ulaşmak mümkündür. Çünkü konteynırlarla taşınan mallar kapalı bir kap içerisinde taşındıklarından; daha emniyetli, daha ucuz ve istenilen yere aktarılabilirdiğinden; daha hızlı taşınırlar. Ayrıca kıtalar arası karayolunun bulunmamasını ve havayolunun çok pahalı ve çok düşük yük kapasiteli olmasını göz önünde bulundurursak, konteynır taşımacılığının önemini bir kez daha anlamış oluruz. Konteynır taşımacılığının gelişmesinin diğer önemli bir sebebi de; denizyolu, karayolu ve demiryolu gibi değişik taşıma yollarında kullanılabilir olmasıdır.

Dünya ticaretinin %90'dan fazlası, deniz yoluyla gerçekleştirilmekte olup, deniz yoluyla gerçekleştirilen uluslararası ticaret hacmi, her geçen gün süratle artmaktadır. 2000 ve 2008 yıllarında yaşanan küresel ekonomik krizlere rağmen, son yıllarda konteynır taşımacılığı toplam ticaret hacmi içerisinde yükselen bir trend göstermiştir. Ulusal ekonomilerdeki serbestleşme ve sanayileşmenin artması ürünlere talebin de artmasına yol açmaktadır. Teknolojik yenilikler sayesinde gemilerin süratlerinin ve boyutlarının artması, ulaştırmanın etkin ve hızlı yapılabilmesini sağlamıştır. Kara, deniz ve hava taşımacılığının bir bütün haline geldiği, yüklerin kapıdan kapıya taşınmasına olanak sağlayan kombine (intermodal) taşımacılık ve özellikle konteynır taşımacılığı giderek artan bir önem kazanmıştır. Dolayısıyla günümüz küresel tedarik zincirinde, konteynır nakliye süreçlerinin etkinliğinin artırılması her zamankinden daha da önemli bir hale gelmiştir.

Konteynır terminalleri konusunda bilimsel literatür incelendiğinde, terminal ekipman seçimi problemleri, rıhtım atama problemleri, araç rotalama problemleri, çizelgeleme problemleri ve lojistik kontrol ve bilgi sistemleri gibi konulara çözüm sunan çok sayıda çalışmanın mevcut olduğu görülmektedir. Söz konusu çalışmaların birçoğunda yeni varsayımlar altında hipoteze dayalı konteynır terminalleri oluşturularak analizler gerçekleştirilirken, bu çalışmada, Türkiye’de de örnekleri bulunan, iç denizlerdeki konteynır terminalleri incelenmiştir. Bununla birlikte; Doğu Avrupa ve Akdeniz Bölgeleri arasında kalan Türk Limanlarının önemi, küresel ticaret ve Avrupa Birliği’nin genişlemesi ve Türkiye’nin coğrafik konumu sebepleriyle gün geçtikçe artmaktadır. Ülkemiz limanları, besleyici liman niteliğinde olup konteynırların bölgeye dağıtılmasında hizmet verme ve bölge limanlarını uluslararası limanlara bağlayan liman olma özelliklerine sahip olduğundan uluslararası ticarete önemli rol oynamaktadırlar [1]. Türkiye kıyılarında da yer alan dolgu tipi limanlar, yeterli kıyı derinliğine sahip olmayan denizlerde kıyıların doldurulması ile inşa edilir. Bu tip limanlar, doğal limanlardakinin aksine hem birden fazla rıhtıma hem de daha az derinliğe sahiptir. Bu tarz dolgu tipi konteynır terminalleri içerisinde en yaygın olanlar; Π , L, π ve Ψ rıhtımlı dolgu tipi yerleşime sahip olanlardır. Böyle limanlardaki konteynır terminallerinin birden fazla rıhtıma sahip olması, terminalin birden fazla istif alanının oluşturulmasına ya da ortak istif alanın rıhtımlara göre yatay ya da dikey konumlandırılmasına neden olabilmektedir [2].

Bu çalışmada, dolgu tipi konteynır terminallerinden, yukarıda da belirtildiği gibi, en yaygın olan 4 rıhtım tipi (Π , L, π ve Ψ) seçilerek, terminal yerleşiminin farklı araç dağıtım kuralları ve araç sayıları altında belirlenmiş performans kriterleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bununla birlikte, belirlenen en iyi araç dağıtım kuralında stok sahası atama ve kaynak atama stratejileri de uygulanarak, bu stratejilerin terminal verimliliği üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Bu rıhtım tiplerinin seçilmesi birkaç sebebe dayanmaktadır. Bunlardan birincisi; bu tip limanlarla ilgili literatürde kapsamlı bir çalışma bulunmamasıdır. İkincisi ise, özellikle Türkiye kıyılarında olan bu kıyı tiplerine sahip limanların seçilerek literatüre kazandırılmak istenmesidir. Bir diğer sebep ise otomasyon teknolojisine sahip olmayan bu limanlardaki terminallerde, otomasyonun terminal verimliliğine olan etkisinin de vurgulanmak

istenmesidir. Bu sayede, gelecekte bu tip limanlarda planlanacak yatırım analizlerine ve yeni kurulacak terminallere, bu çalışma büyük katkı sağlayacaktır.

Söz konusu terminal tiplerini farklı koşullar altında incelemek ve değişimlerden kaynaklanacak etkileri analiz etmek amacıyla, VBA tabanlı Arena simülasyon yazılımı kullanılarak farklı simülasyon modelleri geliştirilmiştir. Geliştirilen modellerde yıllık elleçleme sayısı ana performans kriteri olarak göz önünde tutulurken, kaynak (terminal ekipmanları – vinçler ve araçlar) kullanım oranları da diğer performans kriterleri olarak ele alınmıştır.

Çalışmanın diğer kısımları şu şekilde düzenlenmiştir; bir sonraki bölümde konteynır ve konteynır terminalleri konusunda detaylı bir bilgilendirme sunularak, Dünya'daki ve Türkiye'deki konteynır taşımacılığının gelişimi hakkında bilgiler verilmiştir. 3. bölümde konteynır terminalleri ile ilgili literatür araştırmasına ve özet literatür tablosuna yer verilirken, 4. bölümde ise çalışmanın özgün değeri ortaya konmuştur. Çalışmanın 5. bölümünde, dolgu tipi konteynır terminalleri hakkında bilgiler verilerek örnek gösterimler sunulmuş; 6. bölümünde ise uygulama kapsamında tasarlanan konteynır terminalleri tanıtılmış ve bu terminallere ait özellikler vurgulanmıştır. 7. bölümde uygulama kapsamında geliştirilen simülasyon modeli ve kullanılan simülasyon yazılımı tanıtılmıştır. 8. bölümde uygulama kısmına geçilerek araç dağıtım kuralları hakkında bilgiler verilmiş ve gerçekleştirilen simülasyon deneylerine ait sonuçlar istatistiksel analizleri ile birlikte yorumlanmıştır. 9. ve son bölümde ise çalışma sonuçlandırılarak elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

2. KONTEYNİR TAŞIMACILIĞI VE KONTEYNİR TERMİNALLERİ

2.1 Konteynirin Tanımı ve Tarihçesi

Konteynir; Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO) tarafından kabul edilen tip ve ölçülere uygun, her türlü deniz, hava ve kara taşıtlarıyla taşınabilen, içine konulan eşyayı her türlü dış etkenlerden koruyup hasara uğramasını ve kaybolmasını engelleyen, sürekli kullanmaya olanak verecek şekilde özel, dayanıklı yapılabilen ve birden fazla nakil aracına aktarılmasında yükleme-boşaltma kolaylığı sağlayan, özel donanımı bulunan, yüklerin birimleştirilmesini sağlayan, en az bir kapısı bulunan taşıma kaplarını ifade eder[3].

Konteynirin tarihçesine bakılacak olursa:

1. 1. ve 2. Dünya savaşları sırasında Amerika Birleşik Devletleri ordusu tarafından silah nakliyesi amacıyla kullanılmıştır.
2. 1921 yılında Cleveland-Chicago arasında 9ft x 6ft x 7ft5inç'lik taşıma kapasitesi üç ton olan konteynirler kullanılmıştır.
3. 1929 yılında İngiliz Demiryolları konteynir taşımacılığını başlatmıştır.
4. 1956 yılında Malcolm McLean kamyon taşımacılık şirketi 33ft x 8ft x 8ft boyutlarında konteynirler kullanmıştır. Aynı yıl içerisinde Sea Land isimli denizcilik şirketi konteynirlardan yararlanmıştır.
5. 25 Nisan 1996 tarihinde bir tanker, konteynir taşımacılığı için değiştirilmiştir. Böylece New York ile Hudson arasında ilk deniz taşımacılığı başlamıştır. Taşımacılık sırasında Hudson tüneline geçildiği için ilk olarak konteynir yüksekliği 8ft ile sınırlandırılmıştır.
6. 1958 yılında 24ft uzunluğundaki 75 konteynir kapasiteli gemilerle ABD limanları ile Hawai arasında taşımacılık başlamıştır.
7. 1966 yılında ilk uluslar arası konteynir taşımacılığı New York ile Rotterdam/Bremen arasında başlamıştır.

8.1968 yılında ilk konteynır, taşımacılık amaçlı gemiler için İngiltere ve Japonya tarafından üretilmiştir[4].

2.2 Konteynırın Sahip Olması Gereken Standart Kriterler

Konteynırların ilk olarak kullanılmaya başlanmasından itibaren meydana gelen tarihsel gelişmeler, kara-deniz ve demiryolu işletmelerinin koordineli çalışabilmeleri için bir takım standartlara kavuşmaları gerçeğini ortaya koymuştur. Bu çerçevede kabul edilmiş bulunan standart kriterler, konteynırların bir yerden başka bir yere süratle aktarılmasını mümkün kılma amacına hizmet etmenin yanında, gönderici ve alıcının gereksinimleri ile taşınabilecek malların teknik, fiziki ve kimyevi özelliklerini karşılayabilecek niteliktedir. Farklı boyutlarda ve kilitleme yerleri birbirinden farklı yerlerde bulunan konteynırların bir takım elleçleme sorunları çıkarması üzerine standarda gidilmesi konusu ilk olarak 1961 yılında Amerikan Standartlar Örgütü (ASA)'nde ele alınmış ve nihayet 1965 yılında Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO) tarafından bazı ölçüler esas kabul edilerek, aralarında Türkiye'nin de bulunduğu 31 ülke tarafından imza altına alınmıştır[5].

Uygulanan kurallara göre 40, 30, 20, 10, 7 ve 5 ft boylarına sahip olan konteynırlar benimsenmiştir. Günümüz deniz taşımacılığında daha çok 20 ft'lik konteynırlar kullanılmakta ve ölçüt olarak kabul edilmektedir. Bu ölçüt TEU (Twenty-Foot Equivalent Unit) olarak ifade edilmekte olup, 1 TEU 20 ft'lik konteynıra eşdeğer hacim demektir. Deniz taşımacılığında daha düşük oranlarda olmak üzere 40 ft lik konteynırlar da kullanılmakta olup, FEU (Forty-foot equivalent unit) ya da 2 TEU olarak ifade edilmektedir[5]. ISO tarafından belirlenen standart bir konteynırın boyutları Tablo 2.1'de gösterilmiştir.

Tablo 2.1: ISO Tarafından Kabul Edilen Konteynır Boyutları[4].

KONTEYNIR				Hacmi	Önerilen Yükleme Hacmi	Maks. Yük. Ağırlığı	Kendi Ağırlığı
Boyutları	Uzunluk L (ft/m)	Genişlik B (ft/m)	Yükseklik H (ft/m)	m ³	m ³	t	t
TEU (20')	20/6,096	8' / 2,438	8'6" / 2,591	32	29	24	1,8 – 2,4
FEU (40')	40/12,192	8' / 2,438	8'6" / 2,591	65	59	30,48	2,8 – 4,0

Konteynırların standartları belirlenirken sadece boyut unsuru üzerinde durulmamış; konteynırların kendi ağırlığı, yük hacmi ve hacim/yük ilişkileri de göz önünde tutulmuştur. Bu bağlamda, özellikle, ağırlıkla ilgili olarak kabul edilen bazı kriterler karayolları yük taşıma yönetmeliği ile paralellik arz etmek durumunda kalmaktadır[5].

2.3 Konteynır Tipleri

Konteynırlar taşınan yükler bakımından çeşitli tiplere ayrılmıştır. Bu tipler; standart yük konteynırları, üstü açık konteynırlar, soğutmalı (refrigated veya reefer) konteynırlar, flat rack konteynırlar, platform konteynırlar, havalandırılmalı konteynırlar, tank konteynırlar ve bulk konteynırlardır.

Standart yük konteynırları ile taşınabilecek mallar çok çeşitlidir. Bu yüzden bu tip konteynırlar, konteynır taşımacılığını kârlı duruma getirmektedirler. Şekil 2.1’de 20 ft’lik, 40 ft’lik ve 40 ft’lik yüksek tavanlı (high cube) konteynırlar gösterilmiştir.



Şekil 2.1 : Standart Yük Konteynırları[6].

Boyutları konteynır boyutlarına uymayan yüklerin taşınmasında üstü açık konteynırlar kullanılmaktadır (Şekil 2.2). Örneğin; makine, araç, mermer...



Şekil 2.2 : Üstü Açık Konteynır[6].

Soğutmalı konteynırlar; et, balık, yaş sebze, meyve taşımacılığında kullanılmaktadır. Bu konteynırların hem terminal içerisinde hem de gemide elektrik temin noktalarına ihtiyaçları vardır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 : Soğutmalı Konteynır[6].

Üstten ve yanlardan taşmaları olan yükler için Flat Rack konteynırlar kullanılmaktadır (Şekil 2.4). Örneğin; makine, jeneratör, trafo, araç, tekne...



Şekil 2.4 : Flat Rack Konteynır[6].

Platform konteynırların dört tarafı ve üst tarafı yoktur, sadece alt tarafı mevcuttur (Şekil 2.5). Üstten, yanlardan, ön ve arkadan taşmaları olan yükler için kullanılırlar.



Şekil 2.5 : Platform Konteynır[6].

Havalandırılmalı konteynırlar, taşınma esnasında bozulabilecek ürünleri (fındık gibi...) taşımak için alt ve üst tarafındaki ızgaraları sayesinde havalandırma özelliğine sahiptir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 : Havalandırılmalı Konteynır[6].

Tank konteynırılar silindirik şekillidirler ve çelik muhafazaları vardır (Şekil2.7). Sıvı ve gaz taşımalarında kullanılırlar. Örneğın; zeytinyağı, tıbbi gazlar, meyve suyu...



Şekil 2.7 : Tank Konteynır[6].

Bulk konteynırılar, kuru dökme yükler için tasarlanmışlardır (Şekil 2.8). Yüklemeler konteynırın üzerinde bulunan üç kapaktan yapılmaktadır.



Şekil 2.8 : Bulk Konteynır[6].

2.4 Konteynır Taşımacılığının Avantajları ve Dezavantajları

Her geçen gün yoğunlaşarak dünya ekonomisine damgasını vuran uluslararası rekabet, herhalde içinde bulunduğumuz yüzyılın en belirgin özelliği olarak anılacaktır. Yukarıda tanımlanan ve gelişimi aktarılan konteynır taşımacılığı, özellikleri itibariyle uluslararası rekabetin deniz yoluyla taşımacılık alanında çok önemli bir aşaması olarak göze çarpmaktadır. Gemi büyüklüğü ve kapasitesine hız faktörünün de eklenmesiyle belirginleşen yüksek verimlilik ve karlılık oranı, konteynırların deniz yoluyla taşımacılıktaki yerini ortaya koymaktadır[7].

2.4.1 Konteynır Taşımacılığının Avantajları

Konteynır taşımacılığının avantajları şunlardır[7]:

- Konteynırlar sayesinde yüklerin bir araya getirilmesi ile eldeki mevcut alan azami verimle kullanılabilir hale gelmektedir.

- Konteynır gemileri, ortalama üç yükleme-boşaltma limanı esasıyla, klasik gemilere oranla işlemlerini çok daha çabuk bir şekilde tamamlayarak, sefer başına ortalama 10–15 gün tasarruf sağlarlar. Bu tasarruf da maliyetleri aşağı çekmede oldukça önemli etkenlerden bir tanesidir.

- Konteynırların kullanımı ile depo gereksinimi %35 oranında düşmektedir.

- Ton başına düşen yük elleçleme masraflarında meydana gelen azalmalar nedeni ile birim yük haline getirmede kârlılık oranları yüksek düzeylerde seyretmektedir. Zira klasik gemilerde elleçleme masrafları, uzak sefer nakliyatında navlunun %35-40'ını ve yakın seferlerde %50–60'ını teşkil etmektedir.

- Konteynırın kendisi aynı zamanda ambalaj görevi gördüğünden ayrı bir ambalajlama işlemine ihtiyaç duyulmaz. Bu da ambalajlama giderlerinde tasarruf edilmesini sağlar.

- Birim yük haline getirmenin sağladığı avantajlardan biri de, genellikle tarifeli hat seferlerine dayalı olarak çalışıldığından çok güvenli ve düzenli operasyonları içermesidir.

•Konteynır taşımacılığında yükleme ve boşaltma işlemlerinde genellikle mekanik elemanlar kullanıldığından, günümüzde devamlı olarak artma eğilimi gösteren işgücü ücretlerinden de tasarruf sağlanmaktadır. Yani daha az insan gücüne ihtiyaç duyuluyor olması nedeni ile personel maliyetleri önemli ölçüde aşağıya çekilmektedir. Bu durum kısa dönemde tüm dünya ülkelerinde giderek artan oranda sorunlar yaratan istihdam problemini beraberinde getirirse de uzun dönemde birim yük haline getirmenin gelişimi ile liman şehirleri çevresinde ilave iş gücüne ihtiyaç olacağı, konteynır terminali işletimi süresince de yeni iş olanaklarının yaratılacağı açıktır.

•Birim yük haline getirme ve bu taşımacılık tipinde kullanılan elleçleme ekipmanlarının gelişimi sayesinde malların çalınması, kırılması ve hasar görmesi gibi istenmeyen durumların oluşma olasılığı azalmıştır. Zira konteynırın kendisi bir kaplır ve böylece ilave bir muhafazaya ihtiyaç duyulmamaktadır.

•Yukarıda belirtildiği gibi, konteynırların kullanımı ile malların çalınması ve kırılmasının önüne büyük oranda geçilmesine rağmen, özellikle fırtınalı havalarda konteynırların gemiden düşmesi, içinin iyi düzenlenmemesi nedeni ile zaman zaman uğranılan zararlara ilaveten, konteynırların paslanması gibi sebepler ile de ek giderler oluşmaktadır. Bu hasar ve risklere karşı konteynırlar “Taşıma Sigortası” ve “Taşıyıcının Mesuliyeti Sigortası” ile sigorta ettirilir. Taşıma sigortası, taşınan konteynırın hasara uğraması ve kaybolması riskini sigorta ederken, taşıyanın mesuliyeti sigortası konteynırlara mal yüklemeye karşı taşıyıcının konteynırın içindeki malların sağlamlığı ve zamanında teslim yükümlülüğünü kapsar. Konteynırlar ile yapılan taşımacılıkta bu hasar türlerinin gerçekleşme olasılığı oldukça düşük olduğundan, sigorta primleri de az olmakta ve bu durum dolaylı olarak sigorta giderlerinden tasarruf edilmesini sağlamaktadır.

•Konteynırların belirlenen ölçülerde standart olması ve dünya ticareti taşıma modlarının yükleme-boşaltma ekipmanlarının buna göre ayarlanması da, konteynırcılığın sayılabilecek avantajlarından olup bu unsur da maliyetleri aşağıya çekmektedir. Yani parça yüklerin elleçlenmesinde olduğu gibi her limanda muhtelif yükler için ayrı elleçleme elemanı bulundurma zorunluluğu ortadan kalkmaktadır.

2.4.2 Konteynır Taşımacılığının Dezavantajları

Konteynır taşımacılığının dezavantajları ise şunlardır[7]:

- Konteynır taşımacılığı yapabilmek için gerekli olan konteynırların üretilmesi ve konteynır terminalinin kurulmasının yanında, bu tesis ve ekipmanların gelişen teknolojiye ayak uydurabilmesini sağlamak için yüksek miktarlarda yatırıma ihtiyaç vardır.

- Konteynır taşımacılığında konteynırların birçok defa yüklenip boşaltılması üzerine konteynırlar yıpranır ve eskir. Bu yıpranmaları ve bozulmaları en aza indirmek için tamir ve bakım yapılması gerekmektedir. Konteynır sayısının çokluğu göz önüne alındığında bu durum maliyetli bir iş olarak karşımıza çıkmaktadır.

- İşgücü yoğun bir çalışma modeli yerine sermaye yoğun bir çalışmaya dayalı olan konteynır taşımacılığı özellikle gelişmekte olan ülkelerde kısa dönemde işsizlik sorununu olumsuz yönde etkilemektedir. Konteynır taşımacılığında kullanılan bilgisayar kontrollü araçların ve makinelerin çokluğu bu durumun ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

- Konteynırların kullanımı ile birlikte özellikle ağır makine parçalarının tek kaleme taşınması olanaklı hale gelmiş, bu durum da denizden indirilen konteynırların karayolu taşımalarının sağlıklı yapılması açısından, ülkeleri karayolları sağlamlaştırma/yenileme yönünde ilave yatırımlara sevk etmiştir. Burada sözü edilen birim yük haline getirmenin dezavantajlarının özellikle maliyete ilişkin hususları değişken olup, bunlar şirketlerin politikalarına bağlı olarak farklılıklar gösterebilmektedir. Değişken giderler, toplam konteynır adedi ile çarpıldığında toplam günlük değişken giderler ortaya çıkmaktadır.

2.5 Konteynır Gemileri

Uluslararası ticaretteki rekabetin gerektirdiği ihtiyaçlar dahilinde, inovasyon ve gelişen teknoloji ile beraber konteynır gemilerinin kapasiteleri önemli bir şekilde artmış, dolayısıyla büyüklüklerinde de artışlar olmuştur. Tablo 2.2'de konteynır gemilerinin gelişimi gösterilmiştir.

Tablo 2.2: Konteynır Gemilerinin Gelişimi[4].

Konteynır Gemisi	L (m)	B (m)	D (m)	Kapasite (TEU)
1. kuşak	180-200	27	9	750 – 1.100
2. kuşak	225-240	30	10,5	1.500-1.800
3. kuşak	275-300	32	11,5	2.400-3.000
4. kuşak	290-310	32,3	12,5	4.000-4.500
Post-Pana-Max				
APL C-sınıf (1988)	275	39,4	12,5	4.340
NYK Altair (1994)	300	37,1	13	4.740
Reg. Maersk (1996)	318	42,8	14	6.000
P&O Nedloyd (1998)	340	42,8	13	6.670
Axel Maersk (2003)	352,1	42,8		7.226
OOCL Shenzen (2003)	322,97	42,8		8.063
CSL Europa (2004)	334	42,8		8.498
Colombo Express (2005)	335,07	42,87		8.750
MSC Pamela (2005)	321	45,6		9.200
CMA CGM Medea (2006)	350,5	42,8		9.415
Cosco Guangzhou (2006)	350,6	42,8		9.449
Gudrun Maersk (2005)	367,28	42,8		9.500
Xinlos Angeles (2006)	336,7	45,6		9.600
CMA CGM Thalassa (2008)	346,5	43,2	15,5	11.040
MSC Fabiola (2010)	366,08	48,2	15,5	12.560
MSC Beatrice (2009)	366,1	51	15	14.000
MSC Danit (2009)	365,5	51,2	16	14.000
Emma Maersk (2006)	397	56	15,5	14.770
Gelecek İçin Planlanan Gemiler				
Suez-Max		50-57	14,4-16,4	15.000
Post Suez-Max		60	21	
Post Malaca-Max	470	60	21	20.000

Konteynır gemilerinin büyüklükleri Tablo 2.2’de de görüldüğü gibi hızlı bir şekilde artmaktadır. Ancak 20.000 TEU’luk bir geminin üretilip üretilmeyeceği hala bir tartışma konusudur. Böyle bir gemiye ait boyutlar halen araştırılmaktadır. Jumbo gemi olarak adlandırılan bu gemilerin elleçlenebilmesi için rıhtım ön yüzeyinden yaklaşık 60-70m. ileriye (yani güverte üzerinde 22 adet yan yana konteynır sıralanmaktadır) uzanan kolları olan rıhtım vinçleri (krenler) gerekmektedir[4].

Tablo 2.2’de bahsedilen 3. kuşak gemiler (Pana-Max) güverte üzerinde 13 sıra konteynıra sahip olabilirler (Şekil 2.9). Buna karşın Post-Pana-Max gemiler güverte üzerinde yan yana 18 sıra konteynır taşıyabilirler (Şekil 2.10). Burada Pana-Max tipi gemiden kasıt, Panama Kanalından geçebilecek maksimum genişliğe sahip olan gemilerdir. Post-Pana-Max’lar ise bu genişlikten daha büyük olan konteynır gemileridir.



Şekil 2.9 : Pana-Max Tipi Konteynır Gemisi[8].



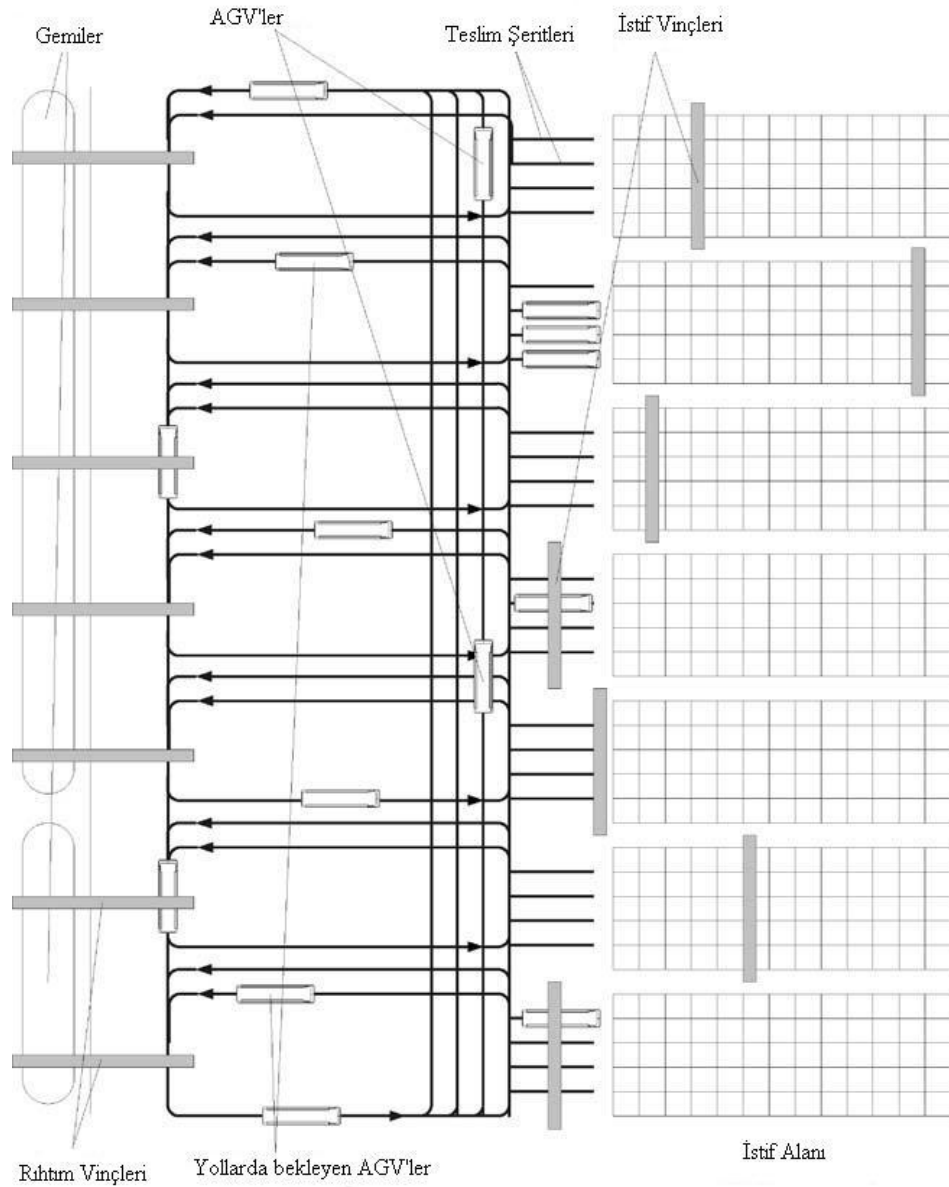
Şekil 2.10 : Post-Pana-Max Tipi Konteynır Gemisi[9].

2.6 Konteynır Terminalleri

Konteynır terminalleri; karayolu, tren yolu ve deniz yolu ile gelen konteynırların geçici olarak depolanarak taşınma biçimlerinin değiştirildiği işletmelerdir. Konteynır terminallerini otomatikleştirilmiş (automated) ve otomatikleştirilmemiş (non-automated) olarak ikiye ayırmak mümkündür.

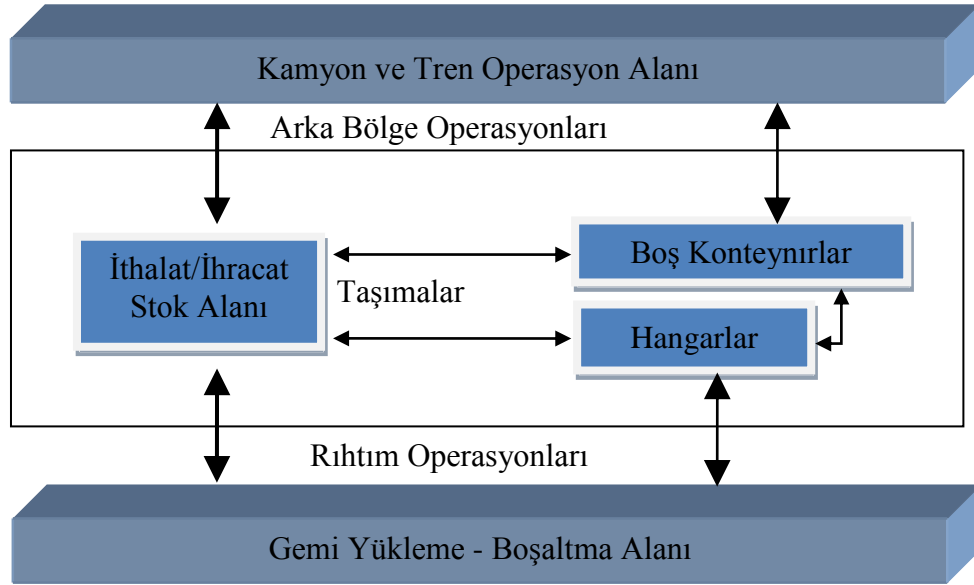
Otomatikleştirilmiş terminaller konteynır bilgi teknolojisine ve otomatik kontrol teknolojisine sahiptirler. Bu yüzden bu terminaller, diğer terminallere göre daha verimlidir ve maliyetleri daha düşüktür. Bu tip bir terminale ait yerleşim örneği Şekil 2.11’de gösterilmiştir. Operasyonlarda kullanılan araçların çoğu insansız olarak çalışmaktadır. Bu tip terminaller işgücününün pahalı olduğu Batı Avrupa ülkelerinde kurulmuşlardır[10].

Otomatikleştirilmemiş terminallerde ise operasyonlar insan kontrolünde gerçekleştirilmektedir. Bu tip terminaller ise işgücününün ucuz olduğu Güneydoğu Asya ülkelerinde kurulmuşlardır[10].



Şekil 2.11 : Otomatikleştirilmiş Konteynır Terminali Yerleşim Örneği[10].

Konteynır terminalleri; gerçekleştirilen operasyonları kontrol altına alabilmek, hangi bölgede hangi operasyonun yapıldığını net bir şekilde izleyebilmek, operasyonların daha hızlı bir şekilde yürütülmesini sağlamak ve operasyonlar sırasında sorun çıkan yerleri daha kolay tespit edebilmek için belirli alanlara ayrılmıştır. Bu alanlar Kamyon ve Tren Operasyon Alanı, İthalat/İhracat (Import/Export) Stok Alanı, Boş Konteynır Stok Alanı, Hangarlar ve Gemi Yükleme - Boşaltma Alanı'dır (Şekil 2.12)[10].



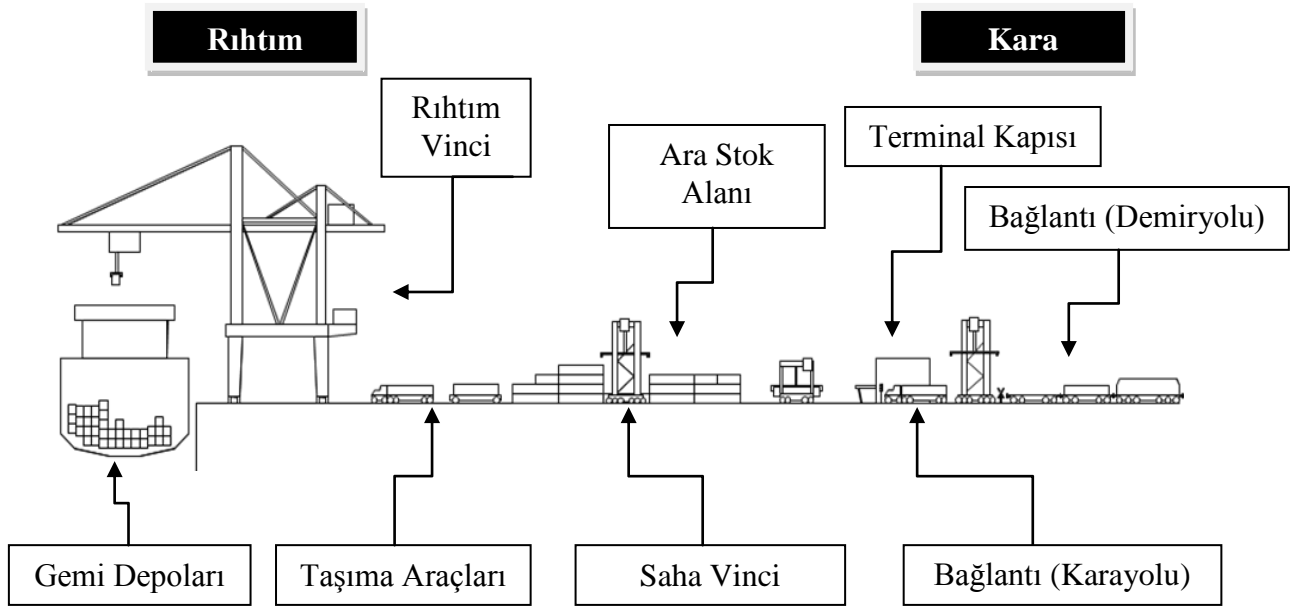
Şekil 2.12 : Konteynır Terminallerinde Operasyon Alanları[10].

Kamyon ve Tren Operasyon Alanında gemilerle gelen konteynırların kamyonlara ve trenlerle yüklenmesi; gemilere yüklenecek olan konteynırların da kamyonlardan ve trenlerden boşaltılması işlemleri yapılır. İthalat/ihracat (İmport/Export) Stok Alanı'nda transferi gerçekleşecek olan konteynırlar stoklanırlar. Transfer zamanı gelince, konteynırlar, bu stok alanından ya diğer stok alanlarına ya da transfer noktalarına taşınırlar. Boş Konteynır Stok Alanında ise içi boşaltılmış veya doldurulacak olan boş konteynırlar bulunmaktadır. Hangarlarda ise içi boşaltılacak konteynırlarla içi doldurulacak konteynırların dolum ve boşaltım işlemleri yapılmaktadır. Gemi Operasyonları Alanında ise gemiye yükleme ve gemiden boşaltma operasyonları yapılmaktadır. Ayrıca bazı depolama alanları özel konteynırlar için ayrılmış durumdadır. Normal stoklama için uygun olmayan boyutlardaki konteynırlar, tehlikeli madde bulunduran konteynırlar, elektrik bağlantısına ihtiyaç duyan konteynırlar gibi farklı durumlar için alanlar ayrılmıştır.

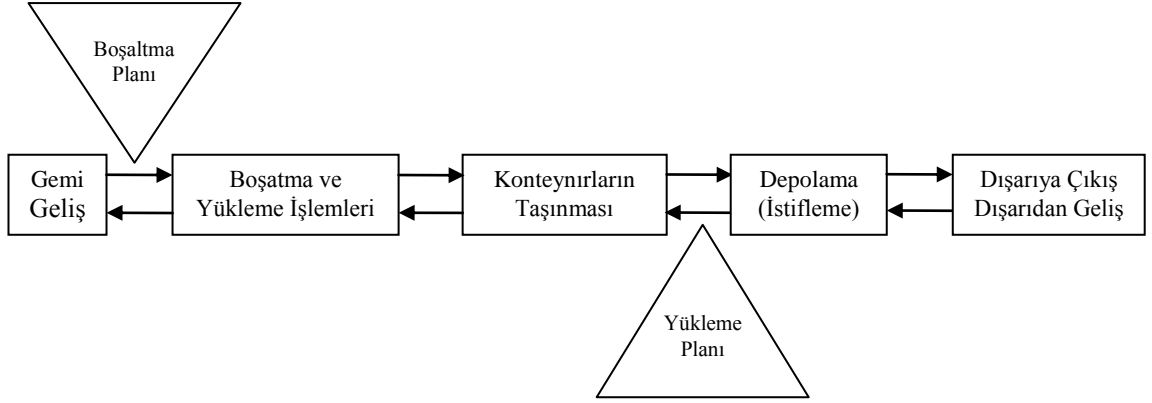
2.7 Konteynır Terminalinde Gerçekleşen Operasyonlar ve Bu Operasyonların Gerçekleştirilmesinde Kullanılan Araçlar

Konteynır terminallerinde, konteynır ticaret şekillerine göre; ithalat, ihracat ve transit olmak üzere 3 tipte hizmet gerçekleştirilmektedir. Bu hizmetler; gemi ile gelip terminal kapısından çıkış yapacak olan konteynırlar için ithalat, terminal kapısından harici bir taşıyıcı araç ile veya tren yolu ile giriş yapıp gemi ile terminalden çıkış yapacak olan konteynırlar için ihracat ve gemi ile terminale giriş yapıp başka bir gemi ile terminalden çıkış yapacak olan konteynırlar içinse transit hizmetleridir.

Konteynır terminallerinde söz konusu hizmetler gerçekleştirilirken farklı ekipmanlar kullanılmaktadır. Şekil 2.13'te bir konteynır terminalinde gerçekleştirilen taşıma ve elleçleme operasyonları ile bu operasyonlar gerçekleştirilirken kullanılan terminal ekipmanları gösterilirken, Şekil 2.14'te ise bir konteynır terminalinde genel olarak uygulanan işlemlere ait bir süreç şeması sunulmuştur.



Şekil 2.13 : Terminal Ekipmanları.



Şekil 2.14 : Bir Konteynır Terminalinde Uygulanan İşlemler.

Gerçekleşen operasyonlar ve operasyonların gerçekleştirilmesinde kullanılan araçlar terminal içerisindeki yerlerine göre şu şekilde açıklanabilir:

2.7.1 Rıhtımda (Apron)

Geminin varışından önce boşaltılacak olan konteynırlar belirlenir ve yüklenecek olan konteynırlar ise gemiye doğru sıra ile taşınabilmeleri için, ihracat depolama alanında önceden hazırlanır. Bağlamaların (lashing) çıkartılmasının hemen ardından güvertedeki konteynırlar rıhtım vinçleri (gantry krenler) ile gemiden kıyıya boşaltılmaya başlanır. Bu operasyonlarda kullanılan araçlar şu şekildedir:

•**Shiptainer:** Bazı konteynır gemileri elleçleme için kendi donanımlarını taşırlar (Şekil 2.15). Konteynırlaşmanın ilk zamanlarında kullanılmışlardır. Ancak şu anda üretilen konteynır gemilerinde bulunmamaktadırlar. Bunun sebepleri ise pahalı olmaları, güvertede alan kaplamaları, sadece gemi rıhtımdayken kullanılıyor olmaları ve deniz suyundan kaynaklanan korozyon nedeniyle bakım masraflarının yüksek olmasıdır[4].

•**Portainer (Gantry Kren):** Rıhtımda konteynırların elleçlenmesi gantry krenlerle yapılır (Şekil 2.16). Literatürde gantry crane, portainer crane, quay crane, ship-to-shore crane (STS), dock side crane olarak çeşitli isimlerle anılmaktadır. Rıhtım vinçlerinin kapasiteleri 10-70 TEU/saat arasında değişmektedir. Ortalama kapasite ise 25 TEU/saat'tir[4].



Şekil 2.15 : Gemi Vinçleri ile Konteynırların Elleçlenmesi[11].



Şekil 2.16 : Rıhtım Vinçleriyle Konteynırların Elleçlenmesi[12].

2.7.2 Rıhtımla Depolama Alanı (Stok Sahası) Arası

Gemiden indirilen (ithal veya transit) konteynırlar rıhtım vincinden taşıyıcı araçlarla depolama alanına taşınırken gemiye yüklenecek (ihraç veya transit) konteynırlar ise taşıyıcı araçlarla depolama alanından rıhtım vincine getirilmektedir.

Bu taşıma işlemlerinde terminalin büyüklüğüne ve yükün türüne göre birkaç seçenek vardır.

•**Forklift (FLT):** Günümüzde mevcut olan en büyük taşıma kapasitesine sahip FLT, ortalama yüke sahip 1 TEU'luk konteynırı elleçleyebilir (Şekil 2.17). Bu araçlar kullanıldığında konteynırlar sadece iki sıra yan yana konularak depolanabilir ve depolama alanında daha fazla boş alana ihtiyaç duyulur. Bu sınırlamalar nedeniyle FLT, daha çok boş konteynırların elleçlenmesinde ve konteynırların boşaltılmasında kullanılır. Straddle Carrier (SC)'e göre daha yavaştır ancak daha ucuzdur ve daha az sıklıkta arıza yapmaktadır[4].



Şekil 2.17 : FLT[13].

•**Reach Stacker (RS):** FLT'den farkı, konteynırı rıhtım vinci gibi tutmasıdır (Şekil 2.18). Bu nedenle bir istif alanında ikinci sıraya uzanabilir ve dolayısıyla konteynırlar dört sıra yan yana istiflenebilir, istif yüksekliği dört konteynır boyuna çıkabilir. Ancak alan verimliliği azdır[4].



Şekil 2.18 : RS[14].

•**Şasiler (Treyler):** Bu sistem Amerikan limanlarında oldukça yaygındır. Ancak sistemin dezavantajı çok fazla alana ihtiyaç duymasındır. Treyler sistemi 3 farklı yöntemle uygulanmaktadır[4].

1. Konteynır, karayolu treyleri üzerine yerleştirilir ve doğrudan müşteriye gönderilir. Bu yöntem kullanılmamaktadır. Çünkü; treyler sürücüsü uzun süre beklemek zorunda kalabilir, emniyet nedenlerinden dolayı rıhtım tarafında ticari trafiğe izin verilmemektedir, normal dökümantasyon ve/veya gümrük işlemleri bu arada yapılmak zorundadır.

2.Konteynır, terminal treyleri üzerine yerleştirilir ve depolama alanına çekici ile götürülür. Daha sonraki elleçleme SC, FLT veya RS ile yapılır.

3.Her konteynır bir treylere konularak park alanına çekici ile götürülür ve oradan karayolu kamyonu ile alınır (Şekil 2.19). Bu yöntem terminal içi karmaşıklığı azaltmasına karşın büyük alana ihtiyaç duyacağından depolama mümkün olmamaktadır.



Şekil 2.19 : Şasi Sistemi[15].

•**Straddle Carrier (SC):** Bu sistemde konteynırlar rıhtımdan depo alanına taŐındıđı gibi depolama alanında sıra sıra depolama da yapılabilir (Şekil 2.20). Her bir sıranın arasında SC'nin bacağı veya tekerleği geçebilecek kadar boŐluk bırakılır. Depolama yüksekliğine bağlı olarak 2 ya da 3 sıra st üste depolama yapılabilir. 3 sıra olması, operatör kabininin tepede olması dolayısıyla manevra kabiliyetini zorlaŐtırır. Alan verimliliği ve esnekliğinden dolayı terminal operasyon yöntemleri arasında en popüler olanıdır. Ancak oldukça pahalıdır ve kolayca bozulabilmektedir. SC operatörünün görüŐü sınırlı olduğundan ciddi emniyet kuralları uygulanmalıdır[4].

Yukarıda bahsedilen dört tip ekipman rıhtımla depolama alanı arasındaki veya depolama alanındaki taşımacılıkta kullanılır. Büyük terminallerde bu iki fonksiyon genellikle ayrılmaktadır. Ancak aşağıdaki iki sistem sadece rıhtım ile depolama arasında kullanılmaktadır:



Şekil 2.20 : SC[10].

a) Çoklu treyler sistemi (Multi Trailer System-MTS): MTS’de 5 treyler birbirine bağlanarak sadece bir çekici tarafından çekilir (Şekil 2.21). Böylece sürücü ihtiyacı azaltılmış olur. Bu sistem Hollanda’da geliştirilmiştir ve dönüşlerde bütün treylerin aynı kalmasını sağlayacak şekilde özel olarak tasarlanmıştır[4].



Şekil 2.21 : MTS[15].

b) Otomatik kılavuzlu araçlar (Automated Guided Vehicle-AGV): Rotterdam ECT terminali tarafından geliştirilmiş, rıhtımla depolama alanı arasında çalışan insansız şasilerdir (Şekil 2.22). Merkezi bir istasyon tarafından kumanda edilirler. Bu yenilikçi tasarımın sorunu ise terminal kaplama tabakasını çok çabuk bozmalarıdır. Çünkü tüm AGV’ler aynı rotayı izlediklerinden ve büyük tekerlek yüklerine sahip olduklarından kaplama tabakasında izler oluşmaktadır[4].



Şekil 2.22 : AGV[16].

Terminalde oluşan darboğazlardan kaynaklı beklemleri azaltma ihtiyacı, gelişen teknoloji ve inovasyon sayesinde AGV'ler geliştirilerek kızaklı hale getirilmiştir (Şekil 2.23).



Şekil 2.23 : Kızaklı AGV[17].

Tablo 2.3'te bahsedilen taşıyıcı araçların avantajları ve dezavantajları özetlenmiştir.

2.7.3 Depolama Alanı İçerisinde

Rıhtım vincinden ve dışarıdan taşıyıcı araçlarla gelen konteynırların istiflenmesi, yerleştirilmesi yapılır. Bu işlemlerde farklı gantry krenler (konteynır kreni) kullanılmaktadır. Bu sistemin başlıca özelliği istifleme alanlarında üst üste 4-6, yan yana 5-9 adet konteynır istifleyebilmeleridir. Dolayısıyla başlıca avantajı kara alanlarının ekonomik bir şekilde kullanılmasıdır. Düşük kaplama maliyetleri, ekipman güvenilirliği, işçilere daha basit eğitim, fakat denetleyici ve planlayıcı personele en üst standartlarda eğitim gereklidir. Sistemin esnekliği SC terminallerine göre çok daha azdır ve başlangıç yatırımları daha yüksektir[4].

Tablo 2.3: Taşıyıcı Araçların Avantajları ve Dezavantajları[4].

Avantajlar	Dezavantajlar
FT / RS	
<ul style="list-style-type: none"> •Düşük yatırım maliyeti •Basit ve esnek operasyon •Çoğunlukla boşlar için kullanılmaks 	<ul style="list-style-type: none"> •Fazla depolama alanı gerektirmesi •Yoğun işgücü •Sadece 1 TEU elleçleyebilmesi
Şasi / Treyler	
<ul style="list-style-type: none"> •Düşük kaplama yatırımı •Düşük bakım maliyeti •Basit / esnek operasyon 	<ul style="list-style-type: none"> •Düşük kaplama yatırımı •Düşük bakım maliyeti •Basit / esnek operasyon
SC	
<ul style="list-style-type: none"> •Yüksek yük kapasitesi •Tüm terminal içi tek tip ekipman •Kalifiye eleman ihtiyacı •Yoğun işgücü 	<ul style="list-style-type: none"> •Karmaşık ekipman •Yüksek yatırım maliyeti •Yüksek bakım maliyeti
MTS	
<ul style="list-style-type: none"> •Az işgücü ihtiyacı •Yüksek yük kapasitesi •Ani trafik yükünün kolaylıkla hafifletilmesi 	<ul style="list-style-type: none"> •Operasyonda düşük esneklik

•**Lastik tekerlekli gantry veya lastik tekerlekli portal kren (Rubber Tyred Gantry-RTG):** Bu kren genellikle dört tane yan yana, iki tane üst üste konteynır istifler. Bir istif bölgesinden diğerine hareket edebildiğinden esnektir, ancak büyük tekerlek yükünden dolayı iyi zemin şartları gerektirmektedir. Bunlar, konteynır terminallerinin depolama alanlarında SC'den sonra en çok kullanılan krenlerdir. Konteynırlar bu krenlerin altına treyler ya da SC gibi farklı ekipmanlar tarafından getirilirler (Şekil 2.24)[4].



Şekil 2.24 : RTG[17].

•**Raylı gantry veya raylı portal kren (Rail Mounted Gantry-RMG):** Eğer altyapı veya zemin durumu çok iyi değilse bu sistem tercih edilir. Çünkü raylar y¼k¼ iyi dağıtır. Bu krenler elektrikle çalışırlar. Oldukça yoğun istifleme olanaklarına sahiptirler (şekil 2.25)[4].



şekil 2.25 : RMG[15].

•**Otomatik depolama kreni (Automated Stacking Crane-ASC):** Bu tipteki ilk kren ECT tarafından geliştirilmiştir (şekil 2.26)[4].



şekil 2.26 : ASC[18].

2.7.4 Depolama Alanından Hinterland Taşımacılığına

Konteynırların depolama alanından kamyon aktarma istasyonuna taşınması genellikle SC'lerle yapılmaktadır. Depolama alanından demiryoluna (ya da nehir bulunan konteynır terminallerinde iç su yolu “mavna (barge)” terminaline) gidişte ise mesafeye bağlı olarak çeşitli ekipmanlar kullanılmaktadır[4].

2.7.5 Kapılar

Konteynırların terminale giriş-çıkış yaptıkları noktalardır (Şekil 2.27). Bu noktalarda tüm kayıtlar tutulur ve gümrük işlemleri yapılır. Yüksek kapasiteli terminallerde kamyonların uzun kuyruklar oluşturmasını önlemek için ileri bilişim teknolojileri (RFID gibi...) kullanılmaktadır[4].

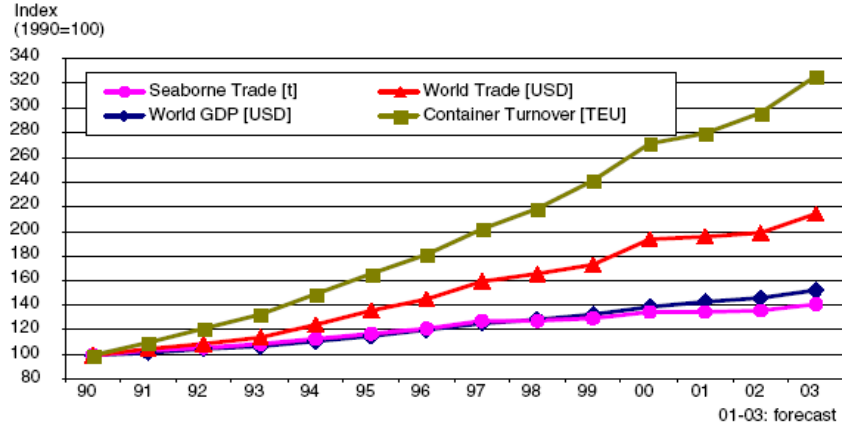


Şekil 2.27 : Konteynır Terminali Giriş/Çıkış Kapısı[15].

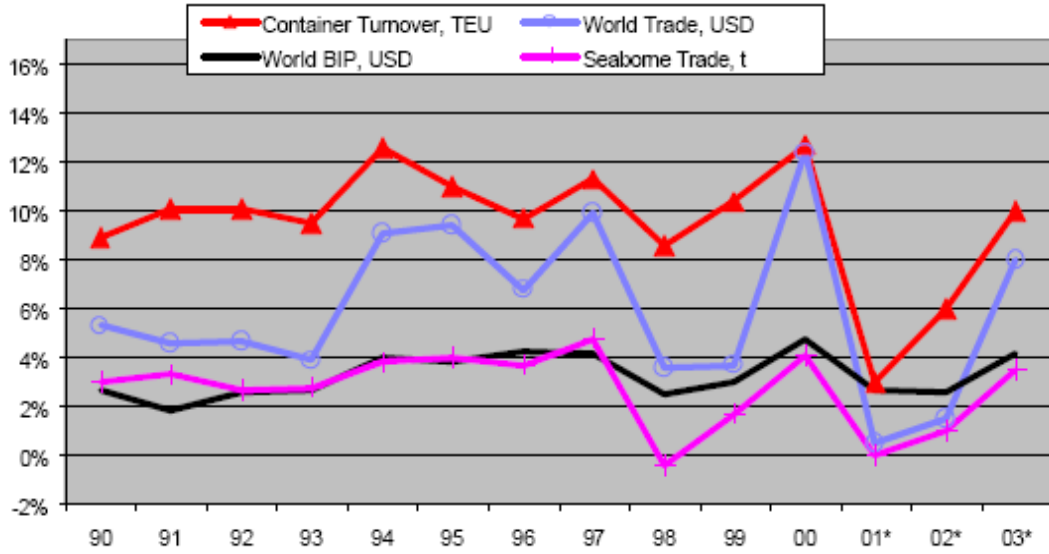
2.8 Konteynır Taşımacılığının Dünyadaki Durumu

Dünya ticaretinin %90'dan fazlası, deniz yoluyla gerçekleştirilmekte olup, deniz yoluyla gerçekleştirilen uluslararası ticaret hacmi, her geçen gün çarpıcı bir şekilde artmaktadır. Uluslararası ticarete konteynır taşımacılığına olan talep son 10 yıl içerisinde hızla yayılarak, 2001, 2002 ve 2008 yıllarındaki zor ekonomik şartlara rağmen, büyümeye devam etmiştir. Söz konusu talebin 1995-2001 yılları arasında %69 artarak 244 milyon TEU'ya, 2002 yılında ise yaklaşık 266 milyon TEU'ya çıktığı hesaplanmıştır. 2001 yılında, Çin Halk Cumhuriyeti'nin Dünya Ticaret Örgütü'ne (DTÖ – World Trade Organization) üye olmasıyla, dünya deniz ticaretinde önemli büyümeler yakalanmıştır.

Konteynır taşımacılığındaki büyüme her zaman dünya ticaretindeki büyümeden fazla olmuştur (Şekil 2.28)[10].



Şekil 2.28 : Konteynır Taşımacılığında Yıllar Bazında Büyüme Miktarı[10].

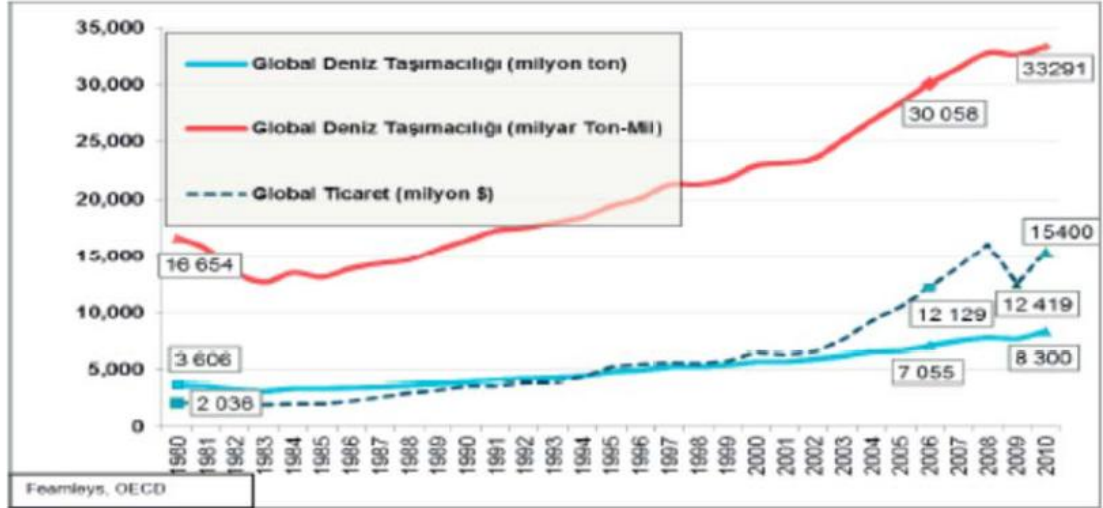


Şekil 2.29 : Konteynır Taşımacılığında Yıllar Bazında Büyüme Oranı[10].

Konteynır taşımacılığında yıllara göre gerçekleşen büyüme oranı da dünya ticaretinden daha fazladır (Şekil 2.29). Bu durumun en büyük nedeni; taşımacılığın gittikçe artan bir hızla konteynırlarla yapılmak istenmesidir[10].

2003-2010 yılları arasında tonaj talebinde %80 oranında artış yaşanmıştır. Kalan % 20'lik oran ekonomi dışı gelişmelerle ilgili olarak ortaya çıkmış ve önceden tahmini zor olan anormal hava koşulları, yaşanan krizler, deniz haydutluğundan kaçınmak üzere değiştirilen ve uzayan rotalar, mal hareketlerinde gözlenen dönemsel değişiklikler gibi faktörlerle açıklanmaktadır[19].

Şekil 2.30'da Dünya Deniz Taşımacılığının gelişimi gösterilmiştir.



Şekil 2.30 : Global Deniz Taşımacılığı Gelişimi (milyar ton-mil)[19].

Dünya deniz ticaretinde, son 10 yılda yükselen ekonomiler söz sahibi olmuş ve Amerika Birleşik Devletleri, Avrupa Birliği üyesi ülkeler ile Japonya'nın önemi önceki dönemlere kıyasla azalmıştır.

Dünya deniz ticaretinde yukarıda bahsedilen gelişmeler yaşanırken, dünyanın en iyi 10 konteynır terminalinde 2009 ve 2010 yıllarında gerçekleştirilen toplam elleçleme miktarları Tablo 2.4'te gösterilmiştir.

Tablo 2.4: Dünyanın En İyi 10 Konteynır Terminali Elleçleme Miktarları[20].

Sıra	Liman	Milyon TEU	
		2009	2010
1	Shanghai	25	29.07
2	Singapore	25.86	28.43
3	Hong Kong	21.04	23.70
4	Shenzhen	18.25	22.51
5	Busan	11.98	14.19
6	Ningbo-Zhoushan	10.50	13.14
7	Guangzhou Harbor	11.20	12.55
8	Qingdao	10.26	12.01
9	Dubai	11.10	11.60
10	Rotterdam	9.74	11.14

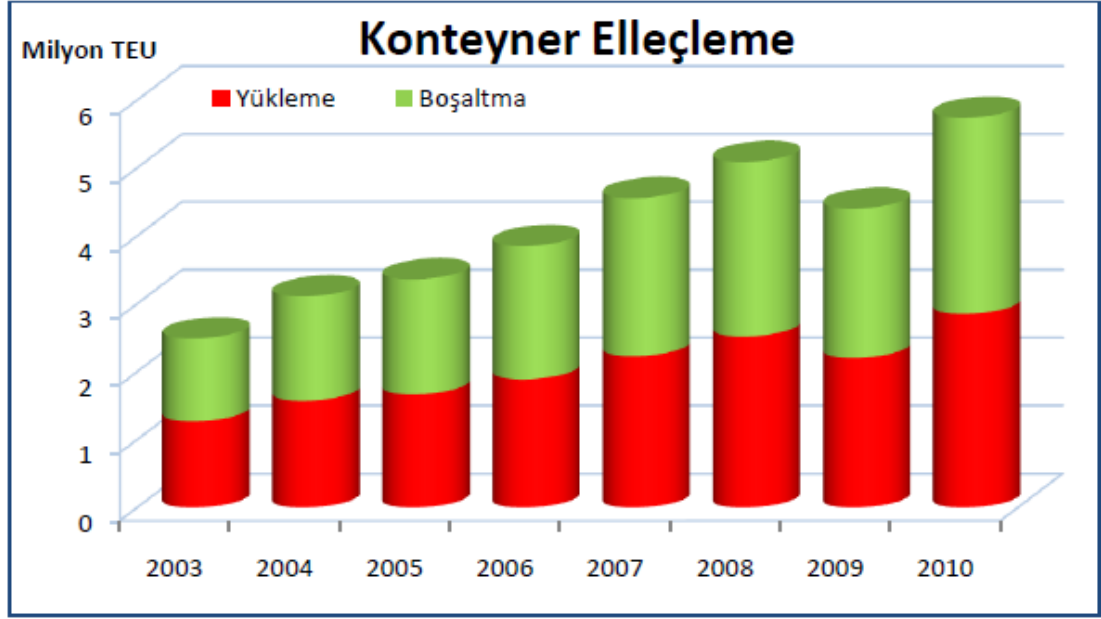
2.9 Konteynır Taşımacılığının Türkiye’deki Durumu

Ülkemiz, coğrafi konumu bakımından Akdeniz çanağında yer alması ve iki önemli boğaza sahip olması sebebiyle dünya ticaretinde önemli bir yere sahiptir. Türkiye, gerek sahip olduğu boğazlarıyla gerekse Doğu-Batı, Kuzey-Güney eksenlerinde kavşak noktasında bulunan hinterlandıyla; Avrupa’dan Atlantik’e, Arap Yarımadasına, Ortadoğu’ya, Uzakdoğu’ya ulaşımın odağındadır (Şekil 2.31). Ayrıca 3 tarafının denizlerle çevrili olması, bir iç denizinin bulunması, 8333 km.’lik bir sahil şeridinde sahip olması gibi coğrafi avantajları sayesinde Türkiye, deniz ulaşımının ülke içinde her bölgeye etkili olacağı bir durumu ortaya koymaktadır. Dünya deniz ticaretinin % 90’ı, Türkiye’nin dış ticaretinin % 85’i denizyoluyla yapılmaktadır.



Şekil 2.31 : Türkiye'nin Coğrafi Konumu ve Konteynır Terminalleri[1].

Ülkemizde uygulanan özelleştirme politikaları kapsamında, 2005 yılında limanların özelleştirilmeye başlanması akabinde konteynır taşımacılığında da canlanmalar başlamıştır. Şekil 2.32’de 2003-2010 yıllarında Türkiye limanlarında gerçekleştirilen elleçleme miktarları yükleme ve boşaltma olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.32 : 2003-2010 yıllarında Türkiye limanlarında gerçekleştirilen elleçleme miktarları[21].

Tablo 2.5'te ise 2009 ve 2010 yıllarında Türkiye'de en fazla konteynır elleçlenen 10 limana ait veriler sunulmuştur.

Tablo 2.5: Türkiye'de En Fazla Konteynır Elleçlenen 10 Liman Başkanlığı[21].

Sıra	Liman Başkanlığı	2010			2009		
		Toplam Elleçleme (TEU)	Toplam Elleçleme İçindeki (%) Oran	Önceki Yıla Göre % Artış	Liman Başkanlığı	Toplam Elleçleme (TEU)	Toplam Elleçleme İçindeki (%) Oran
1	AMBARLI	2.463.866	42,90%	37,38%	AMBARLI	1.793.516	40,72%
2	MERSİN	1.015.567	17,68%	20,05%	MERSİN	845.973	19,21%
3	İZMİR	716.083	12,47%	-11,18%	İZMİR	806.188	18,30%
4	GEMLİK	565.756	9,85%	40,69%	GEMLİK	402.137	9,13%
5	İZMİT	415.944	7,24%	48,48%	İZMİT	280.329	6,36%
6	ALİAĞA	229.672	4,00%	26,29%	İSTANBUL	181.854	4,13%
7	İSTANBUL	125.222	2,18%	109,86%	ANTALYA	59.668	1,35%
8	ANTALYA	175.888	3,06%	648,60%	TRABZON	23.496	0,53%
9	TRABZON	34.072	0,59%	332,33%	ALİAĞA	7.881	0,18%
10	İSKENDERUN	721	0,01%	-77,36%	TEKİRDAĞ	3.184	0,07%
TOPLAM		5.742.790	99,99%	30,39%		4.404.225	100,00%
DİĞER LİMANLAR		665	0,01%			217	0,00%
TOPLAM ELLEÇLEME		5.743.455	100,00%	30,40%		4.404.442	100,00%

Türkiye'nin coğrafi konumuna rağmen konteynır taşımacılığında bu derece az pay almasının birçok nedeni vardır. Bunlardan en önemlileri; Türkiye'deki terminal işletmelerinin profesyonel kişilerce yapılmaması, bürokratik işlemlerin fazlalığı ve bu işlemlerin uzun sürmesi, finansman ihtiyacı ve devletin özel limanlara uyguladığı yüksek kira bedelleridir.

3. KONTEYNİR TERMİNALLERİ İLE İLGİLİ LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Konteynir terminallerinde gerçekleştirilen operasyonların kontrolü ve planlanması, dünya çapında yaygınlaşan bir araştırma konusu haline gelmiştir. Bu kapsamda; rıhtım atama, saha planlama ve rotalama, ekipman seçimi, çizelgeleme, simülasyon ile performans değerlendirme ve liman yerleşimi gibi ana başlıklar altında birçok çalışma yayınlanmıştır.

Vis ve Koster [22] çok çeşitli karar problemleri için geniş çaplı bir literatür araştırması yapmıştır. Bu literatür araştırmasında, problemleri çözmeye kullanılan modeller tartışılmıştır. Steenken ve diğerleri [10], çalışmalarında konteynir terminallerinde gerçekleştirilen operasyonların daha verimli bir şekilde yönetilebilmesi için karar problemlerini sınıflara ayırmış ve her karar problemi için yapılmış çalışmalar hakkında bilgi vermiştir. Günther ve Kim [23], Stahlbock ve Voß [24] ve Murty vd. [25, 26] konteynir terminallerindeki operasyonların ve karar verme ile ilgili yöntemlerin sınıflandırıldığı kapsamlı bir literatür analizi gerçekleştirmiştir.

Literatürde bulunan söz konusu çalışmalar doğrultusunda, bu çalışmadaki literatür araştırması, çalışmanın amacı ile ilgili konularla (özellikle de simülasyon yöntemli karşılaştırma konuları ile) sınırlandırılmıştır. Çalışma kapsamında terminal performans analizi, AGV ve otomasyon etkileri, araç rotalama ve araç dağıtım kuralları, kaynak atama stratejileri ve yerleşim problemi konularında literatür araştırması bu bölümde sunulmuştur. Bölümün son kısmına ise, yapılan bu literatür araştırmasını özetleyen bir tablo (Tablo 3.1) eklenmiştir.

3.1 Terminal Performans Analizi Konulu Çalışmalar

Lojistik araştırmalarında, konteynir terminallerinin performans analizi konularında simülasyon yöntemi, standart bir yaklaşım olarak kullanılmaktadır [10].

Novitsky ve diğerleri [27], çalışmalarında simülasyon ve bilgi sistemlerinin Letonya liman sahalarında endüstriyel olarak uygulanmasını amaçlamışlardır. Bu nedenle

Baltık Konteynır Terminali'nin Arena programında simülasyonu yapılarak performans analizi gerçekleştirilmiştir.

Shabayek ve Yeung [28], çalışmalarında Hong Kong'da bulunan Kwai Chung konteynır terminali için simülasyon modeli geliştirerek mevcut durumun geliştirilmesi hakkında önerilerini sunmuşlardır.

Liu ve diğerleri [29], çalışmalarında terminal performansının kullanılan teknoloji ve terminal yerleşimi ile doğrudan bağlantılı olduğunu belirterek, otomasyonun ve terminal yerleşiminin terminalin performansı ile ilişkisini hazırladıkları simülasyon modeli ile ortaya koymuşlardır.

Parola ve Sciomachen [30], çalışmalarında çoklu taşıma türüne (intermodal) sahip bir terminal sisteminde konteynır akışlarındaki geliştirme önerileri simülasyon yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Bu kapsamda, kuzeybatı İtalya liman sisteminde lojistik zinciriyle ilişkili olarak kesikli olay simülasyon modelleme yaklaşımı kullanılmıştır.

Murty ve diğerleri [25], çalışmalarında konteynır terminallerinde günlük gerçekleştirilen operasyonlarda alınan kararlara değinmiştir. Alınan bu kararların ortak amacı; gemilerin rıhtımda bekleme sürelerinin, rıhtım vinçlerinin araç bekleme sürelerinin, dışarıdan gelen araçların konteynırlarını boşaltma-yükleme için bekleme sürelerinin, rıhtım vinci ve istif vinci önündeki kuyruklarda taşıyıcı araçların bekleme sürelerinin, depolama alanında üretken olmayan hareketlerin, değişik vardiyalardaki toplam taşıyıcı araç sayısının ve terminal içindeki trafiğin minimuma indirilmesi ve stok alanının en iyi şekilde kullanılmasını sağlamaktır. Alınan bu kararların doğruluğunu sağlamak için operasyonların karmaşıklığı ve büyüklüğü göz önüne alındığında bir karar destek sisteminden yararlanılması artık zorunlu hale gelmiştir. Çalışmada bir karar destek sisteminin nasıl geliştirileceği üzerinde durulmuş, sistemle ilgili matematiksel modeller ve algoritmalar üzerinde tartışılmış, kullanılan yaklaşımlar ve deneysel sonuçlara yer verilmiştir.

Murty ve diğerleri [26], çalışmalarında Hong Kong Uluslararası Terminali (HIT) için kapasite iyileştirmesi yapmışlardır. Hong Kong Üniversitesi Endüstri Mühendisliği ve Mühendislik Yönetimi (IEEM) Bölümünden bir grup, terminalin kapasitesinin ve üretkenliğinin geliştirilmesi için çalışmalarda bulunmuştur. En uygun algoritma yöntemini kullanarak söz konusu çalışmalarda 160 milyon USD/yıl, HIT'e bağlı

diğer 6 terminalde taşıyıcı araçların optimize edilmesiyle de 54 milyon USD/yıl kazanç sağlanmıştır.

Hartmann [31], çalışmasında konteynir terminallerinde optimizasyon çalışmaları için senaryoların oluşturulması üzerinde durmuştur. Gelen konteynirlerin istif yerleşimine yönelik, senaryo oluşturucu bir algoritma geliştirilmiştir. Bu algoritma sonucunda elde edilen parametrelerle simülasyon çalışması yapılmış ve sonuçları gerçek sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Çalışmanın uygulaması Hamburg HHLA Konteynir Terminalinde yapılmıştır. Uygulama, senaryo oluşturucunun çok uyumlu olduğunu kanıtlamıştır.

Yun ve Choi [32], çalışmalarında bir konteynir terminalindeki ekipmanların (vinçler, kamyonlar) analizi için bir simülasyon modeli geliştirmişlerdir. Kurdukları simülasyon modelinin sonuçları ile söz konusu terminalin kapasitesini ve verimliliğini belirlemişlerdir.

Kulak vd. [1], çalışmalarında Türkiye'deki bir konteynir terminalinin mevcut durumunu analiz etmişlerdir. Simülasyon yöntemi kullanılan çalışmada, belirlenmiş olan performans kriterleri üzerinden verimliliğin artırılmasına yönelik senaryolar geliştirilmiştir. Çalışma kapsamında, ayrıca, terminal içerisinde kaynak atama ve stok sahası atama stratejileri de analiz edilmiştir.

3.2 AGV ve Otomasyon Etkileri Konulu Çalışmalar

Özellikle işgücünün pahalı olduğu Batı Avrupa ülkelerinde kurulmuş, otomatik kontrol ve bilgi teknolojisi ile yönetilen otomatikleştirilmiş konteynir terminalleri ve bu terminallerde kullanılan ekipmanların (otomatik kılavuzlu araçlar – AGVs, otomatik kaldırma araçları – ALVs ve otomatik istif vinçleri – ASCs gibi) verimliliği, literatürde sıkça çalışılmış olan önemli konulardan bir diğeridir.

Yang ve diğerleri [34], çalışmalarında denize dikey yerleşimi olan bir otomatikleştirilmiş konteynir terminali simülasyon modeli geliştirmişlerdir. Amaçları otomatikleştirilmiş yük kaldırıcılı araçlarla (ALV) otomatikleştirilmiş kılavuzlu araçların (AGV) terminalin üretkenliğine olan etkilerini karşılaştırmaktır. Simülasyon sonuçları ALV'lerin AGV'lere göre daha verimli olduğunu ortaya koymuştur. Bunun sebebi ise ALV'lerin geçici stok alanlarını kullanarak bekleme sürelerinin azaltılmasıdır.

Vis ve Harika [35], konteynır terminallerinde simülasyon yöntemiyle AGV ve ALV sistemlerinin performanslarını karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda, daha az sayıda ALV kullanılması, AGV kullanımıyla aynı performansı göstermiştir. ALV'lerin geçici stok bölgelerinde vinçleri beklememeleri sebebiyle, AGV'lere göre daha üstün olduğu sonucu çıkarılmıştır.

Vis [36] çalışmasında; otomatik kılavuzlu araçların gün geçtikçe sadece üretim sistemlerinde değil depolarda, konteynır terminallerinde, yeraltı taşıma sistemlerinde de kullanılmaya başlandığından bahsetmiştir. Çalışmanın esas amacı ise otomatik kılavuzlu araç sistemlerinin üretim ortamında, konteynır taşımacılığında, dağıtımda ve taşıma sistemlerinde tasarım ve kontrol aşamasında literatürde bulunan önceden yapılmış çalışmaları bir araya getirmek ve bunun üzerinde tartışmaktır.

Henesey ve diğerleri [37], konteynır terminallerindeki AGV sistemlerine odaklanarak kızaklı AGV'ler ile geleneksel AGV'leri karşılaştırmıştır. Çok ajanlı simülasyon modelinden yararlanılan çalışmada, kızaklı AGV sisteminin işletim bakımından daha verimli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Wong ve Kozan [38], konteynır terminallerindeki operasyon verimliliğini arttırmak ve stok sahası operasyon planını çözümleyici bir araç geliştirmek amacıyla terminal ekipmanları arasındaki ilişkileri incelemiştir.

Bae ve diğerleri [39], AGV ve ALV sistemlerini karşılaştırmıştır. Çalışmada, en kısa süreli rotayı bulan ve trafik tıkanıklığını en aza indiren çizelgelemeyi gerçekleştiren bir simülasyon modeli geliştirilmiştir.

Vis ve diğerleri [40], çalışmalarını otomatikleştirilmiş konteynır terminallerinde yapmışlardır. Bu terminallerde gerekli AGV sayısını bulan bir model ve algoritma geliştirilmiştir. Problem çözümünde ağ formülasyonu verilerek minimum akış ve güçlü polinom zamanlı algoritma yöntemleri kullanılmıştır. Uygulaması gerçek bir konteynır terminalinde gerçekleştirilerek, oluşturulan algoritmanın güçlü olduğunu ortaya koymuştur.

Evers ve Koppers [41], çalışmalarını otomatikleştirilmiş konteynır terminalleri üzerinde yapmışlardır. Çok sayıda AGV kullanımında trafik kontrol kurallarına odaklanmışlardır. Trafik altyapısı ve kontrolü için dört tip entiti (varlık) belirleyerek simüle etmişlerdir. Çalışmaları sonucunda güçlü bir trafik kontrol sistemi ve yüksek kapasiteli akış elde etmişlerdir.

Bruno ve diğeri[42], çalışmalarında otomatik konteynır terminallerinde boşta duran AGV'ler üzerinde durmuşlardır. İki etkin sezgisel algoritma geliştirilmiştir. Bu algoritmalar gerçek senaryolarla test edilmiştir. Geleneksel serbest bırakma kuralından daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Vis [43], yaptığı çalışmada SC'ler ile ASC'ler arasında karşılaştırmalar yapmıştır. Bu karşılaştırmaları yaparken simülasyon yönteminden yararlanan Vis, performans ölçütü olarak bir konteynırın elleçlenmesinde ve rıhtım ve istif vinçlerindeki araç çağırma için geçen süreleri kullanmıştır.

Liu ve diğeri [44], 4 farklı taşıma sistemini (otomatikleştirilmiş kılavuzlu araçlar, doğrusal konveyör sistemi, raylı taşıma sistemi ve otomatikleştirilmiş istifleme sistemi) karşılaştırmışlardır. Aynı operasyonlardan oluşan senaryolar her bir sistem için geliştirilmiş olan simülasyon modeliyle analiz edilmiştir. Simülasyon sonuçları, otomatikleştirilmiş kılavuzlu araçların performans ve maliyet bakımından en verimli araçlar olduklarını ortaya koymuştur.

Wallace [45], çalışmasında otomatikleştirilmiş konteynır terminallerinde yeni bir AGV kontrol sisteminin geliştirilmesi üzerinde durmuştur. AGV'ler uygun yerlere paylaştırılıp simülasyon çalışması yapılmıştır. Kontrol sisteminin hiç darboğaz yaratmadığı ve yüksek verimli çalıştığı kanıtlanmıştır.

3.3 Araç Rotalama ve Araç Dağıtım Konulu Çalışmalar

Otomatikleştirilmiş konteynır terminallerinde araç rotalama ve araç dağıtım kuralları, terminal performansı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

Van der Heijden ve diğeri [46], çalışmalarında otomatikleştirilmiş konteynır terminallerindeki boş AGV'ler üzerinde durmuşlardır. Boş AGV'lerin yönetimindeki kurallar geliştirilmiştir. Geliştirilen kuralların performansı simülasyon çalışması ile ölçülmüştür. En iyi sonucu İlk Gelen İlk Gider (FCFS) kuralı vermiştir.

Liu ve Ioannou [47], çalışmalarında otomatik konteynır terminallerinin performansı üzerinde önemli bir etkiye sahip olan AGV dağıtım kurallarını analiz etmiştir. Simülasyon yöntemi kullanılarak, 4 farklı dağıtım kuralının terminal performansı üzerindeki etkilerini incelenmiş ve en iyi kuralın, istif vincinde bekleyen araç sayısını en aza indirgeyen kural olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Koster ve diğeri [48], çalışmalarında konteynir terminallerinde taşıyıcı araç dağıtım kurallarını test edip sınıflamışlardır. Ayrıca taşıyıcı araç dağıtım kuralları hakkında bilgiler vermişlerdir. Taşıyıcı araç dağıtımında, mesafe tabanlı dağıtım kuralı uygulanmıştır. Bu kuralın avantajı düşük araç kullanımları altında çalışabilmesidir. Yapılan deneyler sonucunda mesafe tabanlı dağıtım kuralının diğeri kurallardan daha etkin sonuçlar ortaya çıkardığı gösterilmiştir.

Vis ve Bakker [49], çalışmalarında AGV'lerin ve ASC'lerin konteynirlara dağıtımı ile istif yerleşimini birlikte incelemiştir. Belirledikleri kuralları kombine ederek, tanımlı performans kriterleri yardımıyla en iyi kuralı sunmuşlardır.

Lehmann ve diğeri [50], çalışmalarında otomatikleştirilmiş konteynir terminallerindeki taşıma işlemlerinde oluşan darboğazları ele almıştır. Bu kapsamda rıhtım vinci sıralaması ve çizelgelenmesi, istif vinci sıralaması ve çizelgelenmesi, AGV dağıtımını üzerinde çalışılmıştır. Çevrimdışı sezgisel yöntem ile iyi sonuçlar elde edildiği görülmüştür.

Steenken [51], çalışmasında SC'ler üzerine yoğunlaşmıştır. SC'lerin rotalarını ve sayılarını tanımlayan bir optimizasyon sistemi geliştirilmiştir. Problem çözümünde lineer atama problemi çözümü yöntemini kullanılmıştır. Lineer atama problemi çözümü ile mesafelerden önceki duruma göre %13 kazanç sağlanmıştır.

Steenken [52], aynı konuda yaptığı diğeri bir çalışmada ise minimum maliyetli ağ problemi çözümünü kullanarak mesafelerden %20-%35 kazanım sağlanabileceğini kanıtlamıştır.

Chen ve diğeri [53], çalışmalarında AGV'lerin dağıtımını konusuna odaklanmışlardır. AGV'leri konteynirlara atayan verimli dağıtım kurallarını geliştirmişlerdir. Bunun için Greedy Algoritmasını kullanmışlardır. Bu kuralları simülasyon çalışmaları yaparak irdelemişlerdir. Ancak simülasyon çalışmaları, kullandıkları algoritmanın en iyi çözümü vermediğini ortaya çıkarmıştır.

Bish ve diğeri [54], çalışmalarında araç dağıtım problemini depo alanı yerleşim problemi ile beraber ele almışlardır. Genel dağıtım stratejisinde gelen konteynirler depo alanında belirlenen yere atanıp taşıyıcı araçlar da bu konteynirlara atanmaktadır. Bu strateji, boşaltma zamanlarını en küçüklemektedir. Depo alanı ile rıhtım vinci arasındaki mesafeyi en küçükleyerek konteynirler depo alanındaki belirlenmiş yerlere atanarak bir atama problemi oluşturmuşlardır. Problem

çözümünde sezgisel yöntem kullanmışlardır. Bu yöntemi iki aşamalı olarak tanımlamışlardır. Önce oluşturdukları atama problemi ile konteynırların atamalarını gerçekleştirmişlerdir. Sonrasında ise Chen ve diğerlerinin [53] geliştirdiği Greedy Algoritmasını kullanmışlardır. Kullanılan sezgisel yöntemin zor problemlerde etkin sonuçlar verdiğini kanıtlamışlardır.

Koo ve diğerleri [55], çalışmalarında konteynır terminaleri içerisinde taşıyıcı araçların rotalanmasını ve sayılarının belirlenmesini konu almışlardır. Araç rotalaması için tabu araştırması algoritması ile, araç sayısı içinse optimizasyon modeli ile çalışmışlardır. Her iki yöntem de mevcut yöntemle karşılaştırılmıştır. Sonuçlar yeni yöntemlerin mevcut yöntemle göre araç seyahat süresi bakımından çok daha iyi olduğunu göstermiştir.

Kim ve Bae [56], çalışmalarında konteynır terminalerinde saha vinçleri için dağıtım ve toplama operasyonlarının sıralanması üzerinde durmuşlardır. Bütün geliş zamanları önceden bilinen taşıma araçlarının statik sıralaması için dinamik bir programlama modeli önerilmiştir. Yeni taşıma araçlarının sürekli olarak geldiği durumlarda tüm karar kurallarına erişebilmek için öğrenen tabanlı bir metod önerilmiştir. Bunun yanında birçok sezgisel kurallar tavsiye edilmiştir. Tavsiye edilen yaklaşımların değerlendirilmesi için bir simülasyon modeli kullanılmıştır. Müşteriye servis seviyesinin değerlendirilmesi aşamasında taşıma araçlarının dağıtım ve toplama operasyonlarında harcadığı gereksiz sürelerin önemli rol oynadığı vurgulanmıştır.

Bish ve diğerleri [57], çalışmalarında büyük konteynır terminalerinde araç dağıtımını üzerinde durmuşlardır. Kolay uygulanabilir sezgisel algoritmalar ve bunların performans oranları tanımlanarak taşıyıcı araçların atanmasındaki ve operasyonlardaki zamanları minimuma indirilmiştir. Yaptıkları çalışmaların sonuçları optimuma yakın çıkmıştır.

Böse ve diğerleri [58], çalışmalarında rıhtım vinci ile depolama alanı arasındaki taşımalar üzerinde durmuşlardır. SC'den rıhtım vinçlerine farklı dağıtım stratejileri geliştirilmiştir. Problem çözümünde evrimsel algoritmalar kullanılmıştır. Bu algoritma ile iyi sonuçlar elde etmişlerdir. SC'lerin ve rıhtım vinçlerinin kullanım oranlarında iyileşmeler saptanmıştır.

Grunow ve diğeri [33], çalışmalarında otomatikleştirilmiş konteynir terminallerindeki AGV'lerin dağıtımını konusunu ele almışlardır. Çalışmada özellikle aynı anda birden fazla konteynir taşıyabilen çok yüklemeli (multi-load) AGV'ler üzerinde durulmuştur. Bu karışık uygulamanın karakteristikleri ve otomatik kılavuzlu araçların dağıtımını problemiyle ilgili sorunlar analiz edilmiş ve değişken çözüm teknikleri elde edilmiştir. Çevrimiçi lojistik kontrol sistemi içerisinde pratik uygulama için esnek bir öncelik kuralı tabanlı yaklaşım geliştirilmiştir. Değerlendirme nedenleri için karma tamsayılı lineer programlama ile bu yaklaşım tamamlanmıştır. Öncelik kuralı tabanlı yaklaşımın ve karma tamsayılı lineer programlama yaklaşımının performansı değişik senaryolar için tek ve çift yüklemeli AGV'lerde değerlendirilmiştir. Sonuçlar çift yüklemeli AGV'lerde gecikmelerin azaldığını ve bu AGV'ler kullanıldığında terminal performansının gelişeceğini göstermiştir.

Grunow ve diğeri [16], çalışmalarında otomatikleştirilmiş konteynir terminalleri için AGV dağıtımını konusunu ele almışlardır. Farklı kurallarla senaryolar geliştirilmiştir (Çevrimiçi-Çevrimdışı Stratejiler). Bu senaryolar simüle edilerek sonuçları irdelenip, en iyi kural bulunmuştur. En iyi kural olarak çevrimiçi stratejiler saptanmıştır.

Jula ve diğeri [59], çalışmalarında genetik algoritma ile hibrit yöntem, sezgisel yöntem ve dinamik programlama yaklaşımları kullanarak konteynir terminallerinde taşıyıcı araç rotalamaları üzerinde durmuşlardır. Dinamik programlama ile geliştirilen modelin küçük çaplı problemlerde işe yaradığı görülmüştür. Hibrit yöntemin ise orta ve küçük çaplı problemlerin çözümünde işe yaradığı görülmüştür. Sezgisel yöntemin ise büyük çaplı problemlerde hızlı ve iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Qui ve diğeri [60], çalışmalarında otomatikleştirilmiş konteynir terminallerinde AGV rotalaması ve çizelgelemesi üzerinde durmuşlardır. Çalışmada grafik kesişim yöntemi, tamsayılı programlama yöntemi ve tamsayılı lineer programlama yöntemi kullanılmıştır. Kullanılan yöntem rotalamada, çizelgelemeden daha iyi sonuçlar vermiştir.

3.4 Kaynak Atama Stratejileri Konulu Çalışmalar

Konteynır terminallerinde kaynak atama, literatürdeki diğer önemli bir araştırma konusudur. Preston ve Kozan [61], Lee vd. [62] ve Han vd. [63] konteynır terminallerinde konteynırların stok alanlarına, stok sahası atama yöntemi ile dağıtılması konusunda gerçekleştirilen önemli çalışmalardan bazılarıdır. Söz konusu çalışmalarda, minimum gemi servis süresi ve terminal içi trafik sıkışıklığı amaçlanarak stok sahası atamaları gerçekleştirilmiştir.

Diğer bir kaynak atama yöntemi ise, taşıyıcı araçların bir rıhtıma ya da bir vince atandığı araç atama yöntemidir. Aynı zamanda, literatürdeki, bu yöntemin zıttı olan, havuzlanmış atama sistemi her aracın her rıhtıma ya da vince hizmet etmesine imkân tanımaktadır. Bae ve Kim [64], bu iki stratejiyi karşılaştırmış ve havuzlanmış atama stratejisinin klasik araç atama yönteminden daha iyi olduğunu sunmuştur.

Kulak ve diğerleri [1], Türkiye’deki bir konteynır terminalinde, terminal kapasitesini arttıran farklı senaryoları simülasyon ile analiz etmiştir. Bu çalışmada; rıhtım vinçlerinin, stok vinçlerinin, taşıyıcı araç tiplerinin ve kaynak dağıtım stratejilerinin terminal performansı üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

3.5 Yerleşim Problemi Konulu Çalışmalar

Konteynır terminallerinde yerleşim tiplerinin terminal performansı üzerinde etkisini analiz eden kapsamlı bir çalışma mevcut olmamakla birlikte yerleşim düzenlemeleri ile ilgili literatürde çalışmalar mevcuttur.

Bu çalışmalardan Watanabi [65], “Seçicilik İndeksi (SI)” kullanılarak istif bloklarının yerleşim düzenlemesini gerçekleştirmeye çalışmıştır. Bu yaklaşımda terminaldeki her bir konteynırın değeri, yerleştirilen konteynır sayısı ile ters orantılı olarak verilmiştir ve bunların ortalama değeri terminalin seçicilik indeksi olmuştur. 0 ile 1 arasında değişen SI değeri sayesinde hem seçicilik artmış hem de konteynırlara ulaşmak daha kolaylaşmıştır. Yapılan analizler sonucunda; daha büyük saha vinçlerinin, daha yoğun stoklaması ve daha yüksek seçicilikte kullanılması için konteynırların yoğunluklarının azaltılması önerilerek, saha vinçlerinin yer işgalini önlemek için özellikle dört seviyeden daha yüksek yığınlar tercih edilebilmesi tavsiye edilmiştir.

Castilho ve Daganzo [66] çalışmalarında, ithalat konteynır depoları için istif yüksekliğinin aynı olmasını sağlamaya çalışan ve geliş zamanlarına göre konteynırları ayırmak ya da gruplandırmak olan iki temel stratejiyi analiz etmişlerdir. Yapılan çalışmalar, iki stratejinin birlikte kullanılması durumunda depoların yüksekliğinin daha az olması gerektiğini ve stratejilerin ayrılarak kullanılması durumunda ise depoların yüksekliğinin daha da fazla olabileceğini göstermiştir.

Kim [67] çalışmasında, konteynır depo alanlarında elleçlemenin beklenen sayısının analizi değerlendirmiştir. Farklı terminal uzunlukları ve genişlikleri göz önünde tutularak çeşitli alternatif birleşimleri, dinamik programlama modeli kullanılarak analiz edilmiştir. Bu verilere dayanarak regresyon analizi gerçekleştirilmiş ve beklenen elleçleme sayısını hesaplamak için bir tahmin algoritması verilerek, tahmin formülünün kesinliği ile önerilen seçicilik indeksi karşılaştırılmıştır.

Kim ve Bae [68] çalışmalarında, konteynır terminalindeki gemilerin çevrim süresini kısaltmak ve gemilere daha etkin yükleme yapabilmek amacıyla depolama sahasında bulunan ihraç konteynırların yerleşiminin en iyi şekilde yeniden nasıl düzenleneceğini araştırmışlardır. Problem, üç alt probleme bölünerek çözüm yöntemleri geliştirilmiştir. Bunlar; dinamik programlamayla çözüm yolu bulunan blok eşleştirme problemi, klasik taşıma problemini değiştiren hareket planlama içinde ulaştırma modeli problemi ve dinamik programlama tekniklerini kullanarak oluşturduğu görev sıralama problemidir. Çalışmada problemler, açık bir biçimde tanımlanmıştır fakat hesaplamalar yapılmamıştır.

Kim ve Kim [69], ithal konteynırlar için depolama sahasına nasıl atama yapılacağı üzerinde çalışmışlardır. Yeni gelen konteynırların daha önce terminale gelmiş konteynırların üstüne konulmasına izin verilmediği ayırma stratejisi ile sabit, periyodik ve dinamik geliş süreli ithal konteynır vakalarını analiz etmişlerdir.

Kim ve diğerleri [70], bir terminalde ihraç konteynırlarının yerleşimi için bir yöntem geliştirmişlerdir. Yükleme operasyonu için beklenen yeniden yerleştirme hareketi sayısını minimize edecek şekilde ihraç konteynırların depolama yerlerinin belirlenmesi için bir dinamik programlama modeli formüle etmişlerdir. Konteynır istif yerleşimi ile sahadaki konteynırların ağırlık dağılımını ve gelen bir konteynırın ağırlığını dikkate almışlardır. Gerçek zamanlı kararlar için dinamik programlama ile sağlanmış optimal çözümler kümesinden hızlı bir karar ağacı türetmişlerdir.

Kim ve Kim [71], ithal konteynırlar için depolama sahasının optimum büyüklüğünün ve transfer vinçlerinin optimal sayısının belirlenmesini tartışmışlardır. Karar vermek için geliştirdikleri maliyet modeli saha maliyetinden, transfer vinçlerinin yatırım maliyetinden ve transfer vinçleri ile kamyonların işletme maliyetinden oluşmaktadır. İki farklı vaka incelemişlerdir. Sadece terminal işletmecisinin maliyetinin minimize edilmesini amaçlayan vaka için deterministik bir model; terminal işletmecisi ile müşterilerin toplam maliyetinin minimize edilmesini amaçlayan ikinci vaka içinse stokastik bir model geliştirmişlerdir.

Eren [72] çalışmasında, saha kapasitesini optimize etmek ve saha operasyonları için özel ve yeni kabul edilebilecek, Monte Carlo simülasyonunu ve bazı özgün yöneylem araştırma tekniklerini kullanmıştır. Problem çözümünde envanter modellemesi, toplu gelişli kuyruk modeli, konteynır trafiği oluşturarak amaç fonksiyonu çözümüne dayanan Monte Carlo simülasyonu ve kuyruk simülasyonu gerçekleştiren yeni bir yazılım kullanmıştır. Modellerin sonucu birbirinden farklı olmasına rağmen her bir modelden elde edilen konteynır saha kapasiteleri birbirine çok yakın bulunmuştur.

Kim ve diğerleri [73], depolama sahasının verimli kullanılması ve yükleme operasyonlarının daha etkin olması ana amaçları doğrultusunda depolama sahasına gelen ihraç konteynırlar için saha atanmasını tartışmışlardır. Hem direk hem de dolaylı transfer sistemleri için amaç fonksiyonlarını ve kısıtları açıklayarak formüle etmişlerdir. Karma tam sayılı programlama modeli kullanılarak, iki sezgisel algoritma sayısal bir deney ile kıyaslanmıştır.

Zhang ve diğerleri [74], ithal, ihraç ve transit konteynırların aynı blokta istiflendiği kompleks bir terminalde depolama yer belirleme problemi üzerinde çalışmışlardır. Devinimli ufuk yaklaşımının her bir planlama periyodunda problem iki seviyeye ayrılmış ve her seviye için matematiksel modeller geliştirilmiştir. İlk aşamada bloklar arasındaki iş yükü dengelenmiştir. İkinci aşamada ise gemi ile bloklar arasındaki taşıma mesafesini minimize edecek şekilde her bir gemideki konteynırların toplam sayısının bloklara atanması çözülmüştür. Sayısal deneyler iş yükü dengesizliklerinin önemli ölçüde azaldığını ve böylece darboğazların önlendiğini göstermiştir.

Liu ve diğerleri [75] çalışmalarında, terminal performansının kullanılan teknoloji ve terminal yerleşimi ile doğrudan alakalı olduğunu belirtmişlerdir. Otomasyonun ve

terminal yerleşiminin terminalin performansı ile ilişkisini, hazırladıkları simülasyon modellerinde ortaya koymuşlardır. Simülasyon modellerinin sonuçları incelendiğinde, otomatik kılavuzlu araçlar (AGV) kullanıldığı zaman terminalin performansının arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca stok alanlarındaki yerleşim düzenlerinin de terminalin performansı ve kullanılan AGV sayıları üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir.

Yalçın [76] çalışmasında, konteynır terminallerinde gerçekleşen operasyonlar ve bu operasyonları doğrudan etkileyen konteynır stok sahasının atanması problemi üzerinde çalışmıştır. Problem, ulaştırma modeli olarak formüle edilerek, iki aşamada çözülmüştür. İlk aşamada sahadaki blokların ihraç konteynırlara tahsisi; ikinci aşamada ise blokların ithal konteynırlara tahsisi yapılmıştır. Çalışmalar sonucunda, konteynırların depolama blokları ve gemi yanaşma yeri arasındaki taşıma mesafesini minimize edecek şekilde her bir gemiden bloklara gidecek konteynır sayısı belirlenmiştir.

Akoğlu [77], bir konteynır terminalinin optimum depo sahasını, envanter yöntemi ve kuyruk yöntemi gibi bazı optimizasyon yöntemleri kullanılarak belirlemeye çalışmıştır. Çalışmanın amacı, terminal sahasında depolanacak konteynır sayısını optimum bir şekilde belirlemektir. Konteynır istatistikleri, Genetik Algoritma prensiplerine göre derlenmiş ve değerlendirilmiştir. Genetik algorithmadan elde edilen sonuçlar Monte-Carlo simülasyonundan elde edilenlerle karşılaştırılmıştır.

Kozan ve diğerleri [78] çalışmalarında, konteynır terminallerinde stok yerleşimleri ve konteynır transferleri için matematiksel modelleme üzerinde yoğunlaşmışlardır. Çalışma kapsamında konteynır transfer modeliyle konteynır yerleşim modelini bir araya getiren ve bu şekilde iki durumu aynı anda kullanarak daha iyi sonuç almayı hedefleyen iteratif araştırma algoritmasını geliştirmişlerdir.

Lee ve diğerleri [62] çalışmalarında, büyük hacimli yükleme ve boşaltma operasyonlarının yapıldığı bir aktarma merkezinde, stok sahası ataması problemini ele almışlardır. Karma tamsayılı programlama modeli kullanarak gerekli istif vinci sayısını belirlemişlerdir. Modelin çözümünde CPLEX kullanmışlardır. Sayısal analizler sonucunda geliştirdikleri model, kabul edilebilir sonuçlar vermiştir.

Han ve diğerleri [63], büyük hacimli yükleme ve boşaltma operasyonlarının yapıldığı bir aktarma merkezinde, stok sahası ataması problemini ele almışlardır. Amaçları;

trafik tıkanıklığını ve gemi çevrim süresini azaltmaktır. Karışık tamsayılı programlama modeli geliştirmişlerdir ve problemin çözümünde sezgisel tabanlı bir tabu arama algoritması kullanmışlardır. Deneylem mükemmel yakın sonuçlar elde etmişlerdir.

Kim ve diğlerleri [79], istif alanlarının yerleşiminin düzenlenmesi için yöntemler geliştirmişlerdir. Konteynır istif alanlarının yerleşiminin, elleçleme operasyonlarının verimliliği için önemli bir faktör olduğı belirtilen çalışmada; değışen yerleştirme tiplerine göre beklenen hareket mesafeleri ve beklenen yeniden yerleştirme sayıları analiz edilmiştir. Sonuç olarak; beklenen en kısa hareket mesafesi, hareket maliyetleri ve taşıma vinçlerinin yer değıştirme maliyetlerinden oluşan toplam maliyetin en az olduğı yerleştirme tipinin paralel yerleştirme olduğı tespit edilmiştir.

Petering ve Murty [80], stok alanlarının uzunluğunun terminalin performansı üzerindeki etkisini araştırmak için simülasyon modelleri oluşturarak çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Stok alanı blokları farklı uzunlukları içeren konteynır terminalleri için dört farklı simülasyon senaryosu geliştirmişler ve bu senaryoların her birini test etmişlerdir. Simülasyon modellerinin sonuçlarına göre rıhtım vincinin kullanım oranının en yüksek olduğı blok uzunluğunun 56 ile 72 slot (1 TEU) arasında olduğı tespit edilmiştir.

Petering [81], konteynır terminallerinin stok alanlarında ikiden elli sıraya kadar olan blok genişliğinin etkisini geliştirdiğı simülasyon modeli ile analiz etmiştir. Gerçekleştirilen simülasyon çalışmaları sonucunda, diğler ekipmanlar sabit varsayıldığında rıhtım vinçleri kullanım oranının blok genişliğine karşı konkav olduğı bulunmuştur.

Vis ve Anholt [82], girintili rıhtıma sahip bir konteynır terminali ile geleneksel tek rıhtıma sahip bir konteynır terminalini karşılaştırmışlardır. Gemiye her iki tarafından yükleme yapılmasına olanak sağlayan girintili rıhtımların, diğler rıhtımların ve kontrol konularının seçimi arasındaki ilişki için duyarlılık analizi yapılmıştır. Çalışma kapsamında simülasyon yönteminden yararlanılmıştır.

Tablo 3.1’de gerçekleştirilen bu çalışmalar özetlenerek sunulmuştur.

Tablo 3.1: Literatür Analizi Özet Tablo

Konu	Yazarlar	Kullanılan Yöntem	Yapılan Araştırma
Terminal Performans Analizi	Novitsky ve diğerleri [27]	Simülasyon	Baltık Konteynır Terminali'nde performans analizi
	Shabayek ve Yeung [28]	Simülasyon	Kwai Chung Konteynır Terminali'nde mevcut durumun geliştirilmesi
	Liu ve diğerleri [29]	Simülasyon	Otomasyonun ve terminal yerleşiminin genel performans üzerindeki etkisi
	Parola ve Sciomachen [30]	Simülasyon	Intermodal bir terminal sisteminde konteynır akışlarındaki geliştirme önerilerinin analizi
	Murty ve diğerleri [25]	Matematiksel Model & Algoritmalar	Konteynır terminalleri için bir karar destek sistemi nasıl kurulur sorusunun cevabının araştırılması
	Murty ve diğerleri [26]	Matematiksel Model & Algoritmalar	HIT için kapasite iyileştirmesi
	Hartmann [31]	Simülasyon	Konteynır terminallerinde optimizasyon (HHLA)
	Yun ve Choi [32]	Simülasyon	Kapasite ve verimlilik analizi
	Kulak vd. [1]	Simülasyon	Mevcut durum analizi, atama stratejileri ile verimlilik artırma

Tablo 3.1: Literatür Analizi Özet Tablo (Devam)

Konu	Yazarlar	Kullanılan Yöntem	Yapılan Araştırma
AGV ve Otomasyon Etkileri	Yang vd. [34]	Simülasyon	AGV ve ALV sistemlerinin karşılaştırılması
	Vis ve Harika [35]	Simülasyon	ALV'ler ile AGV'lerin karşılaştırılması
	Vis [36]	-	AGV konusunda literatür araştırması
	Henese ve diğerleri [37]	Simülasyon	Kızaklı AGV'ler ile geleneksel AGV'lerin karşılaştırılması
	Wong ve Kozan [38]	Simülasyon	Konteynır terminallerindeki operasyon verimliliğini arttırmak ve stok sahası operasyon planını çözümleyici bir araç geliştirmek amacıyla terminal ekipmanları arasındaki ilişkilerin incelenmesi
	Bae ve diğerleri [39]	Simülasyon	AGV ve ALV sistemlerinin karşılaştırılması
	Vis ve diğerleri [40]	Minimum akış ve güçlü polinom zamanlı algoritma	Otomatikleştirilmiş konteynır terminallerinde gerekli AGV sayısının tespit edilmesi
	Evers ve Koppers [41]	Simülasyon	Trafik kontrol kurallarının analiz edilmesi
	Bruno ve diğerleri[42]	Sezgisel Yöntemler	Boşta duran AGV'ler ile ilgili senaryolar
	Vis [43]	Simülasyon	SC'ler ile ASC'lerin karşılaştırılması
	Liu ve diğerleri [44]	Simülasyon	Farklı taşıma sistemlerinin karşılaştırılması
	Wallace [45]	Simülasyon	Otomatikleştirilmiş konteynır terminallerinde yeni bir AGV kontrol sisteminin geliştirilmesi

Tablo 3.1: Literatür Analizi Özet Tablo (Devam)

Konu	Yazarlar	Kullanılan Yöntem	Yapılan Araştırma
Araç Rotalama ve Araç Dağıtımı	Van der Heijden vd. [46]	Simülasyon	Yüksüz AGV'lerin dağıtımı ile ilgili kuralların karşılaştırılması
	Liu ve Ioannou [47]	Simülasyon	AGV dağıtım kurallarının analizi
	Koster vd. [48]	Simülasyon	Taşıyıcı araç dağıtımı konusunda literatürde bulunan mesafe tabanlı dağıtım kurallarının analizi
	Vis ve Bakker [49]	Simülasyon	AGV'lerin ve ASC'lerin konteynırlara dağıtımı ile istif yerleşiminin birlikte incelenmesi
	Steenken [51]	Lineer atama problemi çözümü	SC'lerin rotalarını ve sayılarını tanımlayan bir optimizasyon sistemi geliştirilmesi
	Steenken [52]	Minimum maliyetli ağ problemi çözümü	SC'lerin rotalarını ve sayılarını tanımlayan bir optimizasyon sistemi geliştirilmesi
	Chen ve diğerleri [53]	Greedy Algoritması, Simülasyon	AGV'leri konteynırlara atayan verimli dağıtım kurallarının analizi
	Bish ve diğerleri [54]	Sezgisel Yöntemler, Greedy Algoritması	Araç dağıtım probleminin depo alanı yerleşim problemi ile beraber incelenmesi
	Koo ve diğerleri [55]	Tabu araştırması algoritması, optimizasyon modeli	Konteynır terminalleri içerisinde taşıyıcı araçların rotalanması ve sayılarının belirlenmesi

Tablo 3.1: Literatür Analizi Özet Tablo (Devam)

Konu	Yazarlar	Kullanılan Yöntem	Yapılan Araştırma
Araç Rotalama ve Araç Dağıtımı	Kim ve Bae [56]	Dinamik programlama modeli, sezgisel yöntemler, Simülasyon	Konteynır terminallerinde saha vinçleri için dağıtım ve toplama operasyonlarının sıralanması
	Bish ve diğerleri [57]	Sezgisel Yöntemler	Büyük konteynır terminallerinde araç dağıtımı
	Böse ve diğerleri [58]	Evrimsel algoritmalar	Rıhtım vinci ile depolama alanı arasındaki taşıma operasyonlarının analizi
	Grunow ve diğerleri [33]	Öncelik kuralı tabanlı yaklaşım ve karma tamsayılı lineer programlama	Otomatikleştirilmiş konteynır terminallerindeki çok yüklemeli (multi-load) AGV'lerin dağıtımı
	Grunow ve diğerleri [16]	Simülasyon	Otomatikleştirilmiş konteynır terminalleri için AGV dağıtımı
	Jula ve diğerleri [59]	Genetik algoritma ile hibrit yöntem, sezgisel yöntem ve dinamik programlama	Konteynır terminallerinde taşıyıcı araç rotalamaları

Tablo 3.1: Literatür Analizi Özet Tablo (Devam)

Konu	Yazarlar	Kullanılan Yöntem	Yapılan Araştırma
Araç Rotalama ve Araç Dağıtımı	Qui ve diğerleri [60]	Grafik kesişim yöntemi, tamsayılı programlama yöntemi ve tamsayılı lineer programlama yöntemi	Otomatikleştirilmiş konteynır terminallerinde AGV rotalaması ve çizelgelemesi
Kaynak Atama Stratejileri	Preston ve Kozan [61]	Simülasyon	Konteynır terminallerinde konteynırların stok alanlarına, stok sahası atama yöntemi ile dağıtılması
	Lee vd. [62]		
	Han vd. [63]		
	Bae ve Kim [64]	Simülasyon	Havuzlanmış atama stratejisi ile klasik araç atama stratejisinin karşılaştırılması
	Kulak ve diğerleri [1]	Simülasyon	Türkiye'deki bir konteynır terminalinde, terminal kapasitesini arttıran farklı senaryoların analiz edilmesi

Tablo 3.1: Literatür Analizi Özet Tablo (Devam)

Konu	Yazarlar	Kullanılan Yöntem	Yapılan Araştırma
Yerleşim Problemi	Watanabi [65]	Seçicilik İndeksi (SI)	İstif bloklarının yerleşim düzenlemesi
	Castilho ve Daganzo [66]	Simülasyon	İthalat konteynır depoları için istif yüksekliğinin aynı olmasını sağlamaya çalışan ve geliş zamanlarına göre konteynırları ayırmak ya da gruplandırmak olan iki temel stratejinin analizi
	Kim [67]	Dinamik Programlama	Depo alanlarında beklenen elleçleme sayıları
	Kim ve Bae [68]	Dinamik Programlama	Depolama sahasında bulunan ihraç konteynırların yerleşiminin düzenlenmesi
	Kim ve Kim [69]	Dinamik Programlama	İthal konteynırların depolama sahasında atanması
	Kim ve diğerleri [70]	Dinamik Programlama	İhraç konteynırlarının yerleşimi
	Kim ve Kim [71]	Deterministik ve Stokastik Model	İthal konteynırlar için depolama sahasının optimum büyüklüğünün ve transfer vinçlerinin optimal sayısının belirlenmesi
	Eren [72]	Monte Carlo Simülasyonu ve Yöneylem Araştırma Teknikleri	Saha kapasitesinin optimize edilmesi

Tablo 3.1: Literatür Analizi Özet Tablo (Devam)

Konu	Yazarlar	Kullanılan Yöntem	Yapılan Araştırma
Yerleşim Problemi	Kim ve diğerleri [73]	Karma tam sayılı programlama modeli (Sezgisel Yöntemler)	Depolama sahasına gelen ihraç konteynırlar için saha atanması
	Zhang ve diğerleri [74]	Devinimli ufuk yaklaşımı	İthal, ihraç ve transit konteynırların aynı blokta istiflendiği kompleks bir terminalde depolama yer belirleme problemi
	Liu ve diğerleri [75]	Simülasyon	Otomasyonun ve terminal yerleşiminin terminalin performansı ile ilişkisinin incelenmesi
	Yalçın [76]	İki aşamalı ulaştırma problemi	Konteynır terminallerinde gerçekleşen operasyonlar ve bu operasyonları doğrudan etkileyen konteynır stok sahasının atanması problemi
	Akoğlu [77]	Envanter yöntemi ve kuyruk yöntemi (Genetik Algoritma)	Terminal sahasında depolanacak konteynır sayısının optimum bir şekilde belirlenmesi
	Kozan ve diğerleri [78]	İteratif araştırma algoritması	Konteynır terminallerinde stok yerleşimleri ve konteynır transferleri için matematiksel modelleme
	Lee ve diğerleri [62]	CPLEX	Stok sahası ataması problemi
	Han ve diğerleri [63]	Sezgisel tabanlı bir tabu arama algoritması	Stok sahası ataması problemi
	Kim ve diğerleri [79]	Simülasyon	İstif alanlarının yerleşiminin düzenlenmesi için yöntemlerin geliştirilmesi
	Petering ve Murty [80]	Simülasyon	Stok alanlarının uzunluğunun terminalin performansı üzerindeki etkisi
	Petering [81]	Simülasyon	Konteynır terminallerinin stok alanlarında ikiden elli sıraya kadar olan blok genişliğinin etkisi
	Vis ve Anholt [82]	Simülasyon	Geleneksel rıhtım ile girintili rıhtım tiplerinin karşılaştırılması

4. ÖZGÜN DEĞER

Uluslararası deniz ticaretindeki artışa ve ülkemizin son yıllardaki dış ticaret hacminin artışına paralel olarak, çalışmanın 2. bölümünde de bahsedildiği gibi, konteynır taşımacılığındaki miktarlarda da her yıl ortalama %15 ile %25 arasında büyüme gerçekleşmektedir. Dolayısıyla kıt kaynakların daha etkin kullanılmasına yönelik ihtiyaçlar, gün geçtikçe artırmaktadır.

Konteynır taşımacılığı ülkemiz açısından bu kadar önemli olmasına rağmen, 3. kısımda sunulan Literatür Araştırması da göz önüne alındığında, bu konuda yerli araştırmacılar tarafından yeterince araştırma gerçekleştirilmediği göze çarpmaktadır.

Konteynır limanlarında gemi yükleme-boşaltma sahası (rıhtımlar), iç taşıma sahası ve stok sahası ile ilgili operasyonların dengelenmesi, terminaldeki gemi bekleme süresini azaltmak için oldukça önemlidir. Bir konteynır limanında operasyonların etkin yönetimi için (1) Rıhtım atama problemleri, (2) Ekipman seçimi problemleri, (3) Araç rotalama problemleri, (4) Çizelgeleme problemleri ve (5) Saha yerleşim problemlerinin çözülmesi gerekmektedir. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde önerilen yöntemlerin çoğunun yukarıda belirtilen problemlerden yalnızca bir veya birkaç tanesine yönelik olduğu görülmektedir. Bu yöntemlerde diğer problemler göz ardı edildiği için, onların çözüm üzerindeki etkisi de dikkate alınmamaktadır. Liman operasyonlarının gerçekçi bir yaklaşımla etkin yönetilmesi için belirtilen tüm problemlerin bütünleşik olarak çözülmesi gerekmektedir [22] [78]. Bu nedenle son yıllarda bazı çalışmalarda birden fazla problemin bütünleşik olarak çözüldüğü yöntemler geliştirilmektedir. Ancak ilgili alandaki çalışmalar incelendiğinde; problemlerin karmaşıklığı nedeniyle tüm problemlerin eş zamanlı olarak tek aşamada çözümünün mümkün olmadığı görülmektedir.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, yerleşimin konteynır terminal performansı üzerindeki etkisini kaynak atama stratejisi ile birlikte ele alarak analiz eden herhangi bir bilimsel çalışma tespit edilememiştir. Ayrıca, bu çalışma iç denizlerdeki otomatikleştirilmiş konteynır terminali yerleşimleri üzerindeki analizleri içermesi

sebebiyle de diğer çalışmalardan farklı olduğunu ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, gerçekleştirilen bu çalışma, incelediği konu bakımından zgündür.

Bu çalışmanın literatüre ve ülkemiz limanlarındaki konteynir terminali işletmelerine olan temel katkısı; otomasyonun etkisini ortaya koyması ve farklı stratejileri analiz etmesi açısından terminal yöneticilerine ve ülkemize bilgi (know-how) kazandırmasıdır. Terminal verimliliğinde elde edilecek artış ve operasyonların etkin planlanması sayesinde, terminalde tüketilen yakıt miktarının ve CO₂ salınımının azalması da çalışmanın diğer bir sonucu olacaktır.

Ayrıca lkemizdeki limanlar incelendiğinde (Haydarpaşa, İzmir gibi...) yukarıda belirtilen operasyonların yönetimi için bilimsel esaslı yöntemler yerine tecrübelere dayalı yaklaşımların kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu durum; teorik kapasitesi 750.000 TEU olan bir limanda en fazla 377.000 TEU'luk bir işlem hacminin gerçekleşmesine ve bunun sonucunda da kaynakların yetersiz kullanımına neden olmaktadır. Son yıllarda izlenen zelleştirme politikası sonucunda, ülkemizdeki özel limanların artması (şekil 2.31) ve operasyonları etkin yönetecek, nitelikli mühendis ihtiyaının karşılanması son derece önem arz etmektedir.

5. DOLGU TİPİ KONTEYNİR TERMİNALLERİ

Bilimsel literatür incelendiğinde otomatik konteynir terminallerindeki AGV uygulamalarının büyük limanlarda bulunan terminaller için gerçekleştirildiği göze çarpmaktadır. Bu büyük limanların ortak özellikleri deniz derinliğinin fazla olduğu, doğal liman olarak adlandırılan kıyılarda kurulmuş olmalarıdır. Doğal limanlardaki konteynir terminalleri genellikle kıyıya paralel olarak uzanan tek bir ana rıhtıma sahiptir. Söz konusu terminallerde yer alan istif alanları ise ana rıhtıma paralel ya da dikey olarak konuşlandırılmaktadır.

Kıyı derinliği düşük olan iç denizlerde (Sarı Deniz – Çin Halk Cumhuriyeti, Marmara Denizi – Türkiye gibi...) ise kıyıların doldurulması ile dolgu tipi limanlar inşa edilmektedir. Bu limanlardaki konteynir terminalleri, doğal limanlarda bulunan terminallerin aksine, birden fazla rıhtıma sahip olabilmektedir.

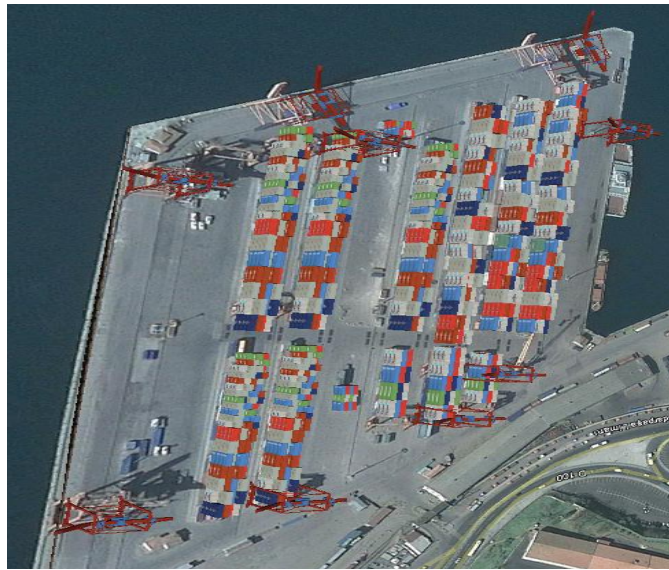
Dolgu tipi limanlardaki konteynir terminallerinin birden fazla rıhtıma sahip olması, terminal içerisinde birden fazla istif alanının oluşturulmasına ya da ortak istif alanın rıhtımlara göre yatay veya dikey olarak konumlandırılmasına neden olabilmektedir. Vis ve Anholt [82], Kulak ve diğ. [2] ve Kulak ve diğ. [1] çalışmalarında da gösterildiği gibi, rıhtımların konumları genel terminal performansı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bahsedilen etki, dolgu tipi otomatikleştirilmiş konteynir terminallerindeki AGV uygulamalarının ve dağıtım kurallarının literatürde yer alan çalışmalara göre farklılık göstermesine sebep olabilir.

Dünya üzerinde bu şekilde inşa edilmiş olan limanlar incelendiğinde, konteynir terminalleri içerisinde en yaygın rıhtım tipleri çalışma kapsamında, bu bölüm altında incelenerek detaylı bir şekilde sunulmuştur.

5.1 II Rıhtımlı Dolgu Tipi Konteynır Terminalleri

Ülkemizde Marmara Denizi'nde Haydarpaşa Limanı'ndaki ve Ege Denizi'nde İzmir Körfezi içerisindeki konteynır terminalleri II rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminalleridir.

Bu rıhtım tipine sahip terminallerin tamamı yarım ada şeklinde doldurulan liman içerisinde yer almaktadır. İstif alanı ise yarım adayı çevreleyen 3 rıhtımın ortasındadır. Şekil 5.1'de II rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali için örnek bir gösterim sunulmuştur.

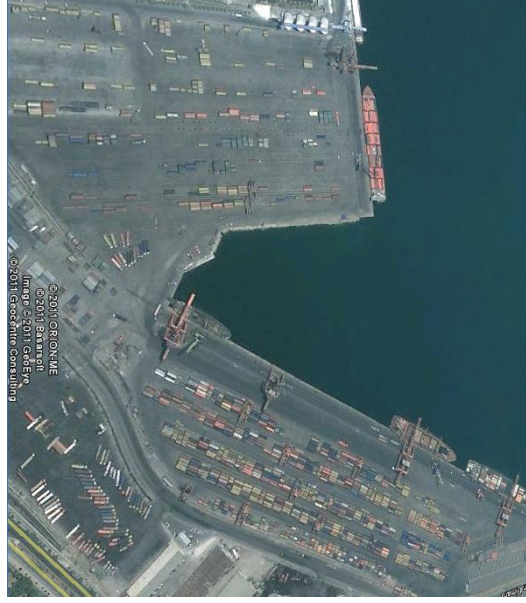


Şekil 5.1 : II rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali.

5.2 L Rıhtımlı Dolgu Tipi Konteynır Terminalleri

Ülkemizde Akdeniz'deki Mersin Limanı'nda bulunan konteynır terminali L rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminaline bir örnek teşkil etmektedir.

Bu rıhtım tipindeki terminallerin istif alanı ve bir rıhtımı liman içerisinde yer alırken, bir rıhtımı denize dolgu olarak inşa edilmiştir. Bazı durumlarda dolgu olarak yapılan rıhtım, kısmi istif alanı olarak da kullanılabilir. Şekil 5.2'de L rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali için örnek bir gösterim sunulmuştur.



Şekil 5.2 : L rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali.

5.3 π Rıhtımlı Dolgu Tipi Konteynır Terminalleri

Çin Halk Cumhuriyeti'ndeki Sarı Deniz içerisinde yer alan Shanghai limanları π rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminallerine sahiptir.

Bu rıhtım tipindeki terminallerin istif alanı liman içerisinde yer alırken, rıhtımları denize yatay olarak doldurulan uzun yarımadalarda yer alır. Bazı durumlarda dolgu olarak yapılan rıhtım kısmi istif alanı olarak da kullanılabilir. Şekil 5.3'te π rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali için örnek bir gösterim sunulmuştur.



Şekil 5.3 : π rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali.

5.4 Ψ Rıhtımlı Dolgu Tipi Konteynır Terminalleri

Ülkemizde Marmara Denizi'ndeki Ambarlı Limanı'nda bulunan konteynır terminalleri Ψ rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminalinin örneklerinden bir tanesidir.

Bu rıhtım tipindeki terminallerin istif alanı liman içerisinde yer alırken, rıhtımları denize dikey olarak doldurulan uzun yarım adalarda yer almaktadır. Bazı durumlarda dolgu olarak yapılan rıhtım kısmi istif alanı olarak da kullanılabilir. Şekil 5.4'te Ψ rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali için örnek bir gösterim sunulmuştur.



Şekil 5.4 : Ψ rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali.

6. UYGULAMA KAPSAMINDA TASARLANAN KONTEYNİR TERMİNALLERİ

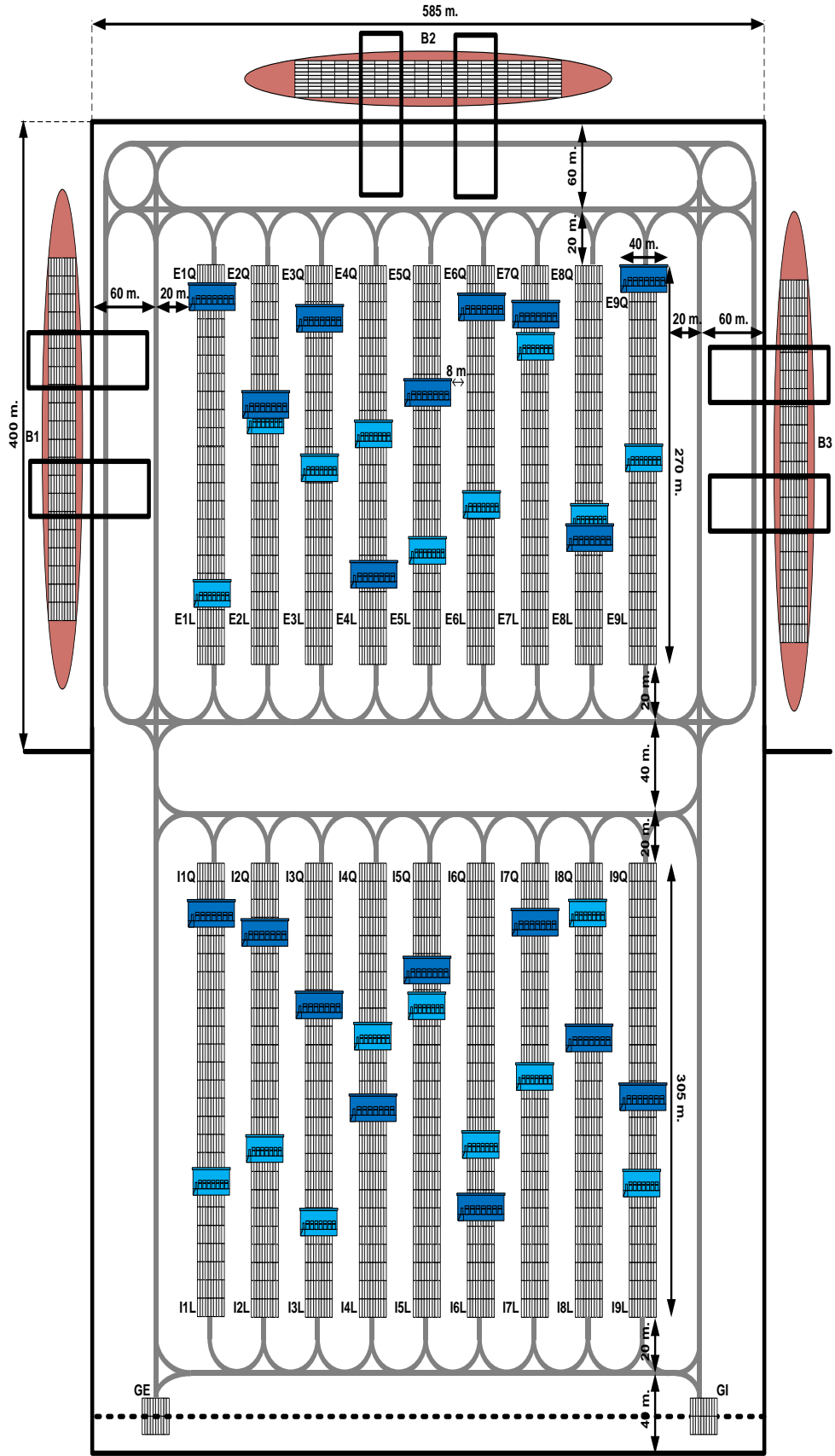
Çalışma kapsamında, kıyı derinliği düşük olan bir bölgede kurulması planlanan büyük ölçekli Π , L, π ve Ψ rıhtım tipli 4 adet dolgu tipi konteynir terminali tasarımı yapılmıştır. Otomatikleştirilmiş türde tasarlanan bu terminallere ait yerleşim düzenleri ve özellikler, çalışmanın bu bölümünde incelenmiştir.

6.1 Tasarlanan Π Rıhtımlı Dolgu Tipi Konteynir Terminali

Π rıhtımlı dolgu tipi konteynir terminalinin tamamı yarım ada şeklinde doldurulan liman içerisinde yer almaktadır. İstif alanı ise yarım adayı çevreleyen 3 rıhtımın ortasındadır. Şekil 6.1’de tasarlanan Π rıhtımlı dolgu tipi konteynir terminali sunulmuştur.

Şekil 6.1 incelendiğinde, terminal içi mesafeler ve AGV’lerin taşıma işlemlerini gerçekleştirirken izleyecekleri yollar basit bir şekilde gösterildiği görülmektedir. Terminalin her rıhtımında ikişer adet aynı anda iki konteynir taşıma yeteneğine sahip (ikili) otomatik rıhtım vinci bulunmaktadır. Terminalin istif alanında ise 18 adet istif bloğu yer almaktadır. Bu bloklardan rıhtıma yakın olan 9 tanesi ihraç konteynirlara (gemiyle terminalden çıkış yapacak olan), kapıya yakın olan 9 tanesi ise ithal konteynirlara (gemiyle terminale giriş yapan) hizmet vermek üzere ayrılmıştır. Her istif bloğunda ise iç içe geçme özelliğine sahip olan, ikiz otomatik istif vinci yer almaktadır. İhraç konteynirlara ait bir bloğun uzunluğu 270 m. (44 TEU), genişliği 40 m. (10 TEU) ve yüksekliği 13 m. (5 TEU) olarak, ithal konteynirlara ait bir bloğun ise uzunluğu 305 m. (50 TEU), genişliği 40 m. (10 TEU) ve yüksekliği 13 m. (5 TEU) olarak tasarlanmıştır. Bu şartlar altında terminalin eş zamanlı istif kapasitesi 42.300 TEU olarak hesaplanmıştır.

İstif alanındaki bloklarda hizmet veren istif vinçlerinin, AGV yükleme ve boşaltma noktaları blokların uçlarında yer almaktadır. İhraç konteynir alanı için, rıhtıma giden AGV’ye konteynir yükleme noktası bloğun kıyı ucu tarafında, kapıdan gelen AGV’den konteynir boşaltma noktası ise bloğun kapı ucu tarafında



Şekil 6.1 : Tasarlanan II Rıhtımlı Dolgu Tipi Konteynır Terminali.

konumlandırılmıştır. İthal konteynır alanı için, rıhtımdan gelen dolu AGV'den boşaltma noktası blokların kıyı ucu tarafına, kapıya gönderilecek AGV'lerin yükleme noktası ise blokların kapı ucu tarafına konumlandırılmıştır.

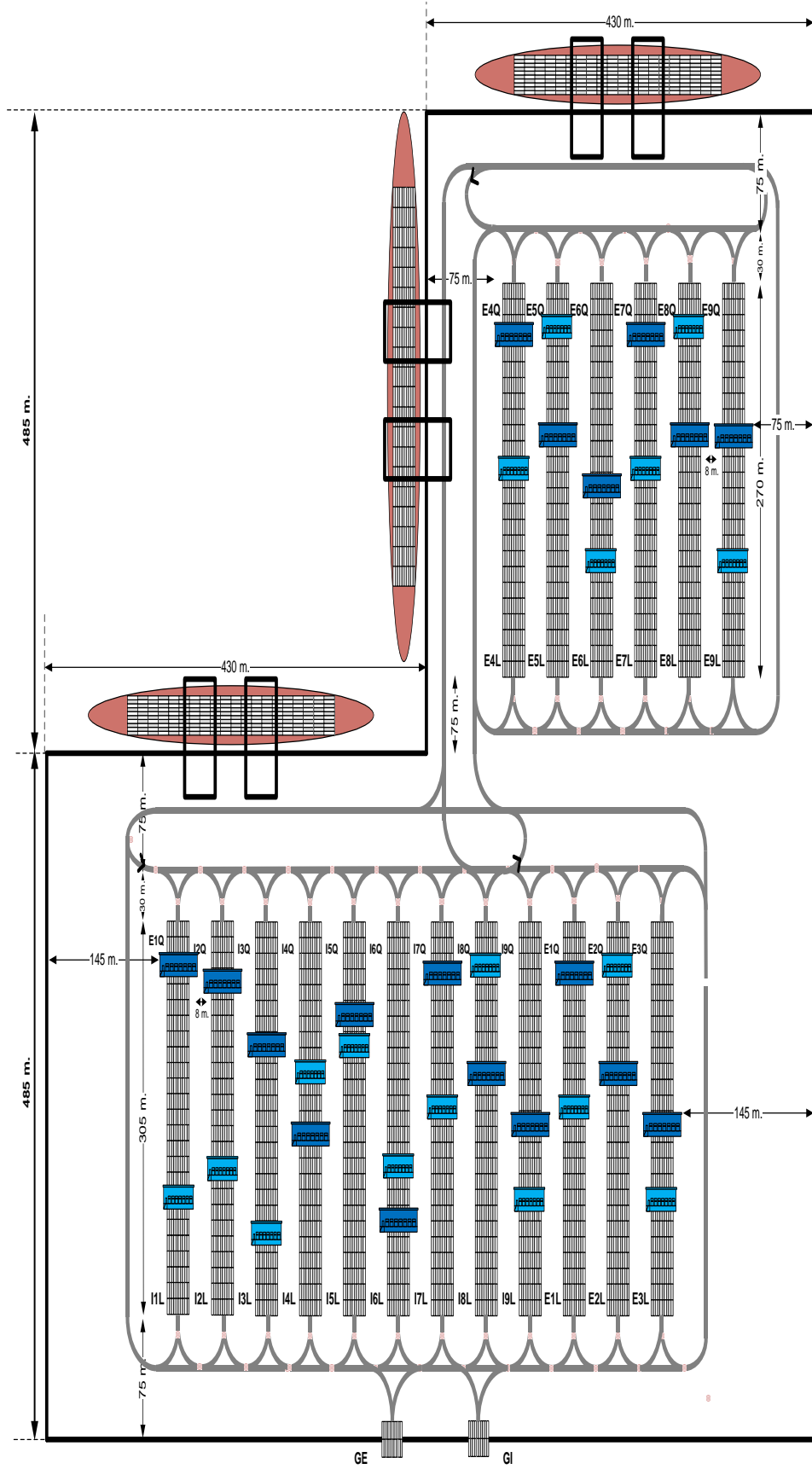
Terminallerde kızaklı tip AGV'ler kullanılması planlandığından blokların her iki ucunda 20 TEU kapasiteli geçici depolama bölgeleri mevcuttur. Rıhtımlarda ise her rıhtım vinci için 10 TEU kapasiteli geçici depolama bölgeleri bulunmaktadır. Bu geçici depolama bölgeleri sayesinde, vinçler ve AGV'ler birbirinden bağımsız olarak yükleme-boşaltma operasyonlarını gerçekleştirebilir. Böylece terminal içi kaynakların bekleme süreleri önemli ölçüde azaltılabilmektedir. Terminal içerisinde kullanılacak optimum AGV sayısı, test edilen kurallara göre değişkenlik gösterdiğinden, her bir senaryo için ayrı ayrı belirlenmiştir.

6.2 Tasarlanan L Rıhtımlı Dolgu Tipi Konteynır Terminali

L rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminalinin istif alanı ve bir rıhtımı liman içerisinde yer alırken, bir rıhtımı denize dolgu olarak inşa edilmiştir. Bazı durumlarda dolgu olarak yapılan rıhtım, kısmi istif alanı olarak da kullanılabilir. Şekil 6.2'de tasarlanan L rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali sunulmuştur.

Şekil 6.2 incelendiğinde, terminal içi mesafeler ve AGV'lerin taşıma işlemlerini gerçekleştirirken izleyecekleri yollar basit bir şekilde gösterildiği görülmektedir. Terminalin her rıhtımında ikişer adet aynı anda iki konteynır taşıma yeteneğine sahip (ikili) otomatik rıhtım vinci bulunmaktadır. Terminalin istif alanında ise 18 adet istif bloğu yer almaktadır. Bu bloklardan rıhtıma yakın olan 6 tanesi ve hemen alt kısmındaki 3 tanesi ihraç konteynırlara (gemiyle terminalden çıkış yapacak olan), kapıya yakın olan 9 tanesi ise ithal konteynırlara (gemiyle terminale giriş yapan) hizmet vermek üzere ayrılmıştır. Her istif bloğunda ise iç içe geçme özelliğine sahip olan, ikiz otomatik istif vinci yer almaktadır. İhraç konteynırlara ait bir bloğun uzunluğu 270 m. (44 TEU), genişliği 40 m. (10 TEU) ve yüksekliği 13 m. (5 TEU) olarak, ithal konteynırlara ait bir bloğun ise uzunluğu 305 m. (50 TEU), genişliği 40 m. (10 TEU) ve yüksekliği 13 m. (5 TEU) olarak tasarlanmıştır. Bu şartlar altında terminalin eş zamanlı istif kapasitesi 42.300 TEU olarak hesaplanmıştır.

İstif alanındaki bloklarda hizmet veren istif vinçlerinin, AGV yükleme ve boşaltma noktaları blokların uçlarında yer almaktadır. İhraç konteynır alanı için, rıhtıma giden



Şekil 6.2 : Tasarlanan L Rıhtımlı Dolgu Tipi Konteynır Terminali.

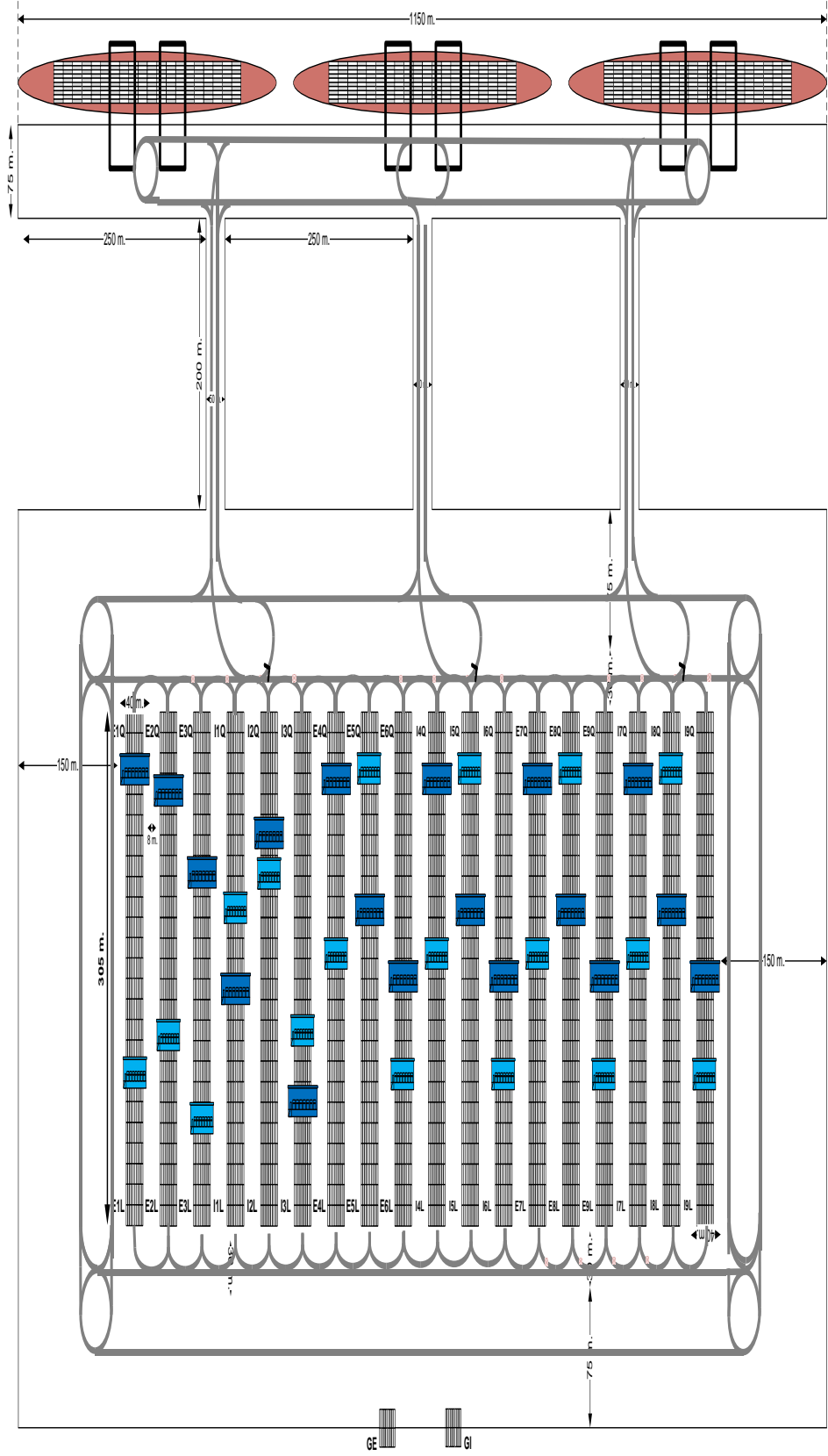
AGV'ye konteynır yükleme noktası bloğun kıyı ucu tarafında, kapıdan gelen AGV'den konteynır boşaltma noktası ise bloğun kapı ucu tarafında konumlandırılmıştır. İthal konteynır alanı için, rıhtımdan gelen dolu AGV'den boşaltma noktası blokların kıyı ucu tarafına, kapıya gönderilecek AGV'lerin yükleme noktası ise blokların kapı ucu tarafına konumlandırılmıştır.

Terminalerde kızaklı tip AGV'ler kullanılması planlandığından blokların her iki ucunda 20 TEU kapasiteli geçici depolama bölgeleri mevcuttur. Rıhtımlarda ise her rıhtım vinci için 10 TEU kapasiteli geçici depolama bölgeleri bulunmaktadır. Bu geçici depolama bölgeleri sayesinde, vinçler ve AGV'ler birbirinden bağımsız olarak yükleme-boşaltma operasyonlarını gerçekleştirebilir. Böylece terminal içi kaynakların bekleme süreleri önemli ölçüde azaltılabilmektedir. Terminal içerisinde kullanılacak optimum AGV sayısı, test edilen kurallara göre değişkenlik gösterdiğinden, her bir senaryo için ayrı ayrı belirlenmiştir.

6.3 Tasarlanan π Rıhtımlı Dolgu Tipi Konteynır Terminali

π rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminalinin istif alanı liman içerisinde yer alırken, rıhtımları denize yatay olarak doldurulan uzun yarımadalarda yer alır. Bazı durumlarda dolgu olarak yapılan rıhtım kısmi istif alanı olarak da kullanılabilir.

Şekil 6.3 incelendiğinde, terminal içi mesafeler ve AGV'lerin taşıma işlemlerini gerçekleştirirken izleyecekleri yollar basit bir şekilde gösterildiği görülmektedir. Terminalin her rıhtımında ikişer adet aynı anda iki konteynır taşıma yeteneğine sahip (ikili) otomatik rıhtım vinci bulunmaktadır. Terminalin istif alanında ise 18 adet istif bloğu yer almaktadır. Bu bloklar 3 tanesi ihraç konteynırlara (gemiyle terminalden çıkış yapacak olan) ve 3 tanesi de ithal konteynırlara (gemiyle terminale giriş yapan) hizmet vermek üzere 6'lı olarak her bir rıhtım için ayrılmıştır. Her istif bloğunda ise iç içe geçme özelliğine sahip olan, ikiz otomatik istif vinci yer almaktadır. İhraç konteynırlara ait bir bloğun uzunluğu 270 m. (44 TEU), genişliği 40 m. (10 TEU) ve yüksekliği 13 m. (5 TEU) olarak, ithal konteynırlara ait bir bloğun ise uzunluğu 305 m. (50 TEU), genişliği 40 m. (10 TEU) ve yüksekliği 13 m. (5 TEU) olarak tasarlanmıştır. Bu şartlar altında terminalin eş zamanlı istif kapasitesi 42.300 TEU olarak hesaplanmıştır.



Şekil 6.3 : Tasarlanan π Rıhtımlı Dolgu Tipi Konteynır Terminali.

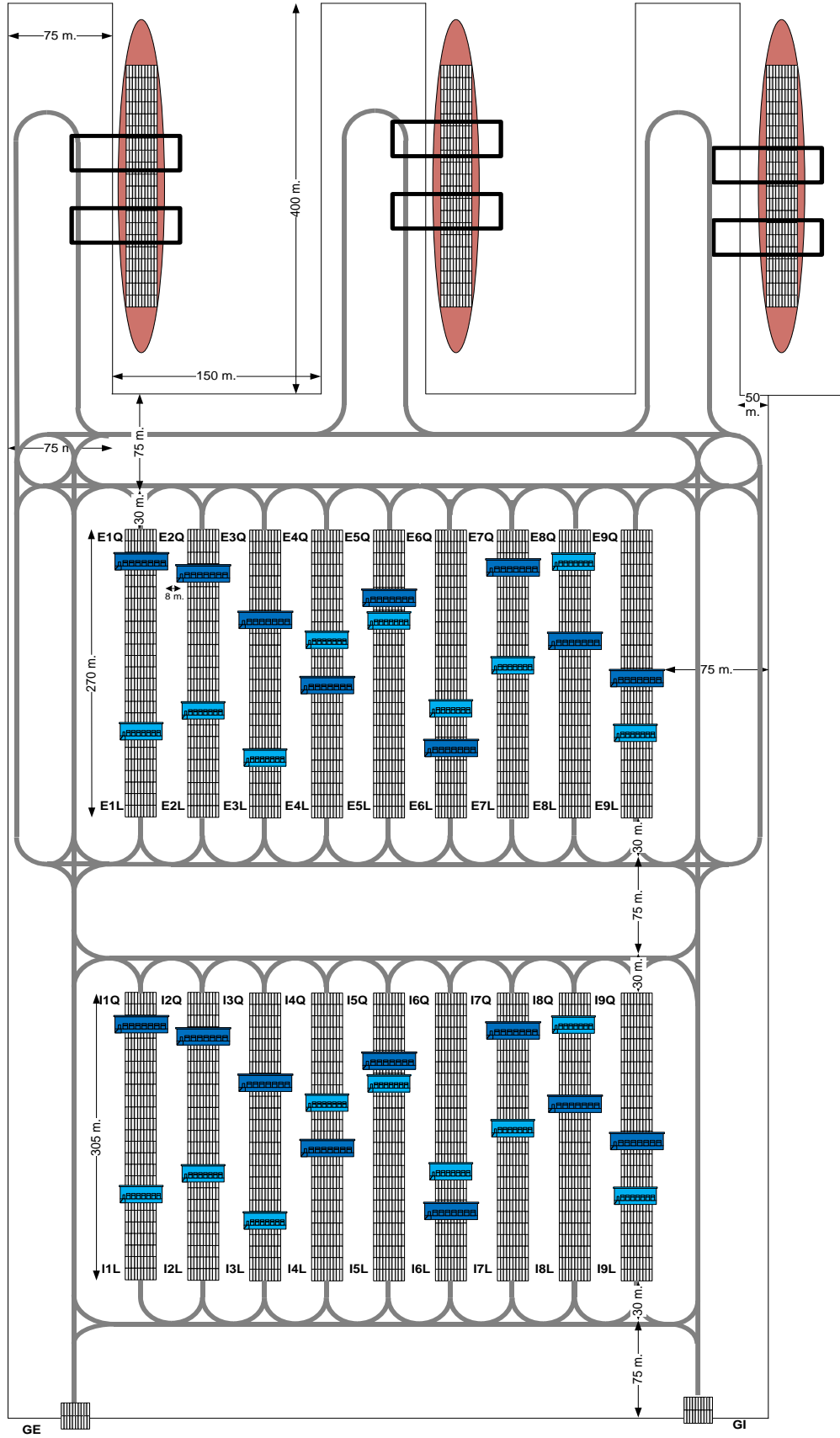
İstif alanındaki bloklarda hizmet veren istif vinçlerinin, AGV yükleme ve boşaltma noktaları blokların uçlarında yer almaktadır. İhraç konteynır alanı için, rıhtıma giden AGV'ye konteynır yükleme noktası bloğun kıyı ucu tarafında, kapıdan gelen AGV'den konteynır boşaltma noktası ise bloğun kapı ucu tarafında konumlandırılmıştır. İthal konteynır alanı için, rıhtımdan gelen dolu AGV'den boşaltma noktası blokların kıyı ucu tarafına, kapıya gönderilecek AGV'lerin yükleme noktası ise blokların kapı ucu tarafına konumlandırılmıştır.

Terminallerde kızaklı tip AGV'ler kullanılması planlandığından blokların her iki ucunda 20 TEU kapasiteli geçici depolama bölgeleri mevcuttur. Rıhtımlarda ise her rıhtım vinci için 10 TEU kapasiteli geçici depolama bölgeleri bulunmaktadır. Bu geçici depolama bölgeleri sayesinde, vinçler ve AGV'ler birbirinden bağımsız olarak yükleme-boşaltma operasyonlarını gerçekleştirebilir. Böylece terminal içi kaynakların bekleme süreleri önemli ölçüde azaltılabilmektedir. Terminal içerisinde kullanılacak optimum AGV sayısı, test edilen kurallara göre değişkenlik gösterdiğinden, her bir senaryo için ayrı ayrı belirlenmiştir.

6.4 Tasarlanan Ψ Rıhtımlı Dolgu Tipi Konteynır Terminali

Ψ rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminalinin istif alanı liman içerisinde yer alırken, rıhtımları denize dikey olarak doldurulan uzun yarım adalarda yer almaktadır. Bazı durumlarda dolgu olarak yapılan rıhtım kısmi istif alanı olarak da kullanılabilir.

Şekil 6.4 incelendiğinde, terminal içi mesafeler ve AGV'lerin taşıma işlemlerini gerçekleştirirken izleyecekleri yollar basit bir şekilde gösterildiği görülmektedir. Terminalin her rıhtımında ikişer adet aynı anda iki konteynır taşıma yeteneğine sahip (ikili) otomatik rıhtım vinci bulunmaktadır. Terminalin istif alanında ise 18 adet istif bloğu yer almaktadır. Bu bloklardan rıhtıma yakın olan 9 tanesi ihraç konteynırlara (gemiyle terminalden çıkış yapacak olan), kapıya yakın olan 9 tanesi ise ithal konteynırlara (gemiyle terminale giriş yapan) hizmet vermek üzere ayrılmıştır. Her istif bloğunda ise iç içe geçme özelliğine sahip olan, ikiz otomatik istif vinci yer almaktadır. İhraç konteynırlara ait bir bloğun uzunluğu 270 m. (44 TEU), genişliği 40 m. (10 TEU) ve yüksekliği 13 m. (5 TEU) olarak, ithal konteynırlara ait bir bloğun ise uzunluğu 305 m. (50 TEU), genişliği 40 m. (10 TEU) ve yüksekliği 13 m. (5 TEU) olarak



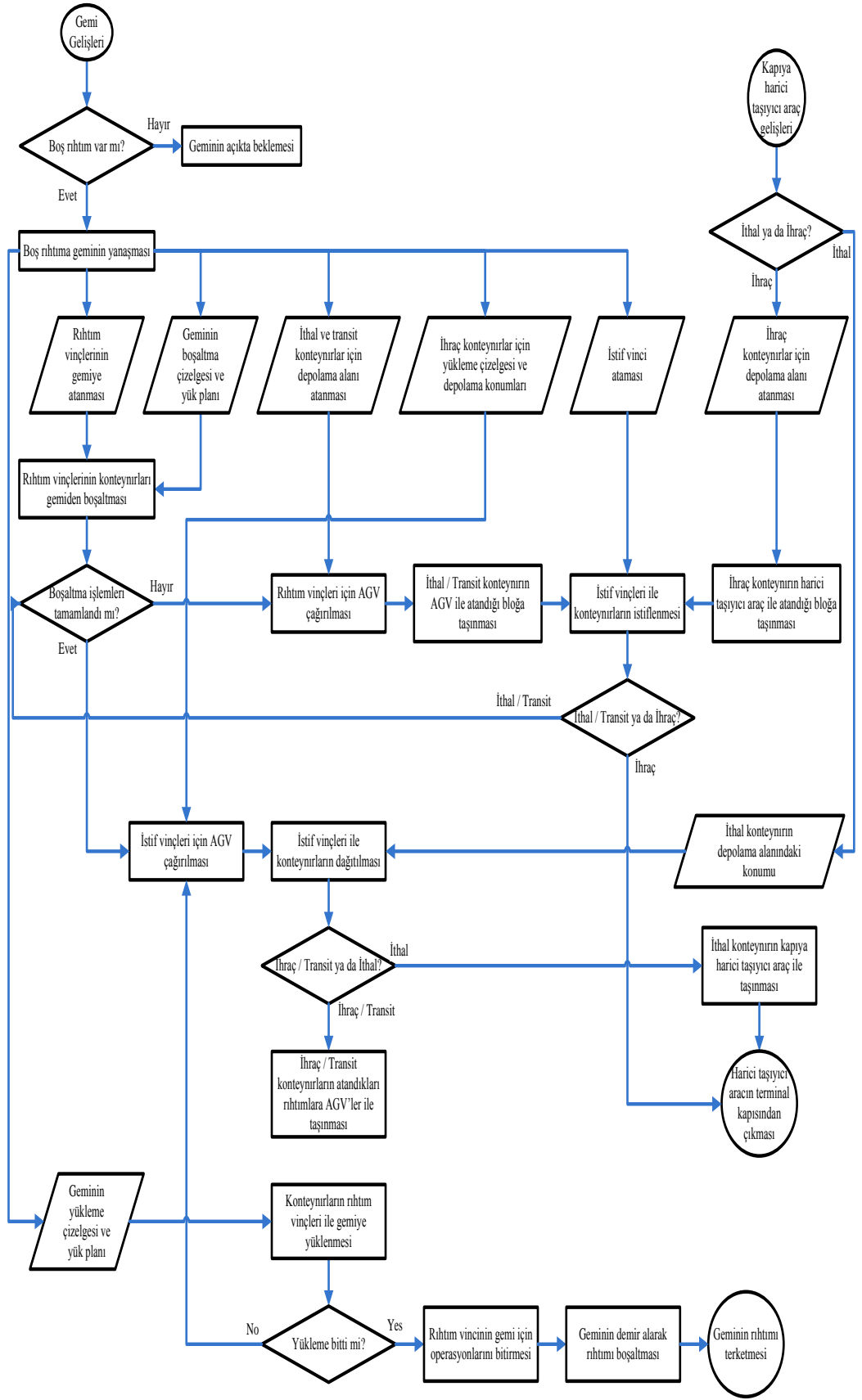
Şekil 6.4 : Tasarlanan Ψ Rıhtımlı Dolgu Tipi Konteynır Terminali.

tasarlanmıştır. Bu şartlar altında terminalin eş zamanlı istif kapasitesi 42.300 TEU olarak hesaplanmıştır.

İstif alanındaki bloklarda hizmet veren istif vinçlerinin, AGV yükleme ve boşaltma noktaları blokların uçlarında yer almaktadır. İhraç konteynır alanı için, rıhtıma giden AGV'ye konteynır yükleme noktası bloğun kıyı ucu tarafında, kapıdan gelen AGV'den konteynır boşaltma noktası ise bloğun kapı ucu tarafında konumlandırılmıştır. İthal konteynır alanı için, rıhtımdan gelen dolu AGV'den boşaltma noktası blokların kıyı ucu tarafına, kapıya gönderilecek AGV'lerin yükleme noktası ise blokların kapı ucu tarafına konumlandırılmıştır.

Terminallerde kızaklı tip AGV'ler kullanılması planlandığından blokların her iki ucunda 20 TEU kapasiteli geçici depolama bölgeleri mevcuttur. Rıhtımlarda ise her rıhtım vinci için 10 TEU kapasiteli geçici depolama bölgeleri bulunmaktadır. Bu geçici depolama bölgeleri sayesinde, vinçler ve AGV'ler birbirinden bağımsız olarak yükleme-boşaltma operasyonlarını gerçekleştirebilir. Böylece terminal içi kaynakların bekleme süreleri önemli ölçüde azaltılabilmektedir. Terminal içerisinde kullanılacak optimum AGV sayısı, test edilen kurallara göre değişkenlik gösterdiğinden, her bir senaryo için ayrı ayrı belirlenmiştir.

Tasarlanan bu terminallerde gerçekleştirilen operasyonlara ait iş akış şeması Şekil 6.5'te sunulmuştur.



Şekil 6.5 : Terminal Operasyonlarına Ait İş Akış Şeması.

7. UYGULAMA KAPSAMINDA GELİŞTİRİLEN SİMÜLASYON MODELİ

Çalışma kapsamında tasarlanan konteynır terminallerinde, yerleşimin terminal performansı üzerindeki etkisini analiz etmek için bir simülasyon modeli geliştirilmiştir. Bu bölümde, geliştirilen simülasyon modeli için kullanılan yazılım tanıtılmış ve geliştirilen model içerisinde kullanılan parametreler sunulmuştur.

7.1 Kullanılan Yazılım Hakkında Bilgi

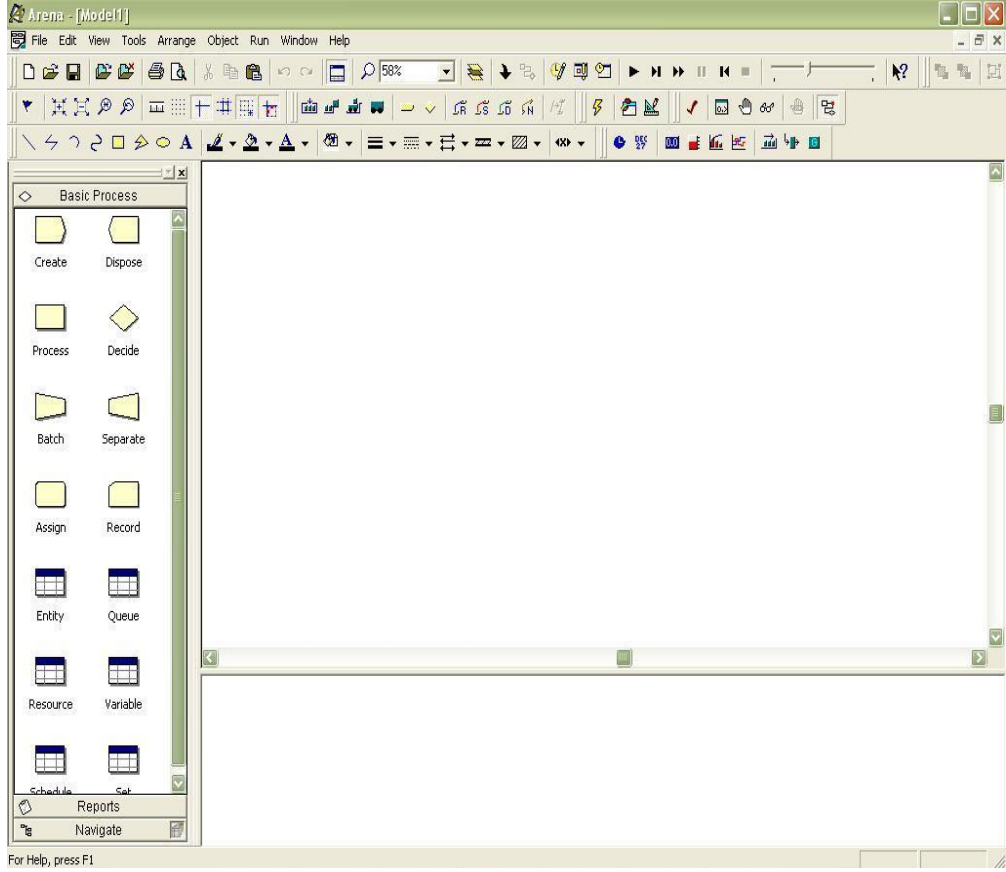
Tasarlanan konteynır terminallerinin simüle edilmesinde Arena 10.0 Simülasyon Yazılımı'ndan yararlanılmıştır.

7.1.1 Arena Simülasyon Yazılımının Genel Tanıtımı

Arena; Rockwell Software firması tarafından geliştirilmiş, Windows arayüzüne sahip, yönetsel kararlarda kullanılan güçlü bir simülasyon yazılımıdır.

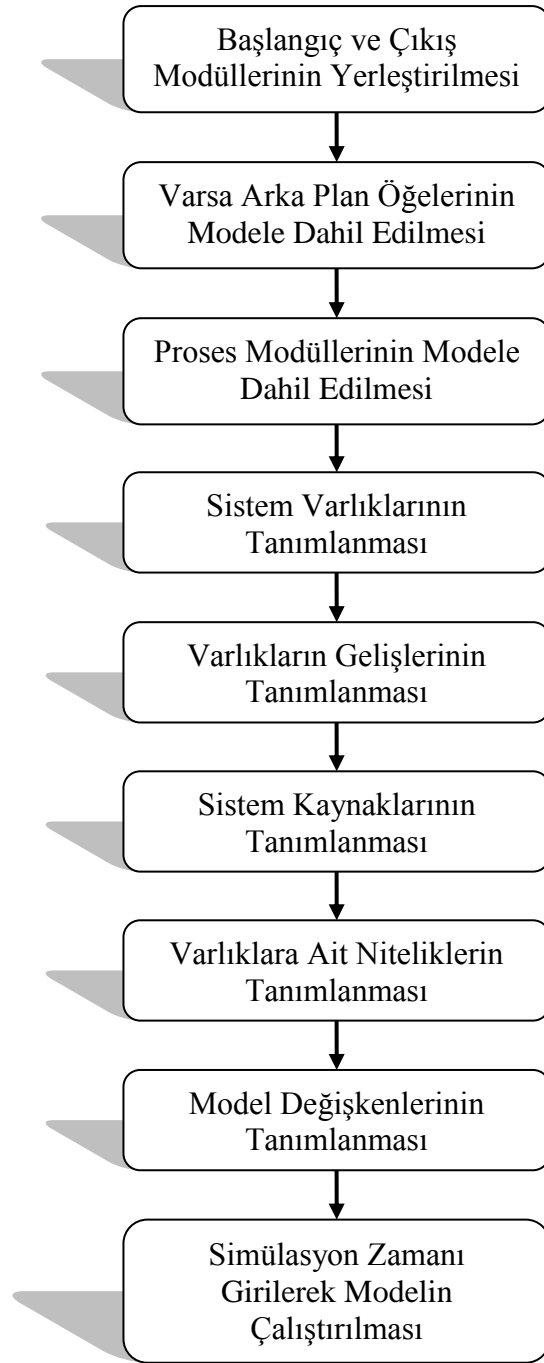
Siman simülasyon dilini kullanan Arena, kullanıcının modeli ekrana çizmesine imkan sağlayarak, model içerisindeki modüllere doğrudan bilgi girişi yapmasını sağlar. Geliştirilen model içerisindeki her bir Siman modülü modellenen gerçek sürecin bir faaliyetini temsil etmektedir.

Microsoft Windows işletim sistemleri (XP, Vista, Win7 gibi...) altında çalışan Arena'da araç çubukları, menülerle ve pencerelerle çalışılmasında büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Şekil 7.1'de Arena yazılımına ait arayüz gösterilmiştir. Müşteri hizmetlerinden üretime, sağlık sektöründeki işletmelerden bilgisayar ağlarına kadar daha birçok sektördeki simülasyon modellemelerinde Arena kullanılabilir.



Şekil 7.1 : Arena Simülasyon Yazılımının Arayüzü.

Arena simülasyon yazılımında bir model oluştururken izlenmesi gereken yol Şekil 7.2'deki akış diyagramında gösterilmiştir. Söz konusu akış diyagramı özetlenecek olursa; ilk olarak modele başlangıç (create) ve çıkış (dispose) modülleri yerleştirilir. Bu modüller yerleştirildikten sonra varsa arka plan öğeleri dahil edilir (AutoCAD ya da MS Visio'da yapılan çizimler gibi...). Sonrasında ise süreç (process) modülleri modele yerleştirilir. Modelde kullanılan her proses modülü için bir kayıt tutulmaktadır. Ayrıca bu modüle prosesin cinsi de girilebilmektedir (katma değerli işlem, katma değersiz işlem, aktarma, bekleme ve diğer gibi...). Tüm proses modülleri modele yerleştirildikten sonra, modelde işlem gören her şey, varlıklar (entities) tanımlanmalıdır. Varlıkların tanımlanmasının ardından gelişler tanımlanacaktır (Create modülünde bulunan bilgiler). Bu kapsamda varlık tipi, geliş frekansı, ilk geliş zamanı, her gelişte sisteme giren varlık miktarı ve maksimum geliş sayısı tanımlanmalıdır. Sonraki aşamada ise kaynaklar tanımlanır. Kaynaklar proseslerin gerçekleştirilmesini sağlayan insan, takım veya makineleri temsil edebilmektedir. Kaynakların tanımlanması sonrasında ise, varlıkların özelliklerini atamada kullanılan, nitelikler tanımlanmaktadır. Nitelikler, varlıklar hakkında bilgi



Şekil 7.2 : Bir Simülasyon Modeli Oluşturulmasında İzlenecek Yol.

içerdikleri gibi hızı, sayısı, rengi ve önceliği de olabilmektedir. Sonrasında ise değişkenler tanımlanmaktadır. Değişkenler global ve lokal olarak ikiye ayrılmaktadır. Modelin her yerinde global değişkenler kullanılabilirken, kurulan mantıksal döngüler içerisinde ise lokal değişkenler kullanılabilir. Değişkenlerin de modele girilmesinin ardından son aşamaya geçilir. Run menüsünden Setup...’a girilerek simülasyon modelinin çalışma zamanı belirtilir. Run tuşu ile simülasyon modeli çalıştırılır.

Simülasyonun çalıştırılmasıyla elde edilen veriler (sistem zamanı, bekleme zamanları, kuyruk sayıları, kullanım oranları gibi...) program tarafından kayıt altına alınmaktadır. Kaydı tutulan bu veriler simülasyonun tamamlanmasından sonra ekranda rapor olarak kullanıcıya sunulur. Bu raporda;

- Varlık
- Proses
- Kuyruk
- Kaynak
- Taşıyıcı
- Kullanıcı istatistikleri

başlıkları altında ilgili simülasyon verileri yer almaktadır.

Sunulan rapor doğrultusunda mevcut sistemi analiz eden kullanıcı, gereken iyileştirmeleri model üzerinde yaparak modeli tekrar simüle edebilmekte ve iyileştirme çalışmalarının sistem üzerinde ne gibi etkileri olduğunu görebilmektedir.

7.1.2 Arena'daki Menüler

Arena 10.0 simülasyon yazılımında kullanıcı arayüzünde File, Edit, View, Tools, Arrange, Object, Run, Window ve Help menüleri bulunmaktadır.

File menüsünde sırasıyla; yeni model yaratma, kayıtlı bulunan bir modeli açma, mevcut olan modeli kapama, kaydetme, farklı kaydetme, şablon paneline şablon ekleme – silme, AutoCAD çizim dosyasını arka plan öğesi olarak dâhil etme, Visio çizim dosyasını arka plan öğesi olarak dâhil etme, kullanılan renkleri değiştirme, kullanılan renk paletlerini kaydetme, baskı önizleme, yazdırma, yazdırma seçenekleri, kurulan modeli elektronik posta ile gönderme, son açılan 4 modeli açma ve çıkış işlemleri gerçekleştirilmektedir.

Edit menüsünde sırasıyla; yapılan işlemi geri alma ve ileri alma, kesme, kopyalama, yapıştırma, başka uygulamalara yapıştırma, çoğaltma, silme, hepsini seçme ve seçmeme, varlıklara resim atama, takvim çizelgeleme, arama, özellikler görüntüleme, bağlantı ekleme, öğe ekleme, Active-X denetimi ekleme ve nesnelere aktif hale

getirme işlemleri yapılmaktadır. Bu menüdeki komutlar genel olarak Arena'daki modülleri içermektedir.

View menüsünde ekran görünümü (yakınlaştırma, uzaklaştırma gibi...) ve araç çubuklarının ayarlanması (çizim, animasyon, çalıştırma çubukları gibi...) ile ilgili işlemler mevcuttur.

Tools menüsünde sırasıyla; Arena'dan çevrim içi haberlerin olduğu ekranı açma, sembolleri görüntüleme, yardımcı yazılımlar olan Input Analyzer ve Process Analyzer çalıştırma, müşteri hizmetleri bağlantısı kurma, veritabanı ilişkileri görüntüleme, veritabanından model alma, veritabanına model verme, model bilgileri raporu alma, Arena Optimizasyon Programını çalıştırma, video çekme, makro oluşturma ve genel seçenekleri görüntüleme işlemleri gerçekleştirilmektedir.

Arrange menüsündeki komutlarla, modeldeki modüllerin yerleştirilmesi ve düzenlemesi yapılmaktadır (en öne getir, en arkaya götür, döndür, dikey sırala, yatay sırala gibi...).

Object menüsü ile kurulmuş olan simülasyon modelindeki modüllerin birbirlerine bağlanmaları ayarlanır (otomatik ve manuel bağlanma gibi...).

Run menüsünde sırasıyla, simülasyon çalıştırma ayarlarını görüntüleme, modeli çalıştırma, modeli hatalara karşı kontrol etme, hataları yeniden görüntüleme, çalışma kontrolleri ve Siman kodları ile ilgili işlemler gerçekleştirilmektedir.

Window menüsünde ise açık olan modeller arasındaki geçişler yapılmaktadır. Bu menüdeki komutlarla, açık olan model pencereleri dikey, yatay ve ardı ardına sıralanabilmektedirler.

Help menüsünde Arena yazılımının kullanılması hakkında yardım komutları mevcuttur. Bu kapsamda kullanım kılavuzu, program üretici bilgisi, çevrim içi yardım seçenekleri ve lisans kaydı ile ilgili komutlar bulunmaktadır.

7.1.3 Arena 10.0 Yazılımına Yardımcı Yazılımlar

•**Input Analyzer:** Simülasyon modeli kurulurken gerekli olan varlık gelişleri arası zamanların, servis zamanlarının dağılımları bu yazılım kullanılarak oluşturulabilmektedir. Öncelikle, gelişler arası süreler bir metin belgesine alt alta yazılır ve kaydedilir. Sonrasında Input Analyzer açılarak, yeni bir dosya oluşturulur (file > new). Daha sonra ise file > data file > use existing komutu ile ekrana gelen

pencereden, oluşturulan metin belgesi seçilip onaylanır. Fit menüsünden fit all komutu seçildiğinde en uygun dağılım ekrana gelmiş olur.

•**Output Analyzer:** Kurulmuş olan simülasyon modelinin çalıştırılmasıyla elde edilen sonuçların çeşitli grafikler yardımıyla, birbirleriyle karşılaştırılmasını ve analiz edilmesini sağlayan bir yazılımdır.

•**Arena Viewer:** Arena 10.0 yazılımında hazırlanmış ve .avf uzantısına dönüştürülmüş modellerin çalıştırılıp, sonuçlarının görüntülenmesinde kullanılır. Avantajı lisans istememesidir. Dezavantajı ise sadece .avf uzantısı olan modelleri açmasıdır.

7.2 Simülasyon Verileri

Tasarlanan terminaller için geliştirilecek olan simülasyon modellerinde kullanılmak üzere daha önce gerçekleştirilen çalışmalardan ve diğer kaynaklardan aşağıdaki veriler toplanmıştır:

- Gemi Gelişleri,
- Gemi Cinslerine Göre Yükleme-Boşaltma Sayıları,
- Gemi Cinslerine Göre Yükleme-Boşaltma Operasyon Süreleri,
- AGV'lerin Yük Durumlarına Göre (Dolu - Boş) Hızları,
- Otomatikleştirilmiş İstif Vinçlerinin Terminal İçi ve Terminal Dışı Taşıyıcı Araçlara Hizmet Süreleri.

Toplanan bu verilere Input Analyzer 10.0 yazılımı kullanılarak Ki Kare Testi uygulanmış ve geliştirilen simülasyon modellerinde kullanılmak üzere, kabul edilebilir hata oranlarına sahip olasılık dağılımları oluşturulmuştur.

7.2.1 Gemi Gelişleri

Konteynır terminallerinde gemi gelişleri çizelgelere dayalı bir şekilde gerçekleşmektedir. Ancak geliştirilen simülasyon modelinde gemi gelişleri çizelgeye dayalı olmayıp belirlenen sayıda bir talebi elde etmek ve simülasyon sonuçlarında herhangi bir dengesizliğe neden olmamak amacıyla sabit tutulmuştur.

Bunun yanında, rıhtım vinçleriyle gerçekleştirilen operasyonlarda gemi büyüklüklerine göre operasyon süreleri birbirlerinden farklı olarak değerlendirilmiştir.

Yapılan analizlere göre gemi gelişleri 8,5 saatte bir olacak şekilde hesaplanmıştır.

7.2.2 Gemi Cinslerine Göre Yükleme – Boşaltma Sayıları

Gemi cinslerine göre yükleme – boşaltma sayılarının (TEU) dağılımı şu şekildedir:

Büyük Boy Gemi: $TRIA(65,562,1.72e + 003)$

Orta Boy Gemi: $TRIA(89,265,676)$

Küçük Boy Gemi: $TRIA(6,160,519)$

7.2.3 Gemi Cinslerine Göre Yükleme – Boşaltma Operasyon Süreleri

Gemi cinslerine göre rıhtım vinçleri ile gerçekleştirilen yükleme – boşaltma operasyonlarının sürelerine (dk.) ait dağılımlar şu şekildedir:

Büyük Boy Gemi - Yükleme: $TRIA(3,6,9)$

Orta Boy Gemi - Yükleme: $TRIA(3,5,7)$

Küçük Boy Gemi - Yükleme: $TRIA(3,4,5)$

Büyük Boy Gemi - Boşaltma: $TRIA(2,5,8)$

Orta Boy Gemi - Boşaltma: $TRIA(2,4,6)$

Küçük Boy Gemi - Boşaltma: $TRIA(2,3,4)$

7.2.4 AGV'lerin Yük Durumlarına Göre (Dolu - Boş) Hızları

Terminalde kullanılan AGV'lerin hızları dolu iken 15 km./sa., boş iken 30 km./sa. olarak değerlendirilmiştir. AGV'lerin rotaları üzerindeki virajlarda yol aldığı anda gerçekleşen hız kayıpları ise ihmal edilmiştir.

7.2.5 Otomatikleştirilmiş İstif Vinçlerinin Terminal İçi ve Terminal Dışı Taşıyıcı Araçlara Hizmet Süreleri

Terminaldeki istif vinçlerinin operasyon süreleri (dk.) şu şekildedir:

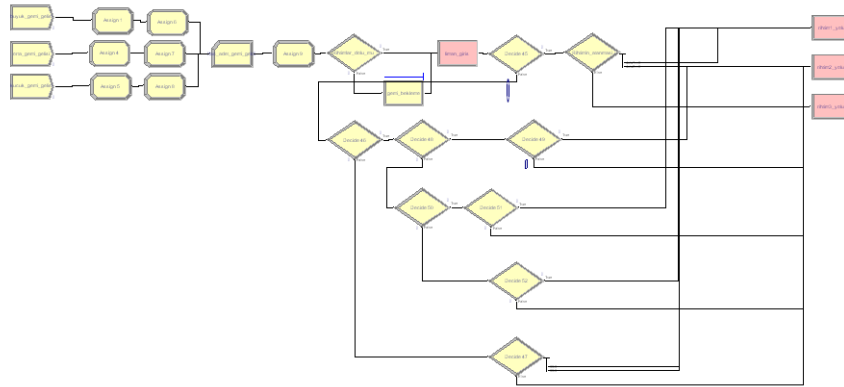
Terminal İçi Taşıyıcı Araçlara: $TRIA(1.5, 2.5, 4)$

Terminal Dışı Taşıyıcı Araçlara: $TRIA(2, 3, 5)$

7.3 Geliştirilen Simülasyon Modelinin Yapısı

Çalışma kapsamında tasarlanan dolgu tipi konteynır terminallerinde yerleşimin genel terminal performansı üzerindeki etkisini analiz etmek için simülasyon modelleri geliştirilmiştir. Arena 10.0 simülasyon yazılımı ile geliştirilen simülasyon modelinin genel görüntüsü Şekil B.1’de (Ek) verilmiştir.

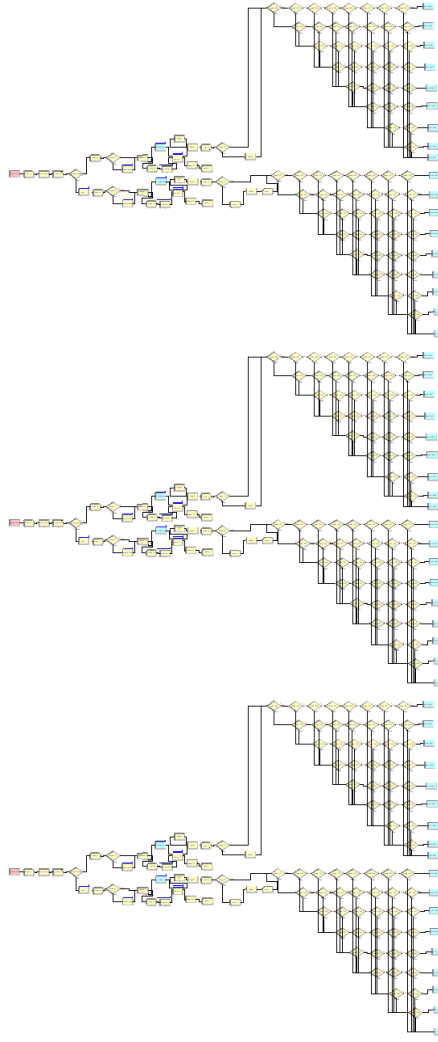
Geliştirilen simülasyon modelinde rıhtım vinçleri, istif vinçleri ve terminal içi taşıyıcı araçlar (AGV’ler) kendilerine ait operasyonel özelliklerine göre modellenmiş önemli kaynaklardır. 3 ana bölümden oluşturulan simülasyon modelinde varlık olarak gemiler üretilmektedir. Modelin ilk bölümünde rıhtım atama problemi çözülmektedir. Gelen gemilerin özellikleri (yükleme – boşaltma miktarları, gemi cinsi) atanmakta ve uygun rıhtımlara atanmaları yapılmaktadır. Şayet rıhtımlar dolu ise, gemi, liman açığında bekletilmektedir. Modelde bu beklemler Hold – Signal modülleri ile sağlanmaktadır. Modelin ilk aşaması Şekil 7.3’te gösterilmiştir.



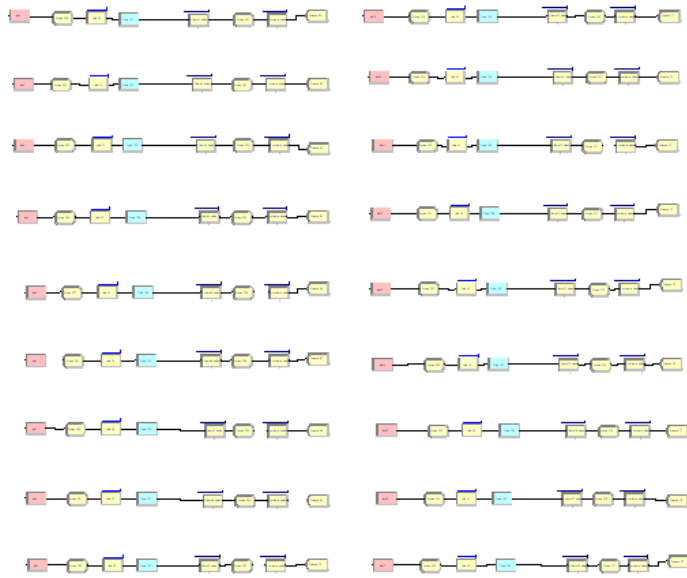
Şekil 7.3 : Kurulan Simülasyon Modelinin İlk Bölümü.

Modelin ikinci bölümü rıhtımda gerçekleşen operasyonları içermektedir. Bu kapsamda modelde ilk olarak boşaltma operasyonları ardından da yükleme operasyonları rıhtım vinçleri tarafından gerçekleştirilmekte, konteynırlar istif alanındaki bloklara atanmakta ve AGV’ler tahsis edilmektedir. İkinci bölüme ait model görüntüsü Şekil 7.4’te gösterilmiştir.

Modelin üçüncü ve son bölümünde ise istif alanındaki operasyonlar simüle edilmiştir. İstif vinçlerinin AGV’lere ve terminal dışı araçlara verdiği hizmetler ve AGV’lerin serbest bırakılması modelin bu aşamasında gerçekleşmektedir. Şekil 7.5’te modelin bu bölümüne ait görüntüsü sunulmuştur.



Şekil 7.4 : Kurulan Simülasyon Modelinin İkinci Bölümü



Şekil 7.5 : Kurulan Simülasyon Modelinin Üçüncü Bölümü

Modelde kullanılan olay ve olaylar arası süreler çizelgelemeye dayalı değildir; dolayısıyla senaryolar arası ve tekrarlar arası elde edilen veriler değişkenlik gösterebilmektedir. Bu nedenle, çalışma kapsamında gerçekleştirilen simülasyon deneyleri 3.000.000 TEU'luk yük altında, 5 tekrarlı olarak, bir yıllık simülasyon süresi ile gerçekleştirilmiştir.

7.4 Simülasyon Modelinin Kurulmasında Kullanılan Varsayımlar

Simülasyon modeli geliştirilirken amaç; gerçekte bulunan sisteme en yakın, en fazla benzeyen modeli geliştirmektir. Bu amaca ulaşırken yani simülasyon modeli kurulurken çeşitli varsayımlar yapılabilmektedir.

Geliştirilen simülasyon modellerinde şu varsayımlar yapılmıştır:

- Gelen gemilerin boyutlarına göre yükleme ve boşaltma süreleri değiştiği için gemiler tonajlarına göre sınıflandırılmışlardır. (Küçük Boy Gemi < 10.000 GRT , 10.000 GRT ≤ Orta Boy Gemi ≤ 15.000 GRT, 15.000 GRT ≤ Büyük Boy Gemi)
- Kurulan modellerde tüm konteynırlar 20 ft. (1 TEU) olarak kabul edilmektedir.
- Geliştirilen simülasyon modelinde kullanılan AGV'ler aynı anda sadece bir konteynır taşıyabilme yeteneğine sahiptir.
- Geliştirilen simülasyon modellerindeki tüm AGV'ler kızaklı olup, aynı özelliklere sahiptir.
- Modellerde gerçekleştirilen operasyonların hava şartlarından ve vardiya değişikliklerinden etkilenmediği varsayılmıştır.
- İstif alanındaki vinçlerin ve terminaller içerisinde AGV'lerin aynı yüzeyde hareket etmeleri sonucunda, terminallerin yüzeyinde meydana gelecek aşınmalardan kaynaklı sorunlar modellerde göz ardı edilmiştir.
- Rıhtımlara gemi gelişlerinin çizelgeye dayalı olmadığı varsayılmıştır.
- Bütün modeller aynı temel girdi verileri ile çalıştırılarak analiz edilmiştir.

7.5 Kullanılacak Olan Performans Kriterleri

Geliştirilen simülasyon modelleri ile gerçekleştirilen analizlerde şu performans kriterlerinden yararlanılacaktır:

- Terminalin yıllık konteynır elleçleme miktarı (TEU/yıl),

- Rıhtım vinçleri kullanım oranları (%),
- İstif vinçleri kullanım oranları (%),
- AGV kullanım oranları (%).

8. UYGULAMA

Bu bölümde çalışmanın amacı doğrultusunda öncelikle araç dağıtım kurallarından bahsedilmiş, sonrasında ise geliştirilen simülasyon modelleri kullanılarak gerçekleştirilen simülasyon testleri ve sonuçları sunulmuştur.

Çalışma kapsamında, belirtilen terminal tipleri için farklı araç dağıtım kuralları ve sayıları altında simülasyon deneyleri gerçekleştirilmiştir. En iyi kural ve araç sayısı belirlendikten sonra, kaynak atama stratejileri uygulanarak elde edilen sonuçlar daha da geliştirilmeye çalışılmıştır.

Gerçekleştirilen simülasyon testlerinden elde edilen sonuçların istatistiksel analizlerine ise bölüm sonunda yer verilmiştir.

8.1 Araç Dağıtım Kuralları

Çalışmanın kapsamında araç dağıtım kuralları iki başlık altında incelenmiştir. Bunlar; araç çağırma kuralları ve kavşak geçiş kurallarıdır.

8.1.1 Araç Çağırma Kuralları

Araç çağırma kuralları; terminal içerisindeki AGV talep noktalarından (rıhtımdan ve istif bloklarından) araç talep edildiğinde uygulanmakta olan kurallardır. Bu kurallar şunlardır:

- En yakın araç kuralı (Smallest Distance - EYA): Araç talep noktasına, en yakın mesafedeki aracın atanması kuralıdır.

- En uzak araç kuralı (Largest Distance - EUA): En yakın araç kuralının tam tersidir. Araç talep noktasına, en uzak mesafedeki aracın atanması kuralıdır. Bu kural bir dağıtım kuralı olarak yarar sağlamamaktadır; ancak, bazı durumlarda sistem tasarımcısı tarafından kullanım etkinliğini azaltmak için uygulanabilmektedir.

- Rastgele araç kuralı (Random - RST): Aracın talepte bulunulan noktaya rastgele atanması kuralıdır. Araçların göreceli konumlarına bakılmaksızın bu kural uygulanabilmektedir.

•Döngüsel araç kuralı (Cyclical - DGS): Araçların, döngüsel bir şekilde araç talep noktasına atanması kuralıdır. Taşıma için son seçilen araç, sistemdeki tüm araçların iş yükünü dengelemek amacıyla, diğer araçlar taşıma işlemini tamamladıktan sonra tekrar seçilir.

8.1.2 Kavşak Geçiş Kuralları

Kavşak geçiş kuralları, Şekil 6.1, 6.2, 6.3 ve 6.4'te de gösterildiği gibi, AGV'lerin tasarlanan şeritlerde yol alması esnasında şerit kesişim noktalarında (kavşaklarda) karşılaştıkları takdirde, trafik tıkanıklığı ya da kaza gibi sebeplerden herhangi bir aksama yaşanmaması amacıyla uygulanmakta olan kurallardır. Uygulanan kavşak geçiş kuralları şunlardır:

•İlk gelen ilk işlem görür kuralı (FCFS – First Come First Served): Bu kuralda, kavşağa önce gelen araca geçiş önceliği tanınarak ilk olarak kavşaktan geçmesi sağlanmaktadır.

•Son gelen ilk işlem görür kuralı (LCFS – Last Come First Served): Bu kuralda, kavşağa yaklaşan iki araçtan kavşağa uzak olan öncelikli olarak geçmekte, kavşağa yakın olan ise beklemektedir.

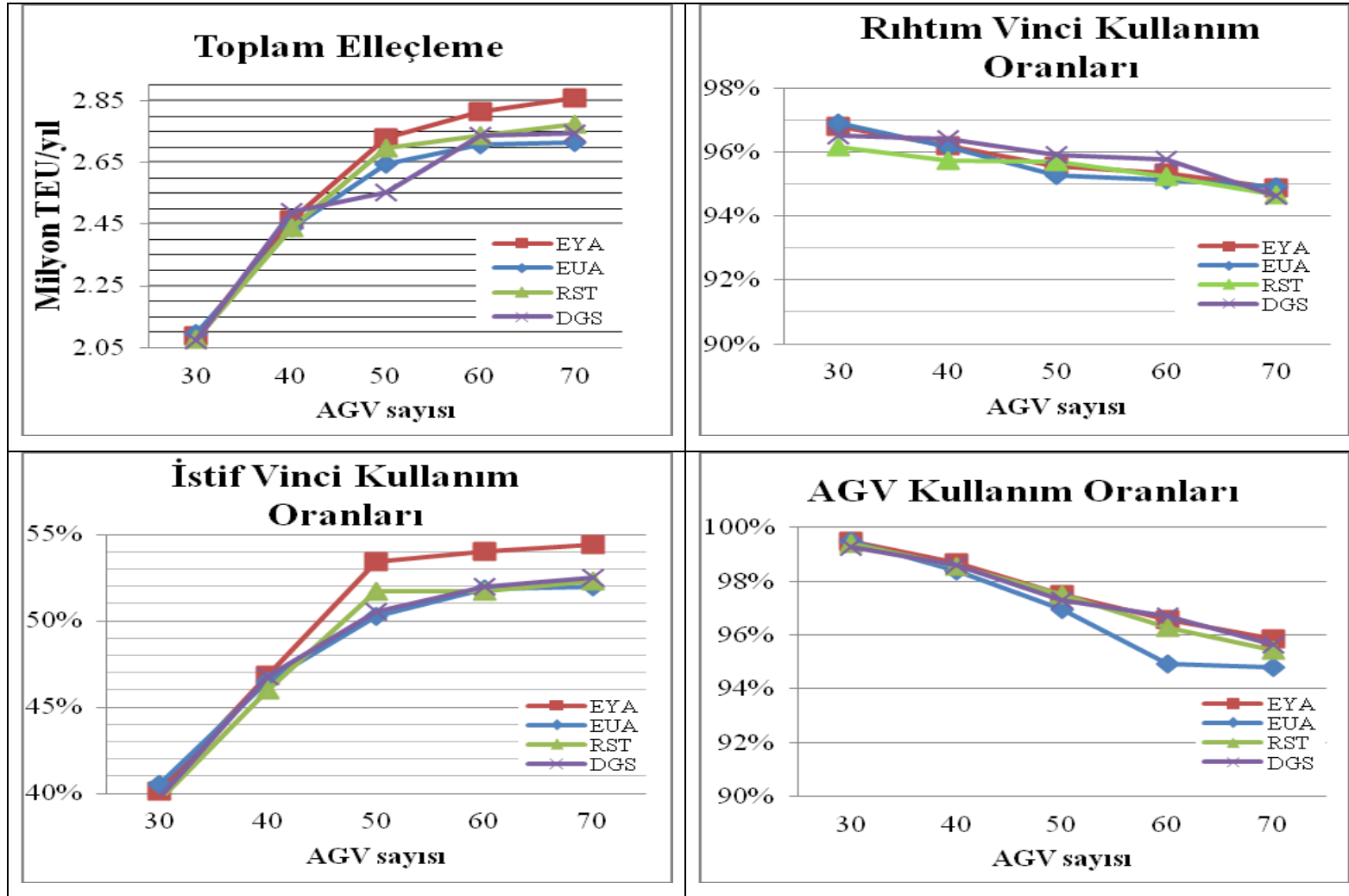
•En yakın araç kuralı (Closest): Bu kuralda, hedefe kalan mesafesi yakın olan araca öncelik tanınmaktadır. Kavşakta karşılaşılan iki araçtan, hangisi gittiği talep ya da hedef noktasına daha yakın ise, o araca kavşakta öncelik tanınarak kavşaktan geçişi sağlanmaktadır.

•İhraç konteynir önceliği kuralı (HVF – High Value First): Bu kuralda, simülasyon modelinde yüksek değerli tanımlanan varlığa öncelik tanınmaktadır. Geliştirilen modellerde yüksek değer, aracın ihraç konteynir yüklü olması olarak atanmıştır. Dolayısıyla kavşakta karşılaşılan araçlardan, ihraç konteynir yüklü olan araca öncelik tanınarak kavşaktan geçişi sağlanmaktadır.

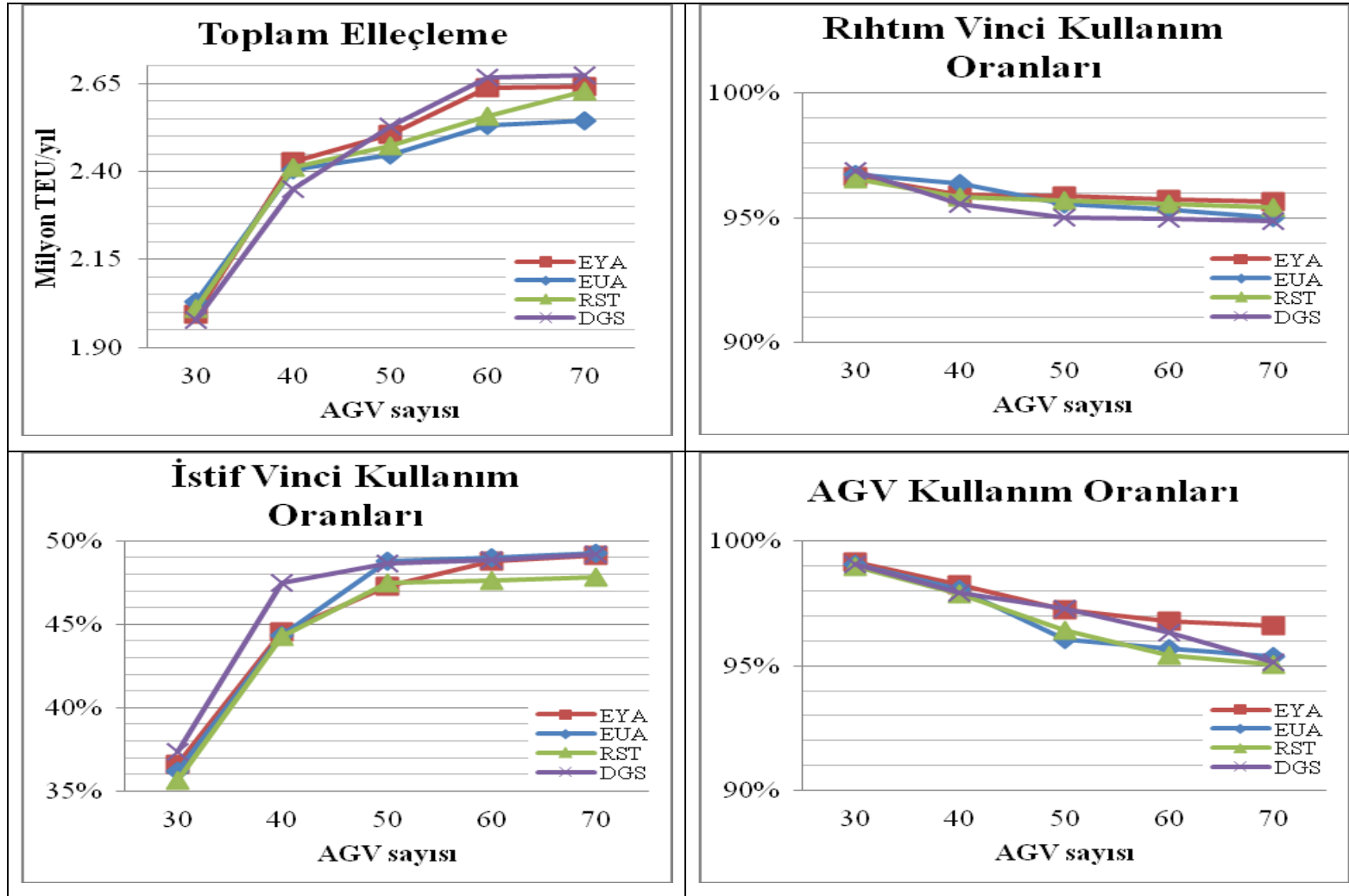
•İthal konteynir önceliği kuralı (LVF – Low Value First): Bu kuralda, simülasyon modelinde düşük değerli tanımlanan varlığa öncelik tanınmaktadır. Geliştirilen modelde düşük değer, aracın ithal konteynir yüklü olması olarak atanmıştır. Dolayısıyla kavşakta karşılaşılan araçlardan, ithal konteynir yüklü olan araca öncelik tanınarak kavşaktan geçişi sağlanmaktadır.

8.2 Gerçekleştirilen Simülasyon Testleri ve Sonuçlar

İlk deney setinde, araç çağırma kuralları bütün terminaller için analiz edilmiştir. Bu amaçla, 4 farklı araç çağırma kuralı AGV'ler üzerinde test edilmiştir. Gerçekleştirilen bu deneylerde, kavşak geçiş kuralı olarak “en yakın araç kuralı (closest)” tercih edilmiştir. Deneyler, optimum AGV sayısını belirlemek amacıyla farklı AGV sayıları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 8.1, 8.2, 8.3 ve 8.4'te, sırasıyla tasarlanmış olan Π , L, π ve Ψ rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminalleri için, farklı AGV sayıları kullanılarak araç çağırma kurallarının rıhtım vinçlerinde elleçlenen yıllık konteynır sayısı ve kaynak (rıhtım vinçleri, istif vinçleri ve AGV'ler) kullanım oranları üzerindeki etkileri gösterilmiştir.

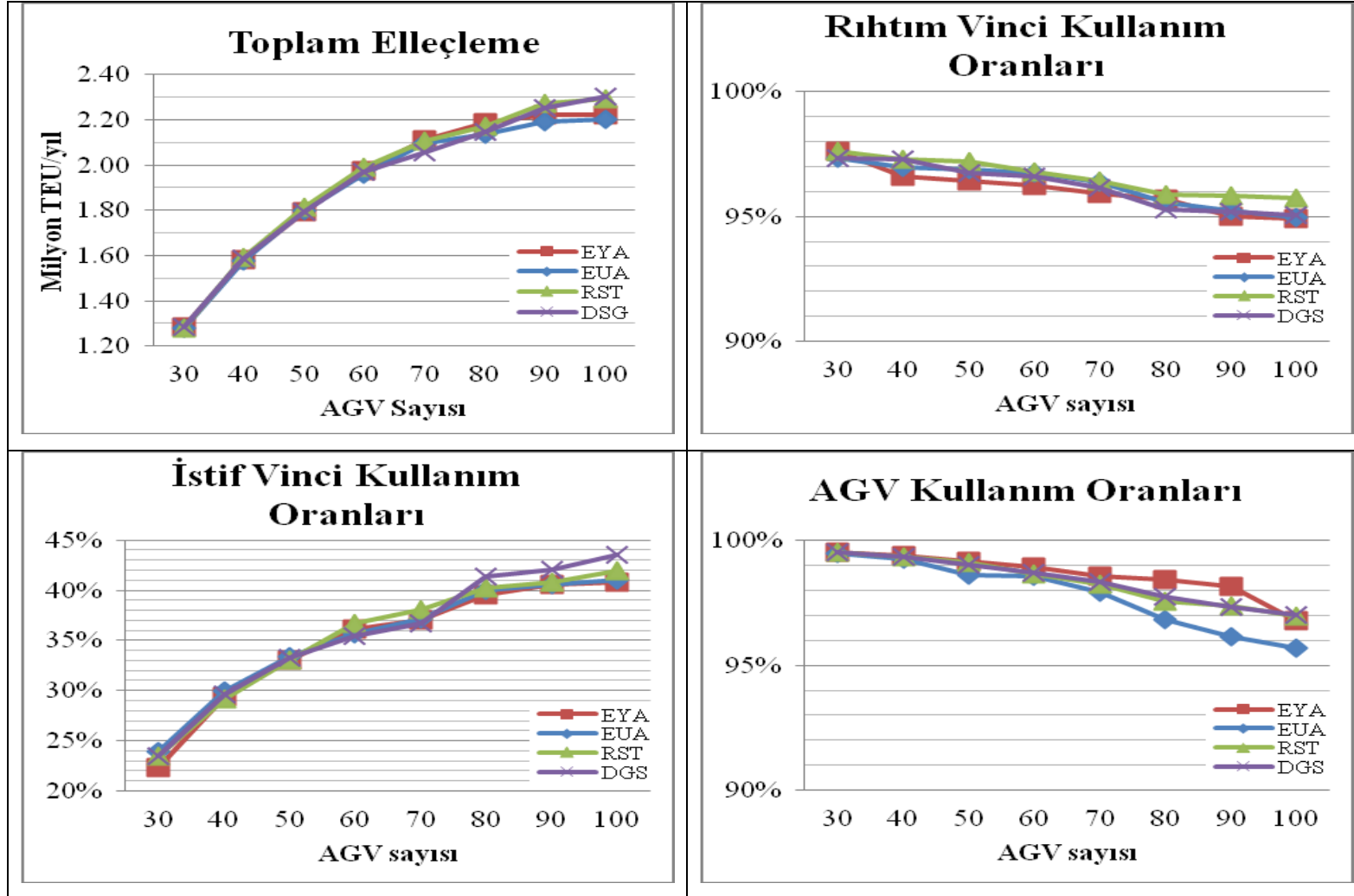


Şekil 8.1 : II Rıhtım Tipli Dolgu Tipi Konteynır Terminalinde Araç Çağırma Kurallarının Etkileri.

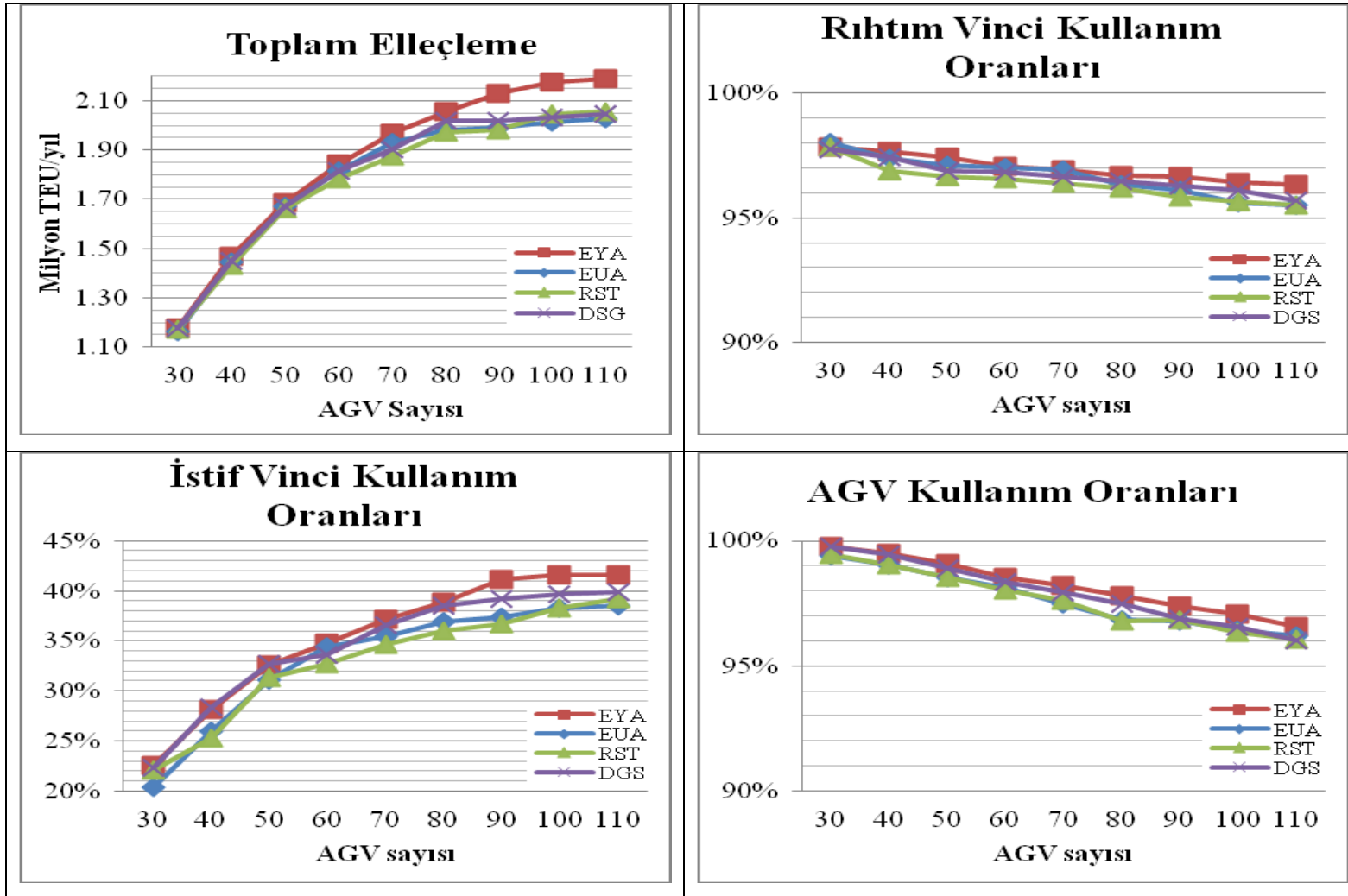


Şekil 8.2 : L Rıhtım Tipli Dolgu Tipi Konteynır Terminalinde Araç Çağırma Kurallarının Etkileri.

Şekil 8.1, 8.2, 8.3 ve 8.4'te görüldüğü gibi, her rıhtım tipi için farklı AGV sayılarında uygulanan araç çağırma kuralları arasında önemli farklar vardır. Bu önemli farkların oluşmasında, hangi araç çağırma kuralının etkisi olduğunu belirlemek için sonuçlara Tukey HSD testi uygulanmıştır. Tablo 8.1'de gerçekleştirilen Tukey HSD Testlerinin sonuçları sunulmuştur.



Şekil 8.3 : π Rıhtım Tipli Dolgu Tipi Konteynır Terminalinde Araç Çağırma Kurallarının Etkileri.



Şekil 8.4 : Ψ Rıhtım Tipli Dolgu Tipi Konteynır Terminalinde Araç Çağırma Kurallarının Etkileri.

Tablo 8.1 incelendiğinde Π rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali için “en yakın araç kuralı – EYA” araç çağırma kuralı uygulandığında diğer araç çağırma kurallarından daha iyi sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Benzer şekilde; L rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali için “döngüsel araç kuralı – DGS”, π rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali için “rastgele araç kuralı - RST” ve Ψ rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali için de “en yakın araç kuralı – EYA” uygulandığında diğer araç çağırma kurallarından daha iyi sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Dolayısıyla, AGV’leri söz konusu terminaller için bu kurallara göre atamak bekleme sürelerini azaltarak zaman tasarrufu sağlayacaktır.

Tablo 8.1: Tukey HSD Test Sonuçları (Araç Çağırma Kuralları).

Π rıhtım tipli terminalden elde edilen sonuçlar

Homojen Altgruplar (Alfa = 0,05)			
Araç Çağırma Kuralları	N	1	2
DGS	25	2520030,88	
EUA	25	2520552,96	
RST	25	2545337,60	
EYA	25		2597987,20

L rıhtım tipli terminalden elde edilen sonuçlar

Homojen Altgruplar (Alfa = 0,05)		
Araç Çağırma Kuralları	N	1
EUA	25	2372001,96
RST	25	2378167,20
EYA	25	2382623,32
DGS	25	2391423,20

π rıhtım tipli terminalden elde edilen sonuçlar

Homojen Altgruplar (Alfa = 0,05)			
Araç Çağırma Kuralları	N	1	2
EUA	40	1905125,55	
EYA	40	1922315,95	1922315,95
DGS	40		1924161,38
RST	40		1938642,75

Ψ rıhtım tipli terminalden elde edilen sonuçlar

Homojen Altgruplar (Alfa = 0,05)				
Araç Çağırma Kuralları	N	1	2	3
RST	45	1775076,71		
EUA	45	1782017,22		
DGS	45		1798911,89	
EYA	45			1855410,91

Bir sonraki aşamada, en iyi araç çağırma kuralı altında optimum araç sayıları analizi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda elde edilen sonuçlar Tukey HSD testi ile analiz edilerek Tablo 8.2’de sunulmuştur.

Tablo 8.2 detaylı bir şekilde incelendiğinde; Π rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali için 50 – 60 AGV aralığı ile 60 – 70 AGV aralığında, L rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali için 50 – 60 AGV aralığında, π rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali için 90 – 100 AGV aralığında, Ψ rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali için de 90 – 110 AGV aralığında önemli bir fark olmadığı söylenebilmektedir.

Tablo 8.2: Tukey HSD Test Sonuçları (Optimum Araç Sayısı).
 Π rıhtım tipli terminalden elde edilen sonuçlar

Araç Sayısı	N	Homojen Altgruplar (Alfa = 0,05)			
		1	2	3	4
30	5	2089241,60			
40	5		2463484,80		
50	5			2730870,40	
60	5			2815529,60	2815529,60
70	5				2858809,60

L rıhtım tipli terminalden elde edilen sonuçlar

Araç Sayısı	N	Homojen Altgruplar (Alfa = 0,05)			
		1	2	3	4
30	5	1962395,40			
40	5		2351125,40		
50	5			2468451,20	
60	5			2525332,60	
70	5				2649812,20

Tablo 8.2: Tukey HSD Test Sonuçları (Optimum Araç Sayısı)(Devam).

π rıhtım tipli terminalden elde edilen sonuçlar

		Homojen Altgruplar (Alfa = 0,05)						
Araç Sayısı	N	1	2	3	4	5	6	7
30	5	1280875,00						
40	5		1593233,40					
50	5			1802574,20				
60	5				1990411,80			
70	5					2105273,00		
80	5						2170330,40	
90	5							2271514,80
100	5							2294929,80

Ψ rıhtım tipli terminalden elde edilen sonuçlar

		Homojen Altgruplar (Alfa = 0,05)						
Araç Sayısı	N	1	2	3	4	5	6	7
30	5	1176649,60						
40	5		1470368,00					
50	5			1686515,20				
60	5				1841011,20			
70	5					1967795,20		
80	5						2055312,00	
90	5							2129480,00
100	5							2174707,80
110	5							2187507,20

Dolayısıyla Π rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali için 50 – 60 AGV, L rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali için 50 – 60 AGV, π rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali için 90 – 100 AGV, Ψ rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali için de 90 – 100 AGV aralıklarında AGV tercih etmek, söz konusu terminaller için verimli bir seçim olacaktır. Bu amaçla; Π ile L rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali için 51-54-57-60 AGV’li simülasyon testleri ve π ile Ψ rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali için 90-93-96-99 AGV’li simülasyon testleri yeniden gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tukey HSD testi uygulanarak Tablo 8.3’te sunulmuştur.

Tablo 8.3: Tukey HSD Test Sonuçları (Optimum Araç Sayısı).

Π rıhtım tipli terminalden elde edilen sonuçlar

Homojen Altgruplar (Alfa = 0,05)			
Araç Sayısı	N	1	2
51	5	2737321,60	
54	5		2773305,60
57	5		2813152,00
60	5		2815529,60

L rıhtım tipli terminalden elde edilen sonuçlar

Homojen Altgruplar (Alfa = 0,05)			
Araç Sayısı	N	1	2
51	5	2470821,80	
54	5	2473940,60	
57	5		2516261,20
60	5		2525332,60

π rıhtım tipli terminalden elde edilen sonuçlar

Homojen Altgruplar (Alfa = 0,05)			
Araç Sayısı	N	1	2
90	5	2271514,80	
93	5	2278972,40	
96	5	2284301,20	
99	5	2291920,80	

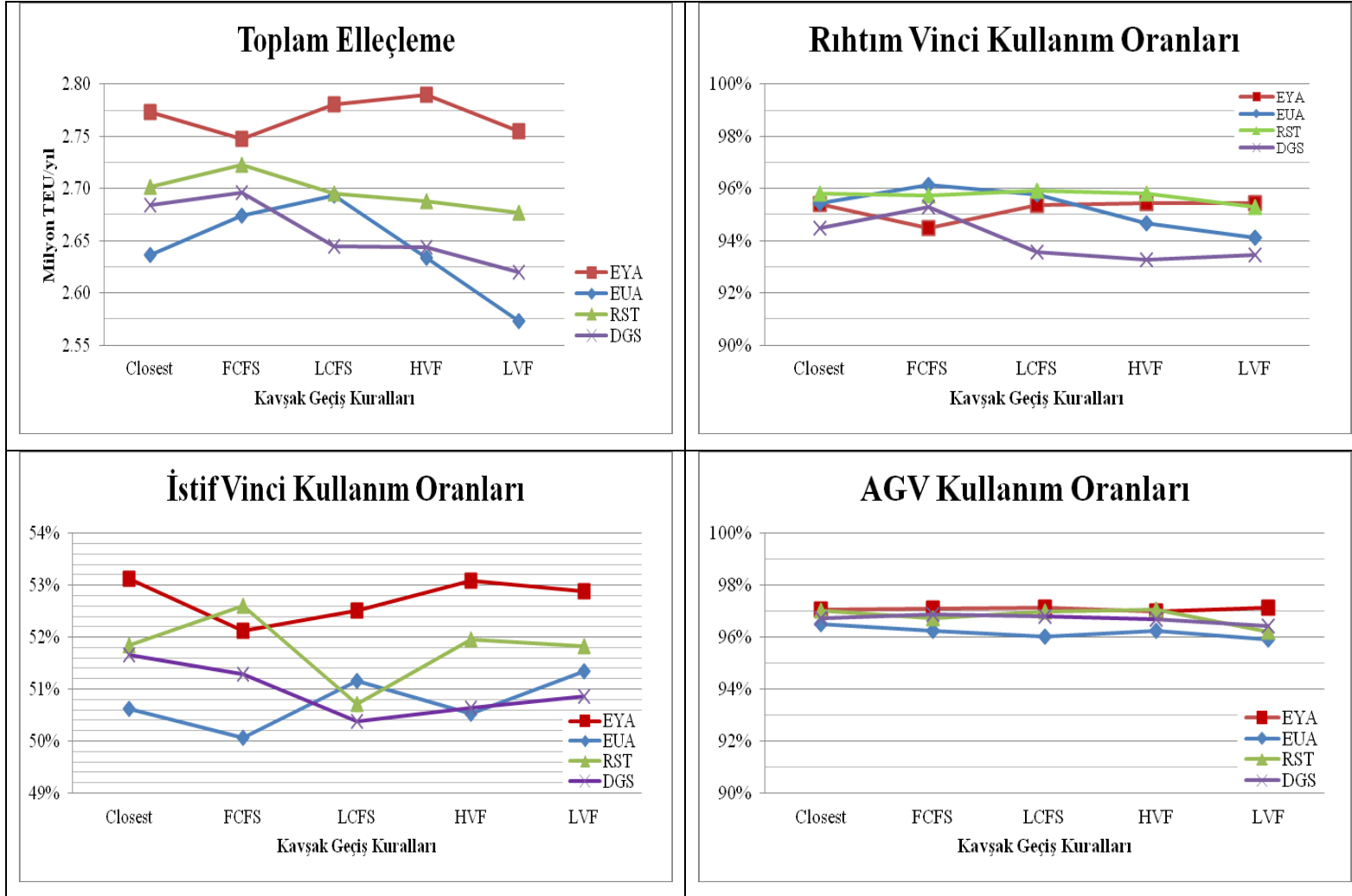
Ψ rıhtım tipli terminalden elde edilen sonuçlar

Homojen Altgruplar (Alfa = 0,05)			
Araç Sayısı	N	1	2
90	5	2129480,00	
93	5	2137604,80	
96	5		2159527,40
99	5		2173705,80

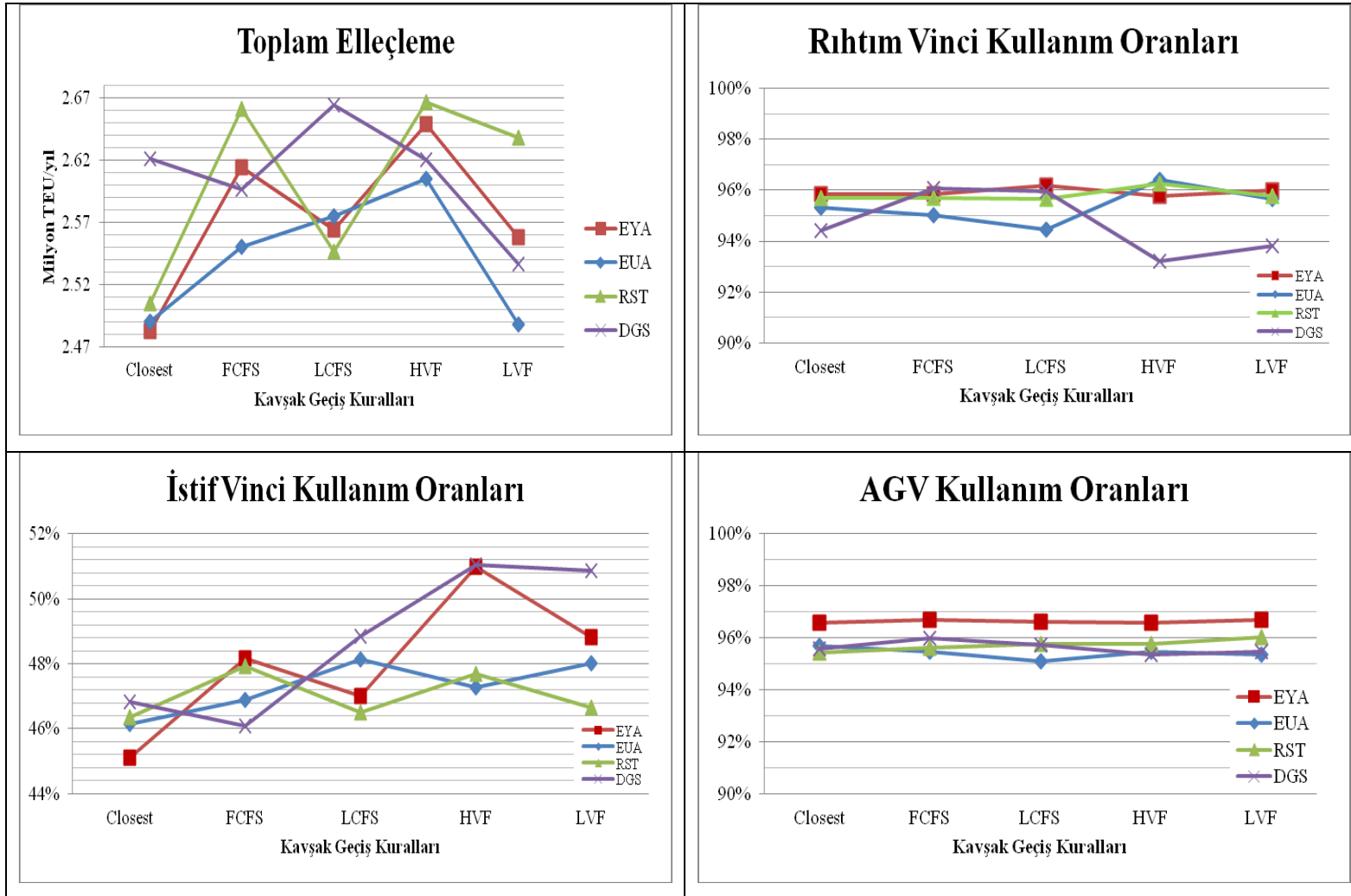
Tablo 8.3 detaylı bir şekilde incelendiğinde; Π rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali için 51 ve 54-57-60 AGV arasında, L rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali için 51-54 ve 57-60 AGV arasında, Ψ rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali için de 90-93 ve 96-99 AGV arasında önemli farklar vardır. Ancak; Π rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali için 54-57-60 AGV arasında, L rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali için 51-54 AGV ile 57-60 AGV arasında, π rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali için 90-93-96-99 AGV arasında, Ψ rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali için de 90-93 AGV ile 96-99 AGV arasında önemli bir fark bulunmamaktadır.

Bu çalışmada, kızaklı AGV'ler ile ilgili fizibilite analizi yapılmamasına rağmen, kızaklı AGV'leri satın alma ve kurulum maliyetlerinin yüksek olması sebebiyle Π rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali için 54 kızaklı AGV, L rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali için 57 kızaklı AGV, π rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali için 90 kızaklı AGV ve Ψ rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali için de 96 kızaklı AGV optimum olacak şekilde belirlenmiştir.

İkinci deney setinde, belirlenmiş olan araç dağıtım kuralları optimum araç sayısı altında tasarlanan dolgu tipi konteynır terminalleri için test edilmiştir. Şekil 8.5, 8.6, 8.7 ve 8.8'de sırasıyla tasarlanmış olan Π , L, π ve Ψ rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminalleri için farklı kavşak araç dağıtım kuralları altında gerçekleştirilen simülasyon testlerine ait sonuçlar yer almaktadır.



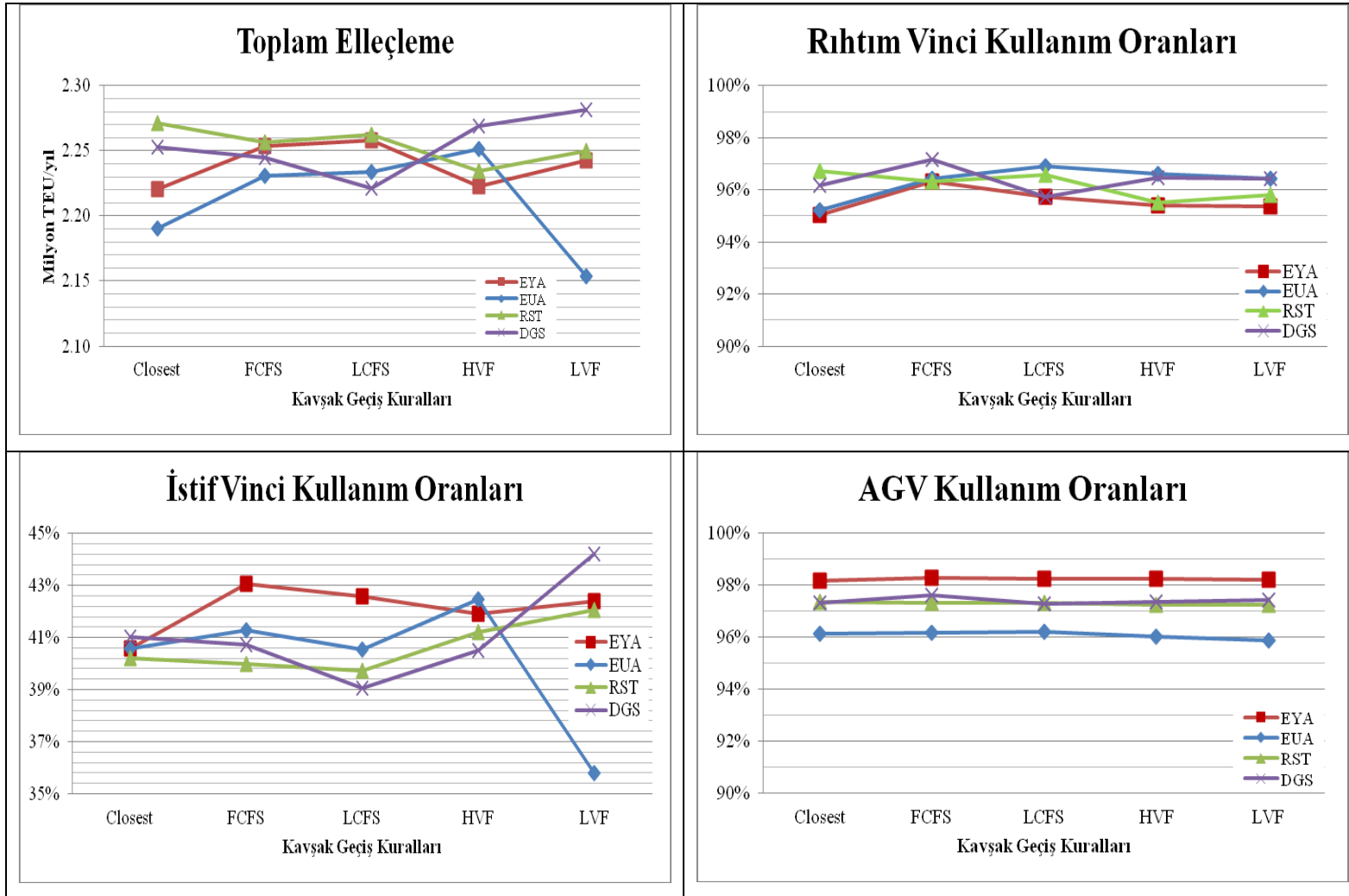
Şekil 8.5 : II Rıhtım Tipli Dolgu Tipi Konteynır Terminalinde Farklı Araç Dağıtım Kuralları Analizi.



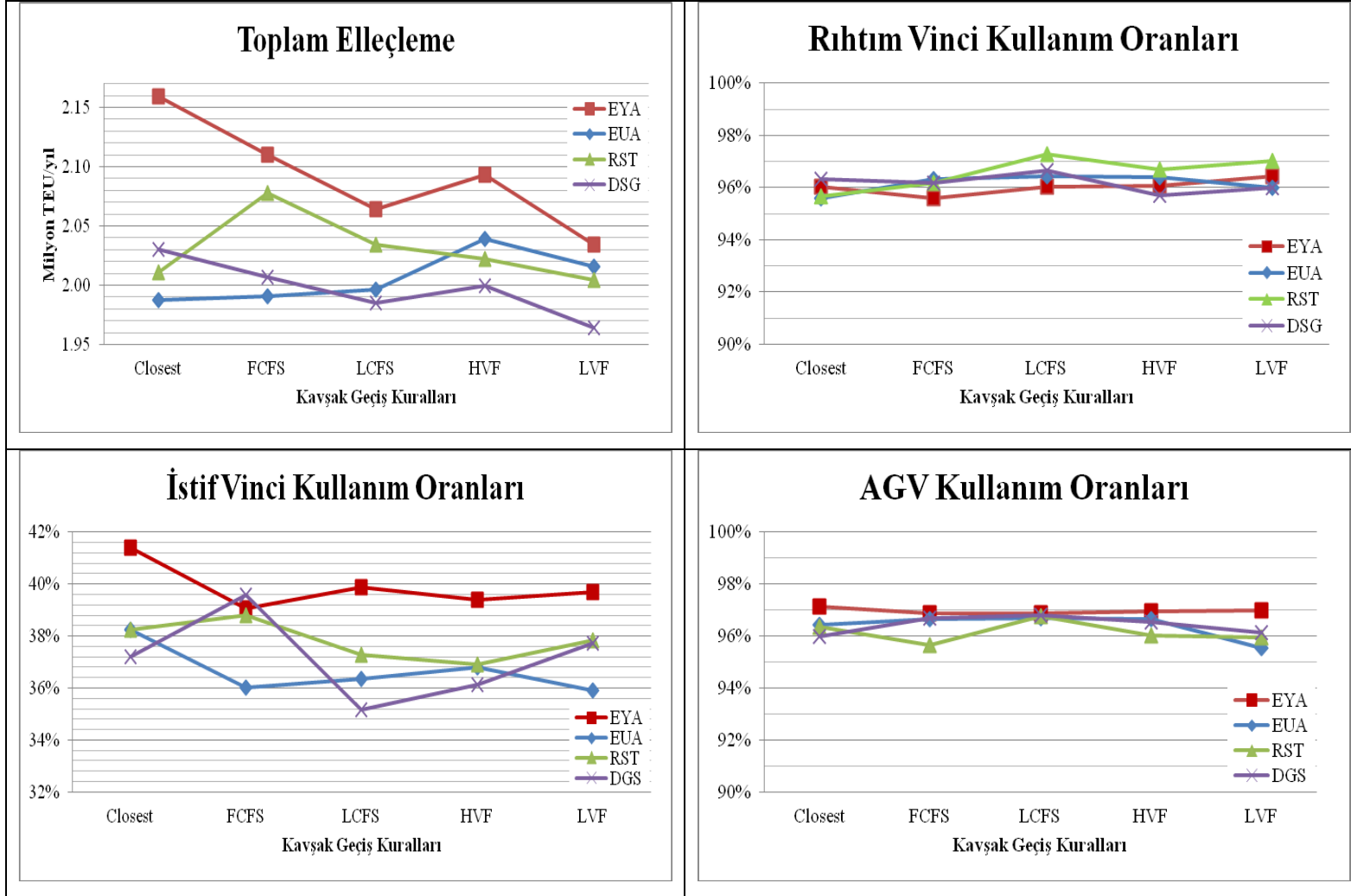
Şekil 8.6 : L Rıhtım Tipli Dolgu Tipi Konteynır Terminalinde Farklı Araç Dağıtım Kuralları Analizi.

Şekil 8.5, 8.6, 8.7 ve 8.8 incelendiğinde araç dağıtım kuralları arasında farklılıklar olduğu görülmektedir. Bu farklılıkları analiz etmek için, gerçekleştirilen simülasyon testlerinden elde edilen sonuçlara Tukey HSD testi uygulanmıştır.

Tablo 8.4'te araç dağıtım kurallarına uygulanan Tukey HSD testi sonuçlarına yer verilmiştir.



Şekil 8.7 : π Rıhtım Tipli Dolgu Tipi Konteynır Terminalinde Farklı Araç Dağıtım Kuralları Analizi.



Şekil 8.8 : Ψ Rıhtım Tipli Dolgu Tipi Konteynır Terminalinde Farklı Araç Dağıtım Kuralları Analizi.

Tablo 8.4: Tukey HSD Test Sonuçları (Araç Dağıtım Kuralları).

Π rıhtım tipli terminalden elde edilen sonuçlar

Araç Dağıtım Kuralları	N	Homojen Altgruplar (Alfa = 0,05)				
		1	2	3	4	5
LVF-EUA	5	2573408,00				
LVF-DGS	5	2620275,00	2620275,00			
HVF-EUA	5	2633747,20	2633747,20	2633747,20		
CL-EUA	5	2636345,60	2636345,60	2636345,60		
HVF-DGS	5	2643536,00	2643536,00	2643536,00	2643536,00	
LCFS-DGS	5	2644832,00	2644832,00	2644832,00	2644832,00	
FCFS-EUA	5	2674284,80	2674284,80	2674284,80	2674284,80	2674284,80
LVF-RST	5	2676342,40	2676342,40	2676342,40	2676342,40	2676342,40
CL-DGS	5	2683960,00	2683960,00	2683960,00	2683960,00	2683960,00
HVF-RST	5	2687958,40	2687958,40	2687958,40	2687958,40	2687958,40
LCFS-EUA	5	2692960,00	2692960,00	2692960,00	2692960,00	2692960,00
LCFS-RST	5	2695216,00	2695216,00	2695216,00	2695216,00	2695216,00
FCFS-DGS	5	2696472,00	2696472,00	2696472,00	2696472,00	2696472,00
CL-RST	5	2701584,00	2701584,00	2701584,00	2701584,00	2701584,00
FCFS-RST	5		2722348,80	2722348,80	2722348,80	2722348,80
FCFS-EYA	5		2747113,60	2747113,60	2747113,60	2747113,60
LVF-EYA	5			2754684,80	2754684,80	2754684,80
CL-EYA	5				2773305,60	2773305,60
LCFS-EYA	5					2780275,20
HVF-EYA	5					2789964,80

Tablo 8.4: Tukey HSD Test Sonuçları (Araç Dağıtım Kuralları) (Devam).
L rıhtım tipli terminalden elde edilen sonuçlar

Homojen Altgruplar (Alfa = 0,05)			
Araç Dağıtım Kuralları	N	1	2
CL-RST	5	2474174,00	
CL-DGS	5	2516261,20	2516261,20
LVF-EUA	5	2518393,20	2518393,20
LVF-DGS	5	2545846,00	2545846,00
LCFS-RST	5	2546648,60	2546648,60
FCFS-EUA	5	2549874,80	2549874,80
LVF-RST	5	2558499,60	2558499,60
LCFS-EYA	5	2563915,60	2563915,60
LVF-EYA	5	2572659,20	2572659,20
LCFS-EUA	5	2575054,20	2575054,20
CL-EUA	5	2583917,80	2583917,80
HVF-EUA	5	2604834,40	2604834,40
HVF-EYA	5	2613847,40	2613847,40
FCFS-EYA	5	2614451,20	2614451,20
HVF-DGS	5	2620116,00	2620116,00
CL-EYA	5	2622089,00	2622089,00
HVF-RST	5	2627707,80	2627707,80
FCFS-RST	5		2661478,00
FCFS-DGS	5		2664243,40
LCFS-DGS	5		2664266,20

Tablo 8.4: Tukey HSD Test Sonuçları (Araç Dağıtım Kuralları) (Devam).

π rıhtım tipli terminalden elde edilen sonuçlar

Homojen Altgruplar (Alfa = 0,05)			
Araç Dağıtım Kuralları	N	1	2
LVF-EUA	5	2153558,20	
CL-EUA	5	2190145,60	2190145,60
CL-EYA	5	2220250,80	2220250,80
LCFS-DGS	5	2221107,40	2221107,40
HVF-EYA	5	2222785,20	2222785,20
FCFS-EUA	5	2230864,60	2230864,60
LCFS-EUA	5	2233605,20	2233605,20
HVF-RST	5	2234816,00	2234816,00
LVF-EYA	5	2242360,80	2242360,80
FCFS-DGS	5	2244486,80	2244486,80
LVF-RST	5	2249815,60	2249815,60
HVF-EUA	5	2251066,40	2251066,40
CL-DGS	5	2252706,80	2252706,80
FCFS-EYA	5	2253246,80	2253246,80
FCFS-RST	5	2256155,60	2256155,60
LCFS-EYA	5	2257801,80	2257801,80
LCFS-RST	5		2262556,20
HVF-DGS	5		2269054,00
CL-RST	5		2271514,80
LVF-DGS	5		2281570,80

Tablo 8.4: Tukey HSD Test Sonuçları (Araç Dağıtım Kuralları) (Devam).

Ψ rıhtım tipli terminalden elde edilen sonuçlar

Araç Dağıtım Kuralları	N	Homojen Altgruplar (Alfa = 0,05)			
		1	2	3	4
LVF-DGS	5	1964225,60			
LCFS-DGS	5	1984782,20	1984782,20		
CL-EUA	5	1987445,20	1987445,20		
FCFS-EUA	5	1990809,00	1990809,00		
LCFS-EUA	5	1996072,80	1996072,80	1996072,80	
HVF-DGS	5	1999586,60	1999586,60	1999586,60	
LVF-RST	5	2004258,80	2004258,80	2004258,80	
FCFS-DGS	5	2006492,40	2006492,40	2006492,40	
CL-RST	5	2011167,20	2011167,20	2011167,20	
LVF-EUA	5	2015325,60	2015325,60	2015325,60	
HVF-RST	5	2021808,00	2021808,00	2021808,00	
CL-DGS	5	2030449,00	2030449,00	2030449,00	
LCFS-RST	5	2033955,20	2033955,20	2033955,20	
LVF-EYA	5	2034242,00	2034242,00	2034242,00	
HVF-EUA	5	2039211,20	2039211,20	2039211,20	
LCFS-EYA	5	2064112,60	2064112,60	2064112,60	2064112,60
FCFS-RST	5	2078134,60	2078134,60	2078134,60	2078134,60
HVF-EYA	5		2093207,40	2093207,40	2093207,40
FCFS-EYA	5			2110400,40	2110400,40
CL-EYA	5				2159526,40

Tablo 8.4 detaylı olarak incelendiğinde, Tukey HSD testleri sonucunda, Π rihtımlı dolgu tipi konteynır terminaline ait test sonuçlarının 5 gruba, L ve π rihtımlı dolgu tipi konteynır terminaline ait test sonuçlarının 2 gruba ve Ψ rihtımlı dolgu tipi konteynır terminaline ait test sonuçlarının ise 4 gruba istatistiksel olarak ayrıldığı görülmektedir. Elde edilen sonuçlara göre;

- Π rihtımlı dolgu tipi konteynır terminaline ait test sonuçları incelendiğinde HVF kavşak geçiş kuralı (ihraç konteynır taşıyan AGV geçiş önceliği) ve EYA araç çağırma kuralının en iyi sonuç verdiği,

- L rihtımlı dolgu tipi konteynır terminaline ait test sonuçları incelendiğinde LCFS kavşak geçiş kuralı ve DGS araç çağırma kuralının en iyi sonuç verdiği,

- π rihtımlı dolgu tipi konteynır terminaline ait test sonuçları incelendiğinde LVF kavşak geçiş kuralı (ithal konteynır taşıyan AGV geçiş önceliği) ve DGS araç çağırma kuralının en iyi sonuç verdiği,

- Ψ rihtımlı dolgu tipi konteynır terminaline ait test sonuçları incelendiğinde CL kavşak geçiş kuralı ve EYA araç çağırma kuralının en iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir.

Elde edilen bu sonuçların, geliştirilmesine yönelik olarak çalışmanın kapsamına, atama stratejileri dahil edilmiştir. Bu amaçla; stok sahası ataması, AGV ataması ve hem stok sahası hem de AGV ataması stratejilerine yönelik simülasyon modelleri geliştirilmiştir.

8.3 Atama Stratejileri

Yukarıda da bahsedildiği gibi, atama stratejileri üç başlık altında incelenerek sunulmuştur.

8.3.1 Stok Sahası Atama Stratejisi

Stok sahası atama stratejisinde amaç rihtımları, belirlenmiş olan spesifik bloklara atamaktır. Tasarlanan dolgu tipi konteynır terminallerine uygulanan stok sahası atamaları Şekil B.2, Şekil B.3, Şekil B.4 ve Şekil B.5'te (Ek) gösterilmiştir. Söz konusu şekillerde, kırmızı dikdörtgen içine alınan alan 1. rihtıma (B1), turuncu dikdörtgen içine alınan alan 2. rihtıma (B2) ve mor dikdörtgen içine alınan alan ise 3.

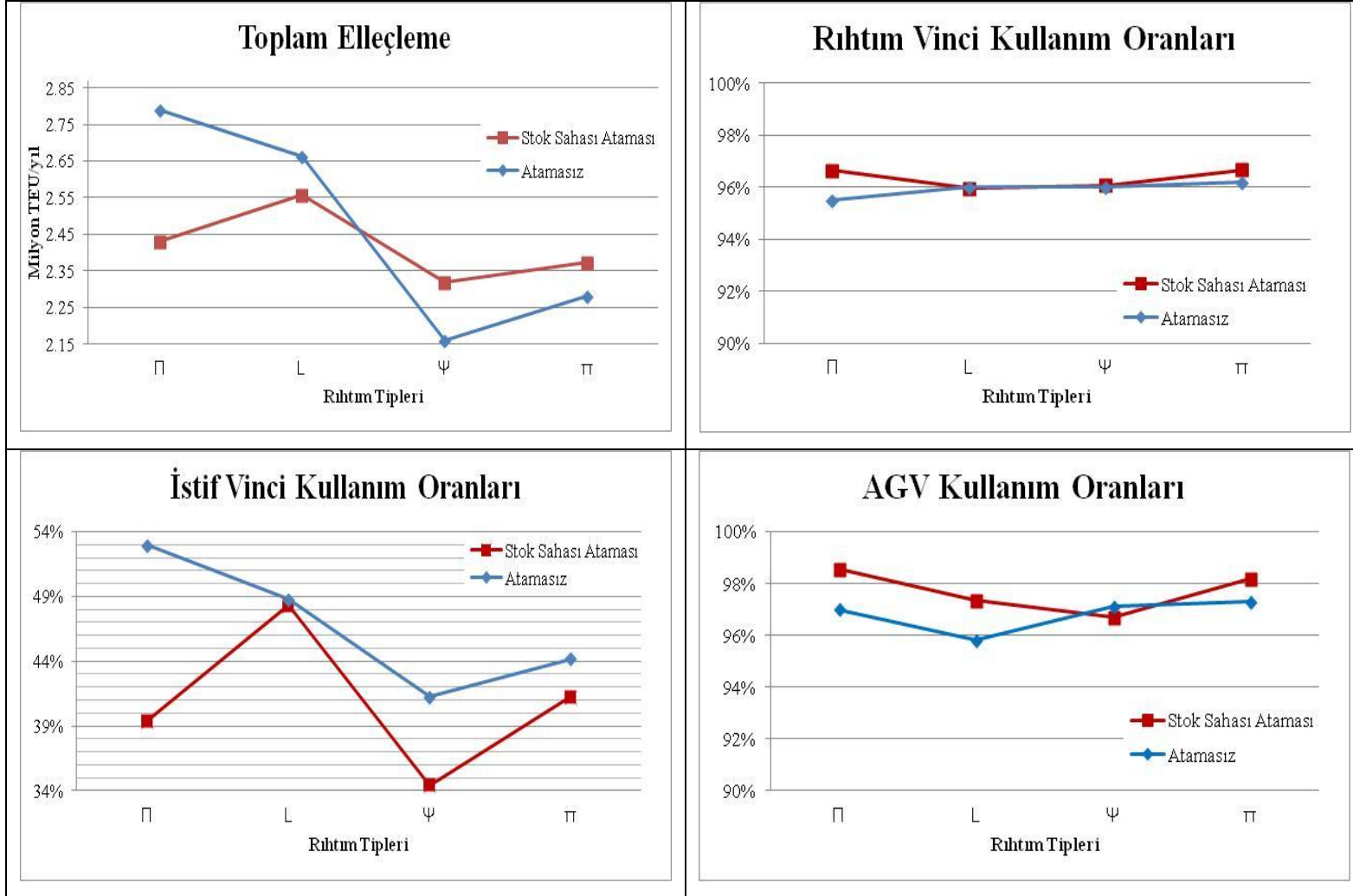
rıhtıma (B3) hizmet verecek şekilde ayrılmıştır. Örneğin; B1'e yanaşan bir gemiden indirilen konteynır sadece kırmızı dikdörtgen içerisindeki bloğa sevk edilecektir.

Geliştirilen simülasyon modellerine stok sahası atama kısıtları eklenerek tekrar düzenlenip simülasyon testleri gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen simülasyon testlerinden elde edilen sonuçlar, atama strateji uygulanmayan modellerden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılarak Şekil 8.9'da sunulmuştur.

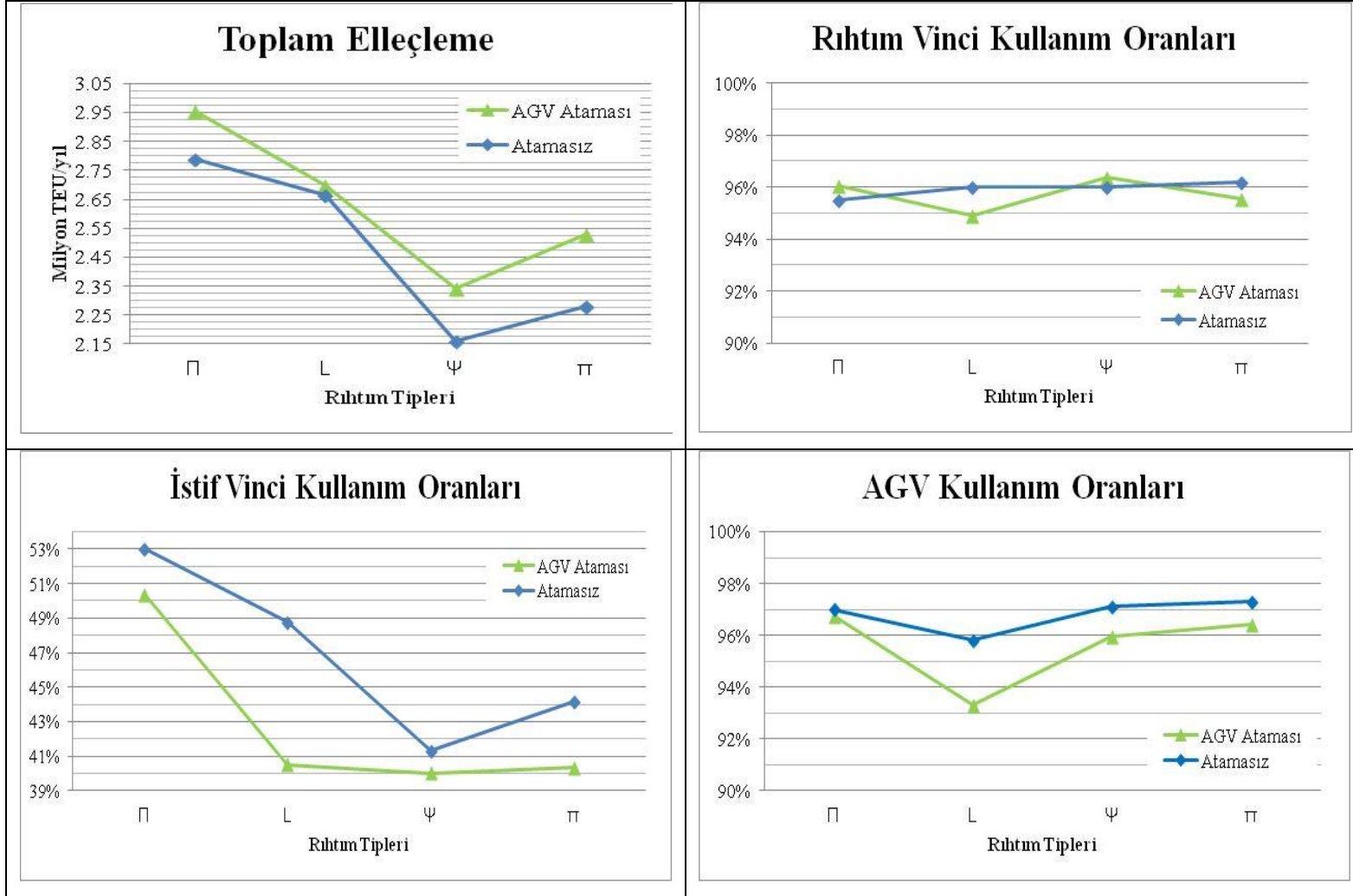
8.3.2 AGV Atama Stratejisi

AGV atama stratejisinde amaç AGV'leri gruplara ayırarak rıhtımlara atamaktır. Bu amaçla AGV'lere havuz atama stratejisi uygulanmıştır. Bu stratejiye göre, AGV'ler tasarlanan terminaldeki 3 rıhtım için ayrılmaktadır. Her AGV hizmet etmek zorunda olduğu rıhtıma hizmet etmektedir. Ancak herhangi bir rıhtımda gemi bulunmadığı takdirde, o rıhtıma hizmet eden AGV'ler boş beklemek yerine diğer rıhtımlara, rıhtımların taleplerine göre atanmaktadır.

Geliştirilen simülasyon modellerine AGV atama kısıtı eklenerek tekrar düzenlenip simülasyon testleri gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen simülasyon testlerinden elde edilen sonuçlar, atama strateji uygulanmayan modellerden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılarak Şekil 8.10'da sunulmuştur.



Şekil 8.9 : Stok Sahası Atama Stratejisi Kullanılarak Gerçekleştirilen Simülasyon Test Sonuçları.



Şekil 8.10 : AGV Atama Stratejisi Kullanılarak Gerçekleştirilen Simülasyon Test Sonuçları.

8.3.3 AGV Atama + Stok Sahası Atama Stratejisi

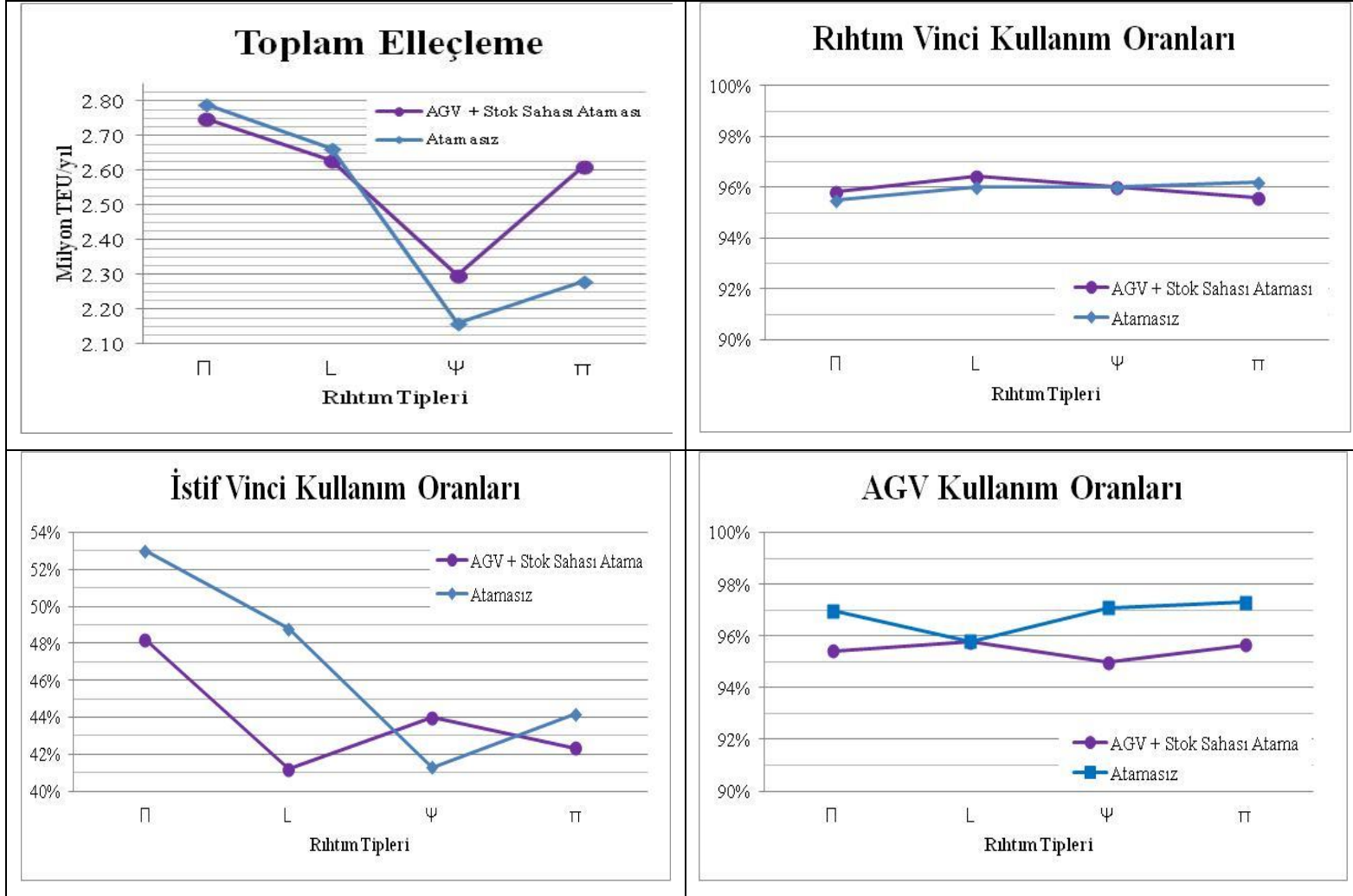
Bu stratejide yukarıda bahsedilen AGV atama ve stok sahası atama stratejileri birlikte uygulanmıştır.

Geliştirilen simülasyon modellerine AGV atama ve stok sahası atama kısıtları eklenerek tekrar düzenlenip simülasyon testleri gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen simülasyon testlerinden elde edilen sonuçlar, atama strateji uygulanmayan modellerden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılarak Şekil 8.11’de sunulmuştur.

8.4 Simülasyon Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Analizleri

Gerçekleştirilen simülasyon sonuçlarından elde edilen sonuçlar özetlenerek Tablo 8.5’te sunulmuştur.

Tablo 8.5 incelendiğinde, Π rihtımlı dolgu tipi konteynır terminali için optimum araç sayısı 54, en iyi araç çağırma kuralı EYA, en iyi kavşak geçiş kuralı HVF olduğunda terminalin yıllık elleçleme miktarını en fazla yapan stratejinin AGV atama stratejisi olduğu görülmektedir. L rihtımlı dolgu tipi konteynır terminali için optimum araç sayısı 57, en iyi araç çağırma kuralı DGS, en iyi kavşak geçiş kuralı LCFS olduğunda terminalin yıllık elleçleme miktarını en fazla yapan strateji AGV atama stratejisidir. π rihtımlı dolgu tipi konteynır terminali için optimum araç sayısı 90, en iyi araç çağırma kuralı DGS, en iyi kavşak geçiş kuralı LVF olduğunda terminalin yıllık elleçleme miktarını en fazla yapan strateji AGV atama ve stok sahası atama stratejilerinin beraber uygulandığı stratejidir. Son olarak, Ψ rihtımlı dolgu tipi konteynır terminali için optimum araç sayısı 96, en iyi araç çağırma kuralı EYA, en iyi kavşak geçiş kuralı CL olduğunda terminalin yıllık elleçleme miktarını en fazla yapan strateji AGV atama stratejisi olmuştur.



Şekil 8.11 : AGV Atama + Stok Sahası Atama Stratejileri Kullanılarak Gerçekleştirilen Simülasyon Test Sonuçları.

Tablo 8.5: Simülasyon Testleri Sonuçları.

Terminal Kıyı Tipi	Optimum AGV Sayısı	En İyi Araç Çağırma Kuralı	En İyi Kavşak Geçiş Kuralı	Toplam Elleçleme Miktarı (TEU)	Toplam Elleçleme Miktarı + AGV Atama (TEU)	Toplam Elleçleme Miktarı + Stok Sahası Atama (TEU)	Toplam Elleçleme Miktarı + AGV Atama + Stok Sahası Atama (TEU)
Π	54	EYA	HVF	2.789.965	2.952.973	2.429.872	2.748.900
L	57	DGS	LCFS	2.664.266	2.698.518	2.557.102	2.629.507
π	90	DGS	LVF	2.281.571	2.527.879	2.372.442	2.611.379
Ψ	96	EYA	CL	2.159.527	2.340.399	2.319.076	2.297.036

Elde edilen Tablo 8.5'teki bu sonuçlar, istatistiksel olarak da analiz edilmiştir. Her kıyı tipi için ANOVA ve Tukey HSD çoklu karşılaştırma testleri uygulanmıştır.

Çalışma genelinde gerçekleştirilen istatistiksel analizlerde SPSS 16.0 istatistik yazılımından yararlanılmıştır.

Her kıyı tipi için gerçekleştirilen istatistiksel testler sırasıyla Tablo 8.6, 8.7, 8.8 ve 8.9'da gösterilmiştir.

Tablo 8.6: II Rıhtımlı Dolgu Tipi Konteynır Terminali Simülasyon Testleri Sonuçlarının İstatistiksel Analizi.

ANOVA					
Eleçleme Miktarları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
Gruplar Arası	7,187E11	3	2,396E11	113,321	,000
Grup İçi	3,383E10	16	2,114E9		
Toplam	7,526E11	19			

TUKEY HSD				
Homojen Altgruplar (Alfa = 0,05)				
Stratejiler	N	1	2	3
Stok Sahası Atama	5	2429872,00		
AGV Atama + Stok Sahası Atama	5		2748899,40	
Atamasız	5		2789964,80	
AGV Atama	5			2952972,20

Tablo 8.6 incelendiğinde, ANOVA testi II rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminalinde uygulanan stratejiler arasında, %95 güven seviyesinde, önemli bir fark olduğu görülmektedir (Anlamlılık < 0,05). Tukey HSD testi sonuçları değerlendirildiğinde ise; stratejilerin istatistiksel olarak 3 gruba ayrıldığı, atamasız strateji ile her iki atamanın uygulandığı strateji arasında önemli bir fark olmadığı ve en iyi stratejinin AGV atama stratejisi olduğu söylenebilmektedir. Dolayısıyla, AGV atama stratejisi uygulandığında, terminal performansında pozitif anlamda önemli bir gelişme elde edilebilmesi mümkündür.

Tablo 8.7: L Rıhtımlı Dolgu Tipi Konteynır Terminali Simülasyon Testleri Sonuçlarının İstatistiksel Analizi.

ANOVA					
Eleçleme Miktarları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
Gruplar Arası	5,484E10	3	1,828E10	2,659	,083
Grup İçi	1,100E11	16	6,873E9		
Toplam	1,648E11	19			

TUKEY HSD					
Homojen Altgruplar (Alfa = 0,05)					
Stratejiler	N	1			
Stok Sahası Atama	5	2557102,40			
AGV Atama + Stok Sahası Atama	5	2629506,40			
Atamasız	5	2664266,20			
AGV Atama	5	2698518,00			

Tablo 8.7 incelendiğinde, ANOVA testi L rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminalinde uygulanan stratejiler arasında, %95 güven seviyesinde, önemli bir fark olmadığı görülmektedir (Anlamlılık > 0,05). Tukey HSD testi sonuçları değerlendirildiğinde de; benzer şekilde anlamlı bir fark olmadığında, stratejilerin istatistiksel olarak tek grupta toplanmış olduğu ve en iyi stratejinin AGV atama stratejisi olduğu söylenebilmektedir. Dolayısıyla, uygulanan stratejilerin terminal verimliliğini önemli derecede etkilemediğini söylemek mümkündür.

Tablo 8.8: π Rıhtımlı Dolgu Tipi Konteynır Terminali Simülasyon Testleri Sonuçlarının İstatistiksel Analizi.

ANOVA					
Eleçleme Miktarları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
Gruplar Arası	3,496E11	3	1,165E11	343,302	,000
Grup İçi	5,430E9	16	3,394E8		
Toplam	3,550E11	19			

TUKEY HSD					
Homojen Altgruplar (Alfa = 0,05)					
Stratejiler	N	1	2	3	4
Atamasız	5	2271514,80			
Stok Sahası Atama	5		2372441,40		
AGV Atama	5			2527878,60	
AGV Atama + Stok Sahası Atama	5				2611379,00

Tablo 8.8 incelendiğinde, ANOVA testi π rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminalinde uygulanan stratejiler arasında, %95 güven seviyesinde, önemli bir fark olduğu görülmektedir (Anlamlılık $< 0,05$). Tukey HSD testi sonuçları değerlendirildiğinde ise; her bir stratejinin birbirinden farklı olduğu, stratejilerin istatistiksel olarak 4 gruba ayrıldığı ve en iyi stratejinin AGV atama ve stok sahası atama stratejilerinin beraber uygulandığı strateji olduğu söylenebilmektedir. Dolayısıyla, atama stratejileri uygulandığında, terminal performansında pozitif anlamda önemli bir gelişme elde edilebilmesi mümkündür.

Tablo 8.9: Ψ Rıhtımlı Dolgu Tipi Konteynır Terminali Simülasyon Testleri Sonuçlarının İstatistiksel Analizi.

ANOVA					
Eleçleme Miktarları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
Gruplar Arası	8,647E10	3	2,882E10	7,780	,002
Grup İçi	5,928E10	16	3,705E9		
Toplam	1,458E11	19			

TUKEY HSD			
Homojen Altgruplar (Alfa = 0,05)			
Stratejiler	N	1	2
Atamasız	5	2171171,40	
AGV Atama + Stok Sahası Atama	5		2297035,20
Stok Sahası Atama	5		2319075,40
AGV Atama	5		2340399,00

Tablo 8.9 incelendiğinde, ANOVA testi Ψ rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminalinde uygulanan stratejiler arasında, %95 güven seviyesinde, önemli bir fark olduğu görülmektedir (Anlamlılık $< 0,05$). Tukey HSD testi sonuçları değerlendirildiğinde ise, stratejilerin istatistiksel olarak 2 gruba ayrıldığı, uygulanan atama stratejilerinin atamasız durumdan daha iyi olduğu, atama stratejilerinin kendi arasında önemli bir fark olmadığı ve en iyi stratejinin AGV atama stratejisi olduğu söylenebilmektedir. Dolayısıyla, atama stratejilerinin uygulanması, terminal performansında pozitif anlamda önemli bir gelişme elde edilebilmesini mümkün kılacaktır.

9. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Konteynır taşımacılığı tüm dünyada gelişim gösteren bir süreç içerisinde bulunmaktadır. Dünyadaki uluslararası ticaret hacminin sürekli artması ve en ucuz taşıma şeklinin konteynır ile taşıma olması bu sürecin varlığının önemli sebeplerinden bir tanesidir.

Günümüz rekabet ortamında, işletmeler, ayakta kalabilmek için her türlü maliyeti düşürmek zorundadırlar. Bu yüzden uluslararası ticaret yapan işletmeler, denizyolu ticaretini tercih ederek taşıma gibi değer yaratmayan operasyonları ucuz ve güvenli bir şekilde gerçekleştirmektedir.

Gerçekleştirilen bu çalışmada iç denizlerdeki dolgu tipi konteynır terminallerinin Dünya'daki en yaygın kıyı tipleri için araştırmalar yapılmıştır. Söz konusu kıyı tipleri incelenerek, konteynır terminalleri tasarlanmış; tasarlanan terminallerde farklı sayıda AGV'ler, farklı kurallar ve farklı stratejiler uygulanarak yerleşimin terminal performansı üzerindeki etkisi ortaya konmuştur. Bu kapsamda, Arena 10.0 Simülasyon Yazılımı kullanılarak, bütün senaryolara uygulanabilecek esnekliğe sahip simülasyon modelleri geliştirilmiştir.

Bu amaçla öncelikle tasarlanan her dolgu tipi konteynır terminali için araç çağırma kuralı analizi yapılmıştır. Analizler ile belirlenen en iyi kurallar uygulanarak optimum AGV sayısı elde edilmiştir. Sonraki aşamada, kavşak geçiş kuralları analiz edilerek, tasarlanan her dolgu tipi konteynır terminali için en iyi dağıtım kuralı ikilisi saptanmıştır. Elde edilen sonuçların geliştirilmesi ve terminal verimliliğini arttırmak amacıyla, atama stratejileri geliştirilmiş ve simülasyon modellerine dahil edilmiştir.

Tasarlanan Π , π ve Ψ rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminalleri için Arena 10.0 simülasyon yazılımında geliştirilen modelden elde edilen sonuçlar, atama stratejilerinin terminal verimliliğinin geliştirilmesinde önemli etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur. Söz konusu terminallerde, elde edilen sonuçlar arasında, %95 güven seviyesinde, istatistiksel olarak fark olduğu ANOVA testi uygulanarak saptanmıştır. Π rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali için, AGV atama stratejisi

diğer atama stratejileri ile karşılaştırıldığında en iyi sonucu vermiştir. π rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali için, AGV atama ve stok sahası atama stratejilerinin beraber uygulandığı strateji diğer atama stratejileri ile karşılaştırıldığında en iyi sonucu vermiştir. Ψ rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali için, AGV atama stratejisi diğer atama stratejileri ile karşılaştırıldığında en iyi sonucu vermiştir.

Tasarlanan L rıhtımlı dolgu tipi konteynır terminali için geliştirilen simülasyon modelinden elde edilen sonuçlar ise, atama stratejilerinin terminal verimliliğinin geliştirilmesinde önemli bir etkisinin olmadığını ortaya koymuştur. Söz konusu terminal için, elde edilen sonuçlar içerisinde AGV atama stratejisi diğer atama stratejileri ile karşılaştırıldığında en iyi sonucu vermiştir.

Elde edilen tüm sonuçlar incelenip değerlendirildiğinde, farklı AGV sayılarında, farklı araç çağırma ve kavşak geçiş kurallarında, farklı atama stratejilerinde yerleşimin terminal performansı üzerinde önemli etkileri olduğu ortaya konmuştur.

Çalışmanın bundan sonraki aşamalarında, elde edilen sonuçların, doğal bir limandaki konteynır terminalinde elde edilen sonuçlarla karşılaştırılması; daha verimli yerleşim konfigürasyonlarının iç denizlerdeki dolgu tipi otomatikleştirilmiş konteynır terminalleri için analiz edilmesi; doğal limanlardaki otomatikleştirilmiş konteynır terminalleri ile iç denizlerdeki dolgu tipi otomatikleştirilmiş konteynır terminallerinin performanslarının karşılaştırılması başlıklı konular ele alınacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] **Kulak, O., Polat, O., Gujjula, R., Günther, H.O.**, 2011: Strategies for improving a long-established terminal's performance: a simulation study of a Turkish container terminal, *Flexible Services and Manufacturing Journal*, DOI: 10.1007/s10696-011-9128-x.
- [2] **Kulak, O., Taner, M.E., Polat, O., Koyuncuoğlu, M.U.**, 2011: AGV Applications for Short Sea Container Terminals, *International Logistics and Supply Chain Congress' 2011*, October 27-29, 2011, Izmir, TURKEY.
- [3] **Baykan, N.**, 1997: Limanlarda Konteynır Sahalarının Planlanması ve Üstyapılarının Projelendirilmesi, *Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi*.
- [4] **Yüksel, Y., ve Çevik, E.**, 2006: Liman Mühendisliği, *Deniz Mühendisliği Serisi, No 3, s.125*
- [5] **Öztürk, E.**, 2007: Konteynırize Yük Taşımacılığı ve Marmara Bölgesi Projeksiyonu, *Yıldız Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*.
- [6] **Özyılmaz, M.**, 2007: Konteynır Bilgi Notu, *Gemi Acenteliği Eğitimleri, İMEAK Deniz Ticaret Odası İzmir Şubesi*.
- [7] *Deniz Ticaret Odası*, 2000: Konteynır Taşımacılığı, *Sayı 5., s.58*.
- [8] url, http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/07/Panamax_container_ship.JPG , 22.01.2009 13.18.
- [9] url, http://www.nordcapital.com/main/nca/images/COSCO_ROTTERDAM_03.jpg , 22.01.2009 13.18.
- [10] **Stenken, D., Voß, S., Stahlbock, R.**, 2004: Container terminal operation and operations research – a classification and literature review, *OR Spectrum* 26, Pages 3-49.
- [11] url, <http://www.msc.navy.mil/sealift/2008/June/graphics/3392B001c.jpg> , 20.06.2012 14.11.

- [12] url, www.marport.com.tr , 22.01.2009 13.10.
- [13] url, <http://www.turkmentasimacilik.com.tr/tr/images/turkmenforklifts.jpg> , 22.01.2009 13.30.
- [14] url, http://www.korelyapi.com/galeri/2/1_25.jpg , 22.01.2009 13.35.
- [15] **Bartan, D.**, 2007: Konteynır Terminallerinde Performans Değerlendirmesi ve İzmir Alsancak Limanı Örneği, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- [16] **Grunow, M., Günther, H.O., Lehmann, M.**, 2006: Strategies for dispatching AGVs at automated seaport container terminals, *OR Spectrum*, Vol.28, No.12, Pages 587-610.
- [17] url, http://www.gottwald.com/gottwald/export/gottwaldsite/galleries/Brochures/Lift_AGV_uk.pdf , 22.06.2012 22.33.
- [18] url, <http://cn.zpmc.com/uploadimages/2005/11/15/39297095.jpg> , 22.01.2009 13.45.
- [19] Bartın Konteynır Limanı Fizibilite Etüdü, Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı, Kasım 2011.
- [20] url, www.pect.co.kr/content/work/work04.jsp , 22.01.2009 13.48.
- [21] Deniz Ticaret İstatistikleri 2011, T.C. Başbakanlık Denizcilik Müsteşarlığı Deniz Ticareti Genel Müdürlüğü, 15.08.2011.
- [22] **Vis, I.F.A., de Koster, R.**, 2003: Transhipment of containers at a container terminal: an overview. *Eur J Oper. Res.* 147:1–16.
- [23] **Günther, H.O., Kim, K.H.**, 2006: Container terminals and terminal operations, *OR Spectrum* 28:437–445.
- [24] **Stahlbock, R., Voß, S.**, 2008: Operations research at container terminals: a literature update. *OR Spectrum* 30:1–52.
- [25] **Murty, K.G., Liu, J., Wan, Y., Linn, R.**, 2005: A decision support system for operations in a container terminal. *Decision Support Systems* 39:309–332.
- [26] **Murty, K.G., Wan, Y.-W., Liu, J., Tseng, M.M., Leung, E., Lai, K.-K., Chiu, H.W.C.** 2005: Hongkong international terminals gains elastic capacity using a data-intensive decision support system. *Interfaces* 35(1):61–75.

- [27] **Novitsky, L., Ginters, E., Merkuryev, Y., Merkuryeva G., Ragozin V., Victorova E.**, 2001: Industrial Customization of Maritime Simulation and Information System In The Latvian Port Areas, Society for Modeling and Simulation International, 396-398.
- [28] **Shabayek, A.A., Yeung, W.W.**, 2002: A simulation model for the Kwai Chung container terminals in Hong Kong, European Journal of Operational Research, 140-1, 1-11.
- [29] **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, 12-5, 349-368.
- [30] **Parola, F., Sciomachen, A.**, 2005: Intermodal container flows in a port system network: Analysis of possible growths via simulation models, International Journal of Production Economics, 97-1, 75-88.
- [31] **Hartmann, S.**, 2004: Generating scenarios for simulation and optimization of container terminal logistics, OR Spectrum 26, s.171–192.
- [32] **Yun, W.Y., Choi, Y.S.**, 1999: A Simulation Model for Container-Terminal Operation Analysis Using an Object-Oriented Approach, International Journal of Production Economics 59, s.221-230.
- [33] **Grunow, M., Günther, H.O., Lehmann, M.**, 2004: Dispatching multi-load AGVs in highly automated seaport container terminals, OR Spectrum, 26-2, 211-235.
- [34] **Yang, CH., Choi, YS., Ha, TY.**, 2004: Simulation-based performance evaluation of transport vehicles at automated container terminals. OR Spectrum 26: 149-170.
- [35] **Vis, IFA., Harika, I.**, 2004: Comparison of vehicle types at an automated container terminal. OR Spectrum 26: 117-143.
- [36] **Vis, I.F.A.**, 2006: Survey of research in the design and control of automated guided vehicle systems, European Journal of Operational Research, 170-3, 677-709.
- [37] **Henesey, L., Davidsson, P., Persson, J.A.**, 2009: Evaluation of Automated Guided Vehicle Systems for Container Terminals Using Multi Agent Based Simulation, Multi-Agent-Based Simulation IX, 85-96.
- [38] **Wong A., Kozan E.**, 2010: Optimization of container process at seaport terminals, Journal of The Operational Research Society, 61-4, 658-665.

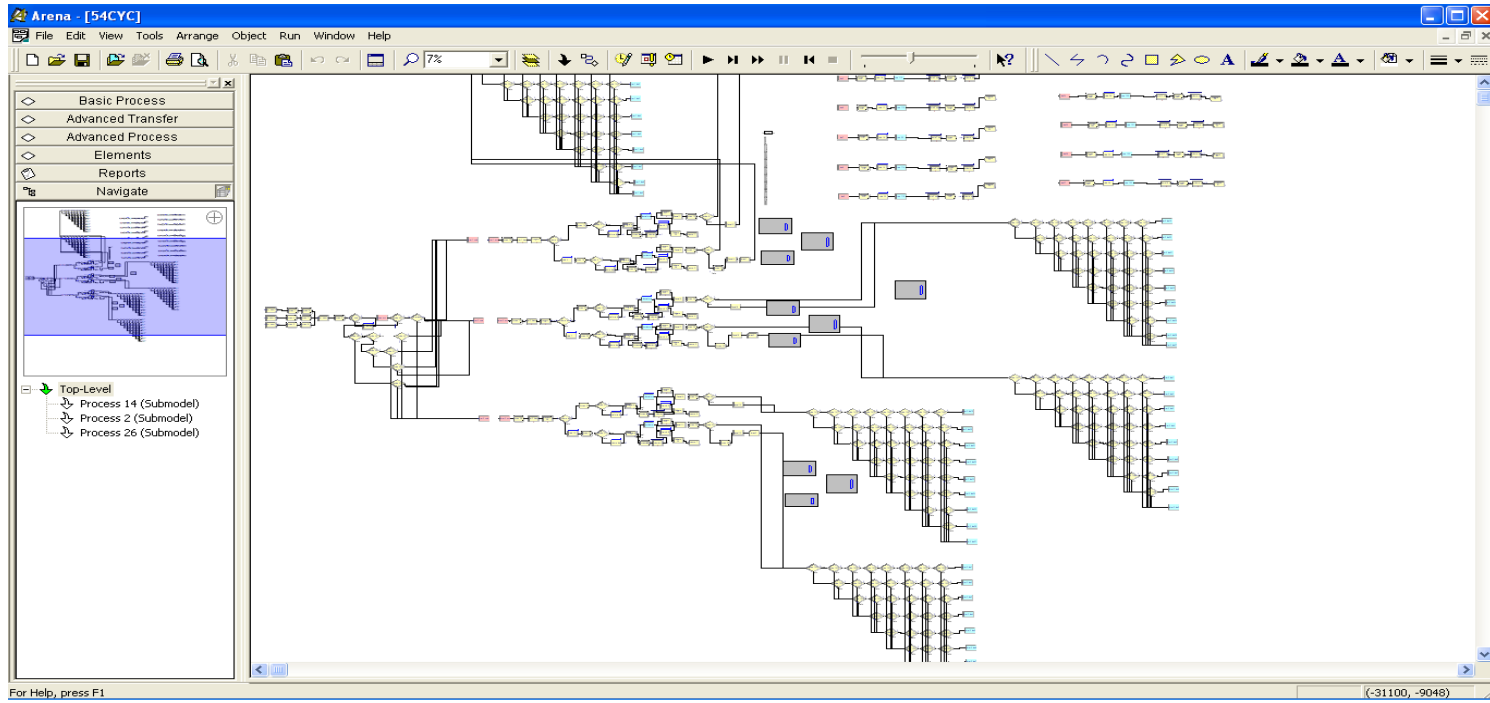
- [39] **Bae, H.Y., Choe, R., Park, T.**, 2011: Comparison of operations of AGVs and ALVs in an automated container terminal, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 22-3, 413-426.
- [40] **Vis, I.F.A. , Koster, R. , de Roodbergen, K.J. , Peeters, L.W.P.**, 2001: Determination of the number of automated guided vehicles required at a semi-automated container terminal, *Journal of the Operational Research Society* 52, s.409-417.
- [41] **Evers, J.J.M., Koppers, S.A.J.**, 1996: Automated guided vehicle traffic control at a container terminal, *Transportation Research A* 30 (1), s.21–34.
- [42] **Bruno, G., Ghiani, G., Improta, G.**, 2000: Dynamic positioning of idle automated guided Vehicles, *Journal of Intelligent Manufacturing* 11, s.209–215.
- [43] **Vis, I.F.A.**, 2006: A Comparative Analysis of Storage and Retrieval Equipment at a Container Terminal, *International Journal of Production Economics* 103, s.680-693.
- [44] **Liu, C.I., Jula, H., Ioannou, P.A.**, 2002: Design, Simulation, And Evaluation Of Automated Container Terminals, *IEEE Transactions On Intelligent Transportation Systems* 3(1), s.12-26.
- [45] **Wallace, A.**, 2001: Application of AI to AGV control-agent control of AGVs, *International Journal of Production Research* 39(4), s.709–726.
- [46] **Van der Heijden, M., Ebben, M., Gademann, N., Van Harten, A.**, 2002: Scheduling vehicles in automated transportation systems: algorithms and case study, *OR Spectrum* 24, s.31–58.
- [47] **Liu, C., Ioannou, P.A.**, 2002: A Comparison of Different AGV Dispatching Rules in an Automated Container Terminal, *The IEEE 5th International Conference on Intelligent Transportation Systems*, 3-6 September, Singapore.
- [48] **Koster, R., Le-Anh, T., van der Meer, J.R.**, 2004: Testing and classifying vehicle dispatching rules in three real-world settings, *Journal of Operations Management* 22, s.369–386.
- [49] **Vis, I.F.A., Bakker, M.**, 2005: Dispatching and layout rules at an automated container terminal, *Serie Research Memoranda 0008*, VU University Amsterdam, Faculty of Economics, Business Administration and Econometrics.

- [50] **Lehmann, M., Grunow, M., Günther, H.O.**, 2006: Deadlock handling for real-time control of AGVs at automated container terminals, *OR Spektrum* 28, s.631-657.
- [51] **Steenken, D.**, 1992: Fahrwegoptimierung am Container terminal under Echtzeitbedingungen, *OR Spektrum* 14 (3), 1992, s.161-168.
- [52] **Steenken, D., Henning, A., Freigang, S., Voss, S.**, 1993: Routing of straddle carriers at a container terminal with the special aspect of internal moves, *OR Spektrum* 15 (3), s.167–172.
- [53] **Chen, Y., Leong, Y.T., Ng, J.W.C., Demir, E.K., Nelson, B.L., Simchi-Levi, D.**, 1998: Dispatching Automated Guided Vehicles in a Mega Container Terminal, May.
- [54] **Bish, E.K., Leong, T., Li, C., Ng, J.W.C., Simchi-Levi, D.**, 2001: Analysis of a new vehicle scheduling and location problem, *Naval Research Logistics* 48, s.363–385.
- [55] **Koo, P.H., Lee, W.S., Jang, D.W.**, 2004: Fleet sizing and vehicle routing for container transportation in a static environment, *OR Spektrum* 26 (10), Pages.193-209.
- [56] **Kim, K.H., Bae, J.W.**, 2004: A look-ahead dispatching method for automated guided vehicles in automated port container terminals, *Transportation Science* 38, Pages.224–234.
- [57] **Bish, E.K., Chen, F.Y., Leong, Y.T., Nelson, B.L., Cheong, J.W., Levi, D.S.**, 2005: Dispatching vehicles in a mega container terminal, *OR Spektrum* 27, Pages 491-506.
- [58] **Böse, J., Reiners, T., Steenken, D., Voß, S.**, 2000: Vehicle Dispatching at Seaport Container Terminals Using Evolutionary Algorithms”, *Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences*.
- [59] **Jula, H., Dessouky, M., Ioannou, P.A., Chassiakos, A.**, 2005: Container movement by trucks in metropolitan networks: modeling and optimization, *Transportation Research, Part E* 41, s.235–259.
- [60] **Qiu, L., Hsu, W-J., Huang, S.Y., Wang, H.**, 2002: Scheduling and routing algorithms for AGVs: a survey, *International Journal of Production Research* 40, s.745–760.
- [61] **Preston, P., Kozan, E.**, 2001: An approach to determine storage locations of containers at seaport terminals, *Comput Oper Res* 28:983–995.

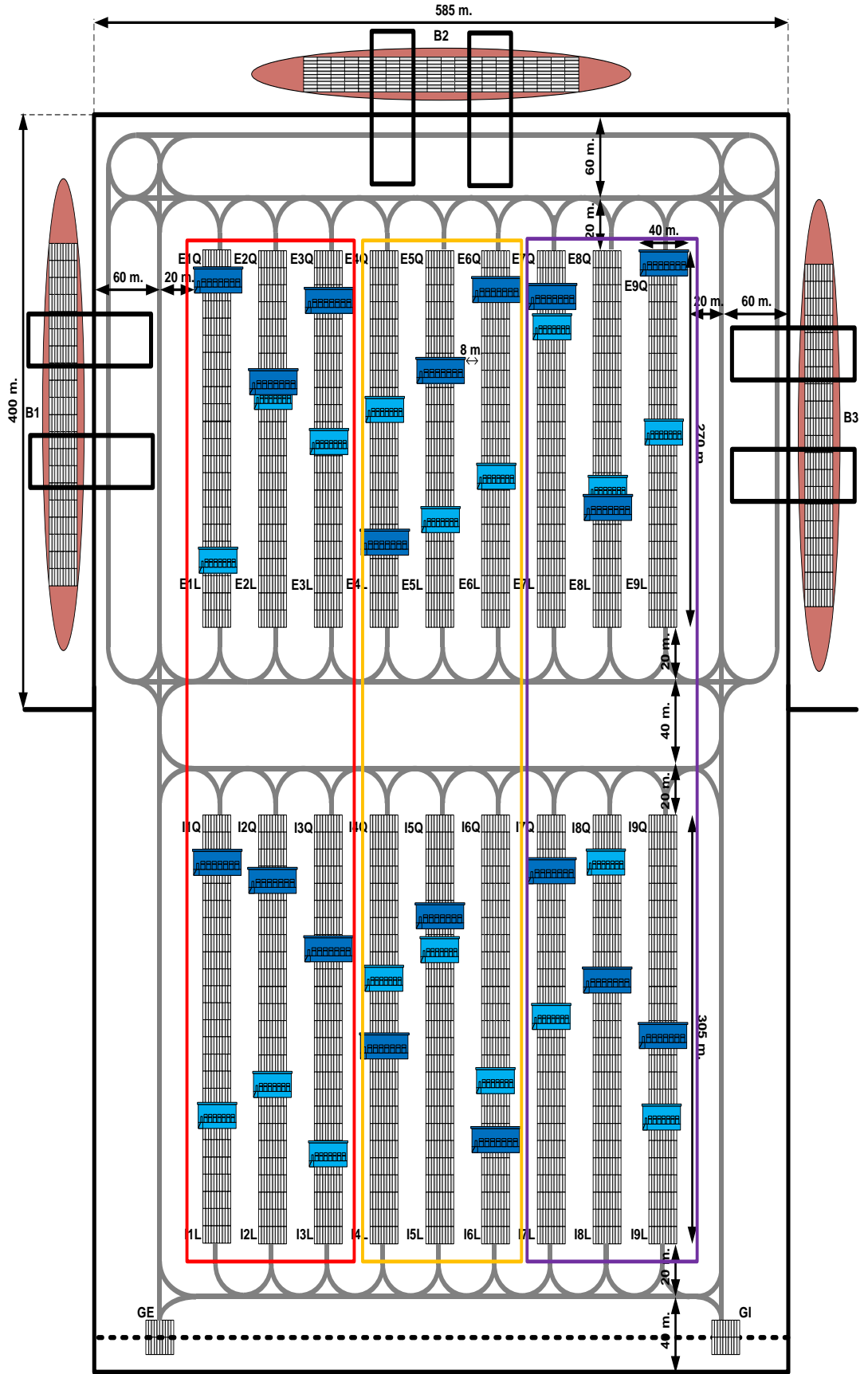
- [62] **Lee, L.H., Chew, EP., Tan, KC., Han, Y.,** 2006: An optimization model for storage yard management in transshipment hubs, *OR Spectr* 28:539–561.
- [63] **Han, Y., Lee, L.H., Chew, EP., Tan, KC.,** 2008: A yard storage strategy for minimizing traffic congestion in a marine container transshipment hub. *OR Spectr* 30:697–720.
- [64] **Bae, JW., Kim, KH.,** 2000: A pooled dispatching strategy for automated guided vehicles in port container terminals, *International Journal of Management Science* 6 : 47–70.
- [65] **Watanabi, I.,** 1991: Selection Process, *Cargo Systems*, 35–36.
- [66] **Castilho, B. De, Daganzo, C. F.,** 1993: Handling Strategies for Import Containers at Marine Terminals, *Transportation Research B*, 27(2), 151–166.
- [67] **Kim K. H.,** 1997: Evaluation of the Number of Rehandles in Container Yards, *Computers & Industrial Engineering*, 32(4), 701–711.
- [68] **Kim K. H., Bae J. W.,** 1998: Re-Marshaling Export Containers in Port Container Terminals, Elsevier Science Ltd. 35(3)-(4), 655-658.
- [69] **Kim K. H., Kim B. H.,** 1999: Segregating Space Allocation Models for Container Inventories in Port Container Terminals, *Int. J. Production Economics*, No: 39, ss. 415-423.
- [70] **Kim K. H., Park Y. M., Ryu K. R.,** 2000: Deriving Decision Rules to Locate Export Containers in Container Yards, *European Journal of Operational Research*, 124, 89-101.
- [71] **Kim, H.K., Kim H.B.,** 2002: The Optimal Sizing of The Storage Space and Handling Facilities for Import Containers, *Transportation Research Part B*, No: 36, ss. 821-835.
- [72] **Eren A.,** 2003: Optimum Planning Of Container Yards, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- [73] **Kim K. H., Park T. K.,** 2003: A note on a dynamic space- allocation method for outbound containers, *European Journal Of Operational Research*, No: 148, ss. 92-101.
- [74] **Zhang C., Liu J., Wan Y., Murty K. G., Linn R. J.,** 2003: Storage Space Allocation in Container Terminals, *Transportation Research Part B: Methodological*, 37(10), 883- 903.

- [75] **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.
- [76] **Yalçın, S.,** 2005: Konteynır Terminali Stok Alanı Optimizasyonu, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [77] **Akoğlu K.,** 2006: Konteynır Limanının Depolama Sahasının Genetik Algoritma ile Optimizasyonu, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Manisa.
- [78] **Kozan E., Preston P.,** 2006: Mathematical modeling of container transfers and storage locations at seaport terminals, *OR Spectrum* 28-4, 519-537.
- [79] **Kim K. H., Park Y.M., Jin M.J.,** 2008: An Optimum Layout Of Container Yards, *OR Specterum*, 30:675-695.
- [80] **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.
- [81] **Petering, M.E.H.,** 2009: Effect of block width and storage yard layout on marine container transshipment terminal. *Transport. Res. Part E* doi:10.1016/j.tre.2008.11.004.
- [82] **Vis, I.F.A. and Van Anholt, R.G.,** 2010: Performance Analysis of Berth Configurations at Container Terminals, *OR Spektrum*, 32(3). 453-476.

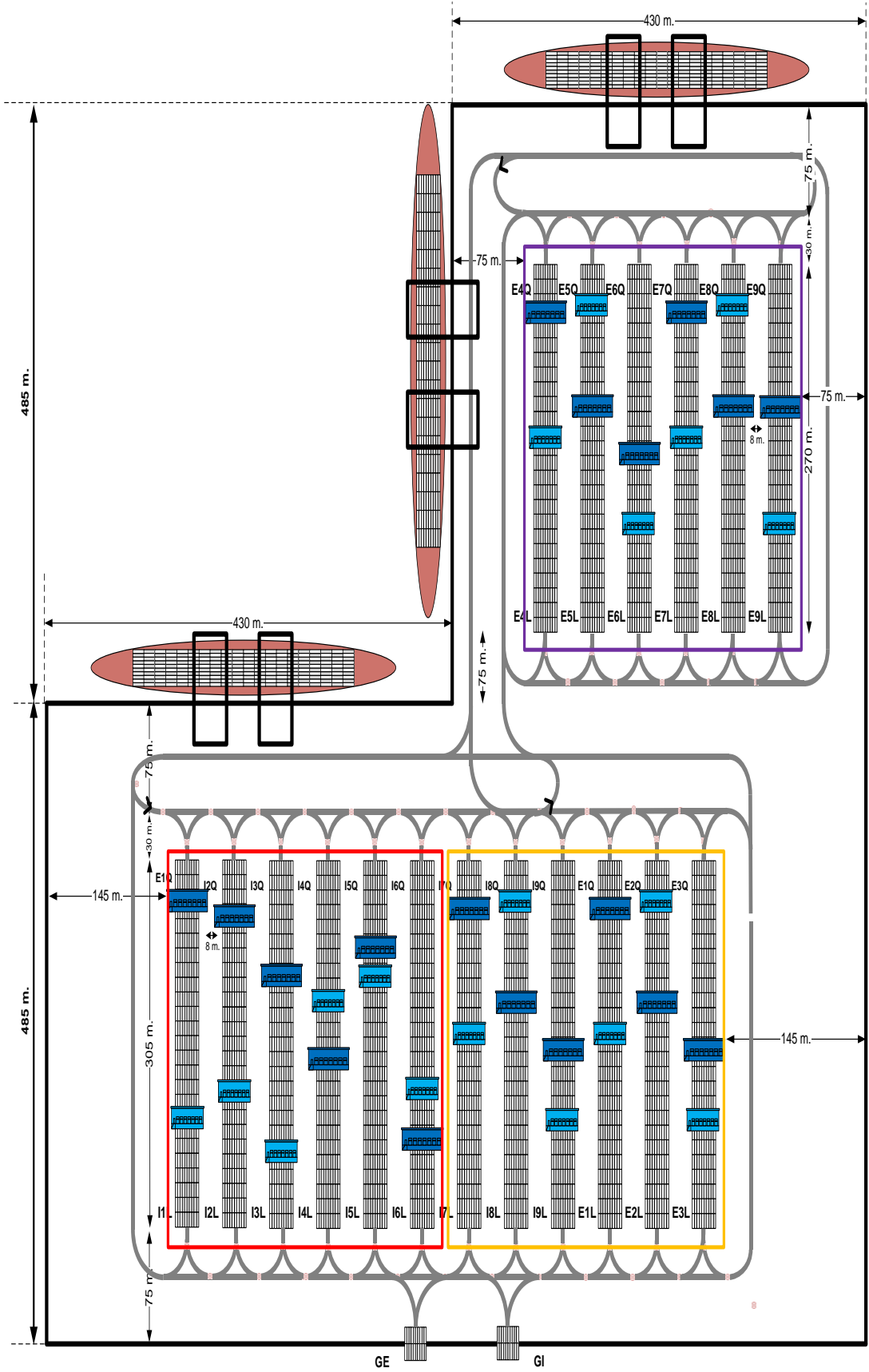
EKLER



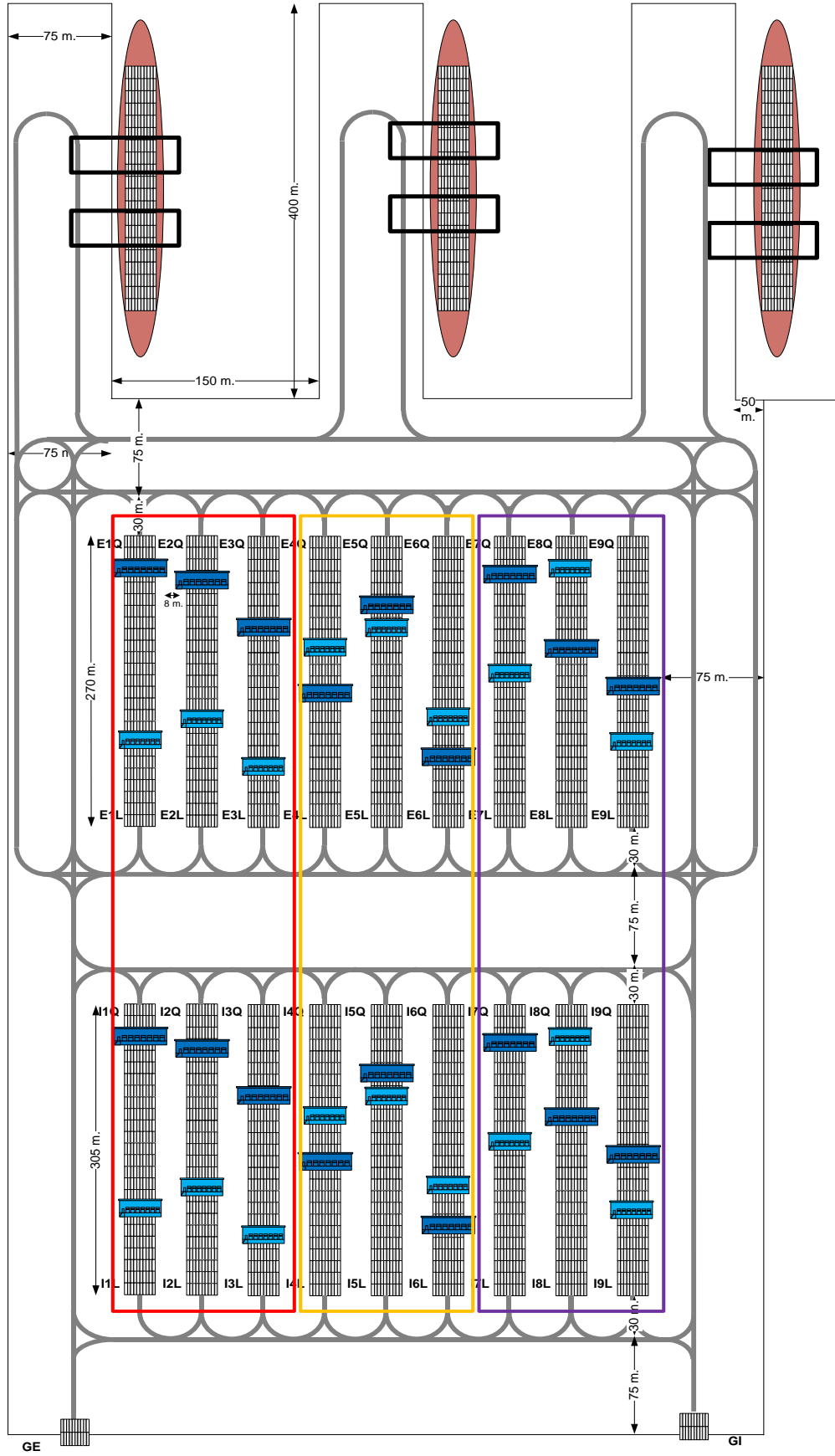
Şekil B.1 : Geliştirilen Simülasyon Modeli



Şekil B.2 : II Rıhtım Tipli Dolgu Tipi Konteynır Terminalinde Stok Sahası Atama.



Şekil B.3 : L Rıhtım Tipli Dolgu Tipi Konteynır Terminalinde Stok Sahası Atama.



Şekil B.5 : Ψ Rıhtım Tipli Dolgu Tipi Konteynır Terminalinde Stok Sahası Atama.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Mustafa Egemen TANER

Doğum Yeri ve Tarihi: Tekirdağ – 23.04.1988

Adres: Mansuroğlu M. 283/12 Sk. No:2-3 8/23 Bayraklı/İZMİR

Lisans Üniversitesi: Pamukkale Üniversitesi

Yayın Listesi:

- Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayımlanan Makaleler

KULAK, O., SAHIN, Y., **TANER, M.E.** 2012. Joint Order Batching And Picker Routing In Single and Multiple-Cross-Aisle Warehouses Using Cluster-Based Tabu Search Algorithms, Flexible Services and Manufacturing Journal 24:52-80

- Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan Bildiriler

AKYER, H., KULAK, O., **TANER, M.E.** 2012. A Novel Heuristic Approach for the Joint Order Batching and Picker Routing Problems in Warehouses, EURO Conferences XXV, Lithuania

KOYUNCUOĞLU, M.U., KULAK, O., POLAT, O., **TANER, M.E.** 2012. Yard Crane Scheduling by Using a Genetic Algorithm at Seaport Container Terminals, EURO Conferences XXV, Lithuania

POLAT, O., KULAK, O., **TANER, M.E.**, GUENTHER, H.O. 2012. The Impact of the Seasonal Demand Fluctuation on the Containership Routing Problem, International Conference on Logistics and Maritime Systems, University of Bremen, Germany

KOYUNCUOĞLU, M.U., KULAK, O., **TANER, M.E.**, POLAT, O. 2012. A Novel Approach for Effective Solution of Yard Crane Scheduling at Seaport Container Terminals, International Conference on Logistics and Maritime Systems, University of Bremen, Germany

TANER M.E., KULAK, O., POLAT, O., KOYUNCUOĞLU, M.U. 2012. Comparison of Various Layout Types at Short Sea Container Terminals, International Conference on Logistics and Maritime Systems, University of Bremen, Germany

KULAK, O., **TANER, M.E.**, POLAT, O., KOYUNCUOĞLU, M.U. 2011. AGV Applications for Short Sea Container Terminals, IX. International Logistics & Supply Chain Congress, Çeşme

KULAK, O., POLAT, O., **TANER, M.E.**, GUNTHER, H.O. 2010. Effect of Resource Allocation Rules in Different Layout Types of Seaport Container Terminals, EURO Conferences XXIV, Lisbon

- Ulusal Bilimsel Toplantılarda Sunulan Bildiriler

KOYUNCUOĞLU, M.U., POLAT, O., **TANER, M.E.**, KULAK, O. 2011. Dolgu Tipi Konteynir Terminalleri İçin AGV Dağıtım Uygulamaları, YA\EM'11 Kongresi, Sakarya

GUNGOR, A., CALISAL, M.O., **TANER, M.E.** 2010. Teşvik Bölgelerinin Planlanmasında Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımlarının Kullanımı, ÜAS 2010, Girne

KULAK, O., SAHİN, Y., **TANER, M.E.** 2010. Depo Operasyonlarının Kümelendirme Esaslı Tabu Arama Algoritması ile Yönetilmesi, ÜAS 2010, Girne

KULAK, O., POLAT, O., **TANER, M.E.**, ŞAHİN, Y. 2010. Yerleşim Düzenlemelerinin Konteynir Performansına Etkisi, ÜAS 2010, Girne

KULAK, O., **TANER, M.E.**, KOYUNCUOĞLU, M.U., CERİT, B. 2010. Bir Konteynir Terminalinde Taşıyıcı Araç Tiplerinin Karşılaştırılması, ÜAS'10 Bildirisi, Girne

KULAK, O., **TANER, M.E.**, POLAT, O. 2009. Bir Konteynir Terminalinde Taşıma Operasyonlarının Simülasyon ile Analizi, YA\EM'09 Kongresi, Ankara

- Bilimsel Projeler

Çevre Dostu Bir Karar Destek Sistemi: Konteynir Limanları İçin Çizelgeleme Operasyonlarının Yönetimi, 111M527, TÜBİTAK Proje, 2011-Halen, Yardımcı Araştırmacı

Depo İçi Operasyonların Yönetimi İçin Sezgisel Yöntemler (Tabu, Genetik, Threshold Accepting), 108M421, TÜBİTAK Hızlı Proje, 2008-2010, Yardımcı Araştırmacı