T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

KONTEYNER TERMİNALLERİNDE OPTİMUM YERLEŞİM PLANININ GELİŞTİRİLMESİ

Olgay OKŞAŞ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Gökhan KARA

Deniz Ulaştırma ve İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı

Deniz Ulaştırma ve İşletme Mühendisliği Programı

İSTANBUL-2020

Bu çalışma, 31.08.2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Programında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Doç. Dr. Gökhan KARA (Danışman)
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Prof. Dr. Mahmut Celal BARLA
Haliç Üniversitesi
İşletme Fakültesi

Prof. Dr. Fatih TAŞÇI
Yıldız Teknik Üniversitesi
Kimya-Metalurji Fakültesi

Doç. Dr. Tanzer SATIR
İstanbul Teknik Üniversitesi
Denizcilik Fakültesi

Dr. Öğr. Üyesi Murat YILDIZ
İstanbul Üniversite-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa'nın abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca her zaman bana destek olan, vizyonuyla ve bilgisiyle bana yol gösteren değerli hocam ve danışmanım Sayın Doç. Dr. Gökhan KARA'ya en içten dileklerimle teşekkür ederim. Ayrıca görüş ve fikirleri ile tez çalışması süresince bana yardımcı olan Tez İzleme Komitesi Üyeleri Sayın Prof. Dr. Mahmut Celal BARLA ve Sayın Prof. Dr. Fatih TAŞÇI'ya, değerli fikirleri ve yol göstericiliği ile tez çalışmamın sonuçlanmasında çok önemli katkıları olan Sayın Doç. Dr. E. Gül EMECEN KARA'ya teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca benden desteklerini esirgemeyen değerli çalışma arkadaşlarıma, tüm koşullarda yanımda olan ve manevi olarak tez çalışmalarımda beni her zaman destekleyen değerli eşime ve kızıma teşekkürü bir borç bilirim.

Ağustos 2020 Olgay OKŞAŞ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ ..... **iv**
İÇİNDEKİLER ..... **v**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **vii**
TABLO LİSTESİ ..... **ix**
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ ..... **xi**
ÖZET ..... **xiv**
SUMMARY ..... **xvi**
1. GİRİŞ **1**
1.1. ÇALIŞMANIN AMACI VE KAPSAMI 3
1.2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 4
2. GENEL KISIMLAR **10**
2.1. DENİZYOLU TAŞIMACILIĞI 11
2.2. KONTEYNER TAŞIMACILIĞI 13
2.2.1. Konteyner Taşımacılığında Gemi Türleri 16
2.2.2. Konteyner Hat Operatörleri 19
2.3. LİMANLAR VE TERMİNALLER 21
2.4. KONTEYNER TERMİNALLERİ 23
2.4.1. Konteyner Terminallerinin Gelişimi ve Konteynerizasyon 24
2.4.2. Konteyner Terminallerinin Fonksiyonları 25
2.4.3. Konteyner Terminal Elleçleme Ekipmanları 27
2.4.3.1. Rıhtımda Kullanılan Elleçleme Ekipmanları 27
2.4.3.2. Sahada Kullanılan Elleçleme Ekipmanları 28
2.4.3.3. Terminal İçi Taşıma Araçları 29
2.5. KONTEYNER TERMİNAL SİSTEMİ VE ALT SİSTEMLERİ 30
2.5.1. Rıhtım ve Gemi Operasyonları 31
2.5.2. Saha Operasyonları 32
2.5.3. Kapı Operasyonları 33
2.6. LİMAN VE TERMİNAL PLANLAMASI 34
2.7. KONTEYNER TERMİNALİ YERLEŞİM PLANI 36
2.7.1. Konteyner Terminali Dizayn Süreci 38

2.7.2. Konteyner Terminal Alanları 40
2.7.3. Terminal Konteyner Kapasitesi 41
2.8. VERİMLİLİK VE VERİMLİLİKLE İLGİLİ KAVRAMLAR 44
2.8.1. Verimliliği Etkileyen Faktörler 46
2.8.2. Verimliliği Artırmak İçin Kullanılan Yöntemler 47
2.9. KONTEYNER TERMİNALLERİNDE VERİMLİLİK VE PERFORMANS ÖLÇÜMÜ 48
2.10. İŞ ETÜDÜ 51
2.10.1. Metot Etüdü 53
2.10.2. İş Ölçümü 54
2.11. DOĞRUSAL PROGRAMLAMA MODELİ 56
2.12. ULAŞTIRMA VE AKTARMALI TAŞIMACILIK MODELİ 57
3. MALZEME VE YÖNTEM 60
3.1. KONTEYNER TERMİNALİ YERLEŞİM DÜZENİ VE OPERASYON SÜREÇLERİ 61
3.2. OPTİMUM YERLEŞİM DÜZENİ MODELİ 67
3.2.1. Parametreler ve Değişkenler 69
3.2.2. Mevcut Rıhtım ile Depolama Sahaları Arası Optimizasyon 71
3.2.3. Depolama Sahaları ile Kapı ve CFS'ler Arası Optimizasyon 74
4. BULGULAR 78
4.1. KONTEYNER TERMİNALİ UYGULAMA ÇALIŞMASI 78
4.1.1. Konteyner Terminali Mevcut Yerleşim Düzeni ve Konteyner Akışı 78
4.1.2. Alternatif Yerleşim Düzenleri Araştırması 80
4.1.3. Optimum Yerleşim Düzeninin Belirlenmesi 82
4.1.4. Konteyner Kategori ve Saha Doluluk Oranlarına Göre Depolama Sahası Yerleşim Düzenlerinin Değerlendirilmesi 84
4.1.4.1. Mevcut Yerleşim Düzeni Çözüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi 85
4.1.4.2. Birinci Senaryo Çözüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi 87
4.1.4.3. İkinci Senaryo Çözüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi 89
5. TARTIŞMA VE SONUÇ 92
KAYNAKLAR 97
EKLER 104
ÖZGEÇMİŞ 105

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: 2018 yılı Dünya denizyolu taşımacılığında yük dağılımları (DTO, 2019).....12

Şekil 2.2: Uluslararası denizyolu ticareti (milyon-ton) (UNCTAD, 2018a).....14

Şekil 2.3: Dünyadaki konteyner limanlarının toplam işlem hacmi (milyon TEU) (UNCTAD, 2018b).....15

Şekil 2.4: Konteyner gemilerinin gelişimi (Rodrigue, 2017).....17

Şekil 2.5: Dünya limanlarına 2010-2017 yılları arası gemi tiplerine göre gemi geliş yüzdeleri (UNCTAD, 2018a).....22

Şekil 2.6: Konteyner terminallerinin şematik görünüşü. (Steenken ve diğ., 2004).....23

Şekil 2.7: Konteyner terminallerinin temel fonksiyonları (Saanen, 2004).....26

Şekil 2.8: (a) Sabit rıhtım vinci, (b) Mobil rıhtım vinci (Kalmar, 2020).....28

Şekil 2.9: (a) Saha vinci (RTG), (b) Straddle carrier (SC) (Kalmar, 2020).....29

Şekil 2.10: Saha içi taşıma aracı - YTT (Kalmar, 2020).....29

Şekil 2.11: Konteyner terminallerindeki alt sistemler ve ilişkileri (Casey, 2011).....30

Şekil 2.12: Konteyner terminallerindeki planlama problemleri ve operasyonel problemler (Wiese, 2011).....36

Şekil 2.13: Konteyner terminali şematik yerleşim planı örneği (Kemme, 2013).....37

Şekil 2.14: Konteyner terminallerinde planlanan alanlar (PIANC, 2014a).....41

Şekil 2.15: Konteyner terminali depolama ve istif alan hesaplama diyagramı (AYGM, 2016).....44

Şekil 2.16: İşletmelerde verimliliği etkileyen faktörler (Kayar, 2008).....47

Şekil 2.17: İş etüdü (Kanawaty, 1992).....52

Şekil 2.18: Ulaştırma modelinin genel yapısı (Esen, 2008).....58

Şekil 3.1: Konteyner terminali optimum yerleşim düzeninin geliştirilmesine yönelik metot etüdü tekniğinin aşamaları.....60

Şekil 3.2: Konteyner terminallerindeki operasyon sahaları (Steenken ve diğ., 2004).....62

Şekil 3.3: İthalat, ihracat ve transit konteynerler için saha yerleşim planı alternatifleri. 62

Şekil 3.4: Rıhtım-kapı arası ithalat ve transit konteynerlerin sahadaki hareketleri 64

Şekil 3.5: Kapı-rıhtım arası ihracat ve transit konteynerlerin sahadaki hareketleri 66

Şekil 3.6: Yerleşim planı optimizasyon aşamaları. 67

Şekil 3.7: Rıhtım ile depolama sahaları ve depolama sahaları ile kapı ve CFS arasındaki konteyner hareketleri. 68

Şekil 3.8: Rıhtım ile depolama sahaları arasındaki konteyner hareketleri. 72

Şekil 3.9: Depolama sahaları ile kapı ve CFS arasındaki konteyner hareketleri. 75

Şekil 4.1: Terminal mevcut yerleşim düzeni.....79

Şekil 4.2: Birinci aşama birinci ve ikinci senaryo birinci diziliş düzenleri. 81

Şekil 4.3: İkinci aşama birinci (a) ve ikinci (b) senaryolar. 82

Şekil 4.4: Birinci aşama alternatif saha kullanım senaryoları. 85

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1: Dünya taşımacılığı ve dünya taşımacılığında denizyolunun payı (DTO, 2019). 12

Tablo 2.2: 2018 yılı Türkiye limanları konteyner elleçleme miktarları (DTO, 2019). 15

Tablo 2.3: Dünyada ilk 30 sıradaki konteyner hat operatörleri ve elleçledikleri TEU miktarı (Alphaliner, 2019) 20

Tablo 2.4: Liman planlama modelleri (Bichou, 2013). 35

Tablo 2.5: Finansal ve operasyonel göstergeler (UNCTAD, 1976). 49

Tablo 2.6: Etkili liman operasyonları için yapı taşları (Merk, 2013). 49

Tablo 2.7: Terminal operasyonlarında verimliliği etkileyen faktörler ve verimlilik ölçüleri (Dowd ve Leschine, 1990). 50

Tablo 3.1: Gelen konteyner için rıhtım ile saha arası operasyon süreçleri. 63

Tablo 3.2: Gelen konteyner için saha ile kapı ve CFS arası operasyon süreçleri. 63

Tablo 3.3: Giden konteyner için kapı ile saha arası operasyon süreçleri. 65

Tablo 3.4: Giden konteyner için saha ve CFS ile rıhtım arası operasyon süreçleri. 65

Tablo 4.1: Sahalarla rıhtımlar, kapılar ve CFS'ler arasında taşıma süreleri (dk). 79

Tablo 4.2: Birinci aşama alternatif saha diziliş düzenleri. 80

Tablo 4.3: Sahalardan kapı ve CFS'ye gidiş alternatifleri. 82

Tablo 4.4: Mevcut terminal için birinci aşama alternatif diziliş sonuçları. 83

Tablo 4.5: Mevcut terminal yerleşimi ve alternatif senaryolar için ikinci aşama sonuçları. 83

Tablo 4.6: Optimum çözüm sonuç tablosu (dk/adet) 84

Tablo 4.7: Saha doluluk oranlarına göre mevcut düzen için transit ağırlıklı terminal sonuçları. 86

Tablo 4.8: Saha doluluk oranlarına göre mevcut düzen için ithalat ağırlıklı terminal sonuçları. 86

Tablo 4.9: Saha doluluk oranlarına göre mevcut düzen için ihracat ağırlıklı terminal sonuçları. 86

Tablo 4.10: Saha doluluk oranlarına göre mevcut düzen için toplam zamanlar ve birim zamanlar. 87

Tablo 4.11: Saha doluluk oranlarına göre birinci senaryo için ithalat ağırlıklı terminal sonuçları. 87

Tablo 4.12: Saha doluluk oranlarına göre birinci senaryo için ihracat ağırlıklı terminal sonuçları. 88

Tablo 4.13: Saha doluluk oranlarına göre birinci senaryo için transit ağırlıklı terminal sonuçları. 88

Tablo 4.14: Saha doluluk oranlarına göre birinci senaryo için toplam zamanlar ve birim zamanlar. 88

Tablo 4.15: Saha doluluk oranlarına göre ikinci senaryo için ithalat ağırlıklı terminal sonuçları. 89

Tablo 4.16: Saha doluluk oranlarına göre ikinci senaryo için ihracat ağırlıklı terminal sonuçları. 90

Tablo 4.17: Saha doluluk oranlarına göre ikinci senaryo için transit ağırlıklı terminal sonuçları. 90

Tablo 4.18: Saha doluluk oranlarına göre ikinci senaryo için toplam zamanlar ve birim zamanlar. 90

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
A_{DS}	: Konteyner depolama sahası alanı
A_{CFS}	: CFS sahasının alanı
A_{BKS}	: Boş konteynerlerin depolandığı alan
A_{DS}	: Ofis binaları, kapı girişleri, gümrük tesisleri, park yerleri gibi diğer alanlar
C_{TEU}	: Yıllık konteyner hareketi
A_T	: Gerekli toplam saha alanı
S_L	: İstif sahasındaki toplam ground slot sayısı
A_N	: İstif sahasının net alanı
H	: Ortalama istif yüksekliğinin maksimum istif yüksekliğine oranı
A_{TEU}	: TEU başına gerekli alan
D	: Konteynerin istif sahasında ortalama kalış süresi (dwell time)
B_f	: Geçici depolama sahası faktörü
N	: Konteyner istif sahasının toplam saha alanına oranı
L	: Terminal alanından kaynaklı yerleşim faktörü
S	: Farklı konteyner destinasyonlarından kaynaklı ayrım faktörü
TM	: Optimum toplam konteyner taşıma süresi
TM_1	: Birinci aşamaya ait optimum toplam taşıma süresi
TM_2	: İkinci aşamaya ait optimum toplam taşıma süresi
TB	: Konteyner başına optimum birim taşınma süresi
TB_1	: Birinci aşamaya ait optimum birim taşınma süresi
TB_2	: İkinci aşamaya ait optimum birim taşınma süresi
i	: Rıhtımlar
j	: İthalat konteyneri depolama sahaları
k	: Transit konteyner depolama sahaları
l	: İhracat konteyneri depolama sahaları
r	: CFS'ler
s	: Kapılar

$\boldsymbol{\alpha}$: Terminale gelen ithalat konteyner oranı

$\boldsymbol{\beta}$: Terminalden giden ihracat konteyner oranı

$\boldsymbol{\gamma}$: Terminale gelen transit konteyner oranı

$\boldsymbol{\delta}$: Terminalden giden transit konteyner oranı

$\boldsymbol{\varepsilon}$: TEU'laştırma katsayısı

$\boldsymbol{\theta}$: Saha doluluk oranı

$\boldsymbol{\mu}$: Konteyner iç boşaltma oranı

$\boldsymbol{\rho}$: Konteyner iç dolum oranı

$\boldsymbol{A_i}$: *i* rıhtımında günlük elleçlenebilen maksimum konteyner adedi

$\boldsymbol{B_j}$: *j* ithalat depolama sahasında günlük elleçlenebilen maksimum konteyner adedi

$\boldsymbol{C_k}$: *k* transit depolama sahasında günlük elleçlenebilen maksimum konteyner adedi

$\boldsymbol{D_l}$: *l* ihracat depolama sahasında günlük elleçlenebilen maksimum konteyner adedi

$\boldsymbol{Eit_s}$: *s* kapısında günlük elleçlenebilen maksimum ithalat konteyner adedi

$\boldsymbol{Eih_s}$: *s* kapısında günlük elleçlenebilen maksimum ihracat konteyner adedi

$\boldsymbol{F_r}$: *r* CFS sahasında günlük elleçlenebilen maksimum konteyner adedi

$\boldsymbol{BM_j}$: Bir günde *j* ithalat sahasında mevcut bulunan konteyner adedi

$\boldsymbol{CM_k}$: Bir günde *k* transit sahasında mevcut bulunan konteyner adedi

$\boldsymbol{DM_l}$: Bir günde *l* ihracat sahasında mevcut bulunan konteyner adedi

$\boldsymbol{t_{ij}}$: *i* rıhtımından *j* ithalat sahasına bir konteynerin birim taşıma süresi

$\boldsymbol{t_{li}}$: *l* ihracat sahasından *i* rıhtımına bir konteynerin birim taşıma süresi

$\boldsymbol{t_{ik}}$: *i* rıhtımından *k* transit sahasına bir konteynerin birim taşıma süresi

$\boldsymbol{t_{ki}}$: *k* transit sahasından *i* rıhtımına bir konteynerin birim taşıma süresi

$\boldsymbol{t_{js}}$: *j* ithalat sahasından *s* kapısına bir konteynerin birim taşıma süresi

$\boldsymbol{t_{jr}}$: *j* ithalat sahasından *r* CFS alanına bir konteynerin birim taşıma süresi

$\boldsymbol{t_{sl}}$: *s* kapısından *l* ihracat sahasına bir konteynerin birim taşıma süresi

$\boldsymbol{t_{rl}}$: *r* CFS alanından *l* ihracat sahasına bir konteynerin birim taşıma süresi

$\boldsymbol{t_{sr}}$: *s* kapısından *r* CFS alanına bir konteynerin birim taşıma süresi

$\boldsymbol{t_{rs}}$: *r* CFS alanından *l* ihracat sahasına bir konteynerin birim taşıma süresi

$\boldsymbol{X_{ij}}$: *i* rıhtımından *j* ithalat sahasına bir günde taşınan konteyner adedi

X_{li} : *l* ihracat sahasından *i* rıhtımına bir günde taşınan konteyner adedi

X_{ik} : *i* rıhtımından *k* transit sahasına bir günde taşınan konteyner adedi

X_{ki} : *k* transit sahasından *i* rıhtımına bir günde taşınan konteyner adedi

X_{Js} : *j* ithalat sahasından *s* kapısına bir günde taşınan konteyner adedi

X_{jr} : *j* ithalat sahasından *r* CFS alanına bir günde taşınan konteyner adedi

X_{sl} : *s* kapısından *l* ihracat sahasına bir günde taşınan konteyner adedi

X_{rl} : *r* CFS alanından *l* ihracat sahasına bir günde taşınan konteyner adedi

Kısaltmalar **Açıklama**

AGV : Otomatik Terminal Ekipmanı (Automatic Guided Vehicle)

AYGM : Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü

CFS : Konteyner Yük İstasyonu (Container Freight Station)

CRS : Dolu Konteyner İstifleme Aracı (Container Reach Stacker)

DTO : Deniz Ticaret Odası

ECS : Boş Konteyner İstifleme Aracı (Empty Container Stacker)

MHC : Mobil Rıhtım Vinci (Mobile Harbour Crane)

OOG : Gabari Dışı (Out of Gauge)

RTG : Lastik Tekerlekli Saha Vinci (Rubber Tyred Gantry)

SC : Dolu Konteyner İstifleme ve Taşıma Aracı (Straddle Carrier)

STS : Sabit Rıhtım Vinci (Ship to Shore Crane)

TEU : 20 Feet'lik Konteyner

UNCTAD : Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı

YTT : Terminal İçi Konteyner Taşıyan Çekici (Yard Towing Truck)

ÖZET

DOKTORA TEZİ

KONTEYNER TERMİNALLERİNDE OPTİMUM YERLEŞİM PLANININ GELİŞTİRİLMESİ

Olgay OKŞAŞ

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Deniz Ulaştırma ve İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Gökhan KARA

Konteyner terminalleri aynı anda birçok operasyonun gerçekleştiği karmaşık yapılardır. Genellikle rıhtım, saha ve kapı opersyonları olarak üç alt sisteme ayrılan terminal operasyonları terminalin sınırları, şekli, liman alanı içindeki birimlerin konumu, sahip olduğu ekipman sayıları ve saha kapasitesi gibi verilerle doğrudan ilişkilidir. Bu operasyonların verimli bir şekilde sürdürülebilmesi için terminal yerleşim planlarının tüm bu terminal özelliklerine göre dizayn edilmesi gerekir. Yerleşim planları yeni inşa edilen bir terminal için kurulum aşamasında dizayn edilebileceği gibi daha önceden kurulmuş fakat mevcut terminalin genişletildiği durumlarda ya da artan iş hacminin daha rahat yönetilebilmesi adına mevcut terminal verimliliğinin arttırılmak istenmesi durumlarında yeniden oluşturulabilir. Yerleşim planı değişikliklerinin terminalin işleyiş ve verimliliği üzerinde nasıl bir etkisinin olacağının önceden bilinmesi alınacak stratejik kararlar ve uzun dönemli planlamalar için oldukça önemlidir. Bu çalışma ile konteyner terminallerinde gerçekleşen tüm operasyonel süreçlerle ilişkisi olan terminal yerleşim planının geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu yönde problemin çözümü için öncelikle metot etüdü tekniği ile mevcut terminalin analizi gerçekleştirilmektedir. Metot etüdünün yeni yöntemin geliştirilmesi aşamasında ise konteynerin terminalde en az dolaşımını amaçlayan doğrusal programlama modeli kurularak iki aşamalı optimizasyon ile en uygun yerleşim düzeni belirlenmektedir. Optimizasyonun birinci aşaması rıhtım ile depolama sahaları arasındaki konteyner hareketlerini inceler. Rıhtım kapasiteleri doğrultusunda terminale

konteyner girişi olduğu varsayılarak saha kapasiteleri ve saha doluluk oranlarına göre alternatif senaryolar değerlendirilir. İkinci aşamada ise depolama sahaları ile kapı ve CFS sahaları arasındaki hareketler yine kapasiteler ve doluluk oranları üzerinden incelenir. Birinci aşama sonucu alternatif senaryolar içerisinde optimum çözümü veren diziliş düzeni depolama sahalarının diziliş düzeni olarak belirlenir. İkinci aşama çözüme geçilirken birinci aşama sonucu bulunan optimum yerleşim düzeni kullanılır. İkinci aşama neticesinde de alternatif senaryolar içinde minimum değeri veren diziliş düzeni ile birinci aşama sonuçları birleştirilerek terminalin genel yerleşim planı belirlenir. Çalışmada sunulan model kullanılarak, terminale gelen konteyner kategorisi (ithalat-ihracat-transit) oranlarına, saha doluluk oranlarına ve kapasite verilerine göre farklı senaryolar için alternatif çözüm önerilerinde bulunulabilir.

Ağustos 2020, 122 sayfa.

Anahtar kelimeler: Konteyner terminali, yerleşim planı, iş etüdü, doğrusal programlama, optimizasyon.

SUMMARY

Ph.D. THESIS

DEVELOPMENT OF OPTIMAL LAYOUT PLAN AT THE CONTAINER TERMINALS

Olgay OKŞAŞ

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Department of Maritime Transportation Management Engineering

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Gökhan KARA

Container terminals are complex structures where many operations take place at the same time. These operations, which are usually divided into three subsystems as berth, yard and gate, are directly related to data such as number of equipment, location of the units, yard capacity, boundaries and shape. Terminal layouts must be designed according to all these terminal features in order to maintain these operations efficiently. Layout plans can be designed for a newly built terminal, or they can be reconstructed in cases when the existing terminal is expanded or where the existing terminal efficiency is expected to be increased in order to manage the increasing container volume. It is very important to know in advance how the changes in the layout plan will affect the operation and efficiency of the terminal for strategic decisions and long-term planning. In this study, it is aimed to develop a terminal layout plan, which is almost related to all operational processes taking place at container terminals. In order to solve the problem, firstly, the analysis of the current terminal is carried out by method study. During the development of the new solution process of the method study, a linear programming model aiming at the minimum transportation of the container at the terminal is used and the most suitable layout is determined by two-stage optimization. The first stage of optimization examines the container movements between the berths and storage yards. Alternative scenarios are evaluated according to yard capacities and occupancy rates, assuming that there is a container movement to the terminal area as much as the berth capacities. In the second stage,

the movements between the storage areas, the gate and CFS areas are again examined through the capacities and occupancy rates. At the end of the first stage, the optimum solution in alternative scenarios is determined as the layout of the storage areas. The optimum layout which is found in the first stage is used in the second stage. As a result of the second stage, the layout plan that gives the minimum solution in alternative scenarios is combined with the results of the first stage and the general layout plan of the terminal is determined. Using the model presented in the study, alternative solution suggestions can be made for different scenarios based on container category (import-export-transit) rates, field occupancy rates and capacity data.

August 2020, 122 pages.

Keywords: Container terminal, layout plan, work study, linear programming, optimization.

1. GİRİŞ

Uluslararası ticarette denizyolu taşımacılığı diğer ulaştırma türlerine göre önemli oranda maliyet avantajına sahip olduğu için tercih edilmektedir. Özellikle son yıllarda denizyolu konteyner taşımacılığı diğer denizyolu taşıma şekillerine göre hızlı bir artış göstermiştir ve dünya ticaretinin yaklaşık % 60'ını oluşturmaktadır (Statista, 2019). Dünya konteyner ticaret hacmi, 2011'den bu yana yaklaşık % 6,4 oranında büyümüştür. Küresel hacimler çeşitli olumlu desteklerle 148 milyon TEU'ya kadar ulaşmıştır (UNCTAD, 2018a). Konteynerlerin ve ekipmanlarının bir standardizasyona sahip olması, hızlı ve kolay yükleme-boşaltma yapılabilmesi, farklı yük çeşitlerini taşıyabilecek özellikte dizayn edilebilmeleri, güvenli taşıma avantajı, kapıdan kapıya taşıma olanağı sağlamaları bu taşıma tekniğinin sürekli gelişmesine neden olmuştur. Konteyner taşımacılığının gelişmesi ile birlikte bu taşıma tekniğine uygun deniz ve liman altyapı sistemleri de gelişmiştir. Bu gelişmenin en önemli göstergelerinden biri daha yüksek taşıma kapasitesine sahip konteyner gemilerinin inşa edilmesidir. Günümüzde bu gemilerin kapasitesi 23000 TEU'ya kadar ulaşmıştır (MSC, 2019). Konteyner gemilerinin sayısının ve kapasitesinin artması, bu gemilere hizmet verebilecek yeterli altyapıya sahip ve sadece konteyner lojistiğine hizmet veren yeni terminaller ve limanların kurulmasını sağlamıştır. Gemiler ve limanlar yüksek maliyetli yatırımlar olduğundan yüksek performansla işletilmeleri gerekmektedir. Bu nedenle hem gemi operasyonlarının hem de liman operasyonlarının daha verimli hale getirilmesi gerekmektedir. Liman operasyonlarının verimli olması, gemilerin limanda yükleme-boşaltma sürelerinin kısalmasına ve ekonomik ömrü süresince daha fazla sefer gerçekleştirmesini sağlayacaktır. Limanlar tarafından gemiler için sağlanan bu avantaj, aynı zamanda limana gelen gemi sayısının ve elleçleme sayılarının da artmasına neden olmaktadır. Birim zamandaki toplam maliyet minimize edilerek her iki taraf için de önemli bir avantaj gerçekleştirir. Geminin limanda bekleme süresi liman operasyonlarına bağlı olduğundan konteyner limanlarında gerçekleşen operasyonlar hızlı ve etkin bir şekilde yönetilmelidir.

Konteyner limanlarındaki gemi, saha ve kapı operasyon süreçlerinin ve bunlarla ilgili iş akışlarının sürekli takip edilmesi ve ölçülmesi gerekmektedir. Bu yönde her liman sisteminin kendine özgü işleyişi verimlilik kriterlerine göre belirlenerek verimliliği artırma yönünde

çalışmalar yapılmalıdır. Bir konteyner limanının yerleşim düzeni, sınırları ve şekli, liman alanı içindeki birimlerin konumu ve kapasitesi gibi veriler liman verimliliğini birincil sırada etkileyen nedenlerdir. Limanların rıhtım ve yanaşma yeri sayıları, elleçleme araçları kapasiteleri, sayıları ve hareketleri, depolama alanlarının kapasitesinde yapılacak verimlilik çalışmaları birincil sıradaki etkenlere bağlı olarak şekillenir. Dolayısıyla verimlilik çalışmalarının ilk olarak birincil alanlarda ele alınması gerekmektedir. Limanlardaki birimlerin yerleşim düzeni genellikle liman kurulumunda belirlenir ve o şekilde devam eder. Pratikte genellikle kapasite değişiminde veya yeni alanlara ihtiyaç duyulduğunda birimleri genişletme ve kalan alanları kullanma yönünde kararlar alınarak güncellemeler yapılabilir. Bu durumda öncelik, kapasiteyi karşılamak ve sunulan hizmette aksaklık yaşanmaması yönündedir. Dolayısıyla maliyet avantajı sağlamaya yönelik verimlilik çalışması öncelikli olarak düşünülmemektedir. Bunun nedeni liman alanının sınırlarının kısıtı ve birimlerin sayılarıdır. Konteyner limanlarında gerçekleşen operasyonlardaki hareket sayıları fazla olduğundan, verimliliği artırmaya yönelik yerleşim düzeninde yapılacak bir değişim orta ve uzun dönemli planlamada büyük maliyet avantajı oluşturmaktadır. Bir konteyner, gemiden tahliye edilmesi, liman içi transferi, depolama sahasında elleçlenmesi ve kapı transfer süreci gibi liman alanına girişinden çıkışına kadar en az dört veya beş kez elleçleme işlemine maruz kalır. Liman araç periyotlarının kısalması birim zamanda elleçleyecekleri konteyner sayısının artmasına karşılık gelmektedir. Konteyner limanlarında rıhtımlar ile depolama alanları arasında, depolama alanları ile kapı arasında ve diğer birimler arasındaki uzaklıkların, alanlardaki birimlerin kapasitesine, doluluk oranlarına ve konteynerin ithalat/ihracat/transit olma özelliklerine göre belirlenmesi gerekir. Bu da liman içindeki birimlerin yerleşim düzeninin tekrar gözden geçirilmesine ve verimliliği artıracak yönde değişikliklerin yapılabilmesinin yolunu açmaktadır. Bu yönde depolama alanları, konteyner yük istasyonları (CFS), kapı giriş ve çıkışları gibi yerleşik yapıların konumunun değiştirilmesi gerekir. Bu durum konteyner limanlarında "optimum yerleşim planlaması" problemini ortaya çıkarmaktadır. Konteyner limanlarında yükleme/boşaltma, taşıma, istifleme gibi araçlar hem adet hem de hareket sayıları bakımından fazla olduğundan, liman yerleşim düzeninde ve buna bağlı diğer operasyonlarda verimlilik düzenlemelerinde yapılabilecek bir değişim orta ve uzun dönemde çok yüksek maliyet avantajı sağlayacaktır.

Bu yönde yeni bir konteyner limanı kurulumu yapılırken veya mevcut bir limanın yapısına bağlı olarak optimizasyon yöntemleri ile en uygun yerleşim planı geliştirilecektir.

1.1. ÇALIŞMANIN AMACI VE KAPSAMI

Konteyner limanları, aynı anda birçok operasyonun gerçekleştiği karmaşık yapılardır. Konteynerizasyon tekniğinin temel amacı, yükün geleneksel yöntemlere göre daha hızlı yükleme/boşaltma, depolama ve taşıma işlemlerinin gerçekleştirilmesini sağlamaktır. Limanlar da bu yönde hizmet verebilecek, yükleme/boşaltma araçlarının kapasite ve özelliklerinin geliştirilmesi, liman saha planlamalarının oluşturulması ve daha etkin bir konteyner lojistiği yönetimi üzerine çalışmalar yapmalıdır. Bu süreç yüksek sermayeli yatırımlarla olabileceği gibi liman alanlarındaki operasyonel süreçlerin optimizasyonuyla da gerçekleştirilebilir.

Konteyner terminal operasyonları rıhtım, saha ve kapı operasyonları olmak üzere üç alt sisteme ayrılır. Bu operasyonların her biri diğeri ile sırasıyla senkronize bir şekilde çalışmalıdır. Ancak bir konteyner limanında saha, kapı ve diğer operasyonların tamamı rıhtım operasyonlarına dolayısıyla rıhtım vinçlerinin kapasitesine bağlıdır. Temel kural rıhtım vinci boş kalmayacak şekilde saha operasyonlarının koordine edilmesi ve uygun elleçleme ve taşıma aracı planlaması yapılmasıdır. Bu nedenle limandaki mevcut kapasitelerle verimliliği artırmaya yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Ancak tüm verimlilik çalışmalarını doğrudan etkileyen liman alanındaki birimlerin yerleşim düzenidir. Bu yönde konteyner terminalinde yeni yatırımlar yapılmadan mevcut elleçleme ekipmanları ile mevcut yerleşim düzeninin geliştirilmesi ve optimum yerleşim düzeni belirlenmesi yoluyla konteyner terminali verimliliğinin artırılması sağlanır. Genellikle yerleşim planları terminalde fiziksel ve yapısal bir değişiklik olmadıkça değişmez ya da uzun süre aynı kalır. Yerleşim planları, yeni liman kurulumunda, mevcut terminalin kara veya deniz tarafına doğru genişletildiği durumlarda ya da artan iş hacminin daha rahat yönetilebilmesi adına mevcut terminal verimliliğinin arttırılmak istenmesi durumlarında değiştirilebilir. Bu çalışma, konteyner limanlarında gerçekleşen tüm operasyonel süreçleri belirleyen/etkileyen, uygun liman yerleşim planının geliştirilmesini amaçlamaktadır.

Bu yönde problemin çözümü için iş etüdü tekniklerinden birisi olan metot etüdü kullanılmaktadır. Ancak geleneksel metot etüdü uygulamalarından farklı olarak yeni yöntemin geliştirilmesine yönelik konteynerin terminalde en az dolaşımını amaçlayan doğrusal programlama modeli kurularak iki aşamalı optimizasyon ile en uygun yerleşim düzeni belirlenmektedir.

1.2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Konteyner terminallerinde gerçekleşen tüm operasyonların terminal yerleşim planıyla doğrudan ya da dolaylı bir ilişkisi bulunmaktadır. Rıhtım tarafından kapı tarafına kadar bir terminal üzerindeki hareketler incelendiğinde konteyner terminallerinde farklı alt problemlerin olduğu görülür. Bu bölümde, tezin konusu ve kullanılan yöntemlerle ile ilgili literatürdeki çalışmalar özetlenmiştir.

Roy ve De Koster (2012) konteyner terminalinin optimum dizaynı üzerine yaptıkları çalışmada otomatik saha araçlarının (AGV) yükleme boşaltma sürelerini minimize etmek için optimum istif düzenini bulmayı amaçlamışlardır. Kurulan modelde optimum düzene ulaşabilmek için depolama sahalarının sayıları, sahada kullanılan araçların sayıları ve rıhtım vinci sayısı sabit tutulmuş, istif bloğu sayıları ile istifteki sıra, kat ve blok sayıları değişken olarak belirlenmiştir.

He ve Yan (2015) çalışmalarında saha vinci atama problemini konteyner terminali verimliliğinin yanında vinçlerin enerji sarfiyatını ve çevre etkilerini de ekleyerek incelemişlerdir. Bir saha vincinin enerji tüketim maliyeti konteyner terminalindeki toplam operasyonların enerji maliyetlerinin 15% ile 25% arasında olduğunu belirterek saha vincinin etkin kullanımının önemine değinmişlerdir. Model olarak önce saha vinci atama problemini araç rotalama problemine dönüştürmüş ardından bu problemi de karmaşık tamsayılı programlamaya çevirerek saha vinçlerinin çalışma sürelerini ve enerji tüketimlerini minimize etmeyi amaçlamışlardır.

Petering (2009) çalışmasında istif bloklarının genişliklerinin konteyner terminalinin uzun vadede performansına etkisini rıhtım vinci oranları üzerinden değerlendirmiştir. Çalışmada istif bloklarının genişliklerinin bloklar arasındaki yolların azalıp çoğalmasına, sahada kullanılan saha vinçlerinin sayılarında değişime ve araçların terminal içinde kat edeceği mesafe gibi birçok operasyonu etkilediğinden bahsedilmiş ve ayrık olaylı benzetim modeli ile farklı senaryolar üzerinden değerlendirmelerde bulunulmuştur.

Murty (2007) çalışmasında rıhtım vincinin teoride saatte maksimum 40 hareket yapabildiğini ama pratikte bu sayının ortalama 25 harekete düştüğünü belirterek saha vinci oranının terminal verimliliğine etkisine değinmiştir. Saha araçlarının ve saha vincinin

çalışmaları rıhtım vinciyle doğrudan alakalı olduğu için rıhtım vincinin çalışmasını etkileyen bazı faktörler çalışmada şu şekilde sıralanmıştır:

- Vinçlerin saha değiştirme sıklığı,
- Sahadaki araç yollarında meydana gelebilecek sıkışıklık,
- Saha vincinin kapasite üstünde çalışma sıklığı,
- Saha vinçlerinin çakışma sıklığı.

Chu ve diğ. (2013) Doğu ve Güneydoğu Asya'daki 40 büyük liman üzerine yaptıkları analiz ve karşılaştırmada liman verimliliği ve limanların yıllık iş hacmini etkileyen altyapısal ve işletimsel verileri çıkarmış ve regresyon analizi ile bu verilerin performansa etkisi olup olmadığını incelemiştir. Bu verilerin bazıları; terminal sayıları, terminallerin alanları, rıhtım uzunluğu, saha vinci sayısı, rıhtım vinci sayısı gibi altyapısal verilerle terminallerin yıllık iş hacimleri, ihracat ve ithalat bazında yıllık iş hacimleri, yılda gelen gemi sayısı gibi işletimsel veriler olmuştur.

Avriel ve diğ. (1998, 2000) çalışmalarında istif planı yapılırken verimsiz konteyner hareketlerinin minimize edilmesi üzerinde yoğunlaşmış ve modeli ikili doğrusal programlama üzerine formüle etmişlerdir. NP-zor olarak tanımlanan bu problemin çözümü için sezgisel çözüm önerilmiş ve bir rotada ilerleyen geminin uğrak yapacağı limanlara göre slotlara dinamik olarak konteyner atanması sonucuna ulaşılmıştır.

Kim ve Moon (2003), gemilerin düz bir hat üzerinde rıhtımlara sahip olan konteyner limanlarının, rıhtım süreleri ve gemilerin pozisyonlarının belirlenmesinde kullanılmak üzere karmaşık tamsayılı programlama modeli kullanmışlardır. Benzetilmiş tavlama algoritması geliştirmiş ve optimuma yakın sonuçlara ulaşmışlardır.

Lin ve diğ. (2014) simülasyon modeli kullanarak bir konteyner limanının genişlemesi aşamasında kaç adet rıhtım vinci alınması gerektiği konusunda yatırım maliyetini minimize etmek üzerine çalışmışlardır. Temelde rıhtım atama ve gemiye uygun vincin programlanması problemini ele alan çalışmada analitik metodlar yerine simülasyon ve istatistik metodlar kullanılmıştır. Performans göstergesi olarak gemilerin limanda kalış süreleri ortalama ve maksimum olacak şekilde büyük ve küçük gemiler olarak belirlenmiş bu göstergeler üzerinden belirlenen hizmet seviyelerine yatırım maliyetini minimize ederek ulaşmak amaçlanmıştır.

Lee ve Kim (2013), saha vinçleri ve terminal içi taşıyıcıların kapasiteleri ile depolama sahası gereksinimleri üzerinden optimum yerleşim düzeni için iki farklı diziliş düzenini incelemişlerdir. Biri rıhtıma paralel diğeri rıhtıma dik olan bu yerleşim düzenlerinin belirlenebilmesi için yeni sahaların inşası, saha vinçlerinin ve terminal içi taşıyıcıların sabit ve operasyonel maliyetleri gibi çeşitli maliyet kalemleri ile duyarlılık analizi yapılmış ve sonuçları depolama ve ekipman kapasiteleri perspektifinde değerlendirilmiştir.

Metalla ve diğ. (2015) çalışmalarında Durres konteyner terminalinin, alan olarak kapasiteye ne kadar karşılık verebileceğini ve mevcut terminalin ihtiyacı olan depolama alanını hesaplayarak terminalinin beklenen hacim artışı neticesinde ne tür adımlarla kapasitesinin arttırılabileceği konusunda önerilerde bulunmuşlardır. Özellikle yüksek olan dwell time'ların azaltılmasıyla gerekli olan depolama alanının önemli ölçüde azaldığı gözlenmelnmiştir.

Kim ve diğ. (2008) konteyner sahalarının optimum yerleşimi üzerine yaptıkları çalışmada operasyon maliyetleri üzerinde, özellikle saha vinci ve saha ile gemi arasında ya da tam tersi bir şekilde konteyner taşıyan saha kamyonlarının maliyetlerini minimize edecek şekilde konteyner dizilişlerinin nasıl olması gerektiği üzerinde durmuşlardır. Konteynerlerin rıhtıma paralel mi yoksa dik mi durması gerektiği, blokların büyükleri ve aralarındaki mesafelerin nasıl ve ne kadar olmaları gerektikleri konteynerlerin saha hareketlerinin en aza indirilmesi, dolayısıyla bu hareketleri sağlayan saha vinci ve kamyonlarının hareketlerinin ve maliyetlerinin en aza indirilmesi ölçütünde değerlendirilmiştir.

Zhang ve diğ. (2003) depolama alanı tahsis problemini incelemişlerdir. Rıhtım vinçleri, saha vinçleri, depolama sahaları ve terminal içi taşıma araçlarının kaynak olarak kullanıldığı çalışmada problemi iki aşamada matematiksel model üzerinden çözmüşlerdir. İlk aşamada, planlama periyodunun her bir döneminde bir depolama bloğuna atanacak toplam konteyner sayısı belirlenirken, ikinci aşamada her bir gemi için konteynerlerin atanacağı bloğun belirlenmesini sağlanmıştır. Yapılan sayısal denemeler, kısa çözüm sürelerinde sahadaki iş yükü dengesizliklerinin azaldığını ve terminal operasyonlarındaki olası sıkşıklıkların önlendiğini göstermiştir.

Kozan (2000), konteyner terminallerinde elleçleme süreleri ile gemi zamanlarını düşürerek maliyetleri azaltmak için elleçleme operasyonlarının daha hızlı gerçekleşmesi gerektiğini

söyler. Terminal içindeki konteyner taşınma ve elleçleme zamanlarını minimize edecek optimizasyon modeli ile terminal verimliliğine etki eden ana faktörleri inceler.

Murty ve diğ. (2005) konteyner terminallerindeki günlük operasyonlar sırasında alınan kararlara yardımcı olabilmesi için algoritmalardan ve matematiksel modellerden faydalanarak bir karar destek sistemi geliştirmişlerdir. Bu kararların nihai amacı, gemilerin yanaşma süresini, terminal ekipmanlarının kullanım zamanlarını, harici kamyonların bekleme süresini ve terminal içindeki yollarda, depolama bloklarında ve rıhtımlardaki sıkışıklıkları en aza indirerek depolama alanının en iyi şekilde kullanımlasını sağlamaktır.

Wiese (2011) yaptığı çalışmasında konteyner terminalleri yerleşim düzenini sayısal karar destek yöntemleri kullanarak farklı alternatifler ile ve sonunda da simülasyon modeli uygulayarak değerlendirmiştir. Öncelikle istif bloklarının terminal performansı üzerine etkisini incelemiş ve üretim tesislerinde kullanılan yerleşim planı modelini baz alarak konteyner terminali üzerinde mesafeyi minimize etmeyi amaçlayan model üzerinde çalışmıştır. Bu doğrultuda aşağıda açıklana üç farklı terminal yerleşim düzeni oluşturmuştur.

a) Transfer Hatlı Saha Yerleşim Düzeni : Konteyner istif bloklarının uzun kenarlarının yanında istifteki konteynerlerin tırlara yüklemelerinin yapıldığı ya da tırlardaki konteynerlerin istife alındığı operasyonların yapıldığı hatların bulunduğu terminal düzenini ifade eder. Böyle bir düzende istif bloklarının yanında bulunması gereken transfer hatlarının optimum sayılarının ve pozisyonlarının gerek rıhtıma paralel gerekse de dik yerleşim düzenine göre elleçleme maliyetlerini minimize edecek şekilde bulunabilmesi için tamsayılı doğrusal programlama modeli kullanılmıştır.
b) Transfer Noktalı Saha Yerleşim Düzeni : Terminalin rıhtım ile kara tarafı arasında rıhtıma dik olarak uzanan konteyner istif bloklarının oluşturduğu ve bu blokların her iki ucundaki kısa kenarlarında bloktaki konteynerlerin transferlerinin yapıldığı yerleşim düzenidir. Bu düzende kara tarafı ve deniz tarafı birbirinden tamamen ayrılmıştır. İstif bloğu üzerindeki konteyner hareketleri saha vinçleriyle (RTG ya da RMG) sağlanmaktadır. Bu düzende de yine maliyet minimizasyonu amacı ile farklı blok genişlikleri ve uzunlukları dikkate alınarak saha vinçlerinin ortalama döngü sürelerinin ve dolayısıyla mesafelerinin kısaltılması incelenmiştir.
c) Direk Transfer Yapılan Saha Yerleşim Düzeni : Bu yerleşim düzeninde istif sahasında bulunan konteynerlerin transferleri saha vinçleri yerine istif taşıyıcıları

(SC) ile yapılmaktadır ve konteynerler gerek rıhtımdan istif sahasına gerekse de istif sahasından servis alanlarındaki tırlara bu taşıyıcılar ile taşınmaktadır. Kurulan modele göre istif taşıyıcılarının istifleme esnasında harcadıkları zamanla rıhtımdan depolama alanına kadar (ya da tersi) geçilen mesafede harcanan ortalama döngü zamanların minimizasyonu amaçlanmıştır.

Schmidt ve diğ. (2005), orta ve küçük ölçekli terminaller için yerleşim düzeni planlamasında terminallerin ihtiyaçları doğrultusunda geliştirdikleri elektronik terminal planlama tablosu ile mevcut yerleşim düzenini ve olası genişleme planlarını görselleştirmeyi başarmışlardır. Kullanılan yöntemle, elleçleme ekipmanı, terminal personeli ve terminal yerleşiminin uyumlu bir şekilde çalışıp çalışmadığı yapılan zaman ve metod etütleri ile doğrulanmıştır.

Koh ve diğ. (1994), bir konteyner terminalinin entegre planını gözlemleyebilmek için bir simülasyon modeli geliştirmişlerdir. Bu sayede operasyona başlamadan önce değişiklik yapma imkanı olacak ve daha az kaynakla daha fazla verim alınabilecektir. Simülasyon modelinde kullanılmak üzere saha araçlarının hızlarının belirlenmesi ve hareket sürelerinin hesaplanabilmesi için zaman etüdü tekniği kullanılmıştır.

Rajamanickam ve Ramadurai (2015) çalışmalarında Chennai limanı trafik sıkışıklık durumunu ele almış ve mevcut yol durumu için bir simülasyon modeli geliştirmişlerdir. Sıkışıklığın nedenlerini belirleyebilmek için iş ölçümü yapılmış ve simülasyon programında kullanabilmek için kamyonlara ait giriş-çıkış, hız ve bekleme süreleri gibi verilerin elde edilmesinde zaman etüdü yöntemi kullanılmıştır.

Visser ve diğ. (2013) liman operasyonalarında önemli bir husus olan vinç kapasiteleri ile yükün gemiye dağıtımını optimize etmeyi amaçlamıştır. 30000 ton kapasiteli bir yük gemisine yapılan kütük yüklemesini yerinde gözlemlemişler ve bu operasyonun hareket ve zaman etüdünü yapmışlardır. Yükleme konfigürasyonlarının hem yükleme araçları hem de vinç verimliliği üzerindeki etkisini değerlendirmek için döngü sürelerini ve gecikmeleri hesaplamışlar ve ideal yükleme konfigürasyonunu belirlemişlerdir.

Literatürde ulaştırma modeli ile kurulan zaman minimizasyonu çalışmaları da yer almaktadır. Ulaştırma modelinde zaman minimizasyonu, maliyet yerine her bir güzergaha taşınma birim zamanın ilişkilendirildiği bir ulaştırma problemi olarak tanımlanır (Agarwal ve Sharma, 2018). Ulaştırma modelinde zaman minimizasyon problemlerinin çözümü için

neredeyse tüm yöntemler, klasik ulaştırma modeli maliyet minimizasyonu çözümünü içerir (Puri, 2004).

İlk olarak Hammer (1969) tarafından önerilen ulaştırma problemi ile zaman minimizasyonunda, belirli tüketicilere ihtiyaçları doğrultusunda ürün tedariğinin toplam zamanının operasyon başlangıç aşamasından tamamlandığı zaman kadar minimum olması amaçlanmaktadır. Bu ihtiyaç özellikle askeri malzemelerin ya da bozulabilecek ürünlerin taşınmasında taşıma süresinin maliyetten daha önemli durumlarda ortaya çıkmaktadır (Hammer, 1969).

Garfinkel ve Rao (1971) arz ve talep noktaları arasındaki toplam taşıma süresini minimize eden çalışmalarında iki algoritma geliştirmişler ve çözüm için klasik ulaştırma modeli yöntemlerini kullanmışlardır.

Sharif Uddin (2012) çalışmasında minimum taşıma süresinin belirlenebilmesi için ulaştırma algoritması kullanmıştır. Bu algoritmaya göre bulunan başlangıç çözüm üzerinden yapılan denemelerle optimum sonuca ulaşmıştır.

Jain ve diğ. (2020) çalışmalarında zaman minimizasyonu problemi için üç aşamalı bir çözüm yöntemi geliştirmişlerdir. Buna göre birinci aşamada ürünlerin bir kısmının taşıması tamamlanırken ikinci aşamada bir miktar ürün daha sevk ediliyor. Son aşamada ise kalan ürünlerin hepsi en uygun şekilde sevk edilerek minimum taşıma süresinin bulunması hedefleniyor. Yönteme göre aşamaların hiyerarşik olarak ilerlemesi ve birbiri ardına gerçekleşmesi gerekmektedir.

2. GENEL KISIMLAR

Denizyolu taşımacılığının temel bileşenlerinden olan gemilerin aynı anda yüksek miktarlarda yük taşıma kapasitesine sahip olmaları denizyolu taşımacılığını diğer taşımacılık türlerine kıyasla maliyet açısından oldukça avantajlı kılmaktadır. Maliyet avantajının yanında boyutları sebebiyle diğer taşımacılık türleriyle taşınamayan yüklerin yegane taşımacılık türü de denizyolu taşımacılığı olmaktadır. Bu avantajlar, ticaretin uluslararası düzeyde gelişmesiyle birlikte denizyolu taşımacılığına olan talebi arttırmış ve artan talebe cevap verebilmek adına denizyolu taşımacılığı sürekli olarak bir değişim ve yenilenme içerisine girmiştir.

Bu değişim süreçlerinden belki de en önemlisi denizyolu taşımacılığına konteynerlerin entegrasyonu olmuştur. Konteynerler 1950'li yıllarda ilk olarak denizyolu taşımacılığında kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle genel kargo konvansiyonal liner taşımacılığın yerini alan konteyner taşımacılığında yüklerin birimleşmesi sayesinde gemilerin limanda kalış süreleri de oldukça kısalmıştır. Bunun yanında, konteynerler özellikle hassas veya değerli yüklerin daha az zararla taşınmasına ve daha az paketleme ihtiyacının doğmasına imkan tanımıştır. Konteynerizasyonun diğer bir avantajı ise yüklerin konteynerler vasıtasıyla kapıdan kapıya taşınabilmesi olmuştur.

Tüm bu avantajların yanında ticaretin gelişmesiyle artan ürün çeşitliliği aynı gemide çeşitli boyutlardaki yüklerin beraber taşınması zorunluluğunu da ortaya çıkarmıştır. Konteynerlerin hepsi dışarıdan aynı olarak gözükse de muhteviyatları farklı olabilmektedir. Aynı konteyner içinde birden fazla gönderici ya da alıcının yükleri taşınabildiği gibi, normal şartlarda aynı gemide taşınamayacak türden iki farklı kargo tipi dahi konteynerler içinde güvenle aynı gemide taşınabilmektedir.

Konteynerizasyonun taşımacılığa getirdiği bu yenilikler ve hız sayesinde gemiler ve limanlar da yeniden yapılanma sürecine girmek zorunda kalmışlardır. Sadece konteyner taşıması konusunda özelleşmiş konteyner gemileri inşa edilmiş ve artan talebi karşılayabilmek adına, ölçek ekonomisinin de etkisiyle gemi boyutları sürekli artmıştır. Aynı şekilde limanlar da bu yeni tip konteyner gemilerine hizmet verebilmek adına altyapı ve üstyapı değişikliklerine gitmek zorunda kalmışlardır. Limanların altında sadece konteynerlere hizmet veren bu özelleşmiş terminaller ise konteyner terminali olarak da adlandırılmaktadır.

Bu bölümde denizyolu taşımacılığının mevcut durumu ile konteyner taşımaclığına geçiş süreci ve konteyner taşımacılığının gelişiminden bahsedilmiştir. Ardından, konteyner terminalleri özelinde terminal operasyonları, terminal planlaması, verimlilik ve terminal yerleşim planı konularında genel bilgiler verilmiştir. Son olarak da kullanılan yöntemler hakkında temel bilgiler özetlenmiştir.

2.1.DENİZYOLU TAŞIMACILIĞI

Farklı taşımacılık tiplerinden, dünya ticaretinde en çok kullanılanı ve en önemlisi denizyolu taşımacılığıdır. Büyük miktarlarda yüklerin uzun mesafelerce taşınmasına imkan sağlarken bu taşımanın en ekonomik şekilde gerçekleşmesine imkan tanır.

Taşımacılık küresel açıdan bakıldığında kıtalararası taşımacılık ve kıta içi taşımacılık olarak düşünülebilir. Kıtalararası taşımacılıkta, denizyolu taşımacılığının tek alternatifi havayolu taşımacılığı gibi gözükse de taşıma maliyetleri ve taşınabilen yük hacmi düşünülürse denizyolu taşımacılığı rakipsizdir (Yüksel ve Özkan, 2010).

Tek seferde büyük miktarda ve ucuz yük taşınabilmesi, ulaşım kolaylığı, güvenli bir taşıma şekli olması gibi avantajları denizyolunun dünyada ve ülkemizde oldukça çok tercih edilmesinin bazı nedenleri olarak gösterilebilir (DTO, 2019).

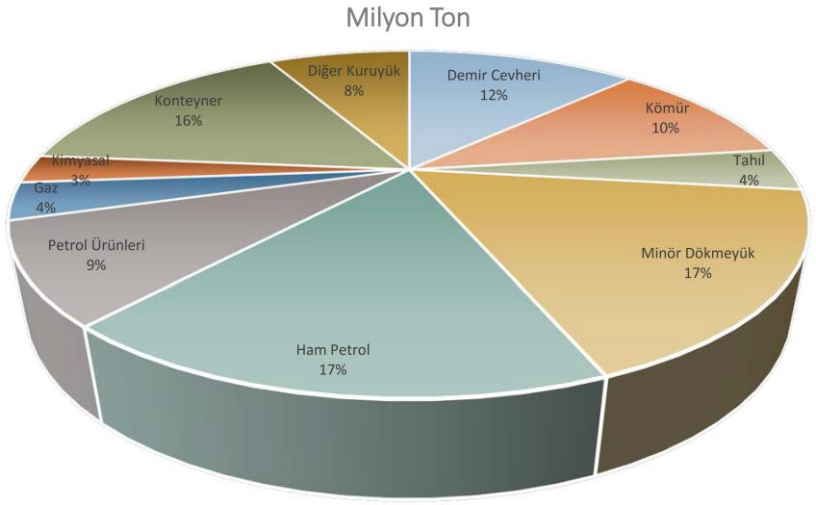
Küresel deniz ticareti, 2017 yılında % 4,2 oranında bir büyüme gerçekleştirirken 2018 yılında % 2,6'lık bir büyüme yakalayabilmiştir. Deniz ticaret hacmi, dünyada kişi başına 1.55 tona karşılık gelen ve küresel ticaret içinde %83'lük bir pay ile 11,83 milyar tona ulaşmıştır (DTO, 2019). 2013 yılından bu yana, denizcilik ticaretindeki büyüme oranları yüzde 4,4 ile 7 arasında değişiklik göstermiştir. Uluslararası deniz ticareti 2018'de ivme kaybettiği halde deniz ticaret hacmi tüm zamanların en yüksek seviyesi olan 11 milyar tona yükselmiştir (UNCTAD, 2019).

Tablo 2.1, tüm taşıma modlarına göre toplam dünya taşımacılık hacmini ve bunun içindeki denizyolu taşımacılığının payını yüzde olarak göstermektedir. Bu pay 2018 yılı için %83 iken 2019 yılı için de aynı değer öngörülmektedir.

Tablo 2.1: Dünya taşımacılığı ve dünya taşımacılığında denizyolunun payı (DTO, 2019).

Yıllar	Dünya Taşımacılığı (Tüm Yollar) Milyar Ton	Dünya Taşımacılığı Değişim (%)	Dünya Denizyolu Taşımacılığı (Milyar Ton)	Dünya Taşımacılığında Denizyolunun Payı (%)
2008	10,86	-	8,61	79%
2009	9,56	-12%	8,29	87%
2010	10,82	13%	9,13	85%
2011	11,56	7%	9,51	83%
2012	11,83	3%	9,93	84%
2013	12,19	3%	10,26	84%
2014	12,57	3%	10,61	84%
2015	12,85	3%	10,82	84%
2016	13,13	4%	11,14	85%
2017	13,75	4%	11,60	84%
2018	14,28	4%	11,90	83%
2019(*)	14,84	4%	12,26	83%

2018 yılında Dünya denizyolu ticaretinde taşınan yüklerin dağılımı ise Şekil 2.1'de özetlenmiştir. Taşınan yük cinsine göre en yüksek oranlar %17 ile ham petrol ve minör dökme yük iken, konteyner %16 ile üçüncü sırada yer almaktadır. Yüzde 10 ve üzerinde taşınan diğer yük türleri ise %12 ile demir cevheri ve %10 ile kömürdür.



Şekil 2.1: 2018 yılı Dünya denizyolu taşımacılığında yük dağılımları (DTO, 2019).

Denizyolu taşımacılığında gemiler, düzenli yük (liner) taşımacılığı ve tarifesiz (tramp) gemi taşımacılığı olmak üzere iki şekilde işletilmektedir. Düzenli hat (liner) taşımacılık hizmeti, müşterek sahiplik ya da yönetimdeki gemilerin sabit bir servisi belli sıklıkta, belli limanlar

arasında vermesidir ve bu limanların hizmet alanları içinde olan bölgelere taşıma hizmeti sunmaktır. Buna karşın düzenli hat ticareti oldukça karmaşık ve birçok limanda yükleme ve boşaltma operasyonu yapılmasını gerektirmektedir. Tarifesiz gemi taşımacılığında ise, gemiler düzenli hatlarda taşınamayan dökme ve genel yüklerin taşınmasına hizmet vermektedir. (Stopford, 2009a). 1960'larda gemilerin giderlerinin artması ve elleçleme problemleri, düzenli hat taşımacılığı yapan gemilerin teknolojik olarak yetersiz kalmasına sebep olmuştur. Bu süreç taşımacılık sisteminin yeniden yapılanmasını sağlamıştır ve liner ve tramp taşımacılık sistemleri dökme, özel yük, konteyner ve hava taşımacılığı olarak dört kısıma ayrılmıştır (Stopford, 2009b).

2.2.KONTEYNER TAŞIMACILIĞI

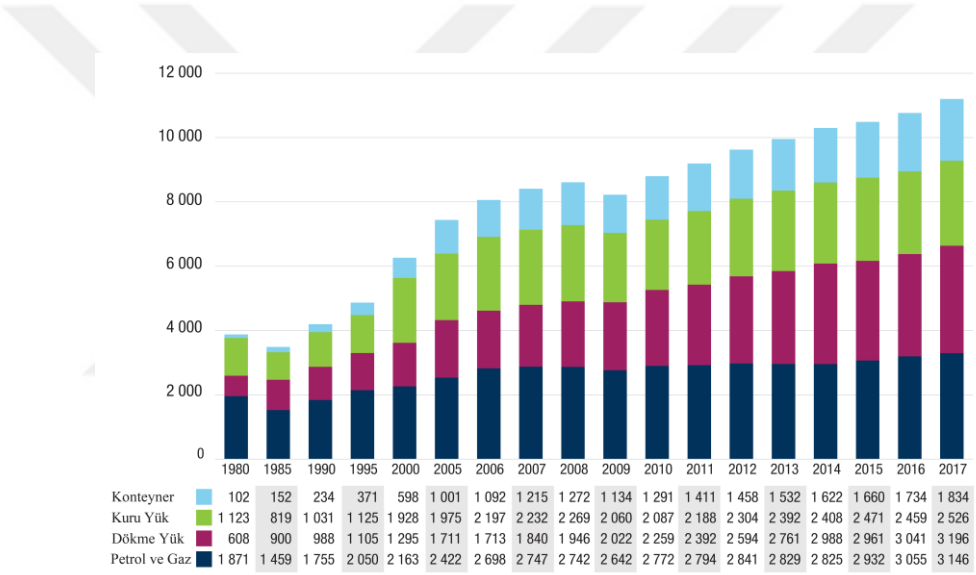
II Dünya Savaşı sonrası ülkelerin ekonomilerini yeniden inşa etmeleri dünya ticaretini dolayısıyla da dünya deniz ticaretini etkilemiştir. 1960'lı yıllarla birlikte limanlardaki yoğunluk ve işgücü zorlukları sefer sürelerini yavaşlatmış ve çözüm olarak yüklerin standart birimler halinde taşınması araştırılmaya başlanmıştır. İlk başlarda yüklerin konteynerleştirilme süreci oldukça zor gözükse de özellikle hasarsız ve eksiksiz bir biçimde varış limanına ulaştırılması, vakit kaybetmeden bir diğer taşıma sistemine aktarılması bu taşımacılık şeklini cazip kılmıştır ve 20.yy'ın sonlarında konteyner taşımacılığı konvansiyonal liner taşımacılığın önemli ölçüde yerini almıştır (Stopford, 2009a).

Düzenli taşımacılık sistemi için çözüm genel yüklerin konteyner kullanarak standart birimlere dönüştürülmesidir. Böylece nakliye süreci daha otomatik ve verimli çalışabilecektir. Bu haliyle yeni sistemde üç bileşen bulunmaktadır. Birincisi, ürünler standart birimlere yüklenerek tüm taşıma sürecinde standart olarak elleçlenebilecektir. İkincisi, her safhada entegre taşıma sistemini oluşturabilmek için yatırımlar gerekmektedir. Bu yatırımlar, deniz tarafında konteyner gemileri, kara tarafında ise konteynerleri taşıyabilecek kara ve demiryolu ekipmanlarıdır. Son olarak, üçüncü adım ise bu iki sistem arasında konteynerleri çok hızlı elleçleyebilecek tesislere olan yatırım gereksinimidir (Stopford, 2009b).

Konteyner taşımacılığı konteynerlerin çıkış noktasından varış noktasına kadar olan yolculuğunun planlanması, koordinasyonu ve kontrolü şeklinde tanımlanabilir. Konteyner

taşımacılığı sadece denizyolu taşımasının yanı sıra istifleme, depolama, elleçleme, iç taşıma gibi süreçleri de kapsamaktadır (Kemme, 2013).

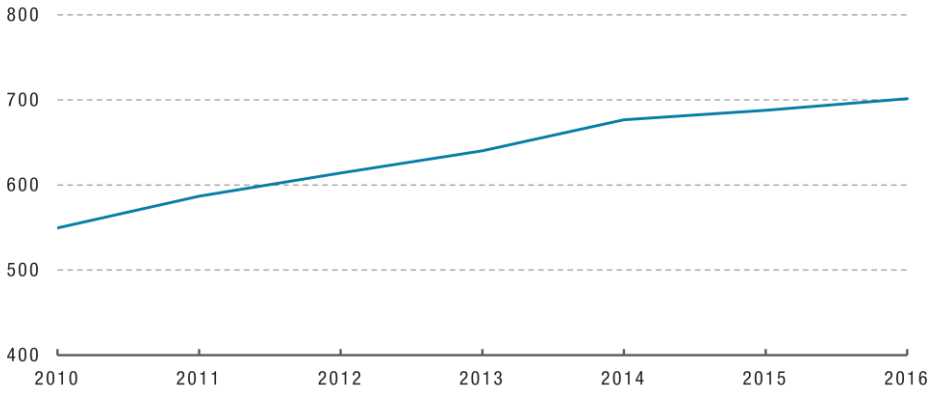
Konteyner taşımacılığı ilk kullanılmaya başlandığı zamanlardan günümüze kadar dünya deniz ticareti içerisindeki payını sürekli arttırmıştır. Şekil 2.2'de uluslararası denizyolu ticaretinin milyon-ton cinsinden farklı yük tiplerine göre yıllar içindeki değişimi görülmektedir. 1980'lerden bu yana genel olarak artış eğilimi gösteren denizyolu ticaretinde yük dağılımlarına bakıldığında özellikle 2000'lerden sonra konteyner taşımacılığının oranı dikkat çekmektedir.



	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Konteyner	102	152	234	371	598	1 001	1 092	1 215	1 272	1 134	1 291	1 411	1 458	1 532	1 622	1 660	1 734	1 834
Kuru Yük	1 123	819	1 031	1 125	1 928	1 975	2 197	2 232	2 269	2 060	2 087	2 188	2 304	2 392	2 408	2 471	2 459	2 526
Dökme Yük	608	900	988	1 105	1 295	1 711	1 713	1 840	1 946	2 022	2 259	2 392	2 594	2 761	2 988	2 961	3 041	3 196
Petrol ve Gaz	1 871	1 459	1 755	2 050	2 163	2 422	2 698	2 747	2 742	2 642	2 772	2 794	2 841	2 829	2 825	2 932	3 055	3 146

Şekil 2.2: Uluslararası denizyolu ticareti (milyon-ton) (UNCTAD, 2018a).

2010 ile 2016 yılları arası dünyadaki konteyner limanlarının toplam işlem hacmi Şekil 2.3'de gösterilmiştir. 2016 yılında tüm dünyadaki konteyner limanlarında 701 milyon TEU elleçlenmiştir. Belirtilen yıllar arasında sürekli bir artış gösteren işlem hacminin artış hızı 2014'den sonra biraz yavaşlamıştır (UNCTAD, 2018b).



Şekil 2.3: Dünyadaki konteyner limanlarının toplam işlem hacmi (milyon TEU) (UNCTAD, 2018b).

Dünyada konteyner taşımacılığı yukarıda anlatıldığı gibi bir trend izlerken Türkiye'de de paralel bir artış görülmektedir.

Tablo 2.2: 2018 yılı Türkiye limanları konteyner elleçleme miktarları (DTO, 2019).

Liman Başkanlıkları	Ihracat (TEU)	Ithalat (TEU)	Kabotaj Elleçleme (TEU)	Transit Elleçleme (TEU)	Toplam Elleçleme (TEU)
Ambarlı	1.019.828	1.140.186	272.180	737.341	3.169.535
Mersin	820.550	793.997	37.958	9.856	1.662.361
Kocaeli	693.364	689.791	94.857	119.609	1.597.621
Tekirdağ	140.202	167.022	157.318	619.654	1.084.196
Aliağa	498.122	417.053	29.274	256	944.705
Gemlik	340.681	338.918	172.835	2.264	854.698
İzmir	266.426	308.085	36.283	114	610.908
İskenderun	253.965	251.389	6.945	0	512.299
Antalya	75.986	91.645	23.209	0	190.840
Samsun	13.533	16.061	39.641	0	69.235
İstanbul	12.506	24.797	18.164	90	55.557
Yalova	24.162	17.564	0	0	41.726
Bandırma	4	106	36.875	0	36.985
Trabzon	22	2.222	7.128	0	9.372
Karabiga	0	0	2.350	0	2.350
Zonguldak	675	0	0	0	675
Marmara Adası	0	0	644	0	644
İğneada	0	194	0	0	194
Botaş	81	0	0	0	81
Karasu	18	0	0	0	18
TOPLAM	4.160.124	4.259.029	935.661	1.489.184	10.843.998

Türkiye limanlarında 2018 yılında toplam konteyner taşımasının 4 milyon TEU'su ihracat, 4 milyon TEU'su ithalat, 935.661 TEU'su kabotaj ve 1,4 milyon TEU'su da transit olarak gerçekleşmiştir. 2017 yılına kıyasla 2018 yılında konteyner kabotaj taşımacılığı %3 azalırken, ithalat ve ihracat taşımacılığı %7 oranında artmıştır. Tablo 2.2'de görüleceği gibi 2018 yılında Türkiye'de en çok konteyner elleçlemesi yapılan limanlar %29 ile Ambarlı, %15 ile Mersin ve %14 ile Kocaeli limanlarıdır (DTO, 2019).

Türkiye dış ticaretinin ton cinsinde % 87'si denizyolu taşımacılığı ile gerçekleşirken tüm dünyada olduğu gibi konteyner taşımacılığının payı da bu oran içerisinde giderek artmaktadır daha yüksek pay almaktadır (DTO, 2017).

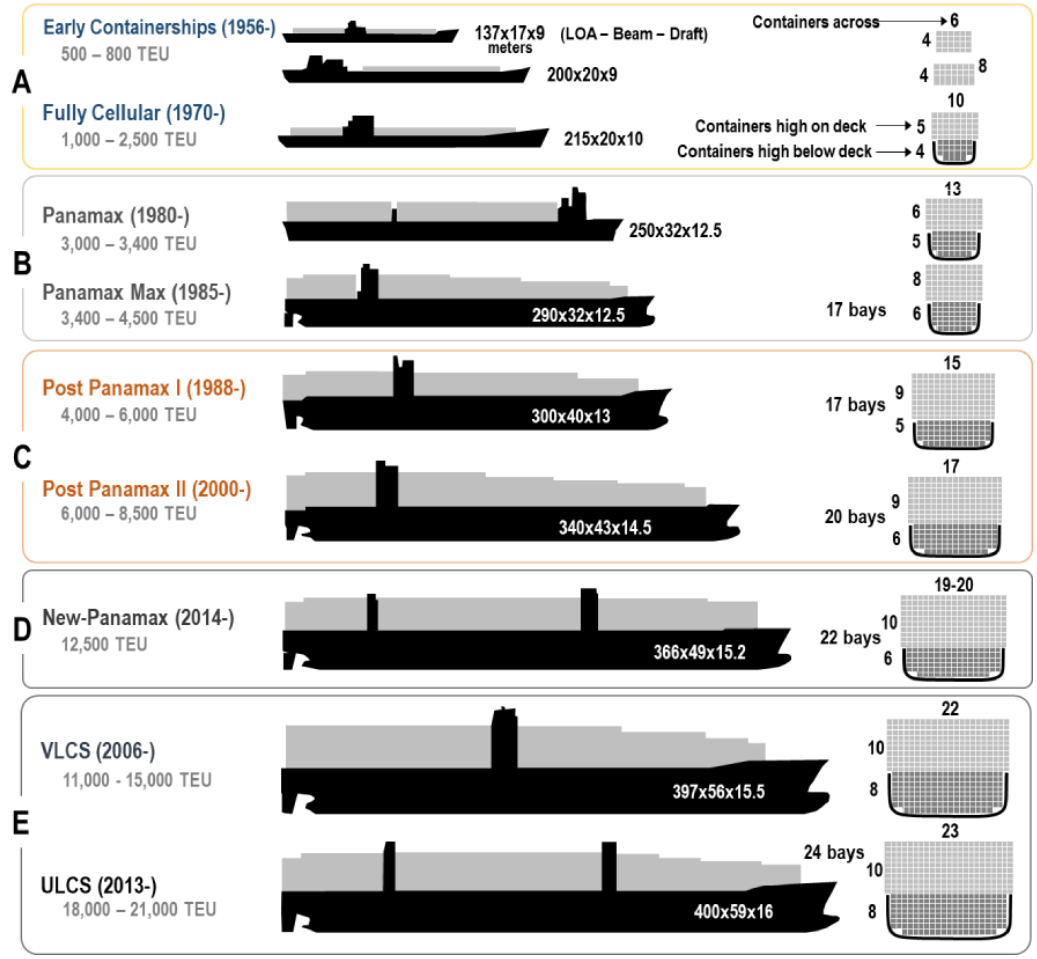
Konteyner taşımacılığı, kara tarafında limanlar ya da terminaller, deniz tarafında da gemiler olmak üzere iki temel bileşenden oluşur. Bunlara ek olarak, konteyner gemilerinin işletilmesini sağlayan ve konteyner taşımacılığına yön veren hat operatörleri de bu taşımacılık türünün gerçekleşebilmesi için önemli bir bileşen olarak konteyner taşımacılığı içerisinde yer alırlar.

2.2.1. Konteyner Taşımacılığında Gemi Türleri

Konteyner taşımacılığının başlangıç sürecinde, konteyner gemilerinin yapımı diğer gemiler ile teknik olarak ciddi yapısal farklılıklar göstermiştir. Açık ambarlı ve konteyner için hücre şeklinde olan sistemler oldukça yeniyken çeşitli teknik problemler çıkarmışlardır. Kara ayağında ise kamyonlar hızlı bir şekilde konteyner taşımaya müsait hale getirilmiştir (Stopford, 2009b).

Konteyner taşımacılığı ve taşınan konteyner hacmi her geçen yıl toplam taşıma verileri içinde oranını daha da arttırmaktadır. Bu artış konteyner gemilerinin kapasitelerini arttırmaya, daha yüksek kapasiteli gemilerin piyasaya sürülmesine ve dolayısıyla da ölçek ekonomisi sebebiyle birim başına taşıma maliyetlerinin düşmesine sebep olmaktadır. Öte yandan gemi boyutlarının artması bu gemilere hizmet verecek konteyner terminallerinin de kendilerini geliştirmesini zorunlu kılmaktadır. Bu terminallerin özellikle draftlarını ve rıhtım vinçlerinin kapasitelerini arttırmaları gerekmektedir. Buna ek olarak daha fazla konteyner elleçlenebilmesi için terminal içindeki ekipmanların da sayılarının rıhtım vinci kapasitesine göre ayarlanması gerekir. Bu yatırımlar ciddi maliyetler gerektirdiğinden her limanın ya da terminalin bu yatırımları gerçekleştirmesi mümkün olmamaktadır. Bu durum neticesinde

aktarma limanı kavramı ortaya çıkmaktadır. Aktarma limanlarına büyük boyutlu konteyner gemileriyle gelen yükler nihai varış limanlarına daha küçük gemilerle taşınmaktadır (Saanen, 2004).



Şekil 2.4: Konteyner gemilerinin gelişimi (Rodrigue, 2017).

1950'lerin ortalarında konteyner taşımacılığının başlamasından bu yana, konteyner gemileri gelişimlerini Şekil 2.4'de görüldüğü gibi devam ettirmişler ve aşağıdaki gibi sınıflandırılmışlardır (Rodrigue, 2017):

a) Erken dönem konteyner gemileri : İlk nesil konteyner gemileri dökme yük gemileri veya tankerlerden dönüştürülerek 1000 TEU'ya kadar taşıma kapasitesi elde edilen gemiler olmuşlardır. Konteyner gemileri ve konteyner teknolojisi 1960'ların başında çok bilinmeyen bir taşıma şekli olduğu için çoğu liman ve terminal konteynerleri elleçleyecek donanıma sahip değildi. Konteyner taşımacılığı 1970'lerin başında kabul edilmeye başlandıktan sonra, tamamen konteynerların taşınması için

planlanmış hücreli konteyner gemilerinin (FCC: Fully Cellular) inşasına başlandı. Hücreli konteyner gemileri ayrıca, tüm gemiyi, alt güverte de dahil olmak üzere, konteyner istiflemek için kullanma avantajını sunmaktaydı. Limanların da bu gemilere göre değişimleriyle birlikte önceden gemi üzerinde bulunan vinçler de gemi tasarımından kaldırılmış ve daha fazla konteyner taşınabilmesine imkan tanınmıştır. Hücreli konteyner gemilerinin hızları da 20-24 knot ile ilk nesilden daha hızlıydı ve bu hızlar da sonradan konteyner taşımacılığında referans hızlar olarak kabul edilmiştir.

b) Panamax : 1980'lerde ölçek ekonomisinin de etkisiyle pazarda daha büyük konteyner gemilerinin inşasına başlandı, bu sayede taşınan konteyner sayısı arttıkça, TEU başına maliyetler düşmekteydi. Panamax standardı olarak bilinen Panama Kanalı'nın boyutundan kaynaklı kısıt sebebiyle 1985 yılında yaklaşık 4.000 TEU kapasiteli gemiler inşa edildi. Panamax konteyner gemisi tasarımları, kanalın genişliğinden (Panamax Max) maksimum yararlanmak üzerine gelişitirilmekteydi.

c) Post Panamax I – II : Panama Kanalı ölçülerine bağlı kalmak yeni taşıma ağlarının yapılandırılması ve limanların altyapı gereksinimleri açısından olumsuzluklara sebep olmaktaydı. 4,500 TEU kapasiteli APL C10 konteyner gemisi sınıfı 1988'de tanıtılarak Panama Kanalı'nın 32,2 m genişlik sınırını aşan ilk konteyner gemisi sınıfı olmuştur. 1996'ya gelindiğinde, tam teşekküllü Post Panamax konteyner gemileri, 6.600 TEU'ya ulaşan kapasitelerle kullanılmaya başlandı. İlk Post Panamax gemileri, Panamax sınıfından çok daha uzun olmayan, fakat daha geniş olmasıyla daha verimli hale getiren sınıflardan oluşmaktaydı. Panamax boyutunun üstündeki bir geminin, bir hat boyunca karlı bir şekilde kullanılabilmesi için önemli miktarda kargoya ihtiyaç duyulmaktaydı ve 1990'ların sonunda küresel ticaretin hızlı büyümesi böyle bir gemi sınıfını kullanılabilir kılmıştı. Post Panamax konteyner gemileri limanlarda daha fazla su derinliği ve de daha geniş alanlara sahip yüksek verimli, ancak maliyetli rıhtım vinçleri gerektirdikleri için birçok liman için zorunlu altyapı değişikliğini de sebep olmuştur.

d) Yeni Panamax veya Neo-Panamax : Haziran 2016'da açılan genişletilmiş Panama Kanalı'nın genişliğine tam olarak uyacak şekilde tasarlanmış gemileri ifade eder. Bu gemiler yaklaşık 12.500 TEU kapasiteye sahiptir, ancak Neo-Panamax gemilerinin

uzunluk (17 ila 22 bölme) ve genişlikleri (19 veya 20 konteyner) arasında çeşitli konfigürasyonları vardır. Post Panamax gemiler gibi liman ve terminallerin bu gemilere hizmet verebilmeleri için altyapı yatırımları yapmaları gerekmektedir.

e) Çok Büyük Konteyner Gemileri (VLCS) ve Ultra Büyük Konteyner Gemileri (ULCS): 2006 yılında, Maersk firmasının tanıttığı 11.000 ila 14.500 TEU aralığında kapasiteye sahip üçüncü nesil post panamax gemi sınıfı Emma Maersk (E Sınıfı) gemisi ile kullanıma girmiştir. Post Panamax tasarımın daha da uzatılması, 2013 yılında 18.000 TEU ve üzeri Ultra Geniş Konteyner sınıfının (Maersk tarafından "Triple E" olarak adlandırılan) pazara girmesine neden olmuştur. Bu sınıf daha da genişletildi ve 2017 yılında 20.000 TEU'nun üzerinde gemiler teslim edilmeye başlanmıştır. Bu gemilerin hizmet edecekleri rotalar ve limanlar çoğunlukla Asya ve Avrupa arasındaki rotalarla sınırlıdır.

Günümüzde hizmet veren en büyük konteyner gemisi, 23.756 TEU kapasitesi ile MSC Gülsün gemisidir. 400 m uzunluk ve 60 m genişliğe sahip gemi gövde genişliği boyunca yan yana 24 konteyneri taşıyabilen ilk konteyner gemi olmaktadır (MSC, 2019; Port of Rotterdam, 2019). Bu boyutta gemilerin inşa edilmeleri ve kullanım oranlarının artması tüm liman tesislerinin ve terminallerin bu tip gemilerin gereksinimleri karşılaması konusunda kendilerini geliştirmelerini gerektirmektedir (Thoresen, 2014).

Gemi boyutlarının büyümesiyle her limanın bu gemilere hizmet verme imkanı olmamaktadır. Kendini geliştiren ve yeterli yük hacmine sahip ana limanlara uğrak yapan bu gemilerle gelen yüklerin daha küçük limanlara aktarılmasında ise Feeder (Besleme Hat) konteyer gemileri kullanılmaktadır. İlk başlarda 500 TEU civarında olan bu gemilerin kapasiteleri de son yıllarda artmış ve ortalama 3000 TEU seviyelerine ulaşmıştır (Thoresen, 2014).

2.2.2. Konteyner Hat Operatörleri

Konteyner hat operatörleri, dünya genelinde düzenli konteyner taşımacılığı hizmetini sağlayan konteyner gemilerine sahip ya da bu gemileri işleten firmalardır. Hangi hatlarda hizmet vereceklerine, hangi gemilerin ne sıklıkla sefer yapacağını, gemi almanın mı yoksa kiralamanın mı daha uygun olacağını yoksa sadece başka hattın gemisinden yer satın alınması gerektiğine karar verirler ve bu gemilerle taşınacak konteynerler için servislerinin

pazarlamasını, gerekli anlaşmalarını, faturalandırma ve muhasebeleştirilmesini yaparlar. Basit bir yönetim yapısı olan açık yük taşıması yapan firmaların aksine bu firmalar daha karmaşık yapılara sahiptirler (Stopford, 2009b).

Tablo 2.3: Dünyada ilk 30 sıradaki konteyner hat operatörleri ve elleçledikleri TEU miktarı (Alphaliner, 2019)

Sıra	Operatör	TEU	Oran
1	APM-Maersk	4,181,377	17.9%
2	Mediterranean Shg Co	3,599,064	15.4%
3	COSCO Group	2,971,513	12.7%
4	CMA CGM Group	2,706,530	11.6%
5	Hapag-Lloyd	1,680,239	7.2%
6	ONE (Ocean Network Express)	1,578,321	6.7%
7	Evergreen Line	1,316,341	5.6%
8	Yang Ming Marine Transport Corp.	640,963	2.7%
9	Hyundai M.M.	401,14	1.7%
10	PIL (Pacific Int. Line)	386,892	1.7%
11	Zim	291,468	1.2%
12	Wan Hai Lines	265,577	1.1%
13	Zhonggu Logistics Corp.	158,824	0.7%
14	KMTC	154,557	0.7%
15	IRISL Group	154,13	0.7%
16	Antong Holdings (QASC)	144,406	0.6%
17	SITC	120,47	0.5%
18	X-Press Feeders Group	114,036	0.5%
19	TS Lines	80,273	0.3%
20	SM Line Corp.	73,882	0.3%
21	Arkas Line / EMES	69,573	0.3%
22	Sinokor	65,143	0.3%
23	Sinotrans	61,678	0.3%
24	RCL (Regional Container L.)	59,03	0.3%
25	Salam Pacific Indonesia Lines	51,521	0.2%
26	UniFeeder	49,081	0.2%
27	Matson	43,402	0.2%
28	NileDutch	43,215	0.2%
29	Swire Shipping	42,381	0.2%
30	Global Feeder Shipping LLC	41,068	0.2%

Tablo 2.3'de Alphaliner (2019) verilerine göre dünyada ilk 30 sırada yer alan konteyner hat operatörleri ve elleçledikleri TEU miktarları gösterilmiştir. Dünya ticaretindeki gelişmeler ve ekonomik krizlerin konteyner hat operatörleri üzerinde de direk etkisi olmuştur. Bazı

operatörler birleşme kararı almış, bazı küçük operatörler de büyük hat operatörleri tarafından satın alınmışlardır. Birbirine rakip olan operatörler dahi kriz dönemlerinde anlaşmalar yaparak aynı sefer bölgesine yaptıkları taşımalarda birbirlerinin gemilerini kullanmışlardır. Bu durum büyük firmaların daha da büyümesine sebep olmuştur. Tablo 2.3'de de görülebileceği gibi dünya konteyner taşımacılığının % 60'ından daha fazlası ilk 5 sıradaki operatör tarafından gerçekleştirilmektedir.

2.3.LİMANLAR VE TERMİNALLER

Limanlar, gemileri dalga, akıntı ve rüzgar gibi çevresel etkilerden koruyan ve yükleme/boşaltma yapabilmeleri için çeşitli ekipman ve tesisleri olan suni veya doğal korunaklı su ve kara alanları olmalarının yanında eşyanın teslimine kadar muhafaza edilebilmesi için depolama sahaları ve ambarlarla birlikte gümrük ve liman işletme binası gibi çeşitli hizmet tesislerini içeren kompleks kıyı yapılarıdır (Yüksel ve Özkan, 2010).

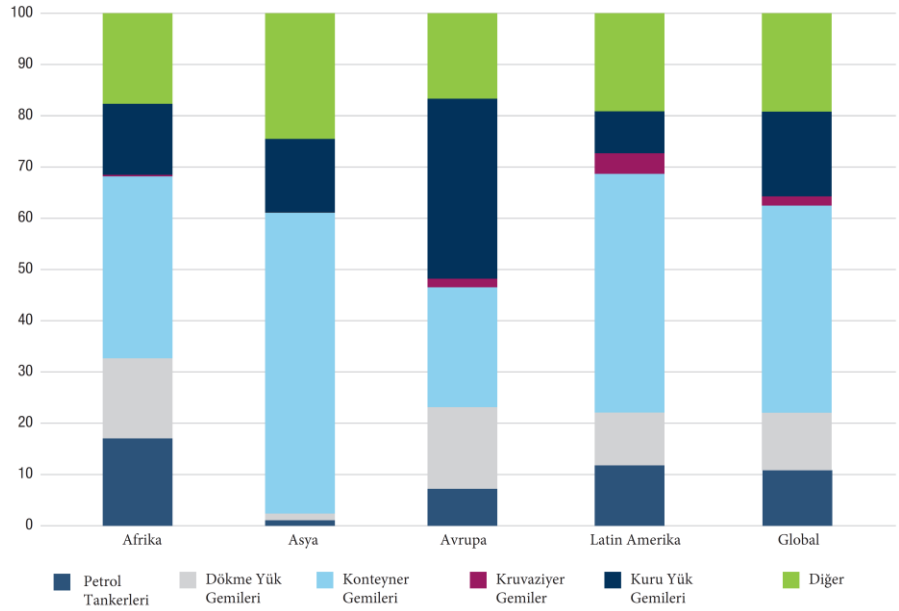
Limanlar temelde aşağıdaki ana başlıklara göre sınıflandırılırlar (Yüksel ve Özkan, 2010):

- Bulundukları yere göre (coğrafi bakımdan) limanlar
- Gel-gite göre limanlar
- Faaliyet alanlarına göre limanlar
- Trafik tiplerine göre limanlar
- Sahiplerine göre limanlar
- Yük akımı ve gümrük formalitelerine göre limanlar
- İdare tarzlarına göre limanlar
- Verdikleri hizmete göre limanlar

Limanların trafik, taşıma ve üretim gibi temel fonksiyonlarının yanında, yakın çevresine endüstrinin kurulması, ticari ve finansal servisleri arttırması gibi ikincil fonksiyonları da bulunur (Yüksel ve Özkan, 2010).

Limanlar kargo dağıtım sisteminin deniz ile kara arasındaki ithalat ve ihracat faaliyetlerine hizmet eden önemli bir parçasıdır. Küreselleşen dünya ile birlikte, uluslararası ticarette etkin bir rol edinebilmek için ülkeler gelişmiş limanlara ihtiyaç duymaktadır ve bu doğrultuda limanlar önemli rekabet alanları olmuşlardır. Temel fonksiyonu olan ulaşım fonksiyonun yanında limanlar üretim fonksiyonuna da sahiptir. Limanlar bulundukları coğrafyanın

ekonomisine büyük katkı sağladıkları gibi bölgenin sosyal yapısını ve arka planda birçok farklı sektörü desteklemektedir (AYGM, 2016).



Şekil 2.5: Dünya limanlarına 2010-2017 yılları arası gemi tiplerine göre gemi geliş yüzdeleri (UNCTAD, 2018a).

Bölgesel olarak Afrika, Asya, Avrupa ve Latin Amerika limanlarına gemi tiplerine göre gemi geliş yüzdeleri Şekil 2.5'de verilmiştir. Yüklerin konteynerleşmesindeki yoğunluk gemilerin de bu yönde sayılarının artmasına sebep olmuş ve limanların ağırlıklı olarak konteyner gemilerine hizmet vermeye başladıkları görülmüştür. Özellikle Asya limanlarında bu oran yüzde 50'lerin de üzerine çıkmıştır.

Ticari limanlarda yükün türüne ve paketleme şekline göre yükleme/boşaltma operasyonlarının planlandığı, depolama sahalarının belirlendiği ve elleçleme operasyonlarının gerçekleştiği yük tipine göre planlanmış kara alanlarına terminal denilmektedir (Yüksel ve Özkan, 2010).

Terminaller yük çeşidine göre özelleşmiş olup ana terminal tipleri aşağıdaki gibidir (Yüksel ve Özkan, 2010) :

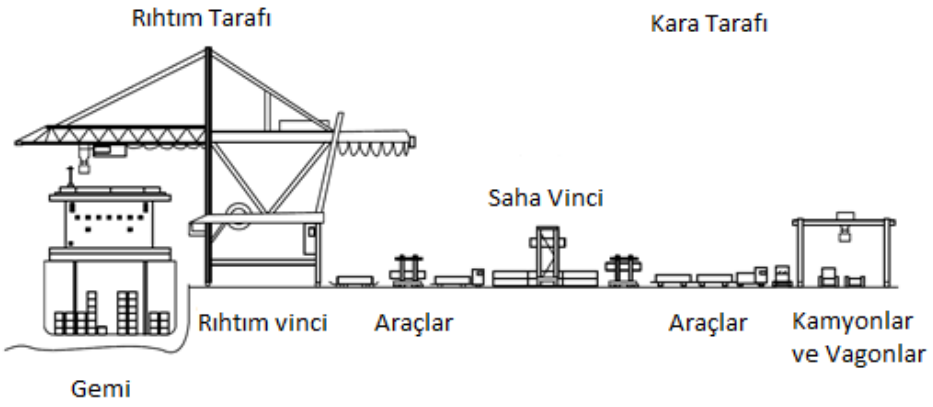
- Konvansiyonel genel kargo terminali
- Çok amaçlı terminal
- Ro-Ro terminali

- Konteyner terminali
- Sıvı dökme yük terminali
- Kuru dökme yük terminali
- Meyve terminali
- Balık terminali
- İç su yolu terminali
- Feribot terminali

2.4.KONTEYNER TERMİNALLERİ

Konteyner terminalleri, konteyner elleçlemesi üzerine uzmanlaşmış liman tesisleridir. Gelen ve giden konteynerler için temelde gemiye yükleme, gemiden tahliye ve depolama hizmetleri sunarlar. Konteynerlerin gemi ve terminal hinterlandı ile bağlantı noktalarıdır.

Genellikle konteyner gemilerine hizmet verirler ve bu gemilerin yükleme/boşaltma işlemlerine özel ekipmanlarla donatılmışlardır. Şekil 2.6'da bir konteynerin limana gelişinden kapıdan çıkışına kadar olan ya da bunun tam tersi olarak işleyen süreç şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.6: Konteyner terminallerinin şematik görünüşü. (Steenken ve diğ., 2004).

Konteyner terminalleri büyük vinçlerin bulunduğu genelde birkaç rıhtımdan oluşur. Hemen arkasında konteynerlerin depolandığı alan bulunur. Konteyner terminallerinde farklı işleyişler mevcuttur. Bir tanesi konteynerin gemiden bir treyler üzerine alınıp park yerine götürülüp treyler üzerinde bekletilmesi şeklindedir. Bu işleyişte konteynerin tek bir

elleçlemesi olmaktadır fakat dezavantajları çok büyük liman alanı gereksinimi ve yüksek treyler yatırımlarıdır. Bu sebeple terminal operatörleri tarafından fazla tercih edilmemişlerdir. Diğer bir işleyiş ise konteynerlerin rıhtımdan straddle carrier ya da büyük forklift gibi araçlarla istif alanına kadar getirilerek burada iki-üç sıra üst üste dizilmesi şeklindedir. Fakat bu işleyiş için de geniş terminal depolama alanlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle daha küçük terminal alanına sahip ve yüksek konteyner hareketi bulunan terminaller için en uygun işleyiş biçimi ise konteynerlerin gemiden tahliye edildikten sonra karada beş sıraya kadar istiflenebildikleri ve depolama sahasındaki hareketlerin verimleri yüksek saha vinçleri tarafından gerçekleştirildikleri işleyiş şekli olmuştur.

Konteyner terminalleri içindeki hareketler oldukça mekanik ve otomatik bir biçimde yapılmaktadır. Elleçleme hızları limandan limana değişiklik gösterse de, saatte vinç başına ortalama 20 hareket olarak gerçekleşmektedir. Genel kargo iskelelerinde yılda 100-150 bin ton elleçleme operasyonu gerçekleşirken bu oran konteyner terminallerinde iskele başına 1-2 milyon tona kadar çıkmıştır. Dünya üzerindeki konteyner elleçlemesinin % 98'i ilk 60 sıradaki limanlar trafından gerçekleşmektedir (Stopford, 2009b).

Açık deniz ve yeni nesil konteyner gemilerine hizmet verebilecek terminaller her ülkede bulunmamaktadır. Bu sebeple bazı ana limanlardan o bölgedeki daha küçük limanlara konteynerler farklı gemilerle taşınmaktadır. Konteynerlerin büyük gemilerden küçük gemilere aktarıldığı bu limanlar aktarma limanı olarak adlandırılır (Stopford, 2009b).

2.4.1. Konteyner Terminallerinin Gelişimi ve Konteynerizasyon

Bugunkü konteyner sistemi 1960'ların ortalarında ABD'de gelişmiştir. ABD'li iş adamı Malcolm McLean buna öncülük etmiştir. 1956 yılında Malcolm McLean tarafından Ideal X isimli tankerin konteyner gemisine dönüştürülmesiyle Newark ve Houston limanları arasından ilk konteyner taşımacılığı gerçekleşmiştir. Devamında ABD'nin doğu ve batı kıyıları arasında konteyner taşımacılığı başarılı bir şekilde sürdürülmüştür. Daha sonra, Nisan 1966'da ilk transatlantiği New Jersey Port Elizabeth'den Rotterdam'a sefer yapmıştır. Gemi herhangi bir düzenli taşımacılık yapan konvansiyonel genel yük gemisinden 4 hafta önce Rotterdam'a varmıştır. Bu başarı, konteynerlerin ISO tarafından standart ölçülere bürünmesine sebep olmuş ve bunun neticesinde farklı hatlar arasında ve farklı taşıma

modları arasında aktarma süreçleri hızlanmış ve kolaylaşmıştır. İlerleyen yıllarda ise konteyner yükleme, boşaltma ve elleçleme üzerine özel ekipmanları barındıran özel tesisler kurulmuş ve konteyner terminali olarak adlandırılmıştır (Stopford, 2009b; Hecht ve Pawlik, 2007).

Konteynerizasyon, ana hedefi olan limanda kalış sürelerini kısaltmakta oldukça başarılı olmuştur. Yine konteynerizasyon düzenli taşımacılık hizmeti veren firmalarının operasyon alanlarını da genişletmiştir. İlk olarak, konteynerler taşımaların kapıdan kapıya yapılmasına imkan sağlamıştır. İkinci olarak, konteyner taşımacılığı sayı olarak az ama alanında uzman büyük hat operatörleri tarafından gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Üçüncü olarak, yavaş ve düzensiz limanların yerini daha az elemanla daha hızlı bir şekilde hizmet verebilen konteyner terminalleri almıştır. Konteynerizasyonun denizcilik endüstrisi üzerindeki bu etkilerinin yanında dünya ekonomisine de önemli katkıları olmuştur. Önceleri bölgeler arası taşımacılık yavaş, pahalı, güvensiz ve özellikle elektronik ürünler için çalınmaya ve hasarlanmaya müsait bir yapıdayken konteyner taşımacılığı ile birlikte hızlı, güvenilir ve oldukça ucuz olarak gerçekleştirilmeye başlanmıştır (Stopford, 2009b). Konvansiyonel dökme yük taşımacılığına kıyasla konteyner taşımacılığı, yükün daha az zarar görmesi ve daha az paketleme ihtiyacının doğmasından dolayı daha verimlidir (Hecht ve Pawlik, 2007).

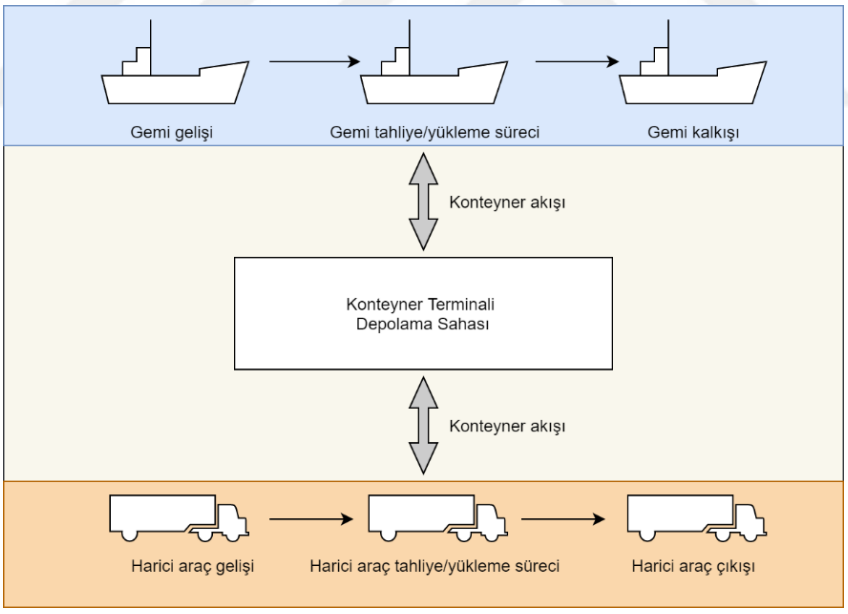
2.4.2. Konteyner Terminallerinin Fonksiyonları

Konteyner terminallerinin temel fonksiyonları Şekil 2.7'de gösterilmiştir. Konteyner terminalleri esas itibariyle konteynerlerin farklı taşıma modları arasında geçişlerinin sağlandığı ve aynı zamanda depolanabildikleri yerlerdir. Buna ek olarak bazı yardımcı hizmetleri de müşterilerine sunarlar (Saanen, 2004; Nazari, 2005).

Konteyner terminalinin aktarma fonksiyonu, konteynerlerinin bir taşıma modundan depolama alanına alınarak veya direk olarak başka bir taşıma moduna aktarılması olarak ifade edilebilir. Bununla birlikte, bir ulaşım modundan diğerine doğrudan aktarma neredeyse imkansızdır. Bu nedenle, bir konteyner terminalinin depolama fonksiyonu, konteyner terminalinin performansı için özellikle önemlidir (Saanen, 2004).

Depolama fonksiyonun bazı önemli noktaları ise Zijderveld (1995) tarafından şu şekilde özetlenmiştir:

- Doğrudan aktarma durumunda harici kamyonların doğru sırayla, doğru zamanda ve doğru yere ulaşacak şekilde herhangi bir gecikme olmadan işlenmesi çok zor olacaktır ve terminal süreci çok karmaşık hale gelecektir.
- İkiden fazla farklı taşıma modu olan terminaller için doğrudan aktarma, gelişmiş bir terminal tasarımı gerektirir. Elleçlenen tüm taşıma modları birbirine çok yakın olmalıdır, bu da terminaller için büyük gemileri, kamyonlar ve trenler açısından ciddi sorunlara neden olacaktır.
- Doğrudan aktarma durumunda konteynerlerin nakledileceği her iki taşıma aracının da eşzamanlı olarak hazır olması gereklidir. Özellikle gemilerle trenlerin arasındaki veya iki gemi arasındaki aktarma işlemleri için bu durum neredeyse imkansızdır.
- Bir konteynerin alıcısı, yüke her zaman çok hızlı gerek duymaz. Dolayısıyla, ucuz depolama olanaklarıyla ilgilenebilirler. Ek olarak, konteynerler bazı durumlarda gümrük talepleri veya mali sebepler nedenleriyle terminalde depolanabilirler (Saanen, 2004).



Şekil 2.7: Konteyner terminallerinin temel fonksiyonları (Saanen, 2004).

Genellikle konteyner terminalleri, depolama fonksiyonu için yeterli alan sağlar. Bu depolama alanı soğutuculu, boş konteyner ve tehlikeli konteyner gibi özel konteyner tiplerinin depolanması için daha küçük alanlara bölünmüştür. Bir depolama alanının toplam büyüklüğü, terminale özgü konteyner hacmi ve ortalama konteyner bekleme süresi ile belirlenir. Birçok konteyner terminalinin ana hedefi yüksek konteyner hacmi ve kısa

bekleme sürelerini yakalamak şeklindedir. Her ne kadar depolama terminalin ana hedefi olmasa da aktarma sürecinin de vazgeçilmez bir parçasıdır. Makul bekleme süreleri bu doğrultuda 3-8 gün arasında değişmektedir (Nazari, 2005).

Konteyner terminalleri bu ana fonksiyonların yanında konteyner iç dolum, iç boşaltma, konteyner tamiri, yıkanması gibi bazı yardımcı hizmetler de sunarlar. Bazı durumlarda da boş konteyner deposu gibi hizmet verebilirler (Saanen, 2004; Nazari, 2005).

2.4.3. Konteyner Terminal Elleçleme Ekipmanları

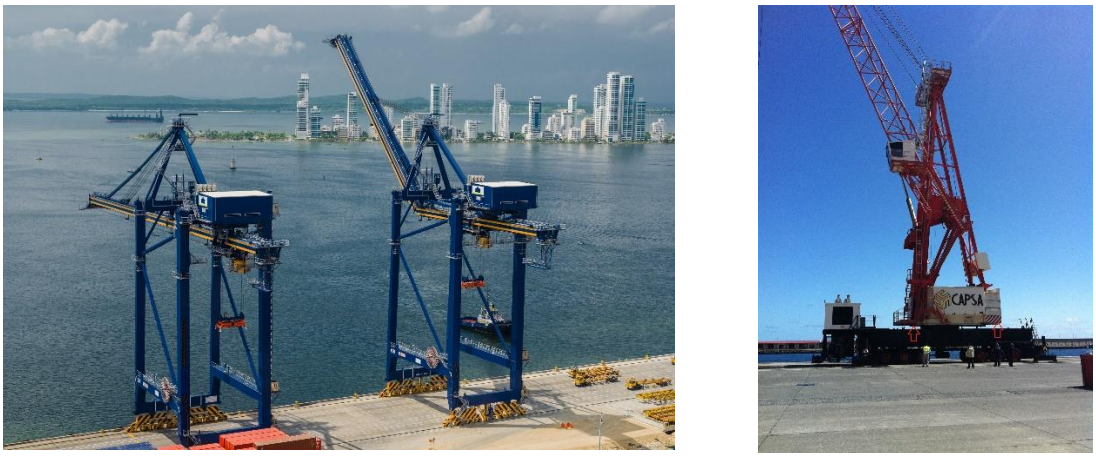
Terminal içerisinde konteynerlerin her türlü elleçleme operasyonunda kullanılan terminal ekipmanları rıhtım, saha ve liman içi taşıma ekipmanları şeklinde üç başlık altında özetlenmiştir.

2.4.3.1.Rıhtımda Kullanılan Elleçleme Ekipmanları

Konteyner terminallerinin deniz tarafındaki en önemli fonksiyonel alanı, gemilerin yanaştığı ve yükleme/boşaltma operasyonlarının gerçekleştiği rıhtımlardır. Konteynerlerin yükleme ve boşaltma işlemleri rıhtım vinçleri tarafından gerçekleştirilir. Gemi boyutlarında zamanla gerçekleşen artış gemilerin bekleme maliyetlerini daha değerli hale getirmiş, bu yönde gemilerin terminalden en kısa sürede ayrılabilmeleri için vinç kapasitelerinin de arttırılması gerekmiştir. Gemi boyutlarına ve gerçekleştirilecek operasyona bağlı olarak, gemilere aynı anda beş veya altı rıhtım vinci hizmet verebilir. Bir vincin bir konteyneri yükleme veya boşaltma işleminin her birine hareket denir. Bir konteynerin gemiye yüklenmesi için izlenen vinç işlemlerinin tam tersi konteynerin gemiden tahliyesi için gerçekleşir. Rıhtım vinçlerinin verimliliği saat başına hareket sayısı ile ölçülür. Bir konteyner terminali için bu sayı, terminal verimliliğinin önemli bir göstergedir (Meisel, 2009; Thoresen, 2014).

Şekil 2.8'de sabit rıhtım vinci (STS) ve mobil rıhtım vinci (MHC) örnekleri gösterilmiştir. Saatlik rıhtım vinci kapasitesi 10 ila 70 konteyner arasında değişmekte olup vinç başına ortalama 25 konteyner/saat şeklindedir. Hareketli rıhtım vinçlerinin (MHC) ortalama kapasitesi 15-25 konteyner/saat iken, sabit rıhtım vinçlerinin (STS) kapasitesi 30-40 konteyner/saat aralığındadır (Thoresen, 2014).

(a) (b)



Şekil 2.8: (a) Sabit rıhtım vinci, (b) Mobil rıhtım vinci (Kalmar, 2020).

2.4.3.2.Sahada Kullanılan Elleçleme Ekipmanları

Terminal sahasında geçici olarak depolanan konteynerlerin elleçlenmesini sağlarlar. Sahaların yapısına ve terminal işleyiş düzenlerine göre farklı ekipmanlar kullanılabilir. Konteynerlerin bloklar halinde depolandıkları kısıtlı saha alanına sahip terminallerde genellikle Şekil 2.9'deki gibi lastif tekerlekli istif vinçleri (RTG) kullanılır. RTG'lerle aynı çalışma prensibine sahip RMG (Rail mounted gantry) vinçleri ise lastik tekerlek yerine raylar üstünde hareket ederler. RTG ya da RMG vinçlerinin kullanıldığı depolama alanlarında konteyner blokları genellikle 5–9 konteyner genişliğinde ve 4–6 konteyner yüksekliğinde kurulur. Ortalama elleçleme kapasiteleri ise saatte 15-25 konteyner arasındadır (Thoresen, 2014).

Şekil 2.9'de gösterilen diğre bir saha ekipmanı ise Straddle carrier (SC)'dır. SC'ler depolama alanlarında istif esnasında kullanılabildikleri gibi rıhtım ile saha arasında başka bir ekipmana gereksinim duymadan konteynerlerin taşımasını da gerçekleştirebilirler. Bu ekipmanın kullanılabilmesi için istif blokları arasında SC'nin lastiklerinin girebileceği genişlikte şeritlerin olması gererkir. İstif blokları genellikle ince uzun bir hat şeklindedir. Konteynerler ortalama 2 veya 3 sıra yüksekliğinde istiflenir. Alan verimliliği ve kullanım esnekliği nedeniyle SC'ler terminal operatörleri tarafından sıklıkla tercih edilirler (Ligteringen, 1999).

(a) (b)



Şekil 2.9: (a) Saha vinci (RTG), (b) Straddle carrier (SC) (Kalmar, 2020).

Dolu konteynerlerin elleçlenmesinde sıklıkla kullanılan yukarıdaki ekipmanlara ek olarak saha operasyonlarında boş konteyner istifleme (ECS) araçları ve konteyner istifleme (CRS) araçları da kullanılmaktadır.

2.4.3.3.Terminal İçi Taşıma Araçları

Konteyner terminallerinde, terminal içi taşımalar genellikle iki farklı fonksiyonel alan arasında gerçekleşir. Bu taşımalarda en sık kullanılan ekipmanlar saha içi taşıma kamyonlarıdır (YTT). Bu araçların konteyneri kaldırma veya indirme gibi imkanları bulunmadığından bu operasyonlar için vinçlere gereksinim duyarlar. Birim maliyeti YTT'lere göre daha fazla olan vinçlerin operasyonlar süresince gereksiz beklemesini önlemek için vinçlerin ve YTT'lerin dikkatli bir şekilde senkronize edilmesi ve vinçlerin bekleme zamanlarının minimum seviyede tutulması gerekir (Meisel, 2009).

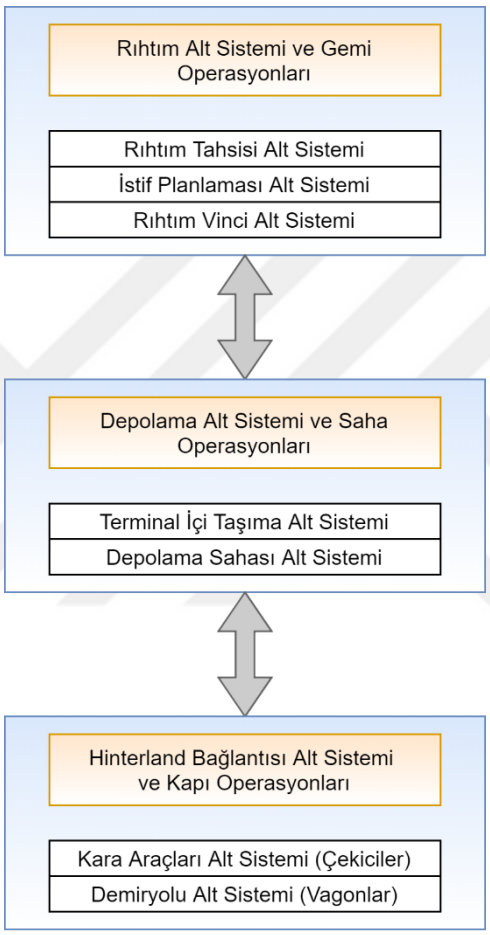


Şekil 2.10: Saha içi taşıma aracı - YTT (Kalmar, 2020).

Şekil 2.10'de gösterilen YTT'ler arkalarına bağlanan dorseler üzerinde terminal içi konteyner taşımalarını gerçekleştirmektedirler.

2.5.KONTEYNER TERMİNAL SİSTEMİ VE ALT SİSTEMLERİ

Konteyner terminalleri farklı alt sistemlerden oluşan kompleks yapılardır. Bu alt sistemlerin her biri yine kendi içinde çeşitli problemleri barındırmaktadır. Şekil 2.11'da bu alt sistemlerin birbirleriyle olan ilişkileri gösterilmiştir.



Şekil 2.11: Konteyner terminallerindeki alt sistemler ve ilişkileri (Casey, 2011)

Konteyner terminallerindeki yerleşim planının genel yapısı incelendiğinde standart bir konteyner terminalindeki ana yapı taşları aşağıdaki gibi özetlenmiştir (Rodrigue ve diğ., 2013):

- Rıhtım Alanı, gemilerin yanaştığı, uzunluk ve derinlik gibi teknik özelliklerinin bulunduğu yanaşma yerini ifade eder.
- Yükleme/Boşaltma Sahası, rıhtımların hemen arkasında bulunan ve rıhtım vinçlerinin altında bulunan, gemiden tahliye edilen ve gemiye yükleme yapılan konteynerlerin operasyon alanıdır.

- Depolama Sahası, konteynerlerin gemiye yüklenene kadar veya liman dışına alınana kadar geçici olarak liman sahası içinde bekledikleri alanlardır.
- Kapı, konteynerlerin terminale giriş ve çıkış yaptıkları noktalardır.
- Yönetim Binası, terminalin idare edildiği ve yönetildiği, gerekli evrak işlerinin yapıldığı alandır.

Konteyner terminallerindeki operasyonlar genellikle rıhtım tarafı ve kara tarafı olarak ikiye ayrılmaktadır. Konteyner terminalleri farklı büyüklüklerde ve yapılarda olmalarına rağmen temelde aynı operasyonların gerçekleştirildiği sistemlerdir. Rıhtım alanında gemilere yükleme/boşaltma işlemlerini gerçekleştiren rıhtım vinçleri bulunur. Bu alanın arkasında konteynerlerin istiflendiği depolama sahaları mevcuttur. Bu alanda depolanan konteynerlerin de gerek kapı ile gerekse rıhtım ile aralarında taşınmalarının gerçekleştiği dinamik bir yapı bulunur(Günther ve Kim, 2006).

Rıhtım tarafındaki operasyonlar, gemiyle ilgili operasyonlardır. Gemilere konteynerlerin rıhtım vinçleri tarafından yüklenmesi ve boşaltılması bu operasyonlarının temelini oluşturur (Rodrigue ve diğ., 2013). Kara tarafı operasyonlarının önemli bir bölümünü depolama sahası operayonları oluşturur. Genellikle depolama sahasında konteynerlerin türlerine göre (ihracat/ithalat/transit/boş vb.) ayrıştırıldığı konteyner blokları bulunur. Bu bloklarla ilgili en önemli problemlerden biri konteynerlerin optimum şekilde ve ilerleyen süreçte minimum hareketle yerinden alınmasını sağlayacak şekilde istiflenmesidir (Steenken ve diğ., 2004). Terminal içi araçların ya da kamyonların operasyonları da kara tarafı operasyonlar olarak nitelendirilir. Konteynerlerin rıhtım vinciyle depolama sahası arası ve depolama sahasıyla kapı arası hareketleri kara tarafı operasyonlar kapsamındadır. Yine kapı sonrası konteynerlerin nihai noktalara ulaştırılması amacıyla gerek kamyonlarla gerekse de vagonlarla yapılan taşımalar kara tarafı operasyonlarıdır.

2.5.1. Rıhtım ve Gemi Operasyonları

Rıhtım alt sistemi, temelde gemilerin yükleme ve boşaltma işlemleri ile ilgilidir. Konteyner gemileri için en önemli noktalardan biri olan terminalden en kısa sürede ayrılmanın gerçekleşebilmesi için planlamada kilit bir rol oynamaktadır. Konteyner terminallerinin çeşitli operasyonel planlama problemleri rıhtım alt sistemi ile ilgilidir. Bu problemler, gemilerin istif planlamaları, gemiler için rıhtım ve vinç atama gibi problemlerdir (Kemme, 2013).

Konteynerlerin yükleme ve boşaltma işlemleri başlamadan önce, genellikle, gemi daha gelmemişken bir yanaşma yerine atanır. Liner servislerle düzenli olarak gelen konteyner gemilerine aynı yanaşma yerleri atanır. Yanaşma yerlerinin yanı sıra, yükleme ve tahliye işlemleri için de gemi büyüklüğüne bağlı olarak rıhtım vinçlerinin atanması gemi gelmeden yapılır (Kemme, 2013).

Rıhtım alt sistemi ve gemi operasyonlarının ana hedefi, gemilerin rıhtımda bekleme sürelerinin en aza indirilmesidir (Steenken ve diğ., 2004). Gemilerin varış bilgileri ile gemilere hizmet vermek üzere rıhtım vinci tahsisi ile ilgilenir ve gemilerin en kısa sürede operasyonunun bitmesini amaçlar. Gemi operasyonları, gemideki konteynerlerin boşaltılmasını ve yüklenmesini içerir. Bu süreç birbiriyle senkronize çalışan rıhtım vinçleri tarafından gerçekleştirilir (Esmer, 2008).

2.5.2. Saha Operasyonları

Depolama alt sistemi, deniz tarafı ile kara tarafı arasındaki konteyner taşıma zincirinin en önemli bağlantı ve ayrışma noktasıdır (Nazari, 2005). Bu operasyonlar, konteynerlerin rıhtımdan sahaya, sahadan rıhtıma taşınmasını, saha içinde yer değiştirmesini, terminaller arası transferlerini kapsar ve belki de alt sistem faaliyetleri içinde en yoğun olanlarıdır (Esmer, 2008). Küreselleşmeyle birlikte büyüyen denizyolu taşımacılığında konteyner kullanım oranlarının ve gemi büyüklüklerinin artması konteyner terminallerindeki depolama alanını kısıtlı hale getirmektedir (Lee ve Yu, 2012).Sürekli artan konteyner hacimlerinin sahalarda depolanması gerektiği gibi saha alanlarının sabit kalması ve kısıtlı bir kaynak oluşu, depolama alt sisteminin önemini son yıllarda sürekli arttırmıştır (Steenken ve diğ., 2004; Rijsenbrij ve Wieschemann, 2011).

Genel olarak, konteyner terminallerinde konteynerleri depolamak için iki yöntemden bahsedilebilir. Bunların ilki, her bir konteynere doğrudan erişim sağlanan ve konteynerlerin hareketli şasiler üzerinde depolandığı sistemken, ikincisi, konteynerlerin zeminde ve üst üste istiflendikleri sistemlerdir. İkinci yöntemde her bir konteynere doğrudan erişim yoktur, diğerlerinin altında depolanan konteynerlere erişmek için üsttekilerin yer değiştirmesi gerekir, bu da diğer depolama yerlerinde yeniden konumlandırılmalarının gerektiği anlamına gelir (Meersmans ve Dekker, 2001).

Konteynerlerin zeminde istiflendikleri depolama alanları genellikle birkaç bölmeden, sıradan ve katmandan oluşan bloklara ayrılır. Maksimum istifleme yüksekliği, kullanılan istifleme ekipmanına bağlıdır. Çoğu konteyner terminali, blokları konteynerlerin özelliklerine göre ayırır. Gemiye yükleme için planlanan veya terminalden çıkacak konteynerler genellikle farklı bloklarda istiflenir. Bunun dışında, boş, tehlikeli, hasarlı veya soğutuculu konteynerler için de özel depolama alanları bulunabilir (Kemme, 2013).

Konteyner bloklarından başlayan ya da bu bloklarda biten terminal operasyonlarının çoğunun etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi için verimli istifleme çok önemlidir. İstifleme işlemlerinin etkinliğinde istifleme ekipmanı seçimi ve terminal yerleşim düzenine ilişkin stratejik kararların alınmasının yanı sıra, konteyner istifleme ve istifleme ekipmanlarının planlanması ve yönlendirilmesi de önemli rol oynar (Meersmans ve Dekker, 2001; Vis ve de Koster, 2003).

2.5.3. Kapı Operasyonları

Hinterlant bağlantıları, konteyner terminallerinin rekabet edebilirliği için büyük önem taşımaktadır. Terminal ile hinterlandı arasında hızlı, erişilebilir, güvenilir ve düzenli bir bağlantının olmaması, ithalat ve ihracat konteyner akışlarının azalmasına dolayısıyla da terminal performansının düşmesine sebep olacaktır (Nazari, 2005).

Terminale dışarıdan gelen tırlar genellikle terminal kapısına konteyner yüklü ya da boş vaziyette varış yaparlar. Dolu olarak gelen tırların taşıdıkları konteynere ait veriler kapı girişlerinde kontrol edilirken, boş gelen tırların da terminal içinde yönlenecekleri sahalar kapıdan giriş yapmadan belirlenir. Terminale giriş yapan bu tırlar, daha sonra, üzerlerindeki konteynerleri indirecekleri ya da yeni konteyner alacakları alanlara ya da sahalara yönlendirilirler. Saha vinçlerinin kullanıldığı konteyner depolama alanlarında, tırlarla ilgili yükleme ve boşaltma operasyonları konteyner bloklarının hemen bitişiğindeki özel yükleme alanlarında gerçekleştirilir (Steenken ve diğ., 2004).

Avrupa'daki büyük konteyner terminallerinin çoğunun demiryolu ağına bağlantısı bulunmaktadır. Bu terminaller, içerisinde hinterlant ve denizaşırı destinasyonlara gönderilecek olan konteynerlerin elleçlendiği kendi demiryolu istasyonlarına sahiptir. Konteynerlerinin demiryolu ağındaki vagonlara yüklenmesi ve boşaltılması ile bu konteynerlerin demiryolu istasyonu ile konteyner depolama alanı arasında aktarılması

operasyonları için terminal içi kullanılacak ekipmanlara ihtiyaç vardır. Bu ekipmanlar genellikle kendi kaldırma ve taşıma imkanları olan araçlar ile terminal içi kullanılan şasiler olmaktadır. Şasilerin kullanıldığı durumlarda demiryoluna yakın bir noktada aktarma işlemlerinin yapıldığı ve konteynerlerin depolandığı depolama sahaları bulunur. Diğer durumda ise herhangi bir depolama sahasına alınmadan konteynerler kaldırma ve taşıma kapasitesine sahip araçlarla vagonlar ve konteyner terminali arasında taşınırlar (Steenken ve diğ., 2004).

Trenlerin yükleme/boşaltma süreçleri de gemiler ile benzer özellikler göstermektedir. Belirli bir trene yüklenmesi gereken her konteyner için, tren vagonlarında yükleneceği konumun belirtildiği yükleme planları hazırlanır. Konteynerin hangi vagona yükleneceği belirlenirken, konteynerin türü, ağırlığı ve varış yeri ile vagonun maksimum yükü ve tren sırasındaki konumu dikkate alınır. Bu yükleme planı tren operatörü veya konteyner terminali tarafından hazırlanabilir (Steenken ve diğ., 2004).

2.6.LİMAN VE TERMİNAL PLANLAMASI

Liman veya terminal planlaması temel olarak "*Terminal Operasyonlarının Planlanması*", "*Terminal Üstyapısının Planlanması*" ve "*Terminal Altyapısının Planlanması*" olarak üçe ayrılır (Böse, 2011).

- *Terminal Operasyonlarının Planlanması,* konteyner elleçleme, nakliye ve depolama gibi operasyonel süreçler ile idari terminal süreçlerinin kısa, orta ve uzun vadeli planlamasını kapsar. Kısa dönemli planlama özellikle günlük operasyonların organizasyonu için alınan operasyonel kararlar ve önlemlerdir. Orta dönemli planlama, dış kaynak kullanımı ya da vardiya sistemi veya ekipman kontrolü gibi terminal kaynaklarının kullanımında yapılacak değişiklikler gibi taktiksel kararlar ve önlemleri içerir. Uzun dönemli planlama, terminal hizmetlerinin geliştirilmesi, uzun vadeli ortaklıklar veya terminal operatörleri ve armatörler arasındaki anlaşmalar gibi terminal operasyonu ile ilgili stratejik kararlar ve önlemlerden oluşur.
- *Terminal Üstyapısının Planlanması,* özellikle terminalin mühendislik gereksinimleri ve kaynaklarının sayısal olarak değerlendirilmesine yönelik faaliyetleri içerir. Terminal yerleşim düzeni, personel gereksinimi, terminal binaları, terminal operasyon ekipmanları gibi kararların alınmasında etkilidir.

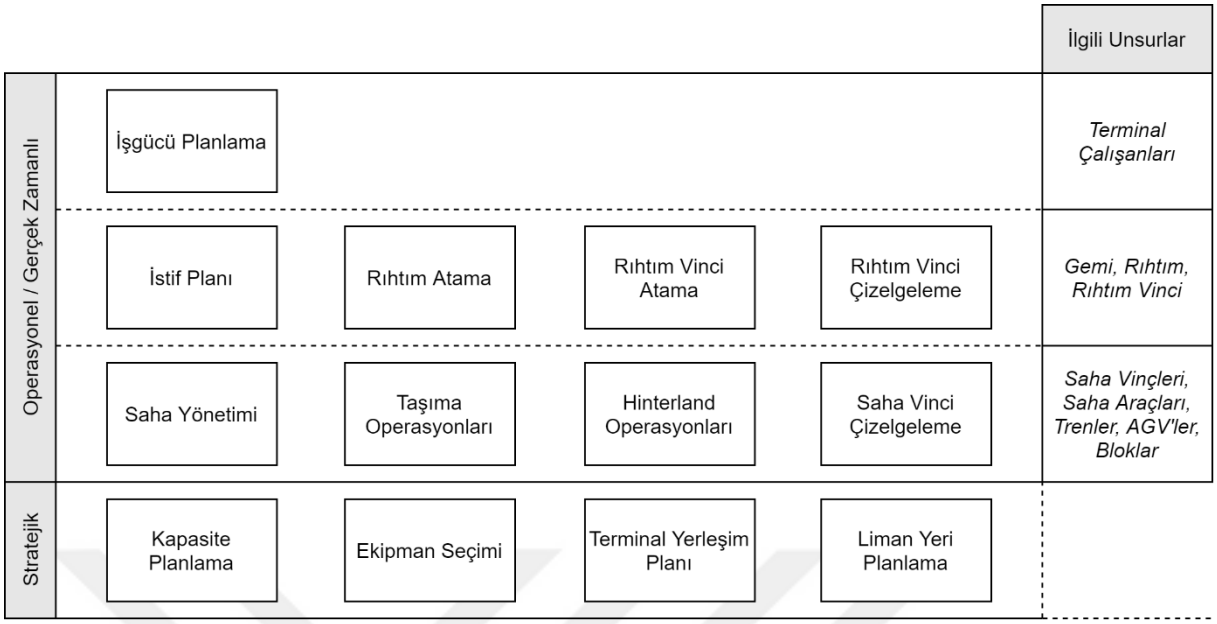
- *Terminal Altyapısının Planlanması,* terminal alanının düzenlenmesi (örn. alan büyüklüğü ve yüksekliği, arazi ıslahı, rıhtım duvarı uzunluğu vs.) ve dış ulaşım ağları ile terminalin bağlantısı ile ilgili kararlarla ilgilenir.

Operasyonel planlama, liman tesislerinin ve kaynaklarının tahsisini içeren kısa vadeli planlama ile ilgilenir. Stratejik planlama genellikle üç ila beş yıllık zaman aralıklarında mevcut liman kapasitesi ve kaynaklarının etkin kullanımı üzerinde dururken aynı zamanda pazar payını arttırma ve işbirliği ortaklıklarına da odaklanır. Uzun vadeli planlama ise, liman hizmetleri için uzun vadeli talebi karşılamak amacıyla tesislerin geliştirilmesi ve ağır ekipmanların satın alınması gibi bir master plandan oluşur (Bichou,2013).

Tablo 2.4: Liman planlama modelleri (Bichou, 2013).

	Liman planları	Zaman aralığı	Ölçek	Detay seviyesi
Kapasite planlaması	Master planlar	≥ 10 yıl	Büyük	Düşük
Kapasite yönetimi	Stratejik planlar	3–5 yıl	Orta	Orta
	Operasyonel planlar	Günlük/haftalık	Küçük	Yüksek

Tablo 2.4'de yukarıda anlatılan liman planlama modellerinin kapasite ile ilişkisi gösterilmiştir. Liman kapasitesinin incelenmesi hem kapasite planlamasını hem de kapasite yönetimini içerir. Kapasite planlaması, uygulama mühendisliği ve finansal seçeneklerin incelenmesi de dahil olmak üzere, liman hizmetleri için gelecekteki talebe uygun ek kapasiteyi tahmin etmenin tekno-ekonomik sürecidir. Diğer yandan, kapasite yönetimi, belirli bir kapasite için liman operasyonlarını optimize ederken, maliyet etkinliği ve hizmet kalitesi arasında bir denge sağlar. Kapasite planlama ve kapasite yönetimi genellikle liman kapasitesinin yapısal ve yapısal olmayan ölçümleriyle bağlantılıdır. Yapısal önlemler, tarama çalışmaları, arazi ıslahı ve yeni liman ekipmanı alımı gibi tesislerin genişletilmesi ile alakalı olmakta iken yapısal olmayan önlemler, eldeki imkanlarla mevcut tesislerin iyileştirilmesine odaklanır. Yapısal olmayan önlemlere trafik yönlendirmesi gibi yöntemlerle talebin azaltılması veya daha hızlı veri değişimi, daha az gemi ve kargo bekleme süresi ile operasyonel verimliliğin iyileştirilmesi örnek verilebilir (Bichou,2013).



Şekil 2.12: Konteyner terminallerindeki planlama problemleri ve operasyonel problemler (Wiese, 2011).

Şekil 2.12'de konteyner terminallerinde en sık karşılaşılan planlama problemleri ve operasyonel problemler gösterilmiştir. Terminal yerleşim planı uzun dönemli stratejik kapsamında değerlendirilmektedir.

Mevcut bir limanın altyapısı ve operasyonlarının kapasite ve verimlilik üzerine değerlendirilebilmesi için mevcut liman tesislerinin ve altyapısının gözden geçirilmesi, limanın operasyonel analizinin yapılması, taşıma oranlarının incelenmesi, lojistik zincirleri ve katma değerli hizmetlerin değerlendirilmesi ve diğer limanlar ve hinterland bağlantıları ile olan ilişkilerinin kontrol edilmesi gerekmektedir (PIANC, 2014b).

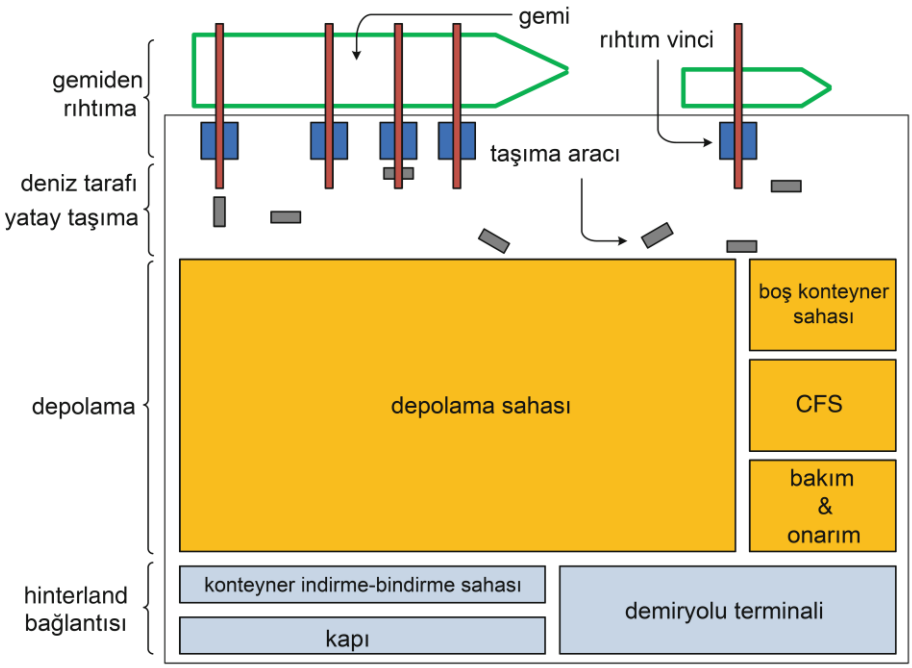
2.7.KONTEYNER TERMİNALİ YERLEŞİM PLANI

Limanlarda daha yüksek alan verimliliğine planlama, düzenleme ve yardımcı fonksiyonların yeniden konumlandırılması yoluyla ulaşılabilir. Daha yoğun alan kullanımı için terminalin dizaynının ve yerleşim planının değiştirilmesi ve hatta bazı zamanlarda denizin doldurulması gerekebilir. Bu sayede terminallerin tasarımı ve yerleşimi değiştirilerek üretkenlikleri artar. Bazı konteyner terminalleri, üstün saha planlaması ile konteyner transfer alanlarında beş kattan daha fazla konteyner istiflemektedir (Merk, 2013).

Liman modernizasyonunun önemli bir kısmı, limanların yeni liman sahalarına yeniden konumlandırılmasıdır. Hem şehir hem de liman büyüyorsa limanın yeniden

konumlandırılması kaçınılmaz olmaktadır. Zamanında iyi bir konumda olmuş olsa da, devam eden kentleşme bir taraftan limanın genişlemesinde olumsuz bir etkiye sebep olmakta, öte taraftan da limana bir fırsat maliyeti doğurmaktadır. Bu noktada, hem liman hem de şehir, limanın genişlemesine daha fazla olanak sağlayacak başka bir alana taşınmasına olumlu bakabilir (Merk, 2013).

Şekil 2.13' da örnek bir konteyner terminalinin şematik görünümü verilmiştir. Genellikle deniz tarafında gemi ile rıhtım arasındaki rıhtım operasyonları yönetilirken, gemilerin en kısa sürede yüklenip boşaltılması amaçlanır. Depolama sahası ile rıhtım arasında ise konteynerler çeşitli taşıma araçları ile iki alt sistem arasında hareket ederler. Konteyner terminalleri tarafından sunulan ek hizmetlerin çoğu depolama alt sisteminde bulunur. Örneğin CFS (konteyner yük istasyonu)'ler ve bakım-onarım atölyeleri depolama sahasında yer alırlar. Depolama sahaları rıhtım ile kapı arasında terminalin merkezinde bulunur. Depolama sahalarının büyük kısmını ise konteyner istifleri/blokları kaplar. Terminalin kapı tarafını ise terminalin hinterland ile ilk bağlantı noktasıdır. Terminalin yapısına ve ulaşım imkanlarına göre konteynerler tren ile geliyorsa bir demiryolu terminali, treyler ile geliyorsa konteyner indirme-bindirme sahaları genellikle bu alanda bulunur (Kemme, 2013).



Şekil 2.13: Konteyner terminali şematik yerleşim planı örneği (Kemme, 2013).

2.7.1. Konteyner Terminali Dizayn Süreci

Bir konteyner terminalinin planlanması ve değerlendirilmesi çok karmaşık bir iştir. Bir yandan mevcut kaynaklarla en uygun alanın planlanması gerekirken diğer taraftan terminal operatörlerinin, liman otoritelerinin ve konteyner hatlarının ihtiyaçlarının karşılanması gerekmektedir. Bir limanın kapasitesi genellikle kargo işlem hacmi ile açıklanır ve verimliliği ise kargo veya konteynerlerin minimum maliyetle elleçlenebilmesi şeklinde ifade edilir. Limanın gerek olduğunda ihtiyaçlarını karşılayabilecek alanların belirlenebilmesi için var olan ve potansiyel konumların bilinmesi gereklidir. Bir liman planında olası bir genişleme durumunda nasıl bir yol izleneceği de belirtilmelidir. Bu sebeple aşağıdaki şartların sağlanması gerekir (Thoresen, 2014):

a) Liman alanına uygun bir yaklaşım kanalı,
b) Yeterli bir liman alanı, manevra sahası ve su derinliği,
c) Yeterli bir rıhtım yapısı ve büyük bir terminal alanı,
d) Yeni rıhtımlar ve daha büyük terminal alanları da dahil olmak üzere genişleme olasılığı.

Başarılı bir konteyner terminali yerleşimi, operasyon maliyetlerini düşürdüğü gibi hizmet kalitesini, operasyonel süreç etkinliğini ve yükleme / boşaltma ile yanaşma / ayrılma performanslarını iyileştirir (Mohseni, 2011) .

Liman iyileştirmeleri, limanın daha az bekleme süresiyle veya daha verimli bir kargo elleçleme işlemi ile daha hızlı bir şekilde çevrilmesini sağlayarak rıhtım servis süresini kısaltır. Yüklerin gerek gemi ile rıhtım arasında, gerekse de rıhtım depolama sahası arasında hızlı elleçlenebilirliği genellikle rıhtım tesislerinin altyapısıyla ilgilidir. Bazen, bir terminalin işleyişini yeniden organize ederek ve yönetim sistemlerini değiştirerek önemli gelişmeler kaydetmek mümkündür. Bu nedenle, liman tesislerindeki iyileştirmelerle birlikte liman yerleşim planının da iyileştirilmesi, çoğu durumda, kargoların daha verimli bir şekilde elleçlenmesi ve depolanmasıyla sonuçlanacaktır (Thoresen, 2014).

Bir limanın olası bir büyüme ve genişleme sürecinde öncelikle sahip olduğu alanları daha etkin nasıl kullanabileceğine bakılır. Bu süreçte liman içindeki tesislerin yer değiştirmelerinin nasıl sonuçlar doğuracağı değerlendirilir. Mevcut liman alanlarının etkin çıktısını değerlendirirken, aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır (Thoresen, 2014):

a) Teknik seviye,
b) Operasyonel seviye,
c) Depolama kapasiteleri,
d) Mülkiyeti,
e) Mevcut tesislerin yerini değiştirme olasılığı,
f) Çevresel hususlar.

Rıhtımın arkasındaki mevcut alanın iyileştirilmesi ve yeni terminal ekipmanlarının eklenmesi liman kapasitesini ve verimliliğini artırabilir. Bu, modern bir limanın kapasitesinin, etkin yönetim, rıhtımın ardındaki depolama sahasının büyüklüğü ve terminale alınacak yeni ekipmanlara bağlı olarak arttırılabileceği anlamına gelmektedir (Thoresen, 2014).

Birçok liman için mevcut liman alanına bitişik, genişlemeye uygun alanları bulmak zor olabilir. Çoğu zaman mevcut limanların yakın çevresi kentlerin gelişmesinden dolayı oldukça kalabalık ve kısıtlıdır bu da, mevcut liman tesislerinin doğrudan genişlemesini imkansız kılmaktadır. Bu nedenle, liman gelişiminin mümkün olabileceği ve genel liman planına dahil edilebilecek kıyı alanlarının araştırılması gerekir. Bu alanlar araştırılırken aşağıdaki faktörler dikkate alınmalıdır (Thoresen, 2014):

1) Yeterli alanın mevcudiyeti,
2) Gelecekteki genişleme olasılığı,
3) Hinterland bağlantılarının kullanılabilirliği,
4) Denize olan mesafesi ve denize erişilebilirlik durumu,
5) Zeminin yapısı ve yerleşim yeri veya jeoteknik problemlerin riski,
6) Dalga / rüzgar / akıntıya karşı korunma durumu,
7) Deprem tehlikesi,
8) Çevresel etkisi.

Özellikle, konteynerlerin rıhtımda yükleme/boşaltma süreçleri esnasında gemi hareketleri rüzgar ve dalgalar konusunda hassasiyet göstermektedir. Bu aşamada yaşanabilecek bir aksama önemli gecikmelere sebep olacaktır. Bu nedenle, bir liman veya terminalin konumu, azami özenle seçilmelidir (Thoresen, 2014).

2.7.2. Konteyner Terminal Alanları

Konteyner terminallerinde terminal alanı genellikle, apron, konteyner depolama alanı ve diğer alanlar (ofis binaları, tamir alanları, gümrük tesisleri, park yerleri, CFS alanları, vs.) olmak üzere üçe ayrılır. Apron, genişliği 15 ile 50 m arasında değişen rıhtımın hemen arkasında yükleme-boşaltma ekipmanlarının yer aldığı terminal alanıdır. Apronun bittiği yerde ise konteyner depolama alanları başlar. Modern bir konteyner terminalinde aprondan sonra, en az 300 m derinliğinde bir depolama alanının olması gerekir. Bu alan tercihen 700 m'ye kadar genişleyebilir. Toplam terminal alanı ise aşağıdaki formül ile hesaplanabilir (Thoresen, 2014):

$$A_T = A_{DS} + A_{CFS} + A_{BKS} + A_{DS} \tag{2.1}$$

Burada;

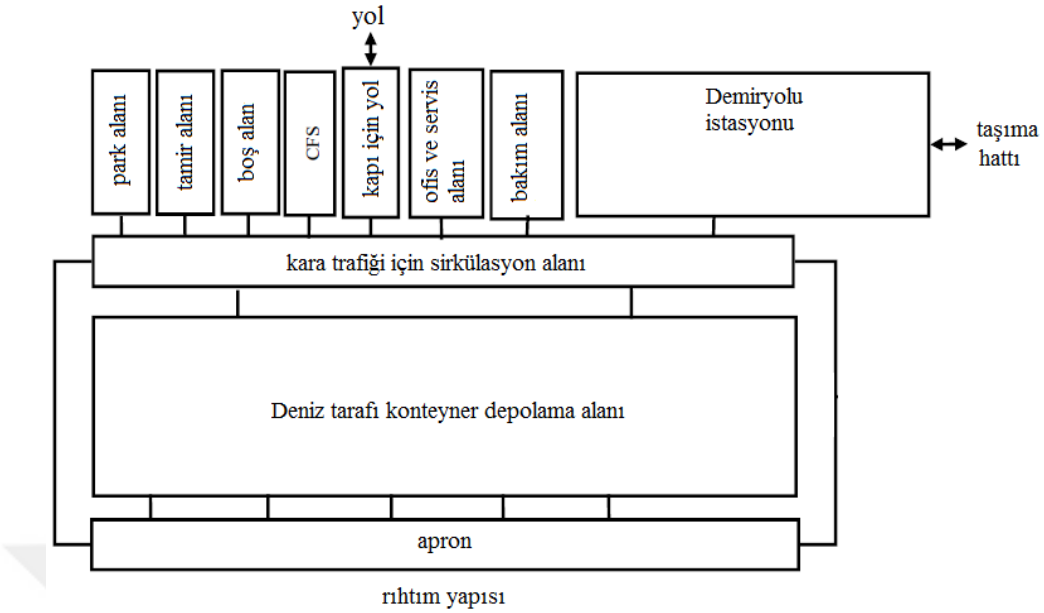
A_{DS} : Konteyner depolama sahası alanı. Toplam alanın yaklaşık % 50-75'ini oluşturur.

A_{CFS} : Konteynerlerin iç dolum, iç boşaltma gibi operasyonlarının yapıldığı CFS sahasının alanı. Toplam alanın yaklaşık % 15-30'unu oluşturur.

A_{BKS} : Boş konteynerlerin depolandığı ya da konteyner tamir ve bakımlarının yapıldığı alan. Toplam alanın yaklaşık % 10-20'sini oluşturur. Modern konteyner terminallerinde bu alanın mümkünse terminal alanı dışında tercih edilir.

A_{DS} : Ofis binaları, kapı girişleri, gümrük tesisleri, park yerleri gibi diğer alanlar. Bu alanlar da toplam alanın yaklaşık % 5-15'ini oluşturur.

Genişleme potansiyeli olan bir terminal için bu alanların üstüne yaklaşık % 25-40 oranında bir rezerv kapasite düşünülmelidir. Şekil 2.14'de genel olarak bir konteyner terminalinde bulunması gereken alanlar gösterilmiştir.



Şekil 2.14: Konteyner terminallerinde planlanan alanlar (PIANC, 2014a)

Terminal düzeni belli ölçüde seçilen elleçleme sistemine de bağlıdır. Terminal planının geliştirilebilmesi için aşağıdaki elemanların boyutlarının belirlenmesi gerekmektedir (Yüksel ve Özkan, 2010).

- Rıhtım uzunluğu ve rıhtım kreyni sayısı
- Apron alanı (rıhtım ve rıhtım ile depolama alanı arasındaki alanların toplamı)
- Depolama alanı
- Konteyner transfer alanı
- Hizmet alanları (CFS, ofis, kapı ve tamir bakım atölyeleri)

2.7.3. Terminal Konteyner Kapasitesi

Terminal konteyner kapasitesi hesaplanırken birim olarak genellikle TEU kullanılır. Thoresen (2014) kitabında terminal konteyner kapasite hesaplarını aşağıdaki gibi açıklamıştır. TEU cinsinden yıllık konteyner hareketi,

$$C_{TEU} = \frac{A_T \times 365 \times H}{A_{TEU} \times D \times (1 + B_f)} \times N \times L \times S \tag{2.2}$$

formülü ile bulunurken. Gerekli toplam saha alanı ise şu formülden bulunur:

$$A_T = \frac{A_N}{N \times L \times S} \tag{2.3}$$

Ek olarak istif sahasındaki toplam slot sayısı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$S_L = \frac{A_T \times N}{A_{TEU}} \tag{2.4}$$

Burada;

C_{TEU} : Yıllık konteyner hareketi

A_T : Gerekli toplam saha alanı

S_L : İstif sahasındaki toplam ground slot sayısı

A_N : İstif sahasının net alanı

H : Ortalama istif yüksekliğinin maksimum istif yüksekliğine oranı (Genellikle 0.5 ile 0.8 arasında değişir)

A_{TEU} : TEU başına gerekli alan

D : Konteynerin istif sahasında ortalama kalış süresi (dwell time) (İthalat konteynerler için ortalama 7 gün, ihracat konteynerler için ortalama 5 gün)

B_f : Geçici depolama sahası faktörü (0.05 ile 0.1 arasındadır)

N : Konteyner istif sahasının toplam saha alanına oranı (Genellikle 0.6 ile 0.75 arasında değişir)

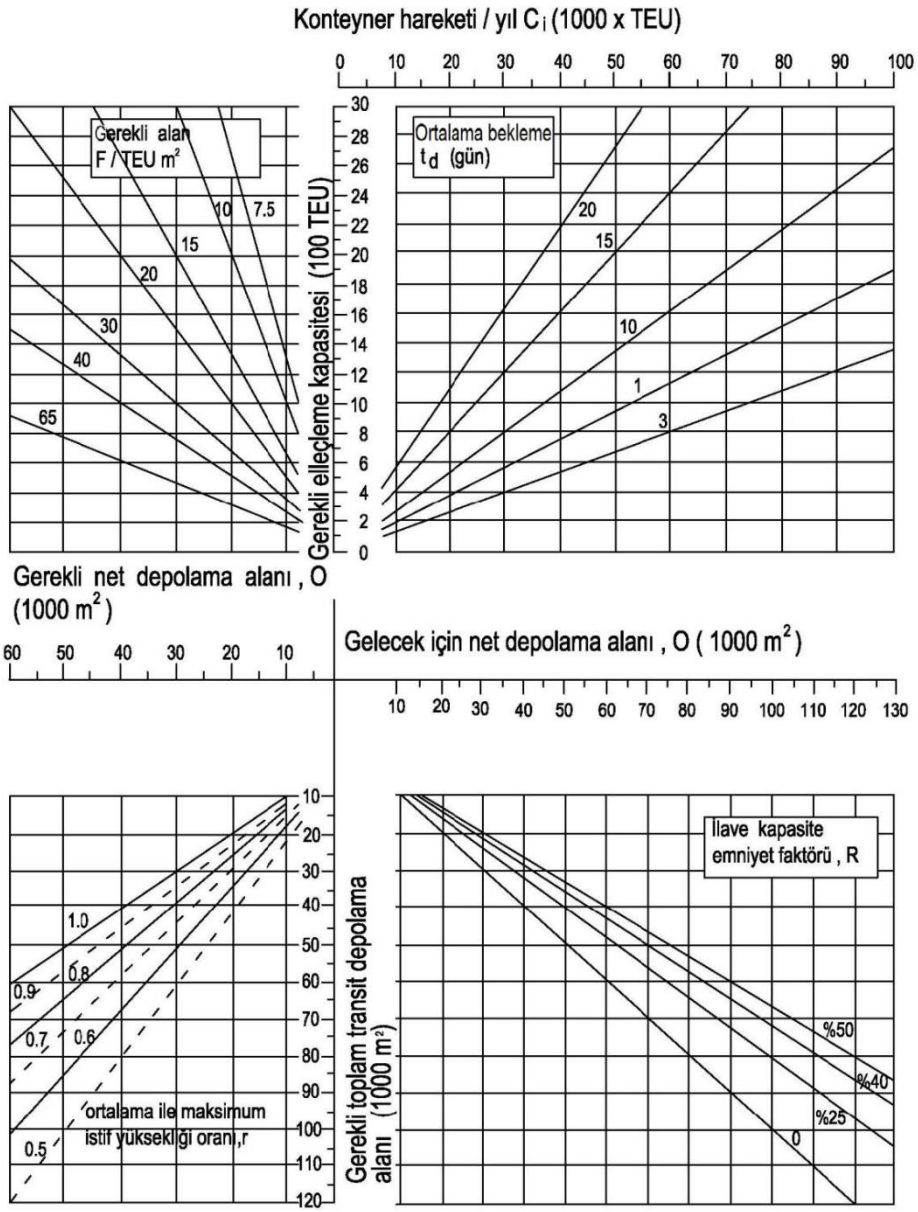
L : Terminal alanından kaynaklı yerleşim faktörü. Üçgen alan için 0.7 iken dikdörtgen terminal alanı için 1.0 olarak alınır.

S : Farklı konteyner destinasyonlarından kaynaklı ayrım faktörü. Genellikle 0.8 ile 1.0 arasındadır.

TEU başına gerekli alan (A_{TEU})'ın hesaplanmasında terminaldeki konteyner elleçleme sisteminin, istif yoğunluğunun, terminal yerleşim planının ve maksimum istif yüksekliğinin önemli payı vardır. Bir TEU'nun zeminde kapladığı alan olan "ground slot", kullanılan elleçleme ve istif araçlarına bağlı olarak 15 ile 20 m^2/TEU arasında değişen bir ölçüye sahiptir. Konteyner istifleme yoğunluğu, konteyner istifleme düzenine, istif yüksekliğine ve istif konumuna bağlıdır. Bu nedenle, konteyner istiflerinin düzenlenmesi konteynerlerin

erişilebilirliğini ve depolanmasını doğrudan etkilemekte ve konteyner terminalinin verimliliği için merkezi öneme sahip olmaktadır (Thoresen, 2014).

Şekil 2.15'de yıllık konteyner hareketinden yola çıkarak gerekli olan ortalama konteyner depolama sahasının alanı tahmin edilmektedir. Şeklin sağ üst kısmından başlayarak yıllık konteyner hareket sayısının ortalama bekleme süresi olan "dwell time" ile kesiştiği noktadan gerekli elleçleme kapasitesi bulunur ve sol taraftaki grafiğe geçilir. Burada, TEU başına gerekli alanlardan terminal için uygun olanı seçilerek yine kesiştikleri noktadan sol alttaki grafiğe geçilir ve bu arada da gerekli net depolama bulunur. Sol alttaki grafikte ortalama istif yüksekliği ile maksimum istif yüksekliği oranı ilgili terminal için hangi değere karşılık geliyorsa o değer seçilerek kesiştikleri noktadan sağ alt taraftaki grafiğe geçilir. Bu grafikte de ilave rezerv olarak kullanılmak istenen kapasite emniyet faktörü ile kesişen noktadan yukarı doğru çizilen doğru ile gerekli konteyner depolama alanı bulunabilir.



Şekil 2.15: Konteyner terminali depolama ve istif alan hesaplama diyagramı (AYGM, 2016)

2.8.VERİMLİLİK VE VERİMLİLİKLE İLGİLİ KAVRAMLAR

Verimlilik, üretime giren çeşitli faktörlerin (girdiler) üretim süreci sonunda elde edilen ürünlerle (çıktılar) arasındaki ilişkiyi ifade eder (Yükçü ve Atağan, 2009). Kolay kullanılabilir ve basit oluşu nedeniyle verimlilik oldukça sık kullanılan bir performans ölçütüdür. Gerek işletmenin kendi performansının gerekse de aynı işletmedeki farklı

departmanların performanslarının karşılaştırılmasında yaygın olarak kullanılır (Akdeniz ve Durmaz, 1998).

Verimlilik çıktı ve girdi arasındaki orandır. Başka bir ifadeyle, üretilen miktarla, üretimde kullanılan kaynak arasındaki aritmetik orantıdır. Üretimdeki artış her zaman verimlilik artışı demek değildir. Kullanılan kaynak artsa da çıktı artışı ile oranı aynı kalırsa verimlilik değişmeyecektir. Özetle yüksek verimlilik, aynı kaynaklarla daha fazla üretim yapmak demektir (Kanawaty, 1992).

Bir işletmede verimliliği artırmak için öncelikle düşünülen, işletmeye mali bir yük de getirecek olan çeşitli yatırımlar yapılmasıdır. Ancak yeni bir yatırım öncesi mevcut kaynaklar detaylı analiz edilerek, işgücü yararlanma oranlarını artırmak, malzeme etkinliğini artırmak, imalat ve kontrol süreçlerini geliştirmek veya yeni metotlar saptamak gibi yöntemlerle eldeki kaynakları daha verimli kullanmak mümkündür (Kayar, 2008).

Verimlilikte amaç optimum kaynak kullanımı ile en yüksek ve ekonomik sonuca ulaşılmasıdır. Buna göre verimlilik artışı aşağıdaki üç durumda gerçekleşebilir:

- Aynı girdi ile daha çok çıktı üretmek,
- Aynı çıktıyı daha az girdi ile üretmek,
- Çıktıyı girdi artışından daha yüksek düzeyde artırmak.

Performans, belirlenmiş bir amaca ulaşma derecesini ya da seviyesini gösteren bir ölçüdür. Bir işletmenin performansı belli bir dönem sonunda elde edilen çıktı sonucuna göre işletmenin görevini yerine getirme derecesidir.

İşletmeler açısından performans değerlendirmesi yapılabilmesi için etkenlik, verim, ekonomiklik, etkililik, karlılık gibi bazı göstergelerden faydalanılır. Verimlilik bu göstergelerle ilişkili fakat farklı anlamlara sahiptir. Bu kavramlar kısaca aşağıda açıklanmıştır (Tutar, 2015).

- *Verim*, üretim süreci sonunda elde edilen çıktı büyüklüğüdür.
- *Ekonomiklik*, elde edilen satış gelirinin aynı periyottaki giderlere oranıdır.
- *Etkenlik*, mevcut kaynakların kullanımı ile ilgili bir kavramdır. Elde edilen çıktının planlanan çıktıya oranı ile bulunur.

- *Etkililik,* belirli bir zaman periyodundaki amaçlara ulaşabilme derecesi olarak ifade edilir.
- *Karlılık,* belirli bir zaman periyodunda elde edilen karın bu periyotta kullanılan sermaye değerine oranıdır.

Verimlilik genel olarak teknik verimlilik ve tahsis verimliliği olarak ikiye ayrılır. Teknik verimlilik, belli sayıdaki girdiden en yüksek çıktı üretilmesi veya aynı çıktının daha az girdi ile üretilmesi şeklinde tanımlanabilir. Tahsis verimliliği ise, girdi maliyetleri dikkate alınarak, belirli çıktıların elde edilmesi için en uygun girdinin seçilmesidir (Tutar, 2015).

2.8.1. Verimliliği Etkileyen Faktörler

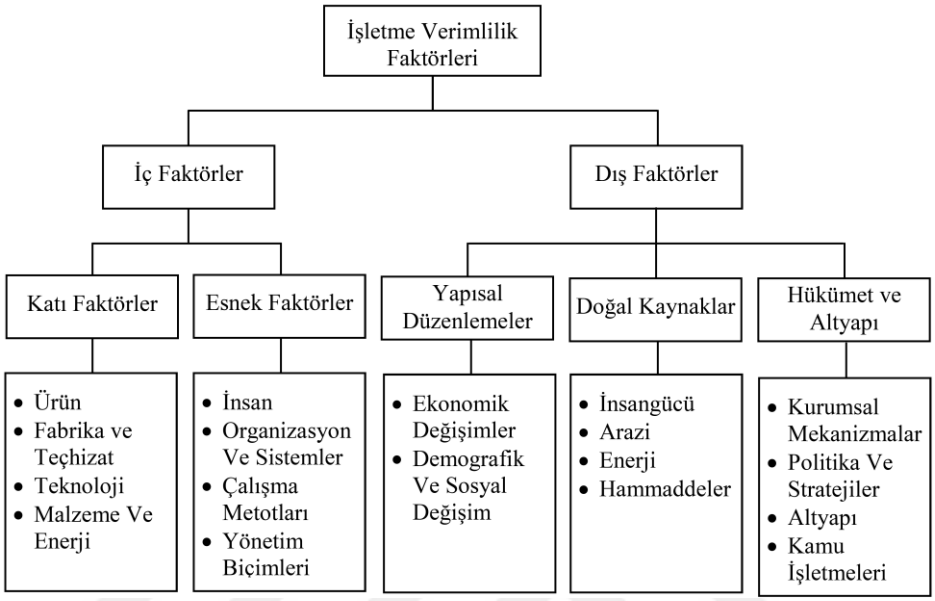
İşletmelerde verimliliği etkileyen faktörler Şekil 2.16'de gösterildiği gibi kontrol edilebilir (iç) ve kontrol edilemez (dış) olarak ikiye ayrılır. Dış faktörler işletmenin kontrolü dışında iken iç faktörlere işletme tarafından müdahale edilebilmektedir (Tutar, 2015). İç faktörler, katı ve esnek faktörler olarak ikiye ayrılır.

- *Katı faktörler*, istendildiğinde kısa sürede değiştirilemediklerinden bu isimle adlandırılır. Fakat bilinçli ve planlı bir yaklaşımla değiştirilerek verimliliği artırıcı bir unsur olabilirler. Katı faktörlere örnek olarak ürün, işletme şartları ve teçhizatı, teknoloji, malzeme ve enerji sayılabilir.
- *Esnek faktörler*, yöneticilerin kontrolünde olup istendiğinde verimliliğin arttırılması yönünde değiştirilebilen faktörlerdir. Bu faktörlere örnek olarak da işgücü, organizasyonlar ve sistemler, çalışma metodları, çalışma şartları ve yönetim şekli verilebilir.

Dış faktörler ise yapısal düzenlemeler, doğal kaynaklar, hükümet ve altyapı şeklinde üçe ayrılırlar.

- *Yapısal düzenlemeler*, işletme dışında gerçekleşen ve işletmelerden bağımsız olarak verimliliklerini etkileyen unsurlardır. Ekonomik yapı ve sektörel değişiklikler, sosyal ve kültürel yapı ile eğitim politikaları yapısal düzenlemerin bazı örnekleridir.
- *Doğal kaynaklar*, işletmenin içinde bulunduğu ülke ekonomisine ait unsurlar olup kısa sürede azaltılmaları ya da çoğaltılmaları mümkün değildir. Bu faktörlere örnek olarak vasıflı insan, arazi ve hammadde ile enerji verilebilir.

- *Hükümet ve altyapı*, hükümetler tarafından alınan kararlar ve yapılan yatırımlarla ilgili bir dış faktördür. Ayrıca verimliliği etkileyen önemli bir unsur da yasalar, yönetmelikler ve bürokratik işlemler olmaktadır.



Şekil 2.16: İşletmelerde verimliliği etkileyen faktörler (Kayar, 2008).

2.8.2. Verimliliği Artırmak İçin Kullanılan Yöntemler

Verimlilik arttırma teknikleri istenilen verimlilik seviyesine ulaşılabilmesi için kullanılan en önemli araçlardır (Kayar, 2008). Bir işletmenin verimliliğinin artırılmasında kullanılan yöntemler, davranışsal yöntemler ve teknik yaklaşımlar şeklinde ikiye ayrılabilir (Tutar, 2015).

Davranışsal yöntemler insan verimliliği üzerine uygulamaları kapsar ve işletme psikolojisinin motivasyonu artırmasıyla ilgilidir. Bu yöntemle verimlilik artırma yöntemlerinin bazıları aşağıdaki gibidir (Tutar, 2015).

- Yaratıcı düşüncenin yaygınlaştırılması,
- Toplam kaliye uygulamalar,
- Kalite çemberleri uygulamaları,
- Örgüt geliştirme tekniği,
- Beyin fırtınası tekniği,
- Verimlilik artırıcı teklif sistemi.

Teknik yaklaşımlarda ise temel amaç en az kaynak kullanımı ile verimliliği artırmaktır. Sayısal ve ekonomik analizler çerçevesinde oluşan teknik yaklaşımlar için kullanılan yöntemlerin en yaygın olanları aşağıda verilmiştir (Kayar, 2008; Tutar, 2015).

- İş etüdü,
- İş akımı tekniği,
- Pareto analizi,
- Maliyet-Fayda analizi,
- Değer analizi yoluyla yönetim,
- Sıfır bazlı bütçe,
- İş basitleştirme,
- Maliyet-Verimlilik tahsisi.

Bu çalışma kapsamında kullanılan ve verimlilik artırma yöntemlerinden iş etüdü ve teknikleri bir sonraki bölümde kapsamlı olarak anlatılmıştır.

2.9.KONTEYNER TERMİNALLERİNDE VERİMLİLİK VE PERFORMANS ÖLÇÜMÜ

Performans göstergeleri, performansı değerlendirmek için birçok alanda kullanılmaktadır. Limanlar ve terminaller de, performans göstergelerinin etkin bir şekilde kullanıldığı karmaşık sistemlerdendir. Temelde, literatürde finansal ve operasyonel göstergeler bulunsa da limana uygun göstergeleri bulmak için limanın hangi yönlerinin ölçülmesi gerektiği bilinmelidir.

Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı (UNCTAD), liman ölçüm göstergesi olarak 1976'da Tablo 2.5'de gösterilen iki ana göstergeyi önermiştir. Tanımlanan finansal ve operasyonel göstergelerle, liman operasyonlarının iyileştirilmesi ve gelecekteki liman gelişiminin planlanması amaçlanmıştır (UNCTAD, 1976).

Tablo 2.5: Finansal ve operasyonel göstergeler (UNCTAD, 1976).

Finansal göstergeler	Operasyonel göstergeler
Elleçlenen toplam tonaj	Gemi geliş oranı
Ton başına rıhtım geliri	Bekleme zamanı
Ton başına yük elleçleme geliri	Servis süresi
Ton başına işçilik gideri	Çevrim süresi
Ton başına ekipman sermaye gideri	Gemi başına tonaj
Ton başına karlılık	Posta süresi
Toplam karlılık	Posta başına atanan ekipman sayısı
	Gemi başına limanda saatlik elleçlenen ton miktarı
	Gemi başına rıhtımda saatlik elleçlenen ton miktarı
	Ekipmanların saatlik elleçlediği tonaj
	Ekipmanların bekleme zamanları

Liman operasyonlarının performans ölçümleri için çeşitli ölçütler bulunur. Ana performans ölçütleri, vinçlerin, rıhtımların, saha ve kapıların kullanım oranları (vinç başına yılda elleçlenen TEU miktarı, rıhtım başına yıllık gemi sayısı, bir hektarda yılda depolanan TEU sayısı, vb.) ve verimlilik durumları (vinçlerin saatlik hareket sayıları, gemi servis zamanı, terminaldeki kamyon süresi, vb.) üzerine kurulmuştur (Merk, 2013). Merk (2013), etkin liman operasyonlarının, Tablo 2.6'de gösterildiği gibi girdilerin ve organizasyonların kalitesine bağlı olduğunu belirtmiştir.

Tablo 2.6: Etkili liman operasyonları için yapı taşları (Merk, 2013).

Girdi kalitesi	Organizasyon ve kurum kalitesi
İşgücü	Liman planlaması
Ekipman	Liman bilgi sistemleri
Konum	Rekabet
	Limanlar arası koordinasyon

Konteyner terminallerinde verimlilik, işgücü, ekipman ve arazinin etkin kullanımıyla ilgilidir. Konteyner terminallerinin verimliliği ile ilgili sınırlar, ya fiziksel sebeplerden ya da terminal işletmelerinin kurumsal çalışma sistemlerinden etkilenmektedir (Dowd ve Leschine, 1990). Fiziksel sınırlayıcı faktörler saha alanını, terminalin şeklini, mevcut ekipmanların sayı ve türlerini, gemi tipi ve özelliklerini, rıhtım özelliklerini, kapı tesislerini ve terminalin yola erişim imkanlarını içerir. Vinç eksikliği, yetersiz arazi, konteyner sahalarının verimsiz yapılandırılması, yetersiz rıhtım sistemleri ve kapı tesislerinin hepsi potansiyel fiziksel sınırlayıcı faktörlerdir. Kurumsal sınırlayıcı faktörler arasında ise, sendika çalışma kuralları (çalışma saatleri, molalar, tatiller, hastalıklar vb.), konteyner temin

edilebilirliği, gümrük faaliyetleri, emniyet kuralları ve konteyner hat taşıyıcıları tarafından terminal işletmelerine şart koşulan çeşitli gereksinimler bulunmaktadır (Bassan, 2007). Dowd ve Leschine (1990) çalışmalarında terminal operasyonlarının bulundukları alanlarla, bu alanlardaki verimliliği etkileyen faktörleri ve bu faktörlerin nasıl ölçüleceğini Tablo 2.7'deki şekilde açıklamıştır.

Tablo 2.7: Terminal operasyonlarında verimliliği etkileyen faktörler ve verimlilik ölçüleri (Dowd ve Leschine, 1990).

Terminal Operasyonları	Verimliliği Etkileyen Faktörler	Verimlilik Ölçüsü
Konteyner Sahası	Alan, şekil, yerleşim planı, elleçleme düzeni, dwell time	TEU/dönüm, TEU kapasitesi/Net depolama alanı
Vinç	Vinç özellikleri, operatör kabiliyeti, kargo/yük durumu, gemi özellikleri	Hareket sayısı/saat, Hareket sayısı/posta
Kapı	Operasyon süresi, hat sayısı, otomasyon derecesi, bilgi akışı	Konteyner/saat, Ekipman hareketi/saat, Taşıma aracı periyodu
Rıhtım	Gemi programı, rıhtım uzunluğu, vinç sayısı	Yıllık vardiya sayısı/rıhtım
İşgücü	Posta süresi, iş sağlığı ve güvenliği kuralları, işgücü kabiliyeti, motivasyon, gemi özellikleri	Hareket sayısı/adam-saat

Konteyner terminallerinde genellikle konteyner hareketleri ve sayıları ile ilgili bilgiler kayıt altına alınırken, literatürde operasyonel performans göstergelerine sık rastlanmamaktadır (Itoh, 2013). Bu bağlamda, en çok kullanılan performans göstergesi yine konteyner sayıları ile ilgili olan liman iş hacmi olmaktadır (de Langen ve diğ., 2007). Liman iş hacimleri, üretkenliği ölçmek için rıhtımların uzunluğuna bölünerek veya verilen limanın pazar payını analiz etmek için çeşitli alanlarda kullanılabilir. Ancak, limanın yapısı, parasal verileri, hinterlandının coğrafi dağılımı gibi bazı konular büyük ölçüde yapılan analizlerde dikkate alınmamaktadır (Itoh, 2013).

Esmer (2008) çalışmasında konteyner terminallerindeki 7 farklı verimlilik ölçütünden bahsetmiştir. Bunlar; gemi, rıhtım, vinç, terminal alanı, ekipman, işgücü ve maliyet verimlilikleridir. Kullanım ölçütü olarak ise rıhtım, depolama sahası, kapı ve ekipman kullanım oranlarının karar vericiler için önem arz ettiğine değinmiştir. Gemi hizmet süreleri ile kara araçlarına verilen hizmet süreleri de müşteri memnuniyeti açısından önemli performans ölçütleridir.

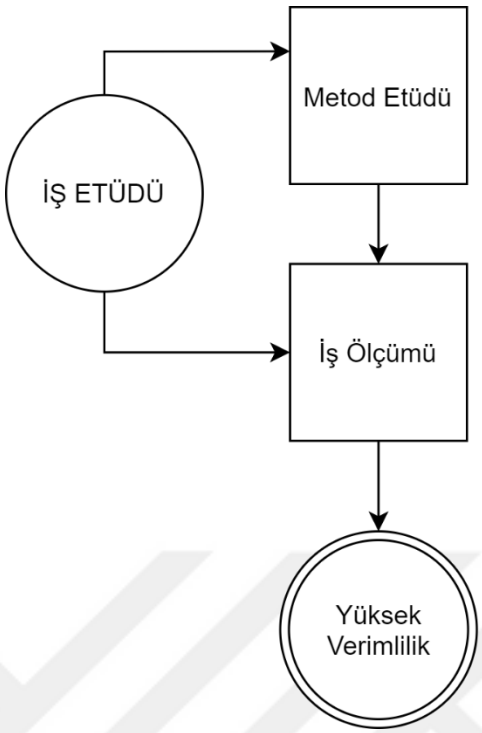
Terminaldeki ortalama geri dönüş süresi, limanın terminal içindeki ve arkasındaki konteyner akışlarını verimli bir şekilde işleme kapasitesini gösterir. Bir geminin limanda kalması gereken ortalama süre (varış saati ve kalkış saati arasındaki fark) olarak da tanımlanabilir. Bu tanıma benzer olarak, bir konteynerin gemiden tahliye edildiği andan terminali terk ettiği ana kadar geçen bekleme süresi de "dwell time" olarak adlandırılır (Le-Griffin ve Murphy, 2006). Liman ve terminal yetkilileri, konteynerlerin terminalde bekleme sürelerini (dwell time) değiştirmek suretiyle boş alan yaratarak depolama alanlarının kapasitesini arttırabilir (Ducruet ve diğ., 2014).

2.10.İŞ ETÜDÜ

Verimlilik artırma teknikleri sayesinde daha az maliyetle daha fazla verimlilik elde edilebilir. İş etüdü de bu tekniklerden biri olup işlerin düzenlenmesi, standartlaştırılması veya üretim verilerinin doğru analizleri gibi yollarla işletmelerin verimliliklerinin artmasını sağlar (Atan, 2005).

İş etüdü, gelişme olanağı yaratabilmek amacıyla belirli bir olayı ya da etkinliği ekonomiklik ve etkenlik yönünden etkileyen tüm kaynakları ve etmenleri dizgesel olarak araştırmaya yönelik ve insan çalışmasını geniş kapsamlı inceleyen uygulamalardan oluşan genel bir terimdir (Kanawaty, 1992).

İş etüdü, metot etüdü ve iş ölçümü tekniklerinden oluşur. Bu teknikler doğru kullanıldıklarında, bir yöneticinin işletmenin amaçlarına ulaşmak için mevcut kaynaklarını en iyi şekilde kullanmasına yardımcı olabilirler. Gözlem, analiz, ölçüm ve kayıt süreçleri genellikle iş başında faaliyetler olarak düşünülse de, bir işi veya görevi yürütülmeden önce değerlendirmek genellikle mümkündür (Irwin, 2001).



Şekil 2.17: İş etüdü (Kanawaty, 1992)

Şekil 2.17'de iş etüdünün metod etüdü ve iş ölçümü ile ilişkileri gösterilmiştir. Metot etüdü, iş kapsamının azaltılması ile ilgilenir. Özellikle malzeme ya da işçilerin gereksiz hareketlerinin kaldırılması ve yöntemlerin iyileştirilmesi gibi konularla uğraşır. İş ölçümü ise, etken olmayan sürenin araştırılması, azaltılması ve sonucunda da ortadan kaldırılmasına odaklanır (Kanawaty, 1992).

İş etüdünün temelde 8 aşaması vardır (Kanawaty, 1992). Bu aşamalar:

1) Etüdü yapılacak işin ya da sürecin seçimi,
2) En uygun kayıt tekniği seçilerek doğrudan gözlem yoluyla oluşan her olayın kaydedilmesi,
3) Kaydedilen olayların eleştirilerek en ince ayrıntısına kadar incelenmesi ve yapılan her şeyin sırasıyla işin amacı, yapıldığı yer, yapılma sırası, yapan kişi, yapıldığı yol, vb. gibi detaylı bir şekilde gözden geçirilmesi,
4) Bütün koşullar düşünülerek en ekonomik yöntemin geliştirilmesi,
5) Seçilen yönteme göre iş miktarının ölçülerek bu işin yapılması için gerekli standart zamanının hesaplanması,
6) Yeni yöntemin ve buna bağlı zamanın tanımlanması,

7) Yeni yöntemin ayrılan süre ile birlikte onaylanarak standart uygulama olarak yerleştirilmesi,
8) Yeni standardın iyi bir denetimle sürdürülmesidir.

2.10.1. Metot Etüdü

Metot etüdü, daha kolay ve daha etken yöntemlerin geliştirilmesi, uygulanması ve maliyetlerin düşürülmesi amacıyla bir işin yapılışındaki mevcut ve önerilen yöntemlerin sistematik olarak kaydedilmesi ve eleştirilerek incelenmesidir. Metot etüdünün konuları aşağıdaki gibidir (Kanawaty, 1992) :

- Süreçlerin ve yöntemlerin iyileştirilmesi,
- İncelenen tesisin altyapı ve donatım tasarımlarının düzeltilmesi,
- Aşırı yorgunlukları azaltabilmek için insangücünde artırım sağlanması,
- Malzeme, makine ve insangücü kullanımlarının ayarlanması,
- Daha iyi çalışma koşulları geliştirilmesi.

Metot etüdünün hedefi, çalışanı gerek sağlık gerek emniyet açısından çalışanı hiçbir şekilde riske atmadan en yüksek işçi ve işçi-makine üretkenliğinin sağlanabileceği metotların belirlenmesidir (Top, 2001).

İş etüdü aşamaları metot etüdü uygulaması için de geçerlidir. Sürecin seçilmesinden sonra olayların kaydedilmesi aşaması gelmektedir. Bu aşamada genellikle iş akım şemaları kullanılır. Bu şemalarla olaylar hem kaydedilir hem de kâğıda dökülerek sonraki aşamalarla farklarının incelenmesine olanak tanırlar (Kanawaty, 1992).

Metot etütleri yapılırken tesislerdeki gerek işçi gerek malzeme hareketlerine eleştirel bir gözle bakılarak tesis yerleşim düzenleri de incelenir. Bunun nedeni genellikle ilk yerleşim düzenlerinin çok iyi düşünülerek yapılmamasına veya tesis genişledikçe plansız bir şekilde boş alanların gelişigüzel kullanılmasına bağlanabilir (Kanawaty, 1992).

Tesis yerleşim düzeni, fabrikadaki makine ve donatımın yerlerinin, hammadde alımından son ürün dağıtım noktasına kadarki süreç boyunca, ürünün ve malzemenin, en düşük maliyetle, en kolay iş akışıyla ve imkanlar elverdiğince az mesafe kat edecek biçimde planlanması ve yerleştirilmesidir (Mallick ve Gaudreau, 1966).

Tesis yerleşimi konusunda uygulamada dört ana yerleşim düzeni tipi vardır. Bunlardan birincisi, malzemelerin hareket etmediği fakat işçi veya makinelerin malzemelerin yanına gittiği durağan konumlu yerleştirme. İkincisi, aynı nitelikteki işlerin gruplandırıldığı işleve göre yerleştirme. Üçüncüsü, belli bir ürünün üretimi için kullanılan tüm makine ve araçların belli bir sıra ile yerleştirildikleri sıralı yerleştirme. Sonuncusu ise işçilerin gruplara ayrılarak belli bir ürün üretiminde birlikte çalıştıkları grup yerleştirme düzenidir. Yerleşim düzeni değişikliği yapılmadan önce çok dikkatli bir akış çözümlemesi yapılmalıdır. Yerleşim yeri değişimleri çok masraflı işlerdir ve gerçekten bir iyileşme sağlanacağının önceden belirlenmesi gerekir (Kanawaty, 1992).

2.10.2. İş Ölçümü

İş ölçümü, nitelikli bir işçinin, belli bir işi, belli bir performansla yapması için gerekli zamanın saptanması amacıyla geliştirilen tekniklerin uygulamasıdır. İş ölçümünce kullanılan başlıca teknikler: iş örneklemesi, zaman etüdü, önceden saptanmış hareket-zaman sistemleri ve standart veri tekni̇kleridir (Kanawaty, 1992).

İş ölçümünün amacı, bir işlemin ya da işlemler dizisinin yapılmasında harcanan zamanın, etken olmayan sürelerin ortaya çıkarılarak bu süreleri etken süreden ayıracak şekilde iyileştirilmesinin sağlanmasıdır. İş ölçümü, bu amacının yanında aynı zamanda işin yapılması için standart zaman saptanmasında da kullanılabilir. Bu sayede standart zamandaki olası artış ya da azalmalar süreçteki bir değişikliğin habercisi olabilir (Kanawaty, 1992).

İş ölçümü aşamaları işin seçilmesi ile başlar. Ardından işle ilgili tüm verilen ve yöntemlerin kaydedilmesi gerekir. Sonraki aşamada kaydedilen verilerin verimli öğelerden oluşup oluşmadığı eleştirel bir şekilde incelenir ve uygun bir iş ölçüm tekniği kullanılarak işin zamanı ölçülür. İş ölçümü tekniklerinin en önemlisi zaman etüdüdür (Kanawaty, 1992). Bu nedenle iş ölçümü yerine literatürde zaman etüdü kavramı da sıklıkla kullanılmaktadır (Mundel, 1973).

İş ölçümü tekniği olarak zaman etüdü, belirli koşullar altında yapılan belli bir işin öğelerinin ve zamanını ve derecesini kaydederek ve toplanan verileri çözümleyerek, o işin tanımlanan bir performansta yapılabilmesi için gereken zamanı saptamada kullanılır (Kanawaty, 1992).

Zaman etüdü, kısa ve tekrar eden işlerin ölçümünde her bir işçi için uygulanır. Ölçülen zamanlar üzerinden ortalama zaman bulunur ve işçi özelliklerine göre bu zamanlarda düzeltmeler yapılır. Sonrasında ise kişisel ihtiyaçlar ve elde olmayan gecikmeler gibi toleranslar belirlenir (Monks, 1996).

Metot etüdünde olduğu gibi zaman etüdün uygulamasının da ilk adımı etüt edilecek işin seçilmesidir. İş seçildikten sonra genellikle zaman etüdünü yapmak için aşağıdaki 8 basamak uygulanır (Kanawaty, 1992):

1) İşin yapılmasını etkileyen tüm çevre koşullarına ait mevcut bilgilerin toplanıp kaydedilmesi,
2) Yöntemin tam tanımının kaydedilmesi ve işlemin öğelere ayrılması,
3) Ayrıntılı olarak öğelerin incelenmesi,
4) Bir zamanlama aracıyla ölçmenin yapılması ve her aşamaya ait zamanların kaydedilmesi,
5) Gözlemcinin, kendi çalışma hızı kavramına göre işçinin çalışması sırasındaki etken hızını derecelendirmesi,
6) Gözlenen zamanların temel zamanlara dönüştürülmesi,
7) İşlemin temel süresine ek olarak ayrılacak payların saptanması,
8) İşlemin standart zamanının saptanması.

Bir tesiste, ortak olan işlerin standart zamanlarının çıkarılabileceği bir dizi veriye sahip olunabilirse, her bir öğe için ayrı ayrı ölçüm yapılmayabilir. Böylece ilgili öğenin zamanı bir çizelgeden okunarak çaba ve giderler azaltılırken daha doğru tahminlere daha kolay bir şekilde ulaşılabilir (Kanawaty, 1992). Doğru belirlenmiş zaman standartları, ekipmanın ve çalışan personelin verimliliğini artırmayı mümkün kılarken, yanlış bir şekilde oluşturulmuş standartlar, hiçbir standarttan daha iyi olmasına rağmen, yüksek maliyetlere, işgücü muafiyetine ve hatta işletmenin başarısızlığına neden olabilir (Freivalds ve Niebel, 2013).

Zaman ölçümleri standartlaştırılırken parça başına dakika olarak birimleştirilebilir. Standart dakika bir çıktı ölçüsü olduğu için verimlilik ölçülmesinde ve karşılaştırılmasında kullanılabilir. Kullanılabilir fabrika kapasitesi ve işçi kapasitesi adam-dakika ya da makine-dakika terimleriyle açıklanır. Üretime başlanmadan gerçek performans standartları elde edilebilirse tıkanıklık oluşmadan önce engellenebilir ya da boş kapasiteyi doldurmak için

erken hamleler yapılabilir. Bir tesiste üretim planlaması, maliyet tahmini gibi kararların alınması gerektiği durumlarda standart zamanlar kullanılarak gerekli ön hazırlıklar yapılabilir (Kanawaty, 1992).

2.11.DOĞRUSAL PROGRAMLAMA MODELİ

Başlangıçta askeri alanda kullanılan Doğrusal Programlama modeli, sonraki yıllarda endüstri içerisinde de kendine geniş yer bulmuştur. Sınırlı kaynakların alternatif faaliyetlere en uygun şekilde atanması şeklinde tanımlanırken farklı faaliyet alanlarındaki işletmelerin problem çözümlerinde sıklıkla kullanılmaktadır (Timor, 2010).

Doğrusal Programlama, işletmelerin bazı özel problemlerine çözüm arayan karar vericilere yardımcı olabilmek amacıyla geliştirilmiş matematiksel yöntemlerden oluşur. Yöneylem Araştırması yöntemleri içerisinde en sık kullanılan tekniktir. Doğrusal Programlama modeli matematiksel olarak iki temel bileşene sahiptir. Bunlar aynı karar değişkenlerine bağlı doğrusal bir amaç fonksiyonu ve kısıtları gösteren doğrusal eşitsizliklerdir (Erdem, 2017).

Doğrusal programlamada amaç fonksiyonu işletmelerin üretecekleri ürünlerden oluşacak karı maksimize etmeye ya da üretim maliyetlerini minimize etmeye çalışır. Bu durumda amaç fonksiyonu da Z_{max} ya da Z_{min} şeklinde gösterilir.

Karar değişkenlerinin X_j $(j = 1,2, \dots, n)$ olarak, j'inci değişkene ait amaç fonksiyonu katsayısının C_j $(j = 1,2, \dots, n)$ olarak ifade edildiği bir doğrusal programlama modeli amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilir (Esin ve Şahin, 2012).

$$Z_{max/min} = \sum_{j=1}^{n} C_j X_j \tag{2.5}$$

Amaç bağıntısı yukarıdaki gibi olan modelin kısıt bağıntıları normal bir minimizasyon problemi için:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} X_j \geq b_i \quad (i = 1,2, \dots, m) \tag{2.6}$$

şeklinde ifade edilirken, normal bir maksimizasyon problemi için aşağıdaki biçimde gösterilir.

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} X_j \leq b_i \quad (i = 1,2,\dots,m) \tag{2.7}$$

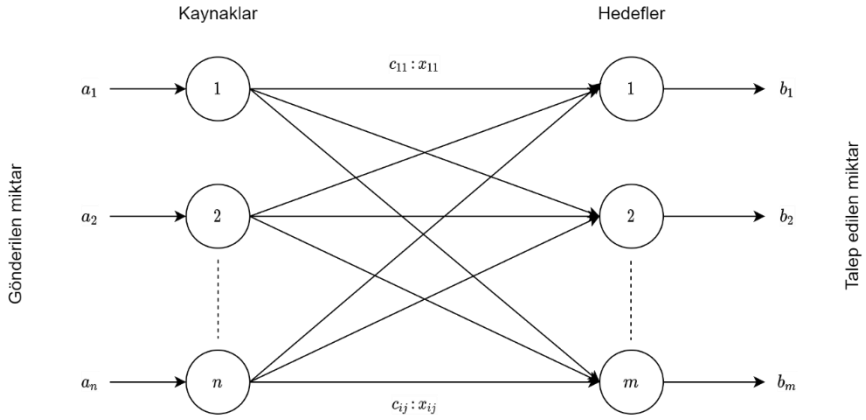
Burada; a_{ij}, j ürününden bir birim üretilirken kullanılması gereken i kaynak miktarı, b_i mevcut i kaynağının miktarı, n değişken sayısını, m kısıt sayısını ifade eder. Pozitiflik kısıtı ise aşağıdaki gibi gösterilir.

$$X_j \geq 0 \quad (j = 1,2,\dots,n) \tag{2.8}$$

Doğrusal programlama modelinde tüm kısıtların sağlandığı çözüm uygun çözüm, uygun çözümler içindeki en iyi çözüm de optimum çözüm olarak adlandırılır.

2.12.ULAŞTIRMA VE AKTARMALI TAŞIMACILIK MODELİ

Ulaştırma Modeli, doğrusal programlama modellerinin özel bir şeklidir. Bu model, kaynaklardan hedeflere ürünlerin taşınması ile ilgilenir. Modelin temel amacı, kaynaktaki arz miktarına göre hedefin taleplerinin minimum maliyetle karşılanmasıdır. *n* adet kaynaktan (arz noktasından) *m* adet hedefe (talep noktasına) bağlantılar Şekil 2.18'de gösterildiği gibidir. Kaynaklar ile hedefler arasındaki bağlantılar rotaları belirtir. *(i,j)* bağlantısı *i* kaynağını *j* hedefine bağlarken c_{ij} birim taşıma maliyetini ve x_{ij} taşıma miktarı bilgilerini içerir. a_i, *i* kaynağının arz miktarını, b_j de j hedefinin talep miktarını oluşturur. Bu bilgilere göre modelin amacı, tüm arz ve talep kısıtlarını sağlayan ve toplam taşıma maliyetini minimum kılan x_{ij} bilinmeyen miktarlarını bulmaktır (Emecen, 2004; Esen, 2008).



Şekil 2.18: Ulaştırma modelinin genel yapısı (Esen, 2008)

Ulaştırma modelinin amaç bağıntısı aşağıdaki gibidir:

$$Z_{min} = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} x_{ij}c_{ij} \tag{2.9}$$

Modelin kısıt bağıntıları ise;

$$(1) \quad \sum_{i=1}^{n} a_i = \sum_{j=1}^{m} b_j \tag{2.10}$$

$$(2) \quad \sum_{j=1}^{m} X_{ij} = a_i \qquad j = 1,2,\dots,m \tag{2.11}$$

$$(3) \quad \sum_{i=1}^{n} X_{ij} = b_j \qquad i = 1,2,\dots,n \tag{2.12}$$

$$(4) \quad X_{ij} \geq 0 \tag{2.13}$$

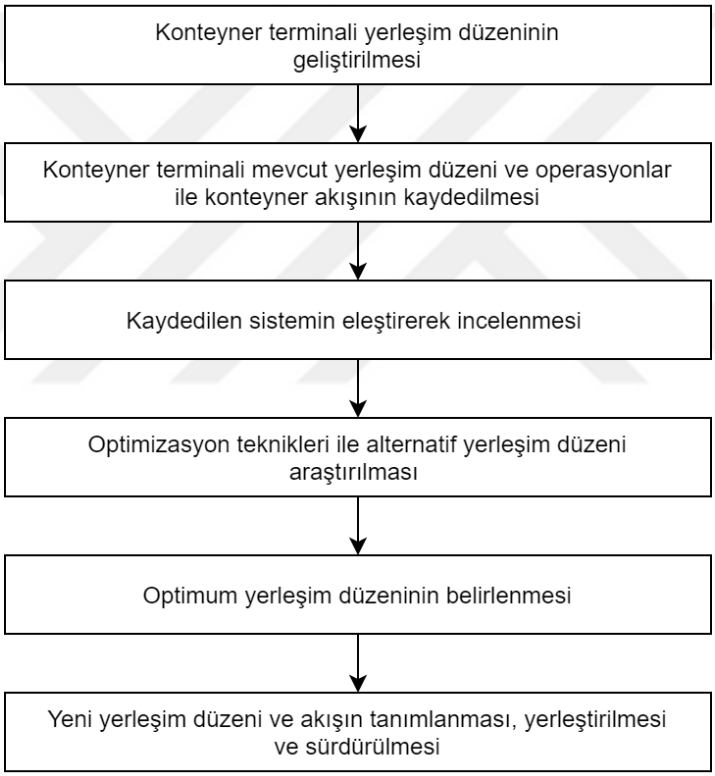
şeklinde olup, birinci kısıt toplam arzın toplam talebe eşitliğini, ikinci kısıt bir *i* arz noktasından tüm talep noktalarına giden toplam miktarın *i* arz noktasının üretim miktarına eşitliğini, üçüncü kısıt bütün arz noktalarından herhangi bir *j* talep noktasına giden üretim miktarı toplamının *j* talep noktasının toplam talebine eşitliğini ve son kısıt da pozitiflik şartını göstermektedir.

Ulaştırma probleminde her arz noktasından her talep noktasına taşıma yapılacağı varsayılır. Yeni bir arz ya da talep noktası açılarak toplam maliyetin minimize edilmesi sağlanabilir (Timor, 2010).

Ulaştırma probleminin özel bir şekli de “Aktarmalı Taşımacılık” problemidir. Ulaştırma probleminde arz ve talep noktaları arasında direk taşımacılık amaçlanırken aktarmalı taşımacılık probleminde ara noktalar mevcuttur. Ulaştırma probleminden farklı olarak bir aktarmalı taşımacılık probleminde başlangıç ve varış düğümleri arasında bir de ara düğümler yer alacaktır. Ara düğümler transfer (aktarma) noktası olarak adlandırılmaktadır. Bu transfer noktalarına gelen ve buradan giden ürünlerin toplamı sıfıra eşit olmalıdır (Timor, 2010).

3. MALZEME VE YÖNTEM

Çalışmada konteyner terminallerinde verimliliğin artırılmasına yönelik olarak konteyner terminali yerleşim planının geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu yönde problemin çözümü için metot etüdü tekniği kullanılmıştır. Ancak geleneksel metot etüdü uygulamalarından farklı olarak yeni yöntemin geliştirilmesi için konteynerin terminal sahasında dolaşımını optimize eden doğrusal programlama modeli dizayn edilmektedir. Konteyner terminali yerleşim düzeninin geliştirilmesi için kullanılan metot etüdü tekniğinin aşamaları Şekil 3.1'de verilmektedir.



Şekil 3.1: Konteyner terminali optimum yerleşim düzeninin geliştirilmesine yönelik metot etüdü tekniğinin aşamaları.

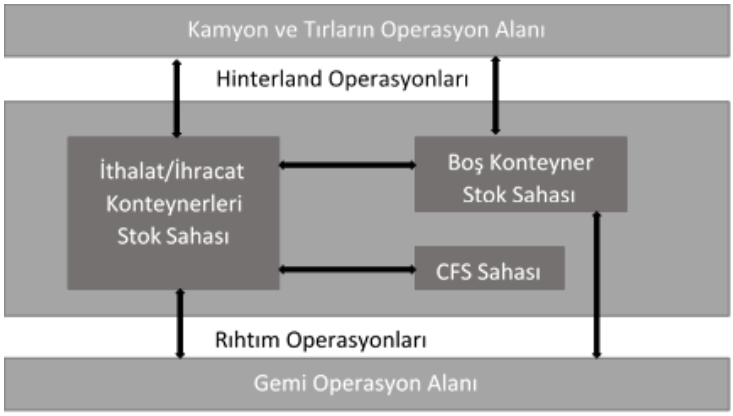
Metot etüdü eldeki kaynakların en iyi şekilde kullanımını ve böylece verimliliğin artırılarak maliyetlerin düşürülmesini amaçlar. Bu yönde konteyner terminalinde yeni yatırımlar yapılmadan mevcut elleçleme ekipmanları ile mevcut yerleşim düzeninin geliştirilmesi ve optimum yerleşim düzeni belirlenmesi yoluyla konteyner terminali verimliliğinin artırılması sağlanır. Konteyner terminali mevcut yerleşim düzeni ve operasyonlar ile konteyner akışının kaydedilmesinde akım diyagramı ve iş akış şemaları kullanılmaktadır. Bu şema ve

diyagramlar konteyner sahası yerleşim planını ve operasyon süreçlerini ayrıntılı olarak göstermektedir. Böylece terminal operasyon süreçleri eleştirilerek incelenmekte ve verimliliği etkileyen faktörler belirlenerek ortadan kaldırılmasına yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Yeni yerleşim düzeninin geliştirilmesine yönelik olarak konteynerin terminalde en az dolaşımını amaçlayan doğrusal programlama modeli kurularak iki aşamalı optimizasyon ile en uygun yerleşim düzeni belirlenmektedir. Konteyner terminali yerleşim düzenleri ile operasyonel süreçler ve kullanılan doğrusal programlama modeli aşağıda anlatılmaktadır.

3.1.KONTEYNER TERMİNALİ YERLEŞİM DÜZENİ VE OPERASYON SÜREÇLERİ

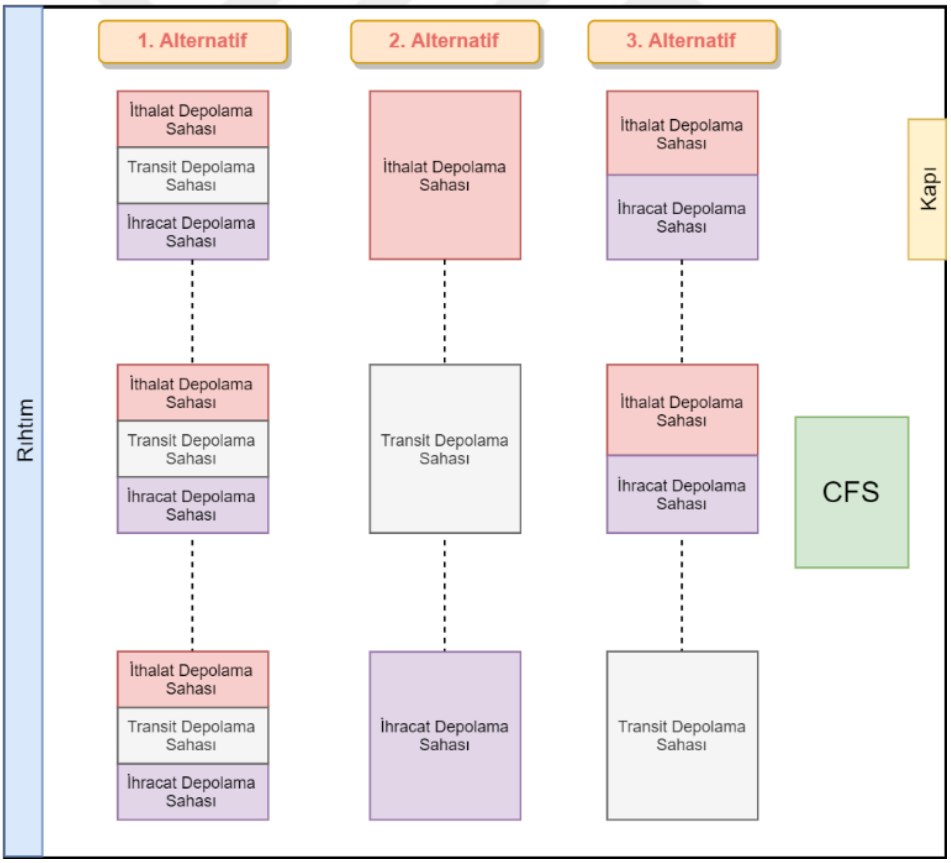
Konteyner terminali yerleşim düzenleri konteyner terminal alanı şekli ve boyutuna, terminal kapasitesine, konteyner kategorisine ve kullanılan elleçleme araçlarının yapısına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bir konteyner terminalinde genellikle konteynerin depolanmasına yönelik olarak; genel kuru yük karışımı yüklerin taşındığı konteynerlerin depolandığı genel amaçlı konteyner sahaları, soğutuculu konteyner sahaları, tehlikeli yük sahaları, standart dışı konteyner sahaları (OOG), boş konteyner sahaları, gümrük ve liman sağlık muayene sahaları, hasarlı konteyner sahaları bulunmaktadır. Genel amaçlı konteyner sahaları ihracat, ithalat ve transit olarak üç kategoriye ayrılmaktadır. Soğutuculu konteyner, standart dışı konteyner, hasarlı konteyner gibi özel amaçlı konteynerlerin depolanması için özel depolama alanları gerekmektedir. Ayrıca soğutuculu konteyner ve standart dışı konteyner genel amaçlı konteynerlere göre oldukça düşük oranda elleçlenmektedir. Bu nedenle öncelikle genel amaçlı konteynerlerin depolanacağı alanlar dizayn edilmektedir. Daha sonra terminalin uygun yerlerine diğer sahalar planlanmaktadır. Örneğin taşmalı konteynerler kolay ve güvenli biçimde taşınabilmeleri için genel olarak genel depolama alanına uzak ve ana taşıt yollarına doğrudan erişime sahip yerlerde depolama alanları oluşturulur.

Konteyner terminallerinde bu sahalar dışında CFS, kapı, rıhtım ve idari binalar gibi terminal birimleri için ayrılmış alanlar ve bu alanlar arasında ulaşımı sağlayacak yollar bulunmaktadır.



Şekil 3.2: Konteyner terminallerindeki operasyon sahaları (Steenken ve diğ., 2004).

Bu alanlar terminal sahasında mümkün olduğunca konteyner taşıma maliyetleri ve geminin bekleme zaman maliyeti minimum olacak şekilde yerleştirilmeye çalışılır. Şekil 3.2'de tipik bir konteyner terminalinde bulunan alanlar ve yerleşim düzeni görülmektedir.



Şekil 3.3: İthalat, ihracat ve transit konteynerler için saha yerleşim planı alternatifleri.

Genel bir görüş olarak, yerleşim düzeni oluşturulurken terminal operasyon verimliliğini artırdığı için ithalat konteynerler terminal kapısına, ihracat ve transit konteynerler rıhtıma

yakın ve CFS ile boş konteyner sahaları da birbirine yakın yerleştirilir. İthalat, ihracat ve transit konteynerlerin depolanması için aynı alanda depolama yeri dizayn edilebileceği gibi, birbirinden farklı alanlar da tasarlanabilir. Bu yönde Şekil 3.3'de ithalat, ihracat ve transit konteynerler için saha yerleşim planı alternatifleri görülmektedir.

Bu bilgiler doğrultusunda konteyner terminallerindeki operasyon süreçleri terminale gelen (ithalat ve transit) konteynerler ve terminalden giden (ihracat ve transit) konteynerler olarak ikiye ayrılmış ve iş akış şemaları şeklinde aşağıda anlatılmıştır. Tablo 3.1 ve Tablo 3.2'de terminale gemi ile gelen ithalat ya da transit konteynerleri operasyon süreçleri özetlenmiştir.

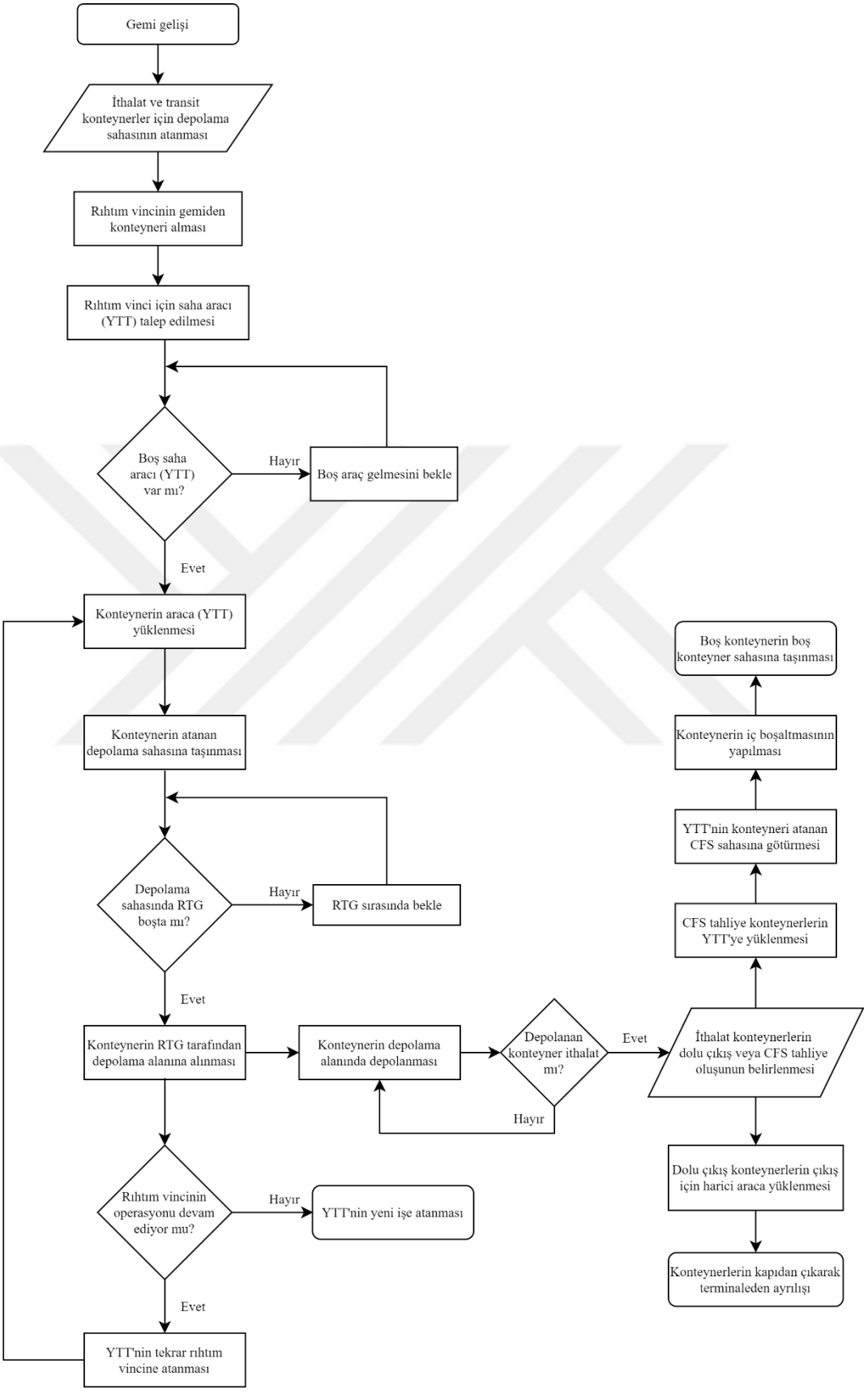
Tablo 3.1: Gelen konteyner için rıhtım ile saha arası operasyon süreçleri.

Olay Sırası	Olay Adı
1	Gemi gelişi
2	Rıhtım vincinin gemiden konteyneri alması
3	Rıhtım vincinin konteyneri saha aracına (YTT) yüklemesi
4	YTT'nin konteyneri önceden atanmış saha bloğuna götürmesi
5	YTT'nin saha bloğuna varışı ve RTG sırasına girmesi
6	RTG'nin konteyneri alması ve konteynerin depolama sahasında depolanması
7	YTT'nin boşa çıkarak tahliye operasyonu bitene kadar tekrar rıhtım vincinden konteyner alması

Tablo 3.1'de gelen konteynerin gemi tahliye süreci ile başlayan ve rıhtımdan sahada depolanma anına kadarki aşamaları anlatılırken Tablo 3.2'de konteynerin depolanma süreci sonrası dolu çıkış yapma ya da CFS'ye boşaltılma ihtimalleri doğrultusunda meydana gelebilecek aşamalar sıralanmıştır. Her iki tabloda bahsedilen gelen konteyner için rıhtım ile kapı ya da CFS arası tüm konteyner hareketleri Şekil 3.4'deki iş akış şeması ile gösterilmiştir.

Tablo 3.2: Gelen konteyner için saha ile kapı ve CFS arası operasyon süreçleri.

Olay Sırası	Olay Adı
1	Konteynerin depolama sahasında depolanması
2	İthalat konteynerin türüne göre dolu çıkış ya da CFS tahliye olacak şekilde işlem görmesi
3	Dolu çıkış yapacak konteynerin RTG tarafından harici araca yüklenmesi, CFS tahliye olacak konteynerin RTG tarafından YTT'ye yüklenmesi
4	Dolu çıkış yapan konteynerin harici araç ile kapıya kadar taşınması ve kapı çıkışı
5	CFS tahliye olacak konteynerin YTT ile CFS'ye kadar taşınması ve konteyner iç boşaltma işleminin yapılması
6	Boş konteynerin YTT ile boş konteyner sahasına taşınması



Şekil 3.4: Rıhtım-kapı arası ithalat ve transit konteynerlerin sahadaki hareketleri

Gemiye yüklenecek olan giden konteynerler için de operasyon süreçleri ikiye ayrılmaktadır. Birincisi Tablo 3.3'de anlatılan konteynerin kapıdan girişi ile depolama sahaları arasındaki süreçlerdir.

Tablo 3.3: Giden konteyner için kapı ile saha arası operasyon süreçleri.

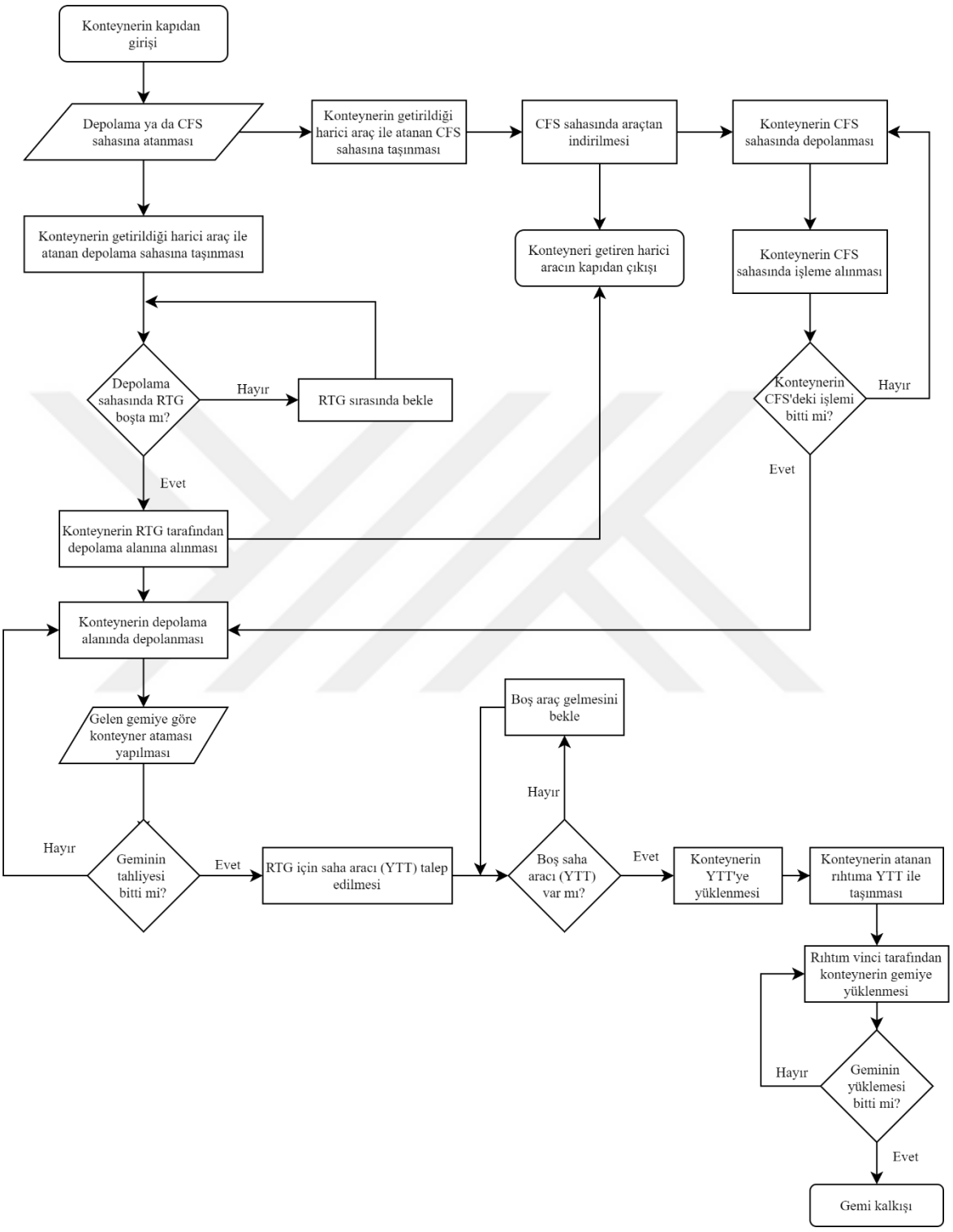
Olay Sırası	Olay Adı
1	Konteynerin kapıdan girişi
2	Konteynerin getirildiği harici araç ile depolama sahasına ya da CFS sahasına atanması
3	Depolama sahasına atanan dolu konteynerin RTG tarafından sahaya alınması ve harici aracın kapıdan çıkışı
4	CFS sahasına atanan dolu konteynerin CFS sahasına alınması ve harici aracın kapıdan çıkışı
5	Konteynerin depolama sahasında beklemesi

Depolama sahasında bekleyen konteynerin yükleneceği geminin gelmesiyle birlikte Tablo 3.4'de olaylar sırasıyla gerçekleşir.

Tablo 3.4: Giden konteyner için saha ve CFS ile rıhtım arası operasyon süreçleri.

Olay Sırası	Olay Adı
1	Depolama sahasında bekleyen konteynerin gemiye atanması
2	RTG tarafından konteynerin YTT'ye yüklenmesi
3	Konteynerin YTT ile rıhtıma taşınması
4	Rıhtım vinci tarafından konteynerin YTT'den alınarak gemiye yüklenmesi
5	YTT'nin boşa çıkarak yükleme operasyonu bitene kadar tekrar RTG'den konteyner alması ve rıhtıma getirmesi
6	Yükleme operasyonu bitişine müteakip gemi kalkışı

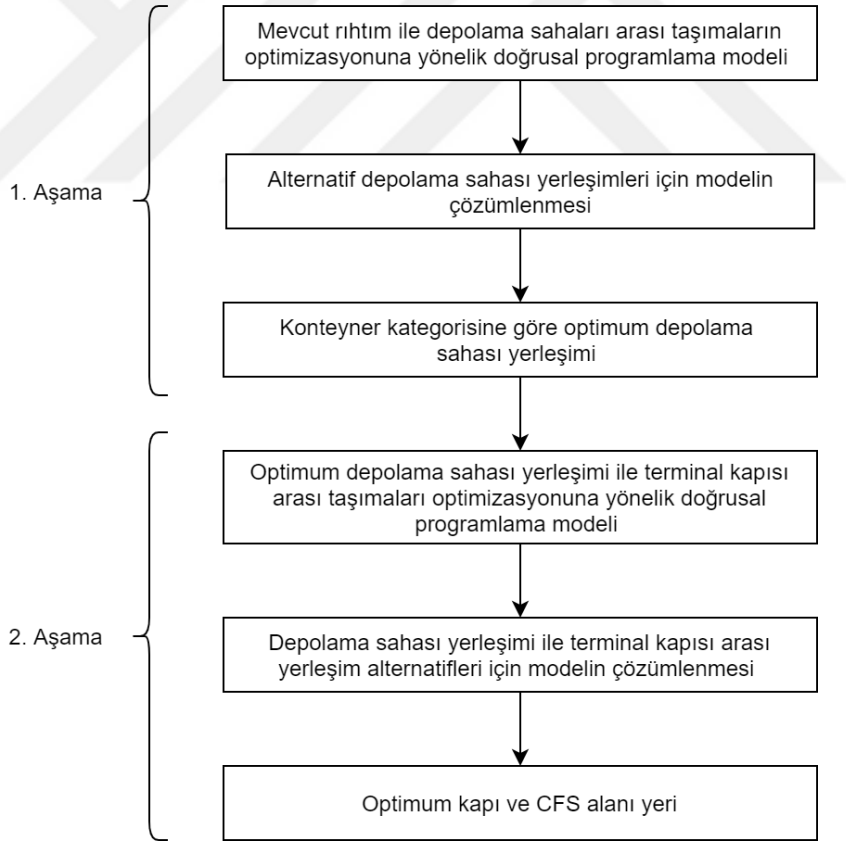
Tablo 3.3 ve Tablo 3.4'de anlatılan giden konteyner için kapıdan gemi kalkışına kadar olan tüm konteyner hareketleri Şekil 3.5'deki iş akış şeması ile gösterilmiştir.



Şekil 3.5: Kapı-rıhtım arası ihracat ve transit konteynerlerin sahadaki hareketleri

3.2.OPTİMUM YERLEŞİM DÜZENİ MODELİ

Çalışmada optimum yerleşim düzenini belirlemek için konteynerin terminal sahasında en az dolaşımını amaçlayan doğrusal programlama modeli kullanılmaktadır. Problem konteyner terminal sistemi yapısına uygun olarak iki aşamalı optimizasyon ile çözümlenmektedir. Optimizasyon aşamaları Şekil 3.6'de özetlenmiştir. Birinci aşamada rıhtım tarafında gerçekleştirilen operasyonlar gemi ve terminal verimliliği üzerinde doğrudan etkiye sahip olduğu için rıhtım tarafında konteyner dolaşımı minimize edilmektedir. Rıhtım ve rıhtım vinçlerinin elleçleme kapasitelerinin sabit olduğu varsayılarak konteyner kategorisine göre depolama sahalarının optimum yeri belirlenmektedir. İkinci aşamada ise birinci aşamada belirlenen en uygun depolama sahaları ile kapı arasında konteyner dolaşımı optimize edilmekte ve bu bölgedeki terminal yapıları konteynerin en az dolaşımını sağlayacak şekilde yerleştirilmektedir.



Şekil 3.6: Yerleşim planı optimizasyon aşamaları.

Modelde konteyner taşınma sürelerinin mesafeler ile doğru orantılı olduğu ve terminal içi taşıma araçlarının sabit hızla hareket ettiği varsayılmaktadır. Bu yönde optimizasyon sonucu

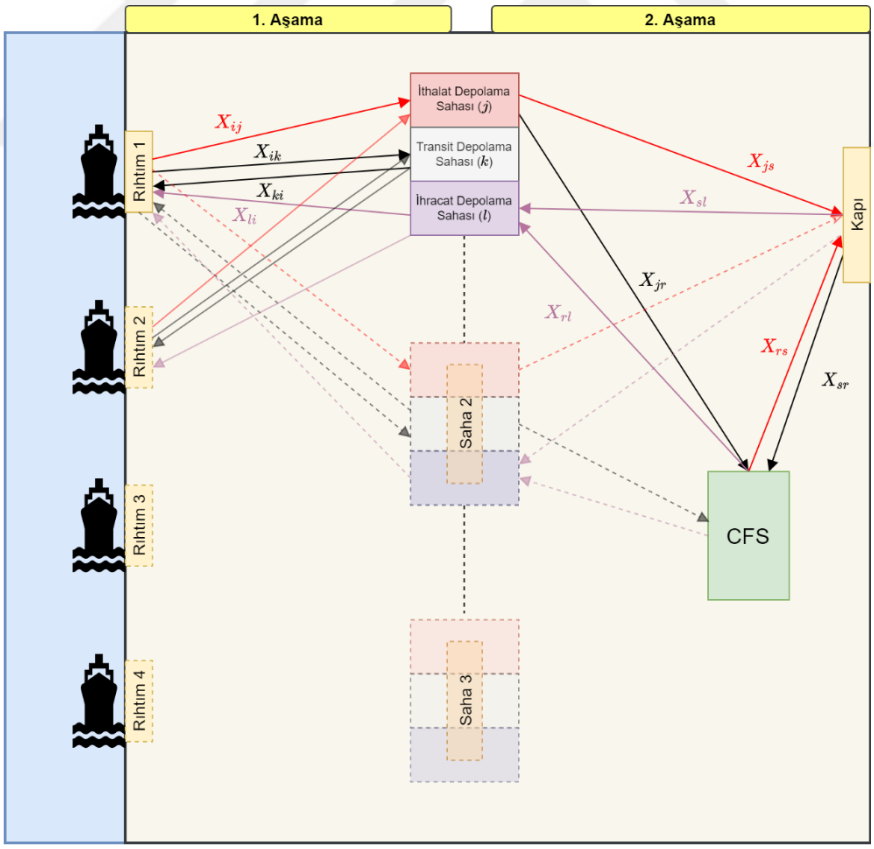
birinci aşamaya ait optimum toplam taşıma süresi TM_1 ve ikinci aşamaya ait optimum toplam taşıma süresi TM_2 olarak belirlenmektedir. Terminalde optimum toplam konteyner taşıma süresi TM,

$$TM = TM_1 + TM_2 \tag{3.1}$$

şeklinde bu sürelerin toplamı olarak hesaplanmaktadır. Aynı şekilde terminalde konteyner başına optimum birim taşınma süresi TB,

$$TB = TB_1 + TB_2 \tag{3.2}$$

şeklinde belirlenmektedir. Burada TB_1 birinci aşamaya ait optimum birim taşınma süresi ve TB_2 ikinci aşamaya ait optimum birim taşınma süresini göstermektedir. Şekil 3.7'de optimizasyona temel oluşturan konteyner hareketleri ve bu yönde modelde kullanılan değişken ve parametreler şematize edilmektedir



Şekil 3.7: Rıhtım ile depolama sahaları ve depolama sahaları ile kapı ve CFS arasındaki konteyner hareketleri.

Aşamalara ait optimum toplam taşıma ve birim taşınma sürelerinin belirlenmesine yönelik dizayn edilen doğrusal programlama modeli; parametre ve değişkenleri, amaç ve kısıt bağıntıları aşağı verilmektedir.

3.2.1. Parametreler ve Değişkenler

Optimizasyon modeli oluşturulurken kullanılan indisler, parametreler ve değişkenler aşağıdaki gibidir:

İndisler

$i: 1,2 \dots, I$: Rıhtımlar

$j: 1,2 \dots, J$: İthalat konteyneri depolama sahaları

$k: 1,2 \dots, K$: Transit konteyner depolama sahaları

$l: 1,2 \dots, L$: İhracat konteyneri depolama sahaları

$r: 1,2 \dots, R$: CFS'ler

$s: 1,2 \dots, S$: Kapılar

Parametreler

Optimum çözümün bulunabilmesi için başlangıç anında bilinmesi gereken parametreler aşağıda verilmiştir.

α : terminale gelen ithalat konteyner oranı

β : terminalden giden ihracat konteyner oranı

γ : terminale gelen transit konteyner oranı

δ : terminalden giden transit konteyner oranı

ε : TEU'laştırma katsayısı (1 + 40'lık konteyner oranı)

θ : saha doluluk oranı

μ : konteyner iç boşaltma oranı

ρ : konteyner iç dolum oranı

A_i : i rıhtımında günlük elleçlenebilen maksimum konteyner adedi

$$A_i = Rıhtım\ vinci\ saatlik\ kapasite * Rıhtım\ vinci\ sayısı * Terminal\ günlük\ çalışma\ süresi$$

B_j : j ithalat depolama sahasında günlük elleçlenebilen maksimum konteyner adedi

C_k : k transit depolama sahasında günlük elleçlenebilen maksimum konteyner adedi

D_l : l ihracat depolama sahasında günlük elleçlenebilen maksimum konteyner adedi

Eit_s : s kapısında günlük elleçlenebilen maksimum ithalat konteyner adedi

Eih_s : s kapısında günlük elleçlenebilen maksimum ihracat konteyner adedi

F_r : r CFS sahasında günlük elleçlenebilen maksimum konteyner adedi

BM_j : bir günde j ithalat sahasında mevcut bulunan konteyner adedi

$$BM_j = B_j\,\theta$$

CM_k : bir günde k transit sahasında mevcut bulunan konteyner adedi

$$CM_k = C_k\,\theta$$

DM_l : bir günde l ihracat sahasında mevcut bulunan konteyner adedi

$$DM_l = D_l\,\theta$$

t_{ij} : i rıhtımından j ithalat sahasına bir konteynerin birim taşıma süresi

t_{li} : l ihracat sahasından i rıhtımına bir konteynerin birim taşıma süresi

t_{ik} : i rıhtımından k transit sahasına bir konteynerin birim taşıma süresi

t_{ki} : k transit sahasından i rıhtımına bir konteynerin birim taşıma süresi

t_{js} : j ithalat sahasından s kapısına bir konteynerin birim taşıma süresi

t_{jr} : j ithalat sahasından r CFS alanına bir konteynerin birim taşıma süresi

t_{sl} : s kapısından l ihracat sahasına bir konteynerin birim taşıma süresi

t_{rl} : r CFS alanından l ihracat sahasına bir konteynerin birim taşıma süresi

t_{sr} : s kapısından r CFS alanına bir konteynerin birim taşıma süresi

t_{rs} : r CFS alanından l ihracat sahasına bir konteynerin birim taşıma süresi

Değişkenler

X_{ij} : i rıhtımından j ithalat sahasına bir günde taşınan konteyner adedi

X_{li} : l ihracat sahasından i rıhtımına bir günde taşınan konteyner adedi

X_{ik} : i rıhtımından k transit sahasına bir günde taşınan konteyner adedi

X_{ki} : k transit sahasından i rıhtımına bir günde taşınan konteyner adedi

X_{Js} : j ithalat sahasından s kapısına bir günde taşınan konteyner adedi

X_{jr} : j ithalat sahasından r CFS alanına bir günde taşınan konteyner adedi

X_{sl} : s kapısından l ihracat sahasına bir günde taşınan konteyner adedi

X_{rl} : r CFS alanından l ihracat sahasına bir günde taşınan konteyner adedi

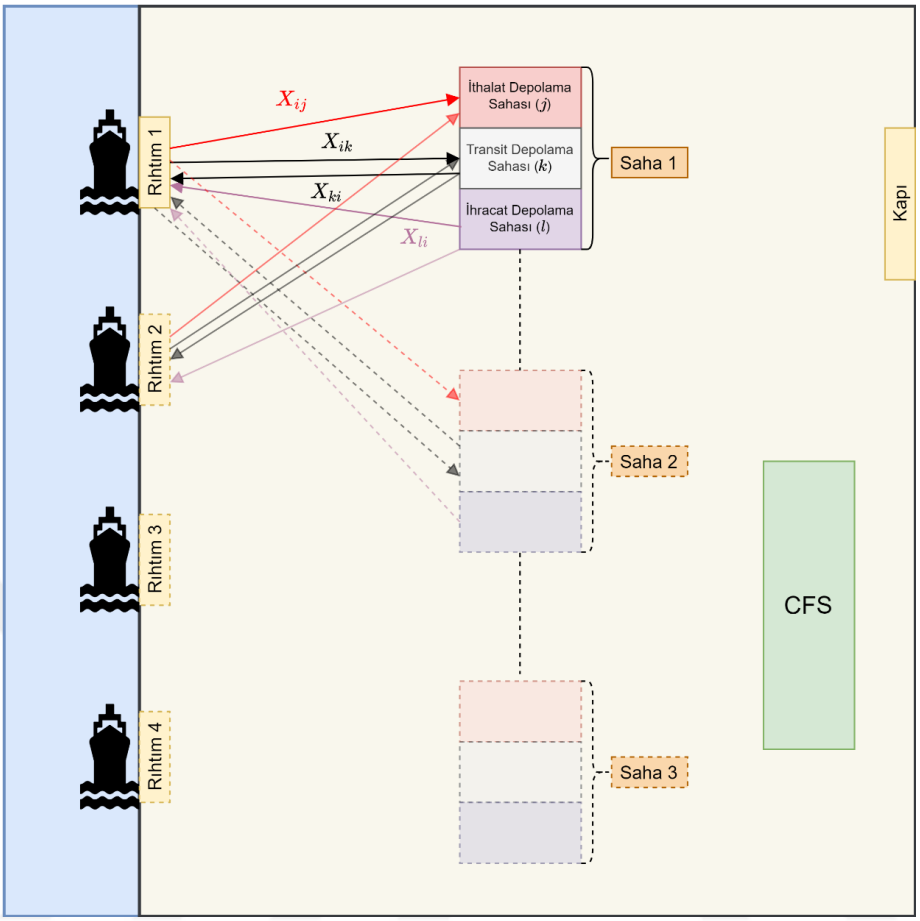
3.2.2. Mevcut Rıhtım ile Depolama Sahaları Arası Optimizasyon

Mevcut rıhtım ile depolama sahaları arası optimum birim taşınma süresinin belirlenmesine yönelik olarak, mevcut rıhtım ile depolama sahaları arası toplam konteyner taşınma süresini minimum yapan doğrusal programlama modeli dizayn edilmiştir. Optimizasyon sonucu elde edilen optimum toplam konteyner taşınma süresi TM_1 vasıtası ile optimum birim taşınma süresi TB_1,

$$TB_1 = \frac{TM_1}{\sum_i^I A_i^p} \qquad i = 1,2 \dots, I \tag{3.3}$$

şeklinde belirlenmektedir.

Dizayn edilen doğrusal programlama modelinde taşımaların tüm rıhtımlar ve depolama sahaları arasında yapıldığı, ithalat konteynerlerin rıhtımdan ithalat depolama sahasına, ihracat konteynerlerin ihracat depolama sahasından rıhtıma, transit konteynerlerin ise rıhtım ile transit depolama sahası arası iki yönlü olarak taşındığı varsayılmaktadır. Bu alandaki konteyner hareketleri Şekil 3.8'de gösterilmektedir. Rıhtım ve depolama sahaları arası taşınan ithalat konteynerler için rıhtımlar arz noktası depolama sahaları talep noktası, depolama sahaları ve rıhtımlar arası taşınan ihracat konteynerler için depolama sahaları arz noktası rıhtımlar talep noktası ve bu alanlar arası taşınan transit konteynerler için depolama alanları transfer noktası olarak ele alınmaktadır. Ayrıca bu noktalardaki arz ve taleplerin aynı noktaların kapasitelerine eşit olduğu ve gelen transit konteynerin giden transit konteyner sayısına eşit olduğu varsayılmaktadır.



Şekil 3.8: Rıhtım ile depolama sahaları arasındaki konteyner hareketleri.

Bu varsayımlara göre rıhtım ile depolama sahaları arasındaki optimum toplam taşıma süresi TM_1 belirlemeye yönelik amaç bağıntısı aşağıdaki gibidir:

$$Min\ Z = \sum_i \sum_j X_{ij}\, t_{ij} + \sum_l \sum_i X_{li}\ t_{li} + \sum_i \sum_k X_{ik}\, t_{ik} + \sum_k \sum_i X_{ki}\, t_{ki} \tag{3.4}$$

Burada, birinci toplam rıhtımla depolama sahası arasındaki, ikinci toplam depolama sahası ile rıhtım arasındaki, üçünce toplam rıhtım ile transit depolama sahası arasındaki ve dördüncü toplam transit depolama sahası ile rıhtım arasındaki toplam taşımaları sürelerini ifade etmektedir.

Kısıtlar :

(1) $$\sum_{j=1}^{J} X_{ij} \leq A_i \, \alpha \qquad i = 1,2, \dots, I \tag{3.5}$$

(2) $$\sum_{i=1}^{I} X_{ij} \leq B_j - BM_j \qquad j = 1,2 \dots, J \tag{3.6}$$

(3) $$\sum_{l=1}^{L} X_{li} \leq A_i \, \beta \qquad i = 1,2 \dots, I \tag{3.7}$$

(4) $$\sum_{i=1}^{I} X_{li} \leq D_l \qquad l = 1,2 \dots, L \tag{3.8}$$

(5) $$\sum_{k=1}^{K} X_{ik} \leq A_i \, \gamma \qquad i = 1,2 \dots, I \tag{3.9}$$

(6) $$\sum_{k=1}^{K} X_{ki} \geq A_i \, \delta \qquad i = 1,2 \dots, I \tag{3.10}$$

(7) $$\sum_{i=1}^{I} X_{ik} \leq C_k - CM_k \qquad k = 1,2 \dots, K \tag{3.11}$$

(8) $$\sum_{i=1}^{I} X_{ik} = \sum_{i=1}^{I} X_{ki} \qquad i = 1,2 \dots, I; \; k = 1,2 \dots, K \tag{3.12}$$

(9) $$X_{ij}, X_{li}, X_{ik}, X_{ki} \geq 0 \tag{3.13}$$

Gelen ithalat konteynerlerine ilişkin; (1) nolu kısıt gelen konteyner hareketi için arzı oluşturan rıhtımdan tüm sahalara giden konteyner sayısının rıhtım kapasitesinden küçük ya da eşit olduğunu, (2) nolu kısıt ise bir sahaya tüm rıhtımlardan gelen konteyner sayısının, o sahanın depolama kapasitesinden küçük veya eşit olduğunu ifade eder. Burada, sahanın kapasitesi toplam kapasiteden sahada bulunan mevcut konteyner adedinin çıkarılmasıyla bulunur.

Giden ihracat konteynerlerine ilişkin; (3) nolu kısıt, tüm sahalardan bir rıhtıma giden konteynerlerin sayısının o rıhtımın ihracat kapasitesinden küçük veya eşit olduğunu, (4) nolu

kısıt ise bir ihracat sahasından tüm rıhtımlara giden konteyner sayısının o ihracat sahasının kapasitesinden küçük veya eşit olduğunu gösterir.

(5), (6), (7) ve (8) nolu kısıtlar transit konteynerlerle ile ilgili kısıtlarıdır. Buna göre (5) nolu kısıt bir rıhtımdan tüm transit sahalarına giden konteyner sayısının rıhtımın gelen transit konteyner kapasitesinden küçük veya eşit olduğunu, (6) nolu kısıt ise tüm sahalardan bir rıhtıma giden konteyner sayısının rıhtımın giden transit konteyner kapasitesinden büyük veya eşit olduğunu belirtir. (7) nolu kısıt tüm rıhtımlarndan transit konteyner depolama sahasına giden konteyner sayısının o sahanın transit konteyner depolama kapasitesinden küçük veya eşit olduğunu ifade eder. (8) nolu kısıt ise, transit konteynerler için terminalin transfer noktası olarak ele alınmasından dolayı, terminale gelen transit konteyner sayısının giden transit konteyner sayına eşitliğini gösterir. Son olarak (9) nolu kısıt değişkenlerin pozitiflik şartını belirtir.

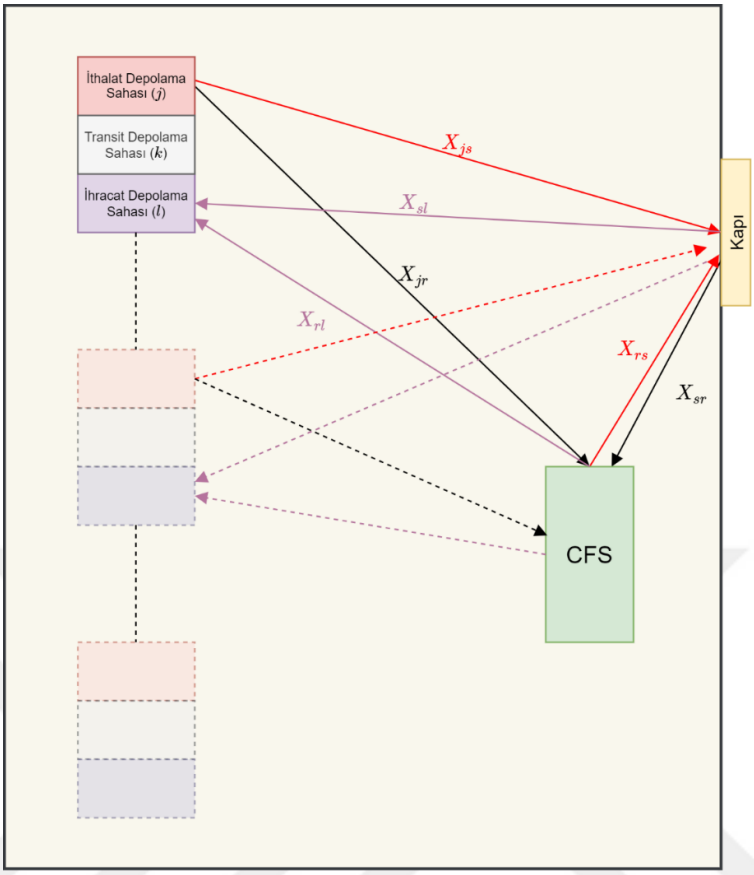
3.2.3. Depolama Sahaları ile Kapı ve CFS'ler Arası Optimizasyon

Birinci aşamada belirlenen en uygun depolama sahaları ile kapı arasındaki optimum birim taşınma süresinin belirlenmesine yönelik olarak, depolama sahaları ile kapı arasındaki toplam konteyner taşınma süresini minimum yapan doğrusal programlama modeli dizayn edilmiştir. Optimizasyon sonucu elde edilen optimum toplam konteyner taşınma süresi TM_2 vasıtası ile optimum birim taşınma süresi TB_2,

$$TB_2 = \frac{TM_2}{\left(\sum_j^J B_j + \sum_l^L (D_l - DM_l)\right)} \quad j = 1,2 \dots, J, \qquad l = 1,2 \dots, L \tag{3.14}$$

şeklinde belirlenmektedir. Burada payda ithalat ve ihracat sahaları toplam kapasitesini vermektedir.

Modelde depolama alanlarının yerinin sabit olduğu varsayılmakta ve kapı ve CFS alanlarının optimum yerleşimi belirlenmeye çalışılmaktadır. Şekil 3.9'de depolama sahaları ile kapı ve CFS arasındaki konteyner hareketleri görülmektedir. Modellemede CFS sahaları transfer noktası olarak ele alınmış ve gelen konteyner sayısı giden konteyner sayısına eşit olduğu varsayılmaktadır. Ayrıca transit konteynerler çoğunlukla denizyolu ile terminale giriş-çıkış yaptıkları için saha-kapı ve saha-CFS hattında her iki yönde de taşınmadığı varsayılmaktadır.



Şekil 3.9: Depolama sahaları ile kapı ve CFS arasındaki konteyner hareketleri.

Bu varsayımlara göre depolama sahaları ile kapı ve CFS alanları arasındaki optimum toplam taşıma süresi TM_2 yi belirleyen amaç bağıntısı aşağıdaki gibidir:

$$Min\ Z = \sum_j \sum_s X_{js}\, t_{js} + \sum_j \sum_r X_{jr}\ t_{jr} + \sum_s \sum_r X_{sr}\, t_{sr} + \sum_s \sum_l X_{sl}\, t_{sl} + \sum_r \sum_s X_{rs}\, t_{rs} + \sum_r \sum_l X_{rl}\, t_{rl} \tag{3.15}$$

Burada, birinci toplam ithalat depolama sahası ile kapı arasındaki, ikinci toplam ithalat depolama sahası ile CFS arasındaki, üçüncü toplam kapı ile CFS arasındaki, dördüncü toplam kapı ile ihracat depolama sahası arasındaki, beşinci toplam CFS ile kapı arasındaki ve altıncı toplam CFS ile ihracat depolama sahası arasındaki toplam taşıma sürelerini ifade etmektedir.

Kısıtlar :

(1) $$\sum_{s=1}^{S} X_{js} + \sum_{r=1}^{R} X_{jr} \leq B_j \qquad j = 1,2 \dots, J \tag{3.16}$$

(2) $$\sum_{j=1}^{J} X_{js} + \sum_{r=1}^{R} X_{rs} \leq Eit_s \qquad s = 1,2 \dots, S \tag{3.17}$$

(3) $$\sum_{s=1}^{S} X_{sl} + \sum_{r=1}^{R} X_{rl} \leq D_l - DM_l \quad l = 1,2 \dots, L \tag{3.18}$$

(4) $$\sum_{l=1}^{L} X_{sl} + \sum_{r=1}^{R} X_{sr} \leq Eih_s \qquad s = 1,2 \dots, S \tag{3.19}$$

(5) $$\sum_{j=1}^{J} X_{jr} + \sum_{s=1}^{S} X_{sr} = \sum_{l=1}^{L} X_{rl} + \sum_{s=1}^{S} X_{rs} \qquad r = 1,2 \dots, R \tag{3.20}$$

(6) $$\sum_{j=1}^{J} X_{jr} = \sum_{j=1}^{J} B_j \, \mu \qquad r = 1,2 \dots, R \tag{3.21}$$

(7) $$\sum_{l=1}^{L} X_{rl} = \sum_{l=1}^{L} D_l \, \rho \qquad r = 1,2 \dots, R \tag{3.22}$$

(8) $$X_{js} \leq B_j \qquad j = 1,2 \dots, J;\ s = 1,2 \dots, S \tag{3.23}$$

(9) $$X_{rs} \leq F_r \qquad r = 1,2 \dots, R;\ s = 1,2 \dots, S \tag{3.24}$$

(10) $$X_{sl} \leq D_l \qquad l = 1,2 \dots, L;\ s = 1,2 \dots, S \tag{3.25}$$

(11) $$X_{sr} \leq F_r \qquad r = 1,2 \dots, R;\ s = 1,2 \dots, S \tag{3.26}$$

(12) $$X_{js}, X_{jr}, X_{sr}, X_{sl}, X_{rs}, X_{rl} \geq 0 \tag{3.27}$$

(1) ve (2) nolu kısıtlar ithalat konteynerlerinin depolama sahası ve kapı çıkış işlemleri ile ilgilidir. Buna göre, (1) nolu kısıt, ithalat depolama sahasından kapılara ve CFS sahalarına

gidebilecek konteyner sayılarının toplamının sahanın ithalat kapasitesinden küçük ya da eşit olduğunu, (2) nolu kısıt ise, depolama sahalarından ve CFS'lerden kapıya gidecek toplam ithalat konteynerlerinin sayısının kapı ithalat kapasitesinden küçük veya eşit olduğunu gösterir.

(3) ve (4) nolu kısıtlar ihracat konteynerlerinin depolama sahası ve kapı giriş işlemleri ile ilgilidir. Buna göre, (3) nolu kısıt, tüm kapılardan bir sahaya giden toplam ihracat konteyneri sayısı ile tüm CFS'lerden aynı sahaya giden toplam ihracat konteyneri sayılarının belirtilen ihracat depolama sahasının boş kapasitesinden küçük ya da eşit olduğunu, (4) nolu kısıt ise kapıdan tüm ihracat depolama sahalarına ve kapıdan tüm CFS sahalarına giden konteynerlerin toplam sayısının kapı ihracat kapasitesinden küçük veya eşit olduğunu ifade eder.

Model varsayımlarında belirtilen, CFS sahası için giren konteyner sayısının çıkan konteyner sayısına eşit olduğu varsayımı (5) nolu kısıt ile gösterilmiştir. Buna göre, tüm sahalardan ve kapılardan bir CFS sahasına gelen konteyner sayılarının toplamı, o CFS sahasından tüm sahalara ve kapılara giden konteyner sayısına eşittir.

(6) nolu kısıt, ithalat sahalarından CFS'ye gelen toplam konteyner sayısının, ithalat sahalarının toplam kapasitesi ile terminal iç boşaltma oranı çarpımına eşit olduğunu, (7) nolu kısıt da CFS'den tüm ihracat sahalarına giden toplam konteyner sayısının, ihracat sahalarının toplam kapasitesi ile terminal iç dolum oranı çarpımına eşit olduğunu gösterir.

(8) nolu kısıt, j ithalat sahasından kapıya giden konteyner sayısının j ithalat sahası kapasitesinden, (9) nolu kısıt ise r CFS sahasından kapıya giden konteyner sayısının r CFS sahasının kapasitesinden küçük ya da eşit olduğunu ifade eder. Benzer olarak, (10) nolu kısıt, kapıdan l ihracat sahasına giden konteyner sayısının l ihracat sahası kapasitesinden, (11) nolu kısıt da r CFS sahasına giden konteyner sayısının r CFS sahasının kapasitesinden küçük ya da eşit olduğunu gösterir. Son olarak (12) nolu kısıt değişkenlerin pozitiflik şartını belirtir.

4. BULGULAR

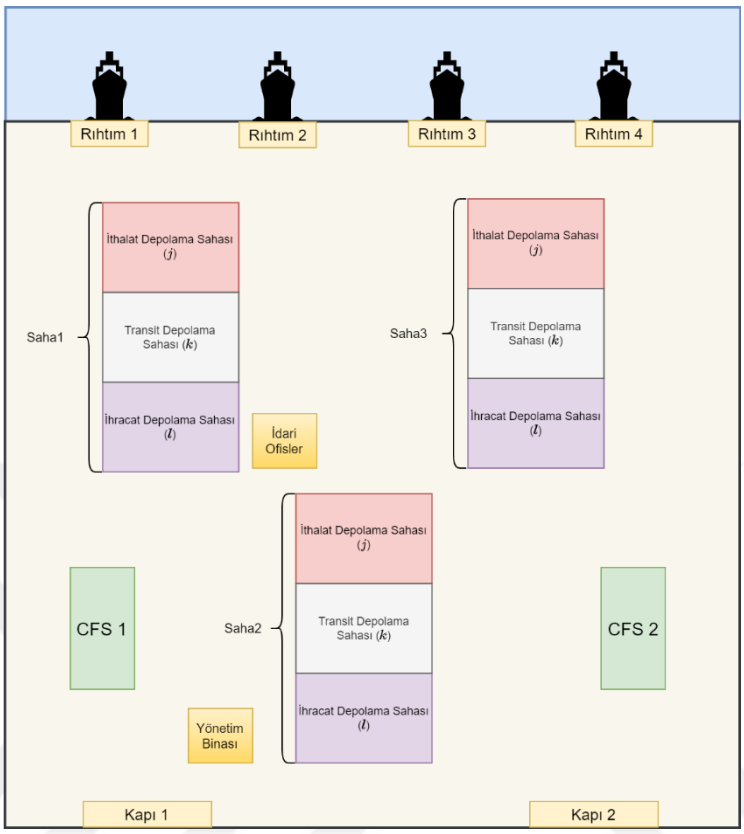
Bu bölümde metot etüdü kapsamında geliştirilen modelin gerçek bir liman üzerinde uygulanmasıyla elde edilen bulgulara yer verilmektedir. Bu bağlamda senaryolar ile konteynerin terminalde toplam taşınma süresini minimum yapan alternatif yerleşim düzenleri araştırılarak, bulunan sonuçlar değerlendirilmektedir.

4.1.KONTEYNER TERMİNALİ UYGULAMA ÇALIŞMASI

Uygulama yapılan liman Marmara bölgesinde bulunmaktadır. Terminal yüksek oranda yıllık yük elleçleme hacmine sahip olup, elleçlenen konteynerlerin yaklaşık % 50'si transit, %25'i ithalat ve % 25'i ihracat olarak gerçekleşmektedir. Terminalin mevcut yerleşim düzeni ve terminalle ilgili bilgiler aşağıda verilmektedir.

4.1.1. Konteyner Terminali Mevcut Yerleşim Düzeni ve Konteyner Akışı

Söz konusu konteyner terminaline ait mevcut yerleşim düzeni Şekil 4.1'de şematize edilmiştir. Şekilde görüleceği üzere terminalde 3 depolama sahası ve ithalat, ihracat ve transit konteynerlerin elleçlendiği 4 adet rıhtım bulunmaktadır. Terminalde iki adet kapı ve iki adet CFS bulunmaktadır 1., 2. ve 4. rıhtımlarda 3'er adet sabit rıhtım vinci (STS) bulunurken 3. rıhtımda 5 adet mobil rıhtım vinci (MHC) bulunmaktadır. Sahaların kapasitesi sırasıyla 14.800 TEU, 7.120 TEU ve 13.660 TEU'dur. CFS kapasitesi 200 adet/gün, kapı kapasitesi de 4320 adet/gün şeklindedir. İç dolum ve iç boşaltma oranları toplam kapasitenin yüzde 2'si olarak belirlenmiştir. TEU olarak verilen saha kapasiteleri terminalin yıllık verilerine göre terminale özgü olarak belirlenen TEU'laştırma katsayısı 1,56 ile konteyner adedine çevrilmiştir. Terminal günde 22,5 saat hizmet vermektedir. Saatlik teorik kapasiteleri 25 hareket olan STS vinçlerinin, pratik kapasiteleri 20 hareket olarak, teorik kapasiteleri 15 hareket olan MHC'lerin de pratik kapasiteleri 12 hareket olarak alınmıştır. Buna göre toplam günlük rıhtım kapasiteleri tüm rıhtımlar için 1350 hareket olarak hesaplanmıştır. Vinçlerin her harekette bir adet konteyner elleçlediği varsayılmıştır. Terminalde tüm sahalar ve bloklar karışık kullanılmakta, ithalat-ihracat-transit konteynerler her sahada depolanabilmektedir. Modelde saha doluluk oranının yaklaşık % 25 olduğu varsayılmaktadır.



Şekil 4.1: Terminal mevcut yerleşim düzeni.

Konteynerler rıhtım ve saha arasında YTT'ler ile taşınmaktadır. YTT lerin ortalama hızları 20 km/saat dir. Terminal içinde sahalarla rıhtımlar, kapılar ve CFS'ler arasında konteynerin taşınma süreleri Tablo 4.1'de verilmektedir.

Tablo 4.1: Sahalarla rıhtımlar, kapılar ve CFS'ler arasında taşıma süreleri (dk).

Sahalar	1. Rıhtım	2. Rıhtım	3. Rıhtım	4. Rıhtım	1. Kapı	2. Kapı	1. CFS	2. CFS
1. Saha	0,75	0,75	2,4	2,4	1,05	1,41	1,125	1,35
2. Saha	2,4	2,4	2,7	2,7	2,94	1,65	3,3	2,4
3. Saha	3	3	0,9	0,9	3,66	1,95	4,5	0,9

4.1.2. Alternatif Yerleşim Düzenleri Araştırması

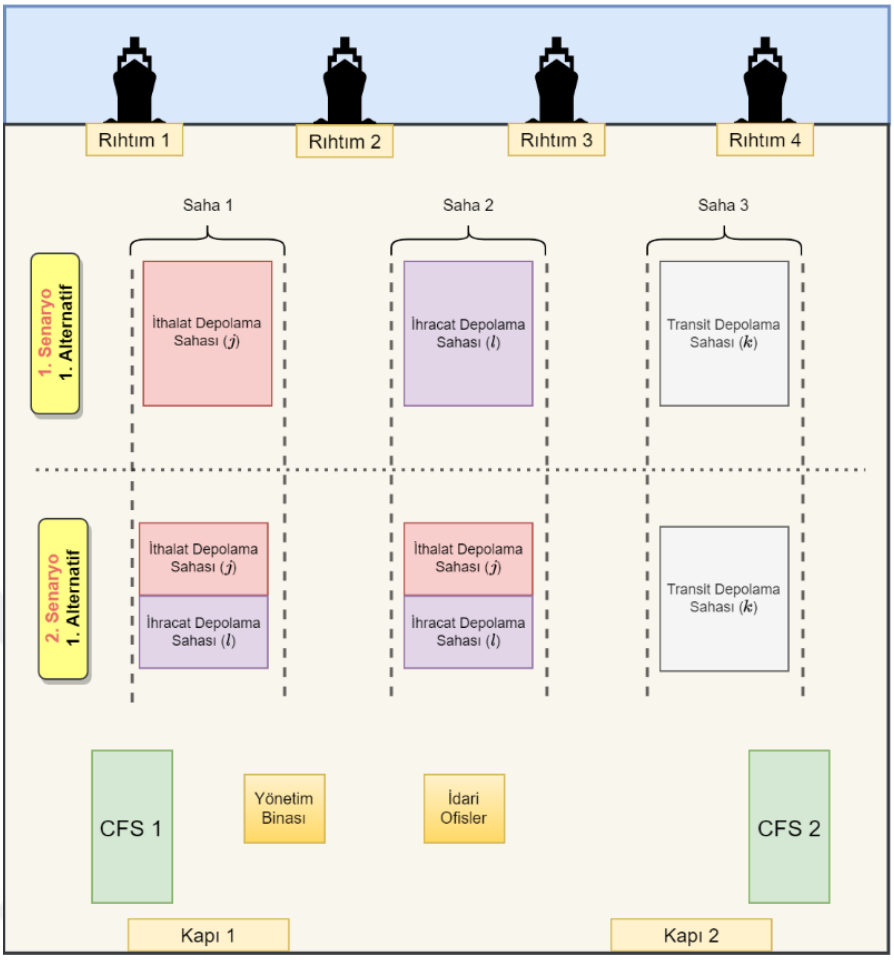
Mevcut terminal sahası, yerleşim düzeni ve konteyner hareketleri ayrıntılı olarak incelenmiş ve bu bilgiler ışığında terminal için alternatif yerleşim düzenleri tasarlanmıştır.

Mevcut terminalde ithalat, ihracat ve transit konteynerler karışık olarak aynı sahada depolanmakta olup tek bir yerleşim düzeni bulunmaktadır. Bu bağlamda rıhtım ile depolama alanları arası (birinci aşama) alternatif yerleşim düzeni için iki senaryo dizayn edilmiştir. Birinci ve ikinci senaryolar için alternatif saha diziliş düzenleri Tablo 4.2'de özetlenmiş olup birinci senaryoda altı, ikinci senaryoda dokuz farklı diziliş düzeni bulunmaktadır.

Tablo 4.2: Birinci aşama alternatif saha diziliş düzenleri.

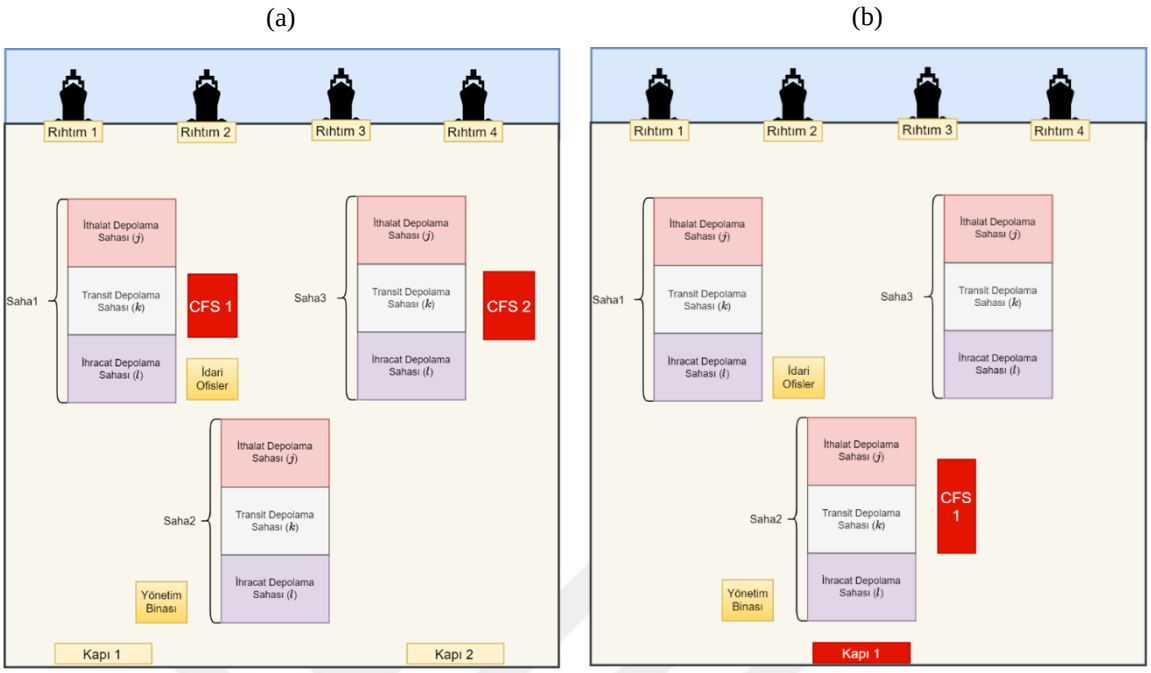
Saha Diziliş Düzeni	Birinci Senaryo			İkinci Senaryo		
	1. Saha	2.Saha	3.Saha	1. Saha	2.Saha	3.Saha
1	İthalat	İhracat	Transit	İthalat-İhracat	İthalat-İhracat	Transit
2	İhracat	İthalat	Transit	İthalat	İhracat-Transit	İhracat-Transit
3	İthalat	Transit	İhracat	İhracat	İthalat-Transit	İthalat-Transit
4	İhracat	Transit	İthalat	Transit	İthalat-İhracat	İthalat-İhracat
5	Transit	İhracat	İthalat	İthalat-İhracat	Transit	İthalat-İhracat
6	Transit	İthalat	İhracat	İhracat-Transit	İhracat-Transit	İthalat
7				İhracat-Transit	İthalat	İhracat-Transit
8				İthalat-Transit	İthalat-Transit	İhracat
9				İthalat-Transit	İhracat	İthalat-Transit

Örnek olarak, birinci ve ikinci senaryoların birinci diziliş düzenleri Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2: Birinci aşama birinci ve ikinci senaryo birinci diziliş düzenleri.

İkinci aşama için terminalin depolama sahaları ile kapı arasındaki mevcut yerleşimi ve saha özellikleri dikkate alınarak iki farklı senaryo oluşturulmuştur. Şekil 4.3'de gösterilen senaryoların ilkinde (a), kapıların bulundukları yerler sabit tutularak CFS alanları depolama kapasitesi büyük olan birinci ve üçüncü sahaya yakın konumlandırılmıştır. İkinci senaryoda (b) ise terminalde iki adet olan kapı ve CFS sayıları bire düşürülmüş ve mevcut kapı ve CFS'lerin orta noktalarına konumlandırılmıştır.



Şekil 4.3: İkinci aşama birinci (a) ve ikinci (b) senaryolar.

Mevcut durum ve Şekil 4.3'deki senaryolar neticesinde oluşacak alternatif çözümler Tablo 4.3'de gösterilmiştir. Buna göre mevcut durum ve birinci senaryoda iki kapı ve iki CFS olduğu için tüm sahalardan her iki kapı ve CFS'ye konteyner akışı gerçekleşmektedir. İkinci senaryoda ise bire indirilen kapı ve CFS sayısı sebebiyle tüm sahalardan sadece bu kapı ve CFS'ye hareket olacaktır.

Tablo 4.3: Sahalardan kapı ve CFS'ye gidiş alternatifleri.

Senaryolar	Alternatif Çözümler	Saha No	Kapı No	CFS No
Mevcut Durum	1	Tüm Sahalar	Kapı 1 ve 2	CFS 1 ve 2
Birinci Senaryo	1	Tüm Sahalar	Kapı 1 ve 2	CFS 1 ve 2
İkinci Senaryo	1	Tüm Sahalar	Kapı 1	CFS 1

4.1.3. Optimum Yerleşim Düzeninin Belirlenmesi

Optimum yerleşim düzeninin belirlenmesine yönelik olarak geliştirilen model MS Excel Çözücü eklentisi kullanılarak çözülmüştür. İlk önce Şekil 4.1'deki mevcut yerleşim düzeni için birinci ve ikinci aşama çözümleri yapılmış, rıhtımlar ile depolama alanları arası ve depolar ile kapı arası toplam konteyner taşınma süreleri bulunmuştur. Daha sonra Şekil 4.2'deki senaryolardaki yerleşim düzenleri için birinci aşama çözümü yapılmış ve toplam

taşıma maliyetini minimum yapan senaryo belirlenerek, ikinci aşama optimizasyon bu senaryo baz alınarak yapılmıştır. Bulunan sonuçlar Tablo 4.4'de özetlenmektedir.

Mevcut yerleşim düzeni için rıhtım ile depolama alanları arası konteynerin optimum birim taşınma süresi 0,8237 dk bulunmuştur. Senaryolara ait süreler incelendiğinde ise en düşük optimum taşınma süresine sahip senaryo 1,25 dk/adet ile ikinci senaryo yedinci ve dokuzuncu diziliş düzenleridir. Bu bağlamda mevcut yerleşim düzeni birinci aşama için en iyi çözümü vermektedir.

Tablo 4.4: Mevcut terminal için birinci aşama alternatif diziliş sonuçları.

Saha Diziliş Düzeni	Mevcut Durum		Birinci Senaryo		İkinci Senaryo	
	TM_1 (dk)	TB_1 (dk/adet)	TM_1 (dk)	TB_1 (dk/adet)	TM_1 (dk)	TB_1 (dk/adet)
1	4448,4	0,8237	10817,7	2,0032	9503,4	1,7599
2			10817,7	2,0032	9002,1	1,6671
3			11626,5	2,1530	9105,3	1,6862
4			11626,5	2,1530	8694,6	1,6101
5			10312,2	1,9096	10110	1,8722
6			10312,2	1,9096	8997,9	1,6663
7					6773,7	1,2544
8					9237,9	1,7107
9					6773,7	1,2544

Birinci aşama çözümlemede en düşük çözüm değeri sahaların karışık kullanıldığı mevcut yerleşim düzenine ait olduğu için ikinci aşama senaryo çözümleri bu düzen baz alınarak yapılmıştır. İkinci aşamaya ait sonuçlar Tablo 4.5'de verilmektedir. Bu sonuçlara göre mevcut durum ile birinci senaryo sonuçları yaklaşık 1,50 dk/adet ile aynı sonucu vermişken ikinci senaryo için konteyner başına çıkan sonuç 2,3305 dk/adet'tir.

Tablo 4.5: Mevcut terminal yerleşimi ve alternatif senaryolar için ikinci aşama sonuçları.

Mevcut Durum		Birinci Senaryo		İkinci Senaryo	
TM_2 (dk)	TB_2 (dk/adet)	TM_2 (dk)	TB_2 (dk/adet)	TM_2 (dk)	TB_2 (dk/adet)
12996,6	1,5001	13035,0	1,5045	20191,2	2,3305

Birinci ve ikinci aşamalar için senaryolara ait konteyner başına taşınma süreleri Tablo 4.6'da toplu olarak gösterilmiştir.

Tablo 4.6: Optimum çözüm sonuç tablosu (dk/adet).

Birinci Aşama					İkinci Aşama				TOPLAM (TB)
Saha Diziliş Düzeni	Mevcut Durum	Birinci Senaryo	İkinci Senaryo	Optimum Çözüm (TB_1)	Mevcut Durum	Birinci Senaryo	İkinci Senaryo	Optimum Çözüm (TB_2)	
1	0,8237	2,0032	1,7599	0,8237	1,5001	1,5045	2,3305	1,5001	2,3238
2		2,0032	1,6671						
3		2,1530	1,6862						
4		2,1530	1,6101						
5		1,9096	1,8722						
6		1,9096	1,6663						
7			1,2544						
8			1,7107						
9			1,2544						

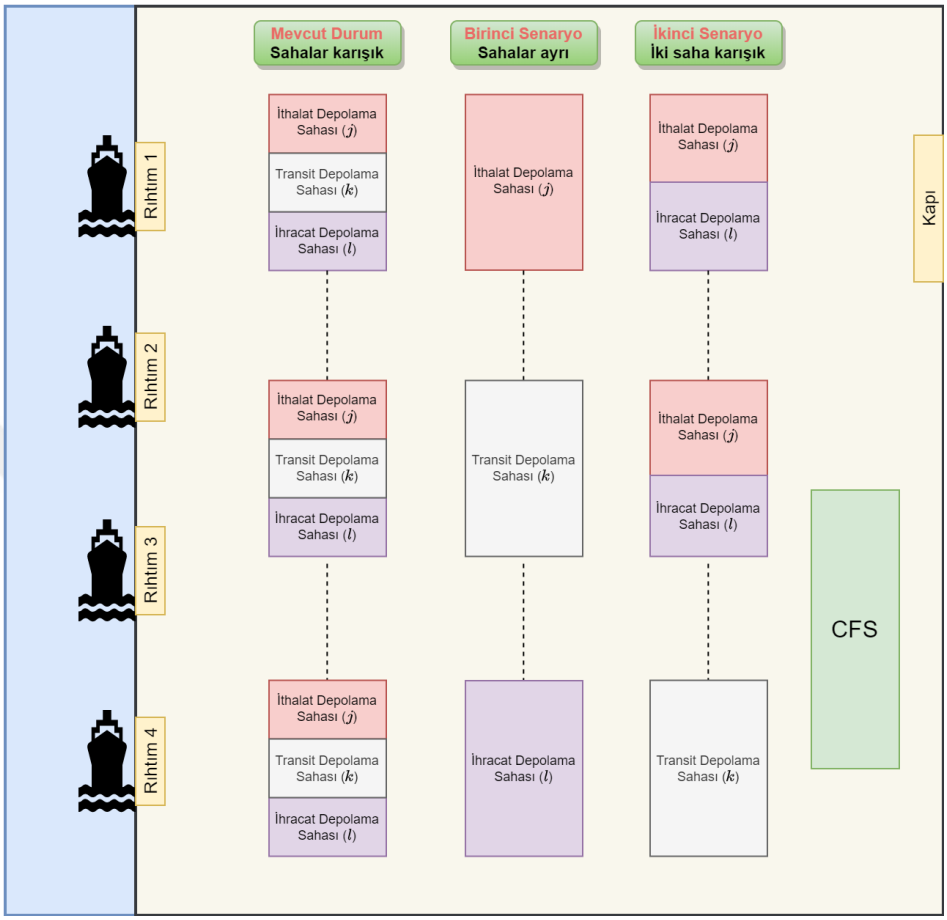
Modele uygun olarak birinci aşama optimum çözümü olan mevcut düzen değeri ile ikinci aşama optimum çözümü olan mevcut düzenin toplamı olan konteyner başına optimum birim taşıma süresi 2,3238 dk olarak bulunmuştur.

4.1.4. Konteyner Kategori ve Saha Doluluk Oranlarına Göre Depolama Sahası Yerleşim Düzenlerinin Değerlendirilmesi

Yukarıda, mevcut verilerine göre % 50 transit konteyner oranına ve % 25 saha doluluk oranına sahip olduğu varsayılan terminalin model üzerinde uygulaması yapılmıştır. Ancak zaman içinde terminallerin elleçlediği ithalat, ihracat ve transit konteyner oranları veya saha doluluk oranları değişebilir. Bu bölümde, söz konusu bu değişikliklerin terminal yerleşim planı üzerindeki etkilerinin belirlenmesine yönelik olarak mevcut terminal ve senaryolar için çeşitli yük ve saha doluluk oranlarına göre değerlendirmeler yapılmaktadır.

Bu yönde elleçlenen ithalat, ihracat ve transit konteyner oranlarına göre terminaller ithalat ağırlıklı, ihracat ağırlıklı ve transit ağırlıklı olarak üç gruba ayrılmıştır. İthalat ağırlıklı konteyner terminalinde elleçlenen ithalat konteyner oranının % 50, ihracat konteyner oranının %25 ve transit konteyner oranının %25 olduğu varsayılmıştır. Aynı şekilde ihracat ağırlıklı konteyner terminalinde elleçlenen ihracat konteyner oranının % 50, ithalat konteyner oranının % 25 ve transit konteyner oranının % 25 ve transit ağırlıklı konteyner terminalinde elleçlenen transit konteyner oranının % 50, ihracat konteyner oranının %25 ve ithalat konteyner oranının %25 olduğu varsayılmıştır. Şekil 4.4'de şematize edilen mevcut terminal ve senaryolar için bu üç konteyner katogorisi ve çeşitli saha doluluk oranlarına göre rıhtım ile depolama sahaları arası optimum toplam konteyner taşınma süreleri MS Excel

Çözücü eklentisi kullanılarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar yerleşim düzenlerine göre aşağıda değerlendirilmektedir.



Şekil 4.4: Birinci aşama alternatif saha kullanım senaryoları.

4.1.4.1.Mevcut Yerleşim Düzeni Çözüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Sahaların karışık olarak kullanıldığı mevcut durumda tek bir diziliş düzeni bulunmaktadır. Her üç sahanın da ortak kullanıldığı bu düzende ilk olarak terminalin de mevcut yük oranlarını yansıtan transit ağırlıklı terminal düzeni incelenmiştir. Saha doluluk oranlarına göre elde edilen sonuçlar Tablo 4.7'de özetlenmektedir. Hesaplama sonuçları birim zamanların belirli aralıklarda değiştiğini göstermektedir. Bu nedenle tablolarda sadece değerlerin değiştiği doluluk oranlarına ait sonuçlar verilmiştir. Tablodan görüleceği üzere % 50 doluluk oranına kadar birim zaman 0,8237 dk/adet iken, % 75 dolulukta 0,8911 dk/adet olarak hesaplanmıştır. 0,9058 dk/adet'lık birim zaman ile çözümü bulunan en yüksek doluluk oranı ise % 76'dır.

Tablo 4.7: Saha doluluk oranlarına göre mevcut düzen için transit ağırlıklı terminal sonuçları.

Saha Doluluk Oranı (Yüzde)	$TM_{ithalat}$ (dk)	$TM_{ihracat}$ (dk)	$TM_{transit}$ (dk)	TM_1 (dk)	TB_1 (dk/adet)
50	1112,1	1112,1	2224,2	4448,4	0,8237
75	1476	1112,1	2224,2	4812,3	0,8911
76	1555,2	1112,1	2224,2	4891,5	0,9058

İkinci olarak ithalat ağırlıklı terminal senaryoları için hesaplamalar yapılmıştır ve sonuçları Tablo 4.8'de verilmiştir. İthalat ağırlıklı olan bu terminal senaryosunda % 50 doluluk oranına kadar birim zaman 0,8237 dk/adet olarak hesaplanırken, % 75 dolulukta 0,9595 dk/adet olarak bulunmuştur. Çözüm bulunan en yüksek doluluk oranı ise % 76 olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.8: Saha doluluk oranlarına göre mevcut düzen için ithalat ağırlıklı terminal sonuçları.

Saha Doluluk Oranı (Yüzde)	$TM_{ithalat}$ (dk)	$TM_{ihracat}$ (dk)	$TM_{transit}$ (dk)	TM_1 (dk)	TB_1 (dk/adet)
50	2227,5	1112,1	1108,8	4448,4	0,8237
75	2960,5	1112,1	1108,8	5181,4	0,9595
76	3121,3	1112,1	1108,8	5342,2	0,9893

Son olarak ihracat ağırlıklı terminal senaryosu incelenmiştir. Bu senaryoya göre sonuçlar Tablo 4.9'deki gibi özetlenmiştir. % 50 doluluk oranına kadar birim zaman yine 0,8237 dk/adet olarak hesaplanırken, % 75 dolulukta 0,8911 dk/adet olarak bulunmuştur. % 76'lık doluluk oranı ise çözümü bulunan en yüksek doluluk oranı olarak görülmekte ve birim zaman 0,9058 dk/adet olarak hesaplanmaktadır.

Tablo 4.9: Saha doluluk oranlarına göre mevcut düzen için ihracat ağırlıklı terminal sonuçları.

Saha Doluluk Oranı (Yüzde)	$TM_{ithalat}$ (dk)	$TM_{ihracat}$ (dk)	$TM_{transit}$ (dk)	TM_1 (dk)	TB_1 (dk/adet)
50	1112,1	2227,5	1108,8	4448,4	0,8237
75	1476	2227,5	1108,8	4812,3	0,8911
76	1555,2	2227,5	1108,8	4891,5	0,9058

Tablo 4.10'da bu bölümdeki tüm senaryolar için referans alınan doluluk oranlarına göre toplam zamanlar ve birim zamanlar özetlenmiştir. % 50 doluluk oranına kadar her yük tipinde benzer sonuçlar alınırken, % 75 doluluk oranında ithalat ağırlıklı terminal 0,9595 dk/adet, ihracat ve transit ağırlıklı terminaller ise ise 0,8911 dk/adet değerlerini vermiştir. Bu değerlerin çok az üstünde ise sınır doluluk oranı olan % 76 doluluk oranı verileri gözükmektedir.

Tablo 4.10: Saha doluluk oranlarına göre mevcut düzen için toplam zamanlar ve birim zamanlar.

Saha Doluluk Oranı (Yüzde)	İthalat Ağırlıklı Terminal		İhracat Ağırlıklı Terminal		Transit Ağırlıklı Terminal	
	TM_1 (dk)	TB_1 (dk/adet)	TM_1 (dk)	TB_1 (dk/adet)	TM_1 (dk)	TB_1 (dk/adet)
50	4448,4	0,8237	4448,4	0,8237	4448,4	0,8237
75	5181,4	0,9595	4812,3	0,8911	4812,3	0,8911
76	5342,2	0,9893	4891,5	0,9058	4891,5	0,9058

4.1.4.2.Birinci Senaryo Çözüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Sahaların ayrı kullanıldığı birinci senaryo düzeninde 3 depolama sahası için sahanın 6 farklı diziliş düzeni bulunmaktadır. Bu diziliş düzenlerine Tablo 4.2'de yer verilmiştir. Mevcut duruma benzer olarak her diziliş düzeni için farklı saha doluluk oranlarına göre çözümler aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir. Bu tablolarda verilen saha doluluk oranları çözümü bulunan sınır değerler olup, bu değerlere kadar aynı sonuçlara ulaşılmıştır.

Tablo 4.11'da ithalat ağırlıklı terminal için 6 farklı diziliş sonuçları gösterilmiştir. Bu değerlere göre toplam ve birim zamanın minimum olduğu diziliş düzenleri birinci (ithalat-ihracat-transit) ve üçüncü (ithalat-transit-ihracat) düzenler olmaktadır. İkinci (ihracat-ithalat-transit) ve altıncı (transit-ithalat-ihracat) düzenlerde ise saha doluluk oranı % 40'a kadar çözüme ulaşılabilmiştir.

Tablo 4.11: Saha doluluk oranlarına göre birinci senaryo için ithalat ağırlıklı terminal sonuçları.

Saha Diziliş Düzeni	Saha Doluluk Oranı (Yüzde)	$TM_{ithalat}$ (dk)	$TM_{ihracat}$ (dk)	$TM_{transit}$ (dk)	TM_1 (dk)	TB_1 (dk/adet)
1	71	4252,5	3437,4	2620,8	10310,7	1,9093
2	40	6885	2123,1	2620,8	11628,9	2,1535
3	71	4252,5	2628,6	3427,2	10308,3	1,9089
4	69	5265	2123,1	3427,2	10815,3	2,0028
5	69	5265	3437,4	2116,8	10819,2	2,0035
6	40	6885	2628,6	2116,8	11630,4	2,1537

İhracat ağırlıklı terminal sonuçları Tablo 4.12'de sunulmuştur. Bu sonuçlara göre en uygun diziliş düzenleri minimum zamanların bulunduğu ikinci (ihracat-ithalat-transit) ve dördüncü (ihracat-transit-ithalat) dizilişler olmuştur. Bunların içinde de % 84 doluluk oranına kadar çözüm veren dördüncü diziliş düzeni daha tercih edilebilir durumdadır.

Tablo 4.12: Saha doluluk oranlarına göre birinci senaryo için ihracat ağırlıklı terminal sonuçları.

Saha Diziliş Düzeni	Saha Doluluk Oranı (Yüzde)	$TM_{ithalat}$ (dk)	$TM_{ihracat}$ (dk)	$TM_{transit}$ (dk)	TM_1 (dk)	TB_1 (dk/adet)
1	85	2123,1	6885	2620,8	11628,9	2,1535
2	70	3437,4	4252,5	2620,8	10310,7	1,9093
3	85	2123,1	5265	3427,2	10815,3	2,0028
4	84	2628,6	4252,5	3427,2	10308,3	1,9089
5	84	2628,6	6885	2116,8	11630,4	2,1537
6	70	3437,4	5265	2116,8	10819,2	2,0035

Tablo 4.13'de maksimum doluluk oranı için elde edilen transit ağırlıklı terminal sonuçları gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre en uygun dizilişler 1,9096 dk/adet birim zaman ile beşinci (transit-ihracat-ithalat) ve altıncı (transit-ithalat-ihracat) dizilişler olmuştur.

Tablo 4.13: Saha doluluk oranlarına göre birinci senaryo için transit ağırlıklı terminal sonuçları.

Saha Diziliş Düzeni	Saha Doluluk Oranı (Yüzde)	$TM_{ithalat}$ (dk)	$TM_{ihracat}$ (dk)	$TM_{transit}$ (dk)	TM_1 (dk)	TB_1 (dk/adet)
1	84	2123,1	3437,4	5257,2	10817,7	2,0032
2	70	3437,4	2123,1	5257,2	10817,7	2,0032
3	70	2123,1	2628,6	6874,8	11626,5	2,1530
4	70	2628,6	2123,1	6874,8	11626,5	2,1530
5	84	2628,6	3437,4	4246,2	10312,2	1,9096
6	70	3437,4	2628,6	4246,2	10312,2	1,9096

Birinci senaryo için ithalat, ihracat ve transit ağırlıklı terminallere ait toplam ve birim zamanlar Tablo 4.14'de özetlenmiştir. Tabloya göre ithalat ağırlıklı terminal için % 71 maksimum doluluk oranında birinci ve üçüncü diziliş düzenlerinde birim zaman 1,90 dk/adet ile en uygun çözümü vermektedir. İhracat ağırlıklı terminal için % 84 doluluk oranında 1,9089 dk/adet, transit ağırlıklı terminal için de % 84 doluluk orannda 1,9096 dk/adet'lik en uygun çözümlere ulaşılmıştır.

Tablo 4.14: Saha doluluk oranlarına göre birinci senaryo için toplam zamanlar ve birim zamanlar.

Saha Diziliş Düzeni	İthalat Ağırlıklı Terminal			İhracat Ağırlıklı Terminal			Transit Ağırlıklı Terminal		
	Saha Doluluk Oranı (Yüzde)	TM_1 (dk)	TB_1 (dk/adet)	Saha Doluluk Oranı (Yüzde)	TM_1 (dk)	TB_1 (dk/adet)	Saha Doluluk Oranı (Yüzde)	TM_1 (dk)	TB_1 (dk/adet)
1	71	10310,7	1,9093	85	11628,9	2,1535	84	10817,7	2,0032
2	40	11628,9	2,1535	70	10310,7	1,9093	70	10817,7	2,0032
3	71	10308,3	1,9089	85	10815,3	2,0028	70	11626,5	2,1530
4	69	10815,3	2,0028	84	10308,3	1,9089	70	11626,5	2,1530
5	69	10819,2	2,0035	84	11630,4	2,1537	84	10312,2	1,9096
6	40	11630,4	2,1537	70	10819,2	2,0035	70	10312,2	1,9096

4.1.4.3.İkinci Senaryo Çözüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi

İki saha iki farklı yük tipi için karışık kullanılırken üçüncü sahanın diğer yük tipi için kullanıldığı ikinci senaryo düzeninde 3 depolama sahası için sahada 9 farklı diziliş düzeni bulunmaktadır. Bu diziliş düzenlerine Tablo 4.2'de yer verilmiştir. Bu senaryoya ait her diziliş düzeni için farklı saha doluluk oranlarına göre çözümler aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir. Bu tablolarda verilen saha doluluk oranları çözümü bulunan sınır değerler olup, bu değerlere kadar yaklaşık sonuçlara ulaşılmıştır.

Tablo 4.15'deki sonuçlara bakıldığında en küçük zaman değerlerinin bulunduğu diziliş düzenleri beşinci ve dokuzuncu dizilişler olarak görülmektedir. Beşinci diziliş düzeni olan, birinci ve üçüncü sahalarda ithalat-ihracat yüklerinin karışık, ikinci sahada ise transit yüklerin tek olarak depolandığı diziliş düzeninde 1,3567 dk/adet ile en küçük birim zaman elde edilmiştir. Beşinci düzende % 85 doluluk oranına kadar bu değer bulunmaktadır. Bir sonraki minimum değer dokuzuncu düzende 1,5322 dk/adet hesaplanmıştır.

Tablo 4.15: Saha doluluk oranlarına göre ikinci senaryo için ithalat ağırlıklı terminal sonuçları.

Saha Diziliş Düzeni	Saha Doluluk Oranı (Yüzde)	$TM_{ithalat}$ (dk)	$TM_{ihracat}$ (dk)	$TM_{transit}$ (dk)	TM_1 (dk)	TB_1 (dk/adet)
1	80	4493,4	2123,1	2620,8	9237,3	1,7106
2	94	4252,5	2224,2	2293,2	8769,9	1,6241
3	79	4690,2	2123,1	2217,6	9030,9	1,6724
4	79	4690,2	2224,2	2116,8	9031,2	1,6724
5	85	2283	1112,1	3931,2	7326,3	1,3567
6	69	5265	2123,1	2116,8	9504,9	1,7602
7	40	6885	1112,1	1108,8	9105,9	1,6863
8	95	4252,5	2628,6	2235,6	9116,7	1,6883
9	96	3727,5	3437,4	1108,8	8273,7	1,5322

İkinci senaryo için ihracat ağırlıklı terminal sonuçları Tablo 4.16'deki gibidir. Bu sonuçlara göre minimum değer 1,2544 dk/adet ile yedinci düzende görülmektedir. Bu düzende birinci ve üçüncü sahalar ihracat ve transit olarak ortak, ikinci saha ise tek başına ithalat depolama sahası olarak kullanılmaktadır.

Tablo 4.16: Saha doluluk oranlarına göre ikinci senaryo için ihracat ağırlıklı terminal sonuçları.

Saha Diziliş Düzeni	Saha Doluluk Oranı (Yüzde)	$TM_{ithalat}$ (dk)	$TM_{ihracat}$ (dk)	$TM_{transit}$ (dk)	TM_1 (dk)	TB_1 (dk/adet)
1	90	2243,1	4252,5	2620,8	9116,4	1,6882
2	94	2123,1	4455	2293,2	8871,3	1,6428
3	89	2327,4	4252,5	2217,6	8797,5	1,6292
4	89	2327,4	4455	2116,8	8899,2	1,6480
5	85	1112,1	2227,5	3931,2	7270,8	1,3464
6	84	2628,6	4252,5	2116,8	8997,9	1,6663
7	70	3437,4	2227,5	1108,8	6773,7	1,2544
8	95	2123,1	5265	2235,6	9623,7	1,7822
9	96	1598,1	6885	1108,8	9591,9	1,7763

Tablo 4.17'da ikinci senaryo için transit ağırlıklı terminal sonuçları bulunmaktadır. Tablodaki değerler incelendiğinde en uygun diziliş düzeninin 1,2544 dk/adet'lik değer ile yedinci ve dokuzuncu düzenler olduğu görülmektedir.

Tablo 4.17: Saha doluluk oranlarına göre ikinci senaryo için transit ağırlıklı terminal sonuçları.

Saha Diziliş Düzeni	Saha Doluluk Oranı (Yüzde)	$TM_{ithalat}$ (dk)	$TM_{ihracat}$ (dk)	$TM_{transit}$ (dk)	TM_1 (dk)	TB_1 (dk/adet)
1	84	2123,1	2123,1	5257,2	9503,4	1,7599
2	89	2123,1	2224,2	4654,8	9002,1	1,6671
3	89	2327,4	2123,1	4654,8	9105,3	1,6862
4	85	2224,2	2224,2	4246,2	8694,6	1,6101
5	70	1112,1	1112,1	7885,8	10110	1,8722
6	84	2628,6	2123,1	4246,2	8997,9	1,6663
7	70	3437,4	1112,1	2224,2	6773,7	1,2544
8	90	2123,1	2628,6	4486,2	9237,9	1,7107
9	92	1112,1	3437,4	2224,2	6773,7	1,2544

İkinci senaryo için ithalat, ihracat ve transit ağırlıklı terminallere ait toplam ve birim zamanlar aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 4.18: Saha doluluk oranlarına göre ikinci senaryo için toplam zamanlar ve birim zamanlar.

Saha Diziliş Düzeni	İthalat Ağırlıklı Terminal			İhracat Ağırlıklı Terminal			Transit Ağırlıklı Terminal		
	Saha Doluluk Oranı (Yüzde)	TM_1 (dk)	TB_1 (dk/adet)	Saha Doluluk Oranı (Yüzde)	TM_1 (dk)	TB_1 (dk/adet)	Saha Doluluk Oranı (Yüzde)	TM_1 (dk)	TB_1 (dk/adet)
1	80	11873,7	2,1988	90	9116,4	1,6882	84	9503,4	1,7599
2	94	8769,9	1,6241	94	8871,3	1,6428	89	9002,1	1,6671
3	79	9030,9	1,6724	89	8797,5	1,6292	89	9105,3	1,6862
4	79	9031,2	1,6724	89	8899,2	1,6480	85	8694,6	1,6101
5	85	7326,3	1,3567	85	7270,8	1,3464	70	10110	1,8722
6	69	9504,9	1,7602	84	8997,9	1,6663	84	8997,9	1,6663
7	40	9105,9	1,6863	70	6773,7	1,2544	70	6773,7	1,2544
8	95	9116,7	1,6883	95	9623,7	1,7822	90	9237,9	1,7107
9	96	8273,7	1,5322	96	9591,9	1,7763	92	6773,7	1,2544

Tablo 4.18’e göre ithalat ağırlıklı terminal için beş numaralı, ihracat ağırlıklı terminal için yedi numaralı, transit ağırlıklı terminal için de yedi ve dokuz numaralı diziliş düzenlerinin birim zamanlara göre en uygun oldukları görülmektedir. Bu düzenlerin saha kullanım oranlarından daha fazla bir kullanım oranı gereksinimi olduğu durumlarda ise tablodaki alternatif diziliş düzenleri çözüm olarak değerlendirilebilir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Son yıllarda konteyner terminallerinde operasyonel verimlilik ve verimliliği artırmaya yönelik çalışmalar önem kazanmıştır. Konteyner terminalleri operasyonel olarak rıhtım tarafında yapılan operasyonlar, saha operasyonları ve kapı operasyonları olarak üç alt sisteme ayrılmıştır. Bu operasyonların herbiri birbirinden ayrı yapıya sahip olup, herbirinin verimliliği ve birbiri ile senkronizasyonu konteyner terminalinin genel verimliliğini belirler. Özellikle, rıhtım tarafında yapılan operasyonlar gemi operasyon performansı üzerinde direkt etkiye sahiptir. Bu operasyonların verimliliğinin artırılması gemilerin bekleme zaman maliyetlerinin azalmasını ve bu yönde terminalde elleçlenen konteyner miktarının artmasını sağlar.

Operasyonel verimliliği etkileyen en önemli faktörlerden birisi terminal yerleşim düzenidir. Terminal yerleşim düzeni oluşturulurken, genel kanı olarak operasyon verimliliğini artırdığı için ithalat konteynerler terminal kapısına, ihracat ve transit konteynerler rıhtıma, CFS ile boş konteyner sahaları da birbirine yakın yerleştirilir. İthalat, ihracat ve transit konteynerlerin depolanması için aynı alanda depolama yeri dizayn edilebileceği gibi, birbirinden farklı alanlar da tasarlanabilir. Ancak, terminal yerleşim düzeni her konteyner terminalinin mevcut özelliklerine ve amacına uygun olarak dizayn edilmelidir. Dizayn aşamasında operasyonel sahaların konteynerin terminal içinde en az dolaşımını sağlayacak şekilde planlanması, operasyonel verimliği artırır.

Konteyner terminalleri yüksek yatırım ve işletme maliyeti olan ve ekonomik gelişmelerden etkilenen dinamik sistemlerdir. Terminal yöneticileri rekabet ortamında müşteri taleplerini karşılarken karlılıklarını artırmak ve maliyetleri düşürmek için zaman içinde uygun stratejiler belirlemeli ve elindeki kaynakları en iyi şekilde kullanmalıdır. Bu yönde konteyner terminallerinde iş etüdü uygulamaları verimliliği etkileyen faktörlerin belirlenmesini, ortadan kaldırılmasını ve böylece operasyonel verimliliğin artırılmasını sağlar.

Bu bağlamda çalışmada mevcut yerleşim düzeninin ayrıntılı olarak incelenmesi ve yerleşim düzeninin geliştirilmesi için metot etüdü tekniği kullanılmıştır. Metot etüdünde yeni yöntemin geliştirilmesi için çoğunlukla eleştirerek inceleme tekniği kullanılmakta ve yeni yöntem başka ne yapılabilir şeklindeki ikincil sorulara verilen cevaplar doğrultusunda

geliştirilmektedir. Bu uygulamadan farklı olarak çalışmada yeni yöntemin geliştirilmesi için optimizasyon tekniği kullanılmıştır. Böylece problem modellenerek, değişkenler arasındaki ilişkilerin sayısal olarak gösterilmesi sağlanmıştır. Sayısal çözüme dayalı olarak alternatif yerleşim planlarının araştırılması yanlış yorum yapma olasılığını düşürerek, açık, tutarlı ve objektif değerlendirme yapılmasını ve her bir teminal özelinde çözümlemeler geliştirilmesini sağlar.

Geliştirilen modelin tutarlılığını test etmek ve sonuçları değerlendirmek için gerçek terminaller özelinde uygulama yapılması gerekmektedir. Ancak limanların politikaları gereği modelde kullanılacak verilerin tümünün temini mümkün olmamaktadır. Bu nedenle elde edilebilen sınırlı sayıda veri ile varsayımlar üzerinden değerlendirme yapmak mümkün olmuştur. Uygulama yapılan liman, operasyonların planlanmasında bilgi teknolojilerini kullanan ve kendi içinde iş etüdü uygulamaları gerçekleştiren modern bir konteyner terminalidir. Bu nedenle modelden elde edilen çözümlemeler sonucunda terminalin mevcut yerleşim düzeni optimum olarak bulunmuştur. Bu bağlamda geliştirilen modelin Türkiye'deki konteyner terminallerine terminal özelinde uygulanması operasyonel verimliliklerinin artırılmasına yardımcı olacaktır.

Uygulama yapılan liman için birinci aşama optimizasyon çözümlemesi sonucuna göre, rıhtım ile depolama sahası arası konteyner adedi başına optimum taşınma süresi 0,8237 dk bulunmuştur. Bu sonuca ulaşılırken rıhtım ile depolama sahaları arasında yapılan hesaplamalarda mevcut durumda tek diziliş düzeni, birinci senaryoda altı diziliş düzeni, ikinci senaryoda dokuz diziliş düzeni üzerinden optimum sonuçlara ulaşılmıştır. Sahaların karışık kullanıldığı mevcut düzende transit, ithalat ve ihracat ağırlıklı her bir terminal için % 50 doluluk oranına kadar konteyner başına 0,8237 dk'lık sonuç bulunmuştur ve en fazla % 76 dolulukta çözüme ulaşılmıştır. Bulunan en yüksek değer de bu doluluk oranı için ithalat ağırlıklı terminalde 0,9893 dk/adet olmuştur.

Birinci aşamanın birinci senaryosunda altı farklı diziliş düzeninden, ithalat ağırlıklı terminal için % 71 maksimum doluluk oranında birinci ve üçüncü diziliş düzenlerinde birim zaman 1,90 dk/adet ile en uygun çözümü vermiştir. İhracat ağırlık terminal için % 84 doluluk oranında 1,9089 dk/adet, transit ağırlıklı terminal için de % 84 doluluk orannda 1,9096 dk/adet'lik en uygun çözümlere ulaşılmıştır.

Birinci aşamanın ikinci senaryosu için dokuz farklı diziliş düzeninden ithalat ağırlıklı terminalde 1,3567 dk/adet ile beş numaralı, ihracat ağırlıklı terminalde 1,2544 dk/adet ile yedi numaralı, transit ağırlıklı terminalde de 1,2544 dk/adet ile yedi ve dokuz numaralı diziliş düzenlerinin birim zamanlara göre en uygun oldukları görülmektedir.

Kurulan optimizasyon modelinin ikinci aşaması birinci aşama sonuçlarına bağlı olduğu için birinci aşamada bulunan optimum çözüm olan 0,8237 dk/adet'in elde edildiği sahaların karışık kullanıldığı depolama sahası düzeni üzerinden ikinci aşama çözüme girilmiştir. Bu aşamada mevcut düzen ve oluşturulan birinci ve ikinci senaryoların sonuçları kıyaslanarak optimum çözümü veren senaryo seçilmektedir. Mevcut terminal düzeninde, tüm sahalar ile iki kapı ve iki CFS arası gerçekleşen konteyner hareketleri sonucu optimum birim zaman yaklaşık 1,49 dk/adet olarak bulunurken tüm sahalar ile yerleri sabit tutulan iki kapı ve yerleri değiştirilen iki CFS arası gerçekleşen konteyner hareketleri sonucu ortaya çıkan optimum birim zaman ortalama 1,50 dk/adet olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar incelenen terminal için CFS sahalarının yerlerinin değişiminin terminal yerleşim düzeni etkilemediğini göstermektedir. CFS oranları daha yüksek olan terminallerde CFS sahalarındaki değişimin yerleşim düzenini daha fazla etkilemesi beklenebilir.

İkinci aşama ikinci senaryo çözümünde mevcut düzende iki olan kapı ve CFS sayısının bire düşürülmesi ve konumlarının terminalin orta noktasına yakın bir yere alınması sonucu optimum birim taşıma süresi ortalama 2,32/adet dk olarak bulunmuştur. Mevcut düzen ve birinci senaryoya kıyasla ikinci senaryo sonuçlarının yüksek çıkması bu yerleşim düzeninin terminal için uygun olmadığını göstermektedir.

İkinci aşama sonuçlarına göre saha doluluk oranları kapı giriş değerlerini direk olarak etkilemektedir. Depolama sahasında yeterli alan olmaması kapıdan konteyner girişini engellemektedir. Buna karşılık, kapı çıkış hareketi depolama kapasitesini sürekli olarak arttırdığı için kapı çıkış kapasitesi kadar konteyner adedi terminalden çıkış yapabilmektedir. Saha doluluk oranları kapı giriş sayılarını etkilese de birim zaman üzerinde bir değişim yaratmamaktadır.

Gemi operasyonlarının başlangıç ve bitiş süreleri arasında kalan toplam süre, saha kamyonları tarafından terminal içi taşımaların gemi operasyonları ile eş zamanlı yapıldığı düşünüldüğünde, toplam terminal içi taşıma süresine eşit olmalıdır. Yapılan uygulama

çalışmasında terminal içi taşıma süreleri üzerinden bulunan konteyner başına taşınma süresi, rıhtım tarafındaki konteyner başına gemi operasyon süreleri ile kıyaslanmış ve değerlerin birbirine yakın çıktığı görülmüştür.

İncelenen terminalde bilinmesi gereken diğer bir nokta ise terminale gelen ithalat, ihracat ve transit konteynerlerin oranlarıdır. Bu oranlar, modelde kullanılan kapasiteleri değiştirdiği için sonuca önemli bir etki etmektedir. Çalışmada mevcut terminal için % 25 ithalat, % 25 ihracat ve % 50 transit konteyner oranlarına göre incelenen sonuçların ardından tüm aşamalardaki senaryo incelemelerinde, terminalde bulunan ithalat, ihracat ve transit yüklerin oranları için standart olarak yüzde 50, 25 ve 25 kullanılmıştır. Örneğin sahaların karışık kullanıldığı birinci senaryoda mevcut terminalde oranlar sırasıyla ithalat, ihracat ve transit için 25-25-50 şeklindeyken, 50-25-25 ve 25-50-25'lik oranlarla da çözümler incelenmiştir. Ayrıca bu oranların her biri için saha doluluk oranları farklı değerlerle hesaba katılarak çözüme girebilen en yüksek doluluk oranları tespit edilmiştir.

İthalat, ihracat ve transit konteyner oranları farklı konteyner terminalleri için gerçek veriler üzerinden değiştirilerek terminallerin mevcut yerleşim düzeni hakkında değerlendirmelerde bulunulabilir. Alternatif senaryo ve yerleşim düzenleri için ayrı ayrı bulunacak sonuçlar terminalin olası bir yerleşim yeri değişikliğinde karşılaşacağı konteyner başına birim taşınma zamanını önceden belirlemesine imkan tanıyacaktır.

Çalışmada tespit edilen bir diğer nokta ise terminal yerleşim düzeni belirlenirken ilk olarak en fazla hareketin olduğu dolu konteyner sahalarının yerlerinin belirlenmesi olmuştur. Saha içinde en fazla hareket dolu konteynerler tarafından geçekleşirken, oran olarak daha düşük seviyelerde olan özel amaçlı konteynerlerin depolama sahaları dolu konteynerlerin yerleşim yeri belirlendikten sonra terminalin daha atıl noktalarına planlanabilir. Yine terminaldeki CFS operasyonlarının yoğunluğu da CFS sahalarının belirlenmesi üzerinde etkilidir. İncelenen örnekte gibi toplamda toplam konteynerler içinde % 2'lik bir terminal iç dolum ya da iç boşaltma operasyonu CFS sahasının yerinin değişmesinden çok fazla etkilenmemiştir.

Konteyner terminalleri dinamik bir yapıda olduğu halde düzenli bir servis sunan konteyner gemilerine hizmet verdikleri için birçok konteyner hareketinin zamanlamasının önceden planlanması mümkündür. Deniz tarafından ve kara tarafından gelen konteynerlerin

operasyon planlamaları terminale varış yapacak gemi tarihlerine göre berlirlenmekte ve önceden planlanabilmektedir. Konteyner hareketleri içinde sadece ithalat konteynerlerinin terminalden ayrılış zamanlarının bilinememesinden dolayı önceden çıkış planlanması dolayısıyla da depolama sahasında bekleme süresinin tahmini öngörülememektedir. Tüm bu hareketler terminal dwell time'ı ile de doğrudan ilişkilidir. Çalışmada öne çıkan terminal saha kapasitelerinin konteynerler terminali terk ettikçe artacağı bilindiğinden dwell time'ı düşük olan bir terminalin kapasite verimliliğinin yüksek olacağı söylenebilir.

Yapılan çalışma, terminalin mevcut durumu hakkında bir değerlendirme yapmaya yararken aynı zamanda terminalde gerçekleştirilecek bir kapasite artışı öncesinde de gerekli yatırımlar yapılmadan kapasite artışının terminal verimliliğine olası etkisini gösterebilecektir. Diğer taraftan terminale yapılacak yeni bir kapının ya da CFS sahasının ne tür sonuçlar doğurabileceği ya da kapı ve CFS'nin kapasite değişikliklerinin birim zamana etkileri öngörülebilecektir. Gerek rıhtım tarafında yapılacak rıhtım vinci yatırımları, gerekse de depolama sahalarının genişletilmesi çalışmaları konteyner terminalleri için yüksek sermaye maliyetleri gerektirir. Bu çalışma ile elde edilebilecek sonuçlar ve tahminler terminal yöneticilerine bahsi geçen yatırımların olası sonucu hakkında fikir verebilecektir.

KAYNAKLAR

Agarwal, S., & Sharma, S., 2018, A minimax method for time minimizing transportation problem with mixed constraints, *International Journal of Computer & Mathematical Sciences*, 7(3), 1-6.

Akdeniz, H.A. & Durmaz, F., 1998, Verimliliğin genel performans üzerindeki yansımalarının uygulaması, *Dokuz eylül üniversitesi iktisadi ve idari bilimler fakültesi dergisi*, 13(2).

Akküçük, U., 2011, *Veri madenciliği: kümeleme ve sınıflama algoritmaları*, Yalın Yayıncılık, İstanbul, ISBN: 978-605-4539-03-1.

Alphaliner, 2019, Alphaliner TOP 100, https://alphaliner.axsmarine.com/PublicTop100/, [Ziyaret tarihi: 9 Eylül 2019].

Angeloudis, P., ve Bell, M. G., 2011, A review of container terminal simulation models, *Maritime policy & management*, *38*(5), 523-540.

Aravindan, S., ve Thiruvenkatasamy, K., 2016, An analysis on the modeling of container terminal operations, *Indian journal of science and technology* DOI:10.17485/ijst/2016/v9i39/125816 , Vol 9, No 39.

Atan, M., 2005, *Üretim ve Verimlilik Arttırma Teknikleri*, Eğitim Notları, Ankara, Türkiye.

Avriel, M., Penn, M., Shpirer, N., ve Witteboon, S., 1998,.. Stowage planning for container ships to reduce the number of shifts. *Annals of operations research*, *76*, 55-71.

Avriel, M., Penn, M., ve Shpirer, N., 2000, Container ship stowage problem: complexity and connection to the coloring of circle graphs. *Discrete applied mathematics*, *103*(1-3), 271-279.

AYGM, 2016, T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü (AYGM), *Kıyı Yapıları Planlama ve Tasarım Teknik Esasları*, 181-195.

Bassan, S., 2007, Evaluating seaport operation and capacity analysis—preliminary methodology, *Maritime policy & management*, 34(1), 3-19.

Bichou, K., 2013, *Port operations, planning and logistics*. Informa Law from Routledge, Oxon ve New York, ISBN: 978-1-843-11805-3.

Böse, J. W., 2011, General considerations on container terminal planning, *Handbook of terminal planning*, pp. 3-22, Springer, New York, NY.

Casey B., 2011, *Optimising Container Process at Multimodal Seaport Terminals-An Integrated Approach and Application*, Doktora Tezi, Queensland University of Technology.

Chu, L., Fwa, T. F., ve Nishijima, H., 2013, Container port operational performance assessment, *Journal of the eastern asia society for transportation studies*, 10(0), 2197-2209.

De Langen, P., Nidjam, M., ve van der Horst, M., 2007, New indicators to measure port performance, *Journal of maritime research*, 4(1), 23-36.

Dowd, T. J., ve Leschine, T. M., 1990, Container terminal productivity: a perspective, *Maritime policy & management*, 17(2), 107-112.

DTO, 2017, *2017-2020 Stratejik Plan*, https://www.denizticaretodasi.org.tr/Media/SharedDocuments/StratejikPlan/IMEAK_DTO_Str_Plan_2017.pdf, [Ziyaret tarihi: 3 Eylül 2019].

DTO, 2019, *Denizcilik Sektör Raporu 2018*, https://www.denizticaretodasi.org.tr/Media/SharedDocuments/sektorraporu/2019_sektor_tr.pdf, [Ziyaret tarihi: 3 Eylül 2019].

Ducruet, C., Itoh, H., ve Merk, O., 2014, *Time efficiency at world container ports*, OECD International Transport Forum, Discussion Paper No 2014-8.

Emecen, G., 2004, *Marmara bölgesi limanlarının çok kanallı kuyruk teorisiyle talep ve işletme yönetim modelinin geliştirilmesi*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Erdem, İ., 2017, *İşletmede Sayısal Yöntemler ve Winqsb Uygulamaları (Doğrusal Programlama - Simpleks Algoritmalası - Taşıma ve Atama Problemleri)*, Seçkin Yayıncılık, Ankara, ISBN: 9789750244124.

Esen, H.Ö., 2008, *Uygulamalı yöneylem araştırması: yöneticiler için bilgisayar destekli karar modelleri: excel ile modelleme ve çözüm uygulamaları*, Çağlayan Kitabevi.

Esin, A., ve Şahin, S. T., 2012, *Yöneylem araştırmasında yararlanılan karar yöntemleri*, Gazi Kitabevi, ISBN: 978975864079.

Esmer, S., 2008, Performance measurements of container terminal operations, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 10(1), 238-255.

Freivalds, A. ve Niebel, B., 2013, *Niebel's methods, standards, & work design*. Mcgraw-Hill higher education, New York, ISBN: 978–0–07–337636–3.

Garfinkel, R. S., & Rao, M. R., 1971, The bottleneck transportation problem, *Naval Research Logistics Quarterly*, 18(4), 465-472.

Günther, H.O. ve Kim, K.H., 2006, Container terminals and terminal operations, *OR Spectrum*, 28(4): p. 437-445.

Hammer, P. L., 1969, Time-minimizing transportation problems, *Naval Research Logistics Quarterly*, 16(3), 345-357.

He, J., Huang, Y., ve Yan, W., 2015, Yard crane scheduling in a container terminal for the trade-off between efficiency and energy consumption, *Advanced engineering informatics*, 29(1), 59-75.

Hecht, H., ve Pawlik, T., 2007, *Containerseeschifffahrt*. Bremen: Hanseatic Lloyd Reederei.

Itoh, H., 2013, Market area analysis of port in Japan: An application of a fuzzy clustering. Paper presented at the *International conference of the international association of maritime economists (IAME)*, Marseille, France.

Irwin, D., 2001, Chapter 10: Work study, In *Managing Projects & Operations Pocketbook* (pp. 105–112). Thorogood Publishing Ltd.

Jain, E., Dahiya, K., & Verma, V., 2020), Three-phase time minimization transportation problem, *Engineering Optimization*, 1-13, DOI: 10.1080/0305215X.2020.1739279.

Kalmar, 2020, *News & Insights / Images* , https://www.kalmarglobal.com/news--insights/images/, [Ziyaret tarihi: 3 Mart 2020].

Kanawaty, G., 1992, *Introduction to work study*, International Labour Organization.

Kayar, M., 2008, *Hazır giyim işletmelerinde verimsizliği ortaya çıkaran nedenlerin araştırımlası ve bunların çözümüne yönelik alan çalışması*, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Kemme, N., 2013, *Design and operation of automated container storage systems. Contributions to management science*. Physica, Heidelberg, ISBN: 978-3-7908-2885-6.

Kim, K. H., Park, Y. M., ve Jin, M. J., 2008, An optimal layout of container yards, *OR Spectrum*, 30(4), 675-695.

Kim, K. H., & Moon, K. C., 2003, Berth scheduling by simulated annealing. *Transportation research part b: methodological*, *37*(6), 541-560.

Koh, P.H., Goh, J.L., Ng, H.S., & Ng, H.C., 1994, Using simulation to preview plans of a container port operations, *Proceedings of winter simulation conference*, pp. 1109-1115.

Kotachi, M., Rabadi, G., ve Obeid, M. F., 2013, Simulation modeling and analysis of complex port operations with multimodal transportation, *Procedia computer science*, 20, 229-234.

Kozan, E., 2000, Optimising Container Transfers at Multimodal Terminals, *Mathematical and Computer Modelling*, 31(10-12), 235-243

Lee, B. K., & Kim, K. H., 2013, Optimizing the yard layout in container terminals. *OR spectrum*, 35(2), 363-398.

Lee, C.Y. & Yu, M., 2012, Inbound container storage price competition between the container terminal and a remote container yard, *Flexible services and manufacturing journal*, *24*(3), 320-348.

Legato P., ve Mazza RM., 2001, Berth planning and resources optimisation at a container terminal via discrete event simulation. *European journal of operational research* 133:537–547

Le-Griffin, H. D., ve Murphy, M., 2006, Container terminal productivity: Experiences at the ports of Los Angeles and Long Beach, *METRANS National urban freight conference.*

Ligteringen, H., 1999, *Ports and Terminals: Planning and functional design*, Delft University of Technology.

Lin, J., Gao, B., & Zhang, C., 2014, Simulation-based investment planning for Humen Port, *Simulation modelling practice and theory*, 40, 161-175.

Mallick, R.W. ve Gaudreau, A.T., 1966, *Plant layout and practice*, John Wiley, New York.

Meersmans, P. J. M., & Dekker, R., 2001, *Operations Research Supports Container Handling*, Working Paper EI 2001–22, Econmetric Institute, Erasmus University Rotterdam.

Meisel, F., 2009, *Seaside operations planning in container terminals*, Berlin: Physica-Verlag.

Merk, O., 2013, *The competitiveness of global port-cities: synthesis report*, OECD, 135-136.

Metalla, O., Koxhaj, A., & Nexhipi, O., 2015, Land Area Limitation of Durres Port Containers Terminal, *Global Journal of management and business research*, 15(5).

Mohseni, N. S., 2011, *Developing a tool for designing a container terminal yard*, Thesis (Master), TU Delft, Netherlands.

Monks, J.G., 1996, *İşlemler yönetimi teori ve problemler*, (Çeviren: Sevinç Üreten), Nobel Yayın, Ankara.

MSC, 2019, *World's Largest Container Ship Completes First Voyage from Asia to Europe*, https://www.msc.com/twn/press/press-releases/2019-august/world-s-largest-container-ship-completes-first-voy [Ziyaret tarihi: 20 Aralık 2019].

Mundel, M.E., 1973, *Motion and time study principles and practices*, New Delhi, India.

Murty, K. G., Liu, J., Wan, Y. W., & Linn, R., 2005, A decision support system for operations in a container terminal, *Decision support systems*, 39(3), 309-332.

Murty, K. G., 2007, Yard crane pools and optimum layouts for storage yards of container terminals, *Journal of industrial and systems engineering*, 1(3), 190-199.

Nazari, D., 2005, *Evaluating Container Yard Layout – A Simulation Approach*, Thesis (Master), Erasmus University Rotterdam.

Nishimura, E., Imai, A., & Papadimitriou, S., 2001, Berth allocation planning in the public berth system by genetic algorithms. *European journal of operational research*, *131*(2), 282-292.

Park, N. K., ve Dragović, B., 2009, A study of container terminal planning, *FME transactions*, 37(4), 203-209.

Petering, M. E., 2009, Effect of block width and storage yard layout on marine container terminal performance, *Transportation research part e: logistics and transportation review*, 45(4), 591-610.

PIANC, 2014a, "Design Principles for Small and Medium Marine Container Terminals", Report No:135-2014.

PIANC, 2014b, "Masterplans for the development of existing ports", Report No:158 – 2014.

Port of Rotterdam, 2019, *MSC Gülsün, world's largest container ship, arrives at the Port of Rotterdam*, https://www.portofrotterdam.com/en/news-and-press-releases/msc-gulsun-worlds-largest-container-ship-arrives-at-the-port-of-rotterdam [Ziyaret tarihi: 20 Aralık 2019].

Puri, M. C., 2004, Two level hierarchical time minimizing transportation problem, *Sociedad de Estadlstica e Investigaci6n Operativa Top*, 12(2), 301-330.

Rajamanickam, G.D. & Ramadurai, G., 2015, Simulation of truck congestion in Chennai port, *2015 Winter simulation conference (WSC)*, pp. 1904-1915.

Rijsenbrij, J. C., & Wieschemann, A., 2011, *Sustainable container terminals: a design approach*, In: J. W. Böse, R. Sharda, & S. Voß (Eds.), Handbook of terminal planning, Volume 49 of Operations research/computer science interfaces series, Springer, Berlin, 61–82.

Rodrigue, J.P., 2017, The Geography of Transport Systems, *Evolution of Containerships,*

Rodrigue, J.P., C. Comtois, and B. Slack., 2013, *The geography of transport systems*, http://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch4en/ch4menu.html, [Ziyaret tarihi: 3 Mayıs 2016].

Roy, D., & De Koster, R., 2012, Optimal design of container terminal layout, *In Proceedings of 12th international material handling research colloquium*, Gardanne, France.

Saanen, Y. A., 2004, *An approach for designing robotized maritime container terminals*. Thesis (PhD), Technical University of Delft, Rotterdam.

Said, G. A. E. N. A., & El-Horbaty, E. S. M., 2015, A simulation modeling approach for optimization of storage space allocation in container terminal, *arXiv preprint arXiv:1501.06802*.

Schmidt, F.A., Yazdani, R. & Young, R., 2005, Visualising layout and operation of a container terminal, *International journal of simulation*, 8(1), 7-15.

Sharif Uddin, M., 2012, Transportation time minimization: An algorithmic approach, *Journal of Physical Sciences*, Vol. 16, 2012, 59-64, ISSN: 0972-8791.

Statista, 2019, *Container Shipping - Statistics & Facts*, https://www.statista.com/topics/1367/ container-shipping/, [Ziyaret tarihi: 30 Mart 2020].

Steenken, D., Voß, S., & Stahlbock, R., 2004, Container terminal operation and operations research-a classification and literature review, *OR spectrum*, *26*(1), 3-49.

Stopford, M., 2009a, *Denizyolu taşımacılığı ve global ekonomi*, Maritime economics 3e, Bölüm 1, Routledge, Londra ve New York, ISBN: 0-203-89174-0, 31-32.

Stopford, M., 2009b, *Genel kargo taşımacılığı*, Maritime economics 3e, Bölüm 13, Routledge, Londra ve New York, ISBN: 0-203-89174-0, 505-562.

Thoresen, C.A., 2014, *Port Designers' Handbook Third Edition*, ICE Publishing, London, 978-0-7277-6004-3.

Timor, M., 2010, *Yöneylem Araştırması*, Türkmen Kitabevi, İstanbul, ISBN: 978-605-4259-35-9.

Top, A., 2001, *Üretim sistemleri analiz, planlama ve kontrolü*, Alfa Yayınları, 3. Baskı, İstanbul.

Tutar, H., 2015, *İşletme yönetimi*, Seçkin Yayıncılık, Ankara, ISBN: 9789750234668.

UNCTAD, 1976, *Port Performance Indicators*, United Nations Publication, Geneva.

UNCTAD, 2018a, *Review of Maritime Transport 2018*, United Nations Publications, New York, 978-92-1-112928-1.

UNCTAD, 2018b, *Handbook of Statistics 2017*, United Nations Publications, New York,978-92-1-112916-8.

UNCTAD, 2019, *World seaborne trade*, https://unctad.org/en/PublicationChapters/ tdstat44_FS13_en.pdf [Ziyaret tarihi: 30 Mart 2020].

Vis, I. F. A., & de Koster, R., 2003, Transshipment of containers at a container terminal, *European journal of operational research*, 147(1), 1–16.

Visser, R., Hopper, D.H., Simmonds, J.T., Wakelin, M.P., & Harrill, H., 2013, Efficiency of log vessel loading operations : a loader configuration case study.

Wiese, J., 2011, *Quantitative decision support for the layout design of container terminals*, Thesis (PhD) Paderborn, Universität Paderborn, Diss.

Working Paper EI 2001–22, Econmetric Institute, Erasmus University Rotterdam.

Yükçü, S. & Atağan, G., 2009, Etkinlik, etkililik ve verimlilik kavramlarının yarattığı karışıklık, *Ataturk University Journal of economics & administrative sciences*, *23*(4).

Yüksel, Y., & Özkan Çevik, E., 2010, *Liman Mühendisliği (2. Baskı*). Beta Yayıncılık: İstanbul.

Zhang, C., Liu, J., Wan, Y. W., Murty, K. G., & Linn, R. J., 2003, Storage space allocation in container terminals, *Transportation Research Part B: Methodological*, 37(10), 883-903.

Zijderveld, E. J. A. v., 1995, *A structured terminal design method, with a focus on rail terminals*. Thesis (PhD), Delft University of Technology.

EKLER

ÖZGEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Olgay OKŞAŞ
Doğum Yeri	Bornova
Doğum Tarihi	06.09.1983
Uyruğu	☑ T.C. ❒ Diğer:
Telefon	0 532 685 36 77
E-Posta Adresi	olgayoksas@gmail.com
Web Adresi	

Eğitim Bilgileri Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Fakülte	Mühendislik Fakültesi
Bölümü	Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	01.07.2006

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği
Programı	Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği
Mezuniyet Tarihi	09.06.2014

Doktora	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi – Cerrahpaşa
Enstitü Adı	Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Anabilim Dalı	Deniz Ulaştırma ve İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı
Programı	Deniz Ulaştırma ve İşletme Mühendisliği Programı
Mezuniyet Tarihi	Tarih girmek için tıklayın veya dokunun.

Makale ve Bildiriler