

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

85072

LİMANLARDAKİ KONTEYNER DEPOLAMA  
SAHALARININ OPTİMAL  
BOYUTLANDIRILMASINDA YENİ BİR YÖNTEM  
ARAŞTIRMASI

İnşaat Yük. Müh. Haluk İbrahim ÖZMEN

F.B.E. İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı Hidrolik Programında  
Hazırlanan

DOKTORA TEZİ  
İ.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Tez savunma tarihi : 24.11.1999  
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Yalçın YÜKSEL (YTÜ)  
Jüri üyeleri : Prof. Dr. Saadettin ÖZEN (İÜ)  
: Prof. Dr. Sabahattin ÜÇ (YTÜ)  
: Prof. Dr. Sedat KAPDAŞLI (İTÜ)  
: Prof. Dr. İlhan AVCI (İTÜ)

İSTANBUL, 1999

85072

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	i
KISALTMA LİSTESİ.....	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	v
ÖNSÖZ.....	vi
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Konu .....	1
1.2 Konu İle İlgili Genel Tanımlar.....	3
1.3 Konu İle İlgili Çalışmalar.....	4
1.4 Çalışmanın Amacı.....	8
2. MODEL ARAŞTIRMASI VE VERİLER .....	11
2.1 Stok / Envanter Planlama Modeli.....	11
2.1.1 Temel özellikler .....	13
2.1.2 Stok /Envanter modelleri.....	16
2.1.2.1 Stokastik envanter modelleri.....	17
2.1.2.1.1 Belirsizlik ve süreksizlik halleri için envanter modelleri.....	17
2.2 Konteyner Terminallerinde Konteyner Trafiği.....	23
2.2.1 Dünya’da konteyner trafiği.....	23
2.2.2 Türkiye’deki limanlarda konteyner trafiği.....	25
2.2.2.1 Haydarpaşa limanında konteyner yük trafiği.....	27
3. KONTEYNER DEPOLAMA SAHALARININ OPTİMUM TASARIM MODELİ VE BULGULAR.....	33
3.1 Genel Bakış.....	33
3.2 Bir Konteyner Terminali Depolama Alanındaki Faaliyetlerde Oluşan Maliyetler.....	35
3.3 Önerilen Model.....	37
3.4 Modelde Kullanılacak Birim Maliyetlerin Belirlenmesi.....	42
3.4.1 Bir konteyner terminalinde kar kaybı birim maliyeti( $C_b$ ) .....	42
3.4.1.1 Yükleme boşaltma ve limbo hizmetleri.....	43
3.4.1.2 Terminal hizmetleri.....	44
3.4.1.3 Ardiye hizmetleri.....	45
3.4.1.4 Romörkaj hizmetleri.....	45

3.4.1.5	Birim kar kaybı için Haydarpaşa limanı örneği.....	45
3.4.2	Konteyner Terminali Boş Kalma Birim Maliyeti (C <sub>s</sub> ).....	54
3.4.2.1	Amortisman ve faiz oranı.....	55
3.4.2.2	Konteyner terminali inşaat maliyeti.....	55
3.4.2.2.1	Haydarpaşa limanı örneği.....	55
3.4.2.2.2	Derince limanı örneği.....	59
3.4.2.3	Haydarpaşa ve Derince limanları konteyner terminalleri depolama sahası boş kalma birim maliyetleri.....	62
3.4.2.4	Terminallerinin inşasındaki sistem farklılığının maliyet üzerindeki etkisi.....	63
3.5	Akış diyagramı.....	65
3.5.1	Modelde kullanılacak veriler.....	65
3.5.2	Modelin işletilmesinde kullanılacak yükleme grupları.....	67
3.5.3	Haydarpaşa limanı konteyner terminali depolama sahasında tutma süresinin tahmini.....	68
3.6	Modele Ait Programın Birim Maliyetler Ve Birim Tutma Süresi İçin Çalıştırılması.....	69
3.7	Bulgular Ve Değerlendirmeler.....	76
3.7.1	Tasarım için önerilen model.....	83
3.7.2	Sayısal örnek.....	85
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	88
4.1	Sonuçlar.....	88
4.2	Öneriler.....	90
KAYNAKLAR .....		92
EKLER.....		95
Ek.1	Program akış diyagramı.....	96
Ek.2	Modele ait program yazılımı.....	98
ÖZGEÇMİŞ.....		100

## SİMGE LİSTESİ

C	Toplam maliyet
$C_b$	Depolama sahası birim kar kaybı
$C_{rf}$	Amortisman ve faiz oranı
$C_s$	Konteyner depolama sahası birim boş kalma maliyeti
f	1 birim TEU için gerekli alan
F	Konteyner depolama sahası alanı
K	Saha güvenlik katsayısı
$t_b$	1 TEU konteyner biriminin terminal depolama sahasında ortalama bekleme süresi
Q	Bir terminalde belirli bir dönemde elleçlenen yük (TEU)
$Q_m$	Terminal depolama sahasında belirli bir dönemde ölçülen ortalama konteyner yükü (TEU)
$Q_o$	Terminal depolama alanında optimum konteyner yükü (TEU)
W	Depolama sahası kapasitesi (Ton)
$\beta$	Optimalite faktörü



## **KISALTMA LİSTESİ**

<b>CFS</b>	<b>Container Freight Station</b>
<b>DLH</b>	<b>Demiryollar , Limanlar Ve Hava Meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü</b>
<b>DTO</b>	<b>Deniz Ticaret Odası</b>
<b>FCL</b>	<b>Full Container Load</b>
<b>GRT</b>	<b>Grosston</b>
<b>JICA</b>	<b>Japan International Cooperation Agency</b>
<b>LCL</b>	<b>Less Than Container Load</b>
<b>OCDI</b>	<b>The Overseas Coastal Area Development Institute Of Japan</b>
<b>TCDD</b>	<b>Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü</b>
<b>TEC</b>	<b>Total Equation Coast</b>
<b>TEU</b>	<b>Twenty Footer Equivalent Unit</b>
<b>TOM</b>	<b>Toplam olası maliyet</b>
<b>UNCTAD</b>	<b>United Nations Conference On Trade And Development</b>
<b>USD</b>	<b>United States Dollar</b>



## ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1	Bir konteyner terminalinde trafik akışı..... 2
Şekil 1.2	Konteyner terminali konteyner park alanı akış çizelgesi ..... 7
Şekil 2.1	Dünya limanlarında konteyner trafiğinin durumu..... 24
Şekil 2.2	Bazı Avrupa ve Akdeniz ülkelerinde konteyner trafiği ..... 24
Şekil 2.3	Bazı Akdeniz limanlarında konteyner trafiği..... 25
Şekil 2.4	Türkiye’de konteyner trafiği..... 26
Şekil 2.5	TCDD limanlarında 1990-1996 yılları itibari ile konteyner trafiği..... 27
Şekil 2.6	Haydarpaşa limanı konteyner elleçleme hacmi ..... 29
Şekil 2.7	1994-1997 yılları konteyner yüklerinin aylık değişimleri ..... 29
Şekil 2.8	Haydarpaşa limanı gemi ile gelen ve giden konteyner Trafığı..... 31
Şekil 2.9	Haydarpaşa limanı karayolu ile gelen ve giden konteyner Trafığı..... 31
Şekil 2.10	Haydarpaşa limanı gelen ve giden konteyner trafiği..... 32
Şekil 3.1	Liman sistemleri kapasite - maliyet fonksiyonu..... 33
Şekil 3.2	Konteyner terminali stok sahası kapasite – maliyet fonksiyonu..... 34
Şekil 3.3	Bir konteyner terminali stok sahasına belirli bir sürede gelen konteyner trafiğindeki dalgalanmalar..... 37
Şekil 3.4	Bir konteyner terminalinde trafik akış şeması..... 43
Şekil 3.5	Haydarpaşa limanı konteyner terminali..... 56
Şekil 3.6	Haydarpaşa limanı konteyner terminali –10.00 m derinlikli beton blok rıhtım ..... 57
Şekil 3.7	Haydarpaşa limanı konteyner terminali –12.00 m derinlikli beton blok rıhtım..... 57
Şekil 3.8	Derince limanı konteyner terminali ..... 60
Şekil 3.9	Derince limanı konteyner terminali rıhtım yapısı..... 61
Şekil 3.10	Haydarpaşa limanı konteyner terminali stok sahasında her ayın 15 i itibari ile görülen dalgalanmalar..... 66
Şekil 3.11	Haydarpaşa limanı konteyner terminalinde depolama kapasitesi ile tutma süresi arasındaki ilişki..... 68
Şekil 3.12	Yükleme durumu I için ( $C_b=1$ , $C_s=1$ , $t_b=1$ ) yük-toplam maliyet ilişkisi..... 70
Şekil 3.13	Yükleme durumu II için ( $C_b=1$ , $C_s=1$ , $t_b=1$ ) yük- toplam maliyet ilişkisi..... 70
Şekil 3.14	Yükleme durumu III için ( $C_b=1$ , $C_s=1$ , $t_b=1$ ) yük-toplam maliyet ilişkisi..... 71
Şekil 3.15	Yükleme durumu I için ( $C_b=39.64$ , $C_s=0.169$ , $t_b=12$ ) yük-toplam maliyet ilişkisi..... 72
Şekil 3.16	Yükleme durumu II için ( $C_b=39.64$ , $C_s=0.169$ , $t_b=12$ ) yük-toplam maliyet ilişkisi..... 73
Şekil 3.17	Yükleme durumu III için ( $C_b=39.64$ , $C_s=0.169$ , $t_b=12$ ) yük-toplam maliyet ilişkisi..... 73
Şekil 3.18	Yükleme durumu I için ( $C_b=39.64$ , $C_s=0.311$ , $t_b=12$ ) yük-toplam maliyet ilişkisi..... 75

	Sayfa	
Şekil 3.19	Yükleme durumu II için ( $C_b=39.64$ , $C_s=0.311$ , $t_b=12$ ) yük-toplam maliyet ilişkisi.....	75
Şekil 3.20	Yükleme durumu III için ( $C_b=39.64$ , $C_s=0.311$ , $t_b=12$ ) yük-toplam maliyet ilişkisi.....	76
Şekil 3.21	Yük-Toplam maliyet ilişkisi(1. Hal).....	77
Şekil 3.22	Yük-Toplam maliyet ilişkisi(2. Hal).....	77
Şekil 3.23	Yük-Toplam maliyet ilişkisi(3. Hal).....	78
Şekil 3.24	Yük-Toplam maliyet ilişkisi(4. Hal).....	78
Şekil 3.25	Konteyner terminali tutma sahası yük-toplam maliyet ilişkisi(1.durum).....	79
Şekil 3.26	Konteyner terminali tutma sahası yük- toplam maliyet ilişkisi (2.durum ).....	81



## ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Haydarpaşa limanında elleçlenen konteyner yük hacmi.....	28
Çizelge 2.2 Haydarpaşa limanında gelen ve giden yük trafiği.....	30
Çizelge 3.1 Yükleme boşaltma hizmetleri fiyat tarifesi.....	46
Çizelge 3.2 Liman içinde doldurulan ve boşaltılan konteynerler için fiyat tarifesi.....	47
Çizelge 3.3 Manipulasyon hizmeti verilen konteynerler için fiyat Tarifesi.....	48
Çizelge 3.4 Tartılan konteynerler için fiyat tarifesi.....	48
Çizelge 3.5 Atıkları alınan , yıkanan ve kurutulan konteynerler için fiyat tarifesi.....	49
Çizelge 3.6 Gemi ile gelip kara ve deniz yolu ile gidecek olan veya mukabili dolu ve boş konteynerler için fiyat tarifesi.....	50
Çizelge 3.7 Ardiye hizmetleri fiyat tarifesi.....	52
Çizelge 3.8 Ortalama tutma süresi için ardiye hizmetleri fiyatları.....	53
Çizelge 3.9 Haydarpaşa limanı konteyner molü inşaat maliyetleri.....	59
Çizelge 3.10 derince limanı konteyner terminali inşaat maliyetleri.....	62
Çizelge 3.11 Haydarpaşa limanı konteyner terminali depolama sahasında ölçülen konteyner yük değerleri.....	66
Çizelge 3.12 Yükleme grupları.....	67
Çizelge 3.13 Yükleme durumu I, II, III ve $C_b=1$ , $C_s=1$ , $t_b=1$ için toplam maliyet değerleri.....	69
Çizelge 3.14 Yükleme durumu I, II, III ve $C_b=39.64$ , $C_s=0.169$ , $t_b=12$ için toplam maliyet değerleri.....	71
Çizelge 3.15 Yükleme durumu I, II, III ve $C_b=39.64$ , $C_s=0.311$ , $t_b=12$ için toplam maliyet değerleri.....	74



## ÖNSÖZ

Son yıllarda deniz taşımacılığında konteynerizasyona doğru artan eğilim nedeniyle konteyner terminallerinin planlanması sırasında rıhtım, apron, stok sahası, sundurma, depo, elleçleme ekipmanları gibi terminal alt servis sistemlerinin dizaynı önemli bir husus haline gelmiştir.

Servis sistemlerinin yeterince uygun planlanmaması bunların kesişimlerinde tıkanmalara sebep olmakta ve bu durum sistemlerin verimlerini düşürerek ekonomik kayıplara yol açmaktadır.

Terminal alt servis sistemlerinin en önemlilerinden olan konteyner tutma sahalarının optimum boyutlandırılması için bu çalışmada ortaya konan model ile makro ölçekli planlamalarda çalışmalara kolaylık sağlayacak uygun sonuçlar elde edilmiştir.

Bu çalışmanın başlangıcından bitirilmesine kadar geçen süreç içinde değerli fikir ve yardımlarıyla tezin tamamlanmasında büyük katkısı olan Sayın Prof. Dr. Yalçın YÜKSEL ve Sayın Prof.Dr. Sadettin ÖZEN'e teşekkür ederim.

## ÖZET

Deniz taşımacılığının odak noktalarından olan limanlarda son yıllarda konteyner yüklerine doğru artan bir eğilim söz konusudur. Konteyner terminallerinde alt servis sistemlerinin en önemlilerinden olan konteyner depolama sahalarının optimum boyutlandırılması atıl kapasite yaratmamak için önemli bir problem haline gelmektedir.

Bu çalışmada, limanlarda konteyner depolama alanlarının optimum boyutlandırılmasını sağlamak üzere ortaya konan yöntemde envanter teorisinden yararlanılmıştır. Bir konteyner terminali depolama sahasına gelen yüklerin kesin olarak bilinmediği geliş ve gidişlerde rastgelelik bulunduğu dikkate alınarak stokastik envanter modellerinde bu özellikleri yansıtan belirsizlik ve süreksizlik durumu için önerilen teori ışığında bir model geliştirilmiştir. Bu model ile konteyner depolama sahasında belirli bir dönemde ölçülen konteyner yüklerinin yarattığı kar kayıpları ve boş kalma maliyetlerinin minimize edilmesi amaçlanmıştır.

Geliştirilen modelin işletilmesi sırasında Haydarpaşa limanı konteyner terminali ile Derince limanı konteyner terminaline ait veriler dikkate alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre konteyner depolama alanlarında konteyner yükleri arttıkça, kar kayıpları ile boş kalma maliyetlerini içeren toplam maliyetlerin azalmakta olduğu, minimum maliyetlerin maksimum yük değerinde yada bu değere çok yakın noktalarda belirdiği ortaya çıkarılmıştır. Bu doğrultuda konteyner depolama sahalarının dizaynı sırasında dikkate alınacak konteyner yük değeri olarak, belirli bir dönemde ortaya çıkan en büyük konteyner yükünün dikkate alınması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Ayrıca ortalama konteyner yükü ile optimum konteyner yükü arasındaki oranı ifade eden ve optimalite faktörü olarak isimlendirilen bir katsayı ile dizayn değerinin kalibre edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu katsayının Haydarpaşa ve Derince konteyner terminalleri için yapılan değerlendirmeler sonucunda 0,8-0,9 arasında değişebileceği ortaya konmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Liman, Konteyner, Konteyner Terminali, Depolama Sahası, Envanter Teorisi, Stokastik Model



## **ABSTRACT**

There is an increasing trend towards containerization in the ports. The optimum size of the container storage area-one of the important subservices of ports-appears to be an important aspect so as not to create idle or insufficient capacity.

In this study inventory theory has been used in optimal dimensioning of container storage areas since the amount of loads coming to the storage area can not be determined definitely and the distribution of arrivals and departures is random, a model has been developed in the light of stochastic theory proposed for cases of uncertainty and discontinuity. With this model it has been aimed to minimize the sum of profit loss due to occupancy of containers in the storage area and the cost of unoccupied periods.

Data obtained from the container terminals of Haydarpaşa and Derince ports have been used in the implementation of the model. According to the obtained results, as the amount of the container loads increase profit loss and total costs including the idle time cost decrease and minimum costs and come out at maximum occupancy. Therefore it has been concluded that the maximum container load for a certain period should be taken as the design criteria.

A practical formulation has been proposed to determine the economical size of container storage areas in the design phase of port. The design value has been calibrated with a constant value called "optimality factor" which expresses the relation between average and optimum container loads. It is found out this ratio is between 0.8-0.9 for Haydarpaşa and Derince container terminals.

**Key Words:** Port, Container, Container Terminal, Storage Area, Inventory Theory, Stochastic Model

## 1.GİRİŞ

### 1.1 Konu

Ülkemiz ticaret hacminin ekonomik büyümeye paralel olarak artması denizyolu ulaştırmasının bileşenlerinden olan limanlarımızda kendini aynı yönde fazlası ile hissettirmiştir. Bu limanlarımız genelde 1960'lı yıllardan başlayan yapım çalışmaları ile günümüze kadar geçen süreç içinde aşamalı olarak geliştirilmeye çalışılmıştır.

Dünya deniz taşımacılığında son yıllarda konteynerizasyona doğru artan eğilim ülkemiz limanlarında da etkisini göstermiş, böylece 1987-1996 yılları itibari ile limanlarda elleçlenen konteynerize yüklerde artış oranı % 248'i bulmuştur (DTO, 1997; OCDE, 1996). Bu artışın 2015 yılı itibari ile % 6834'e ulaşacağı tahmin edilmektedir (OCDE, 1997).

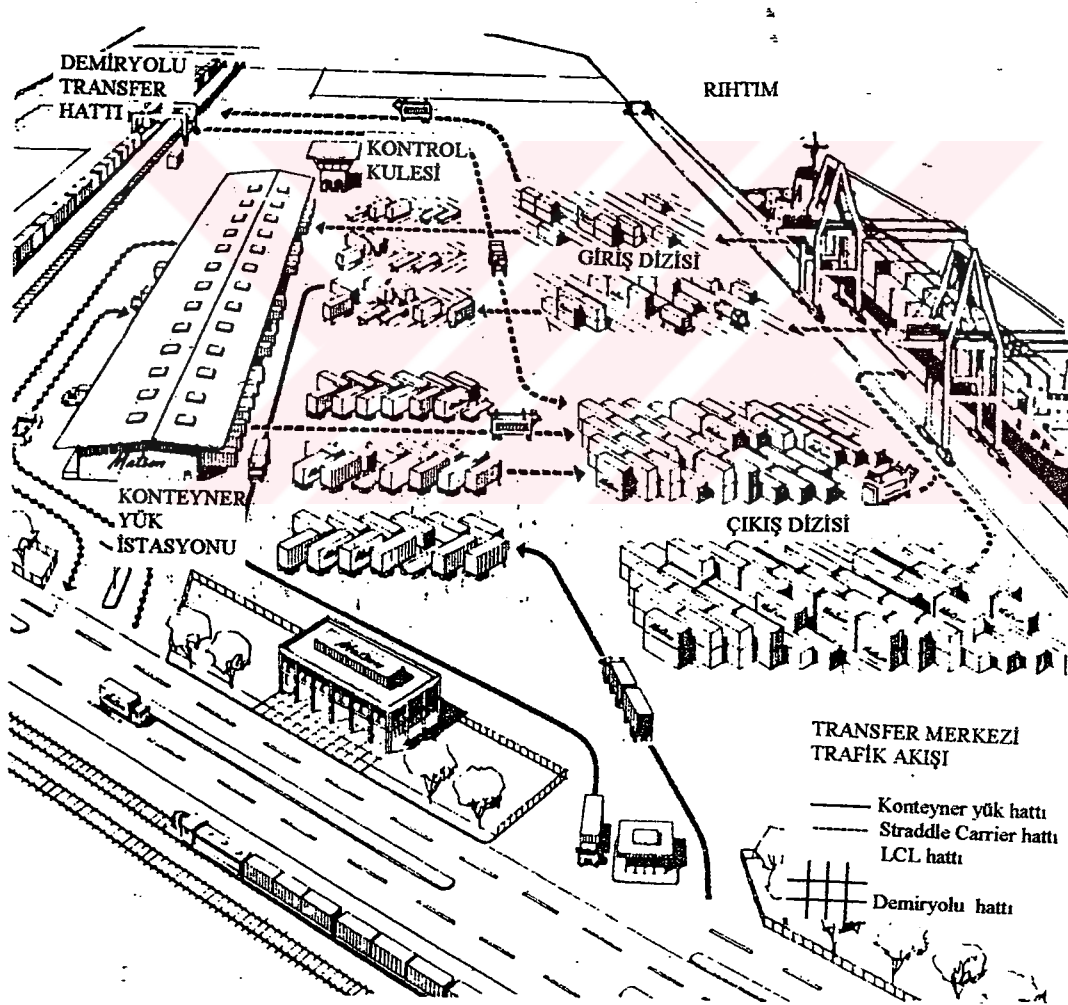
Bu gelişim nedeniyle, limanlarımızda mevcut olan veya yeni inşa edilmekte olan konteyner terminallerindeki ekipman, saha, vb servis sistemlerinin yeterli bir şekilde ekonomik olarak planlanması ve düzenlenmesi önemli bir amaç ve uğraşı haline gelmiştir. Bu servis sistemleri içinde önemli unsurlardan biri de konteyner depolama ve tutma alanlarıdır. Yeterince uygun planlanmayan depolama alanlarında önemli sıkışıklıklar meydana gelebilmekte ve tıkanmalar olmaktadır. Genellikle ekipman ve transfer araçlarının verimlerini düşüren bu durum, ekipman transfer ve taşıma kapasitelerinin istif ve depolama kapasitelerinin üzerinde olmasından kaynaklanmaktadır (Frankel, 1987).

Meydana gelen tıkanıklık ve sıkışıklıklar terminal sistemlerindeki verimi ve kapasite kullanımını bazı hallerde tamamen etkileyebilmektedir. Bazı hallerde de terminallerin alt bileşenlerindeki atıl kapasite kullanımları, yatırım olanaklarının da atıl kullanımına sebep olabilmektedir.

Bu hususlar dikkate alındığında konteyner terminallerinde depolama ve tutma alanlarının optimum olarak boyutlandırılması; elleçleme ekipmanlarının, rıhtımların, ekonomik kullanımını, liman trafiğinin depolama ve tutma sahalarında uygun sürede tutulmasını, atıl

veya yetersiz depolama alanları yaratılmamasını ve bu doğrultuda ülke ekonomisine olumlu katkı sağlanmasını gündeme getirmektedir.

Şekil 1.1'de bir konteyner terminalindeki trafik akışının nasıl gerçekleştiği gösterilmiştir. Terminaldeki faaliyetlerin genel bir özeti olarak kabul edilebilecek bu akıştan terminaldeki konteyner depolanma sahasının terminal içinde en önemli sayılabilecek servis altyapısı olduğu açıkça anlaşılmaktadır.



Şekil 1.1 Bir konteyner terminalinde trafik akışı ( Schwimmer and Amundsen, 1973)

Bu çalışmada konteyner terminallerinde konteyner trafiği dalgalanmaları ve konteyner terminali rıhtım ve ekipman kapasiteleri ile uyumlu olarak konteyner depolama ve tutma sahalarının ekonomik ve optimum olarak belirlenmesi yönteminin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

## 1.2 Konu İle İlgili Genel Tanımlar

**Apron:** Gemilerden boşaltılan veya gemiye yüklenmek üzere getirilen her çeşit yükün kısa süreli istiflenerek tutulduğu rıhtım arkasındaki istif alanı.

**CFS(konteyner yük istasyonu):** Konteyner içerisine yükün doldurulması ve içerisinden boşaltılmasının yapıldığı ve burada yükün ambarlandığı kapalı alan.

**Draft :** Geminin su seviyesi altında kalan kesiminin yüksekliği.

**Genel kargo:** Ambalajlanmış veya ambalajlanmamış parça halinde, veya genelde paletlenmiş, balyalı, çuvallı, karton kutu içinde, konteyner içine girmeyen yük(karışık yük, ambar yükü).

**Grosston:** Bir geminin hacim kapasitesinin 100 ft<sup>3</sup> cinsinden ölçüsü olup geminin bütün kapalı kısımlarını kapsar(1GRT=100ft<sup>3</sup>=2.83m<sup>3</sup>).

**Konteyner stok sahası:** Her ölçüdeki dolu ve boş konteynerlerin blok hat veya kat olarak istiflendiği saha.

**Konteyner:** Uluslar arası standart ölçülere göre sac veya alüminyumdan yapılmış, yükleme, boşaltma hizmetlerinde zaman tasarrufu ile yükün dış etkenlerden korunmasını ve yükün birimleşmesini sağlayan 5-25 ton kapasiteli yüklük.

**LCL:** Bir konteyneri dolduramayacak kadar küçük ve farklı sahibi olan parçalar CFS istasyonunda gidecekleri yerlere göre gruplandırılarak konteynerlere doldurulurlar, bu tür yüklerle doldurulmuş konteynerler için LCL tanımı kullanılır.

**FCL:** Bazı konteynerler ihracatçı firma tarafından fabrika veya depo gibi merkezlerde doldurularak direkt terminale buradan da gemiye yüklenirler veya ithalatçı firma tarafından gemiden alınarak direkt dağıtımın yapılacağı firma merkezi, depo vb. yerlere getirilirler. Bu tür yükleri taşıyan konteynerler için bu tanım kullanılır.

**Limbo:** Bir gemiden diğer bir gemiye veya deniz aracına yapılan yükleme, boşaltma.

**Morinbot:** Limanlarda liman içi hizmetlerde (palamar vb. hizmetler) kullanılan yaklaşık 10-12 m boyunda deniz aracı

**Paletize yük:** Küçük parçalar halindeki yüklerin birleştirilerek paket haline getirilmiş, birleştirilmiş şekli.

**Şifting:** Bir gemideki dolu veya boş konteynerin bu geminin aynı veya diğer ambar ve güverteleri arasında gemiden indirilmeksizin yerlerinin değiştirilmesi.

**Terminal:** İşletmenin denetim ve gözetimi altında bulunan tüm çalışma alanlarının (rıhtım, iskele, CFS, ambarlama yerleri ve açık arazi, vs ) oluşturduğu sistem.

**TEU:** Uluslararası standartlara göre konteyner boyutları  $20' \times 8' \times 8'$  ve  $40' \times 8' \times 8'$  olarak belirlenmiştir. Bu ölçülerden  $20' \times 8' \times 8'$  lik konteyner boyutu birim değer olarak kabul edilmiş ve 1 TEU olarak adlandırılmıştır.

### **1.3 Konu İle İlgili Çalışmalar.**

Limanlarda depolama tesislerinin kapasitelerinin belirlenmesine yönelik olarak çeşitli analiz teknikleri kullanılmaktadır. Bunlardan başlıcaları,

- 1.Deterministik, analitik modeller
- 2.Lineer programlama modelleri
- 3.Simulasyon modelleri
- 4.Kuyruk teorisi modelleri
- 5.Maksimum akım modelleri



6.Tahmini koşullara bağlı şebeke modelleri  
olmaktadır.

Bunun yanı sıra mevcut örnekler içindeki tecrübelerden elde edilen temel veri ve kriterleri kullanan basitleştirilmiş kapasite formülleri geliştirilmiştir.

Frankel (1987), konteyner terminallerinde depolama alanlarının kapasitesinin belirlenmesi için aşağıdaki bağıntıyı önermiştir.

$$F = \frac{Q \cdot (t + 2d) \cdot f}{365 \cdot z \cdot 10^4 \cdot (H + 2h) \cdot u} \quad (1.1)$$

Burada,

F = Depolama sahası (m<sup>2</sup>)

Q = Bir yılda elleçlenen konteyner yük miktarı (TEU)

t = Her bir konteyner için gerçekteşen bekleme(tutma) süresi ( gün ),

d = Bekleme sürelerindeki standart sapmayı,

f = Birim TEU için gerekli proje alanı ( m<sup>2</sup>/TEU ),

H =Ortalama istif yüksekliği ,

h = İstif yüksekliğindeki standart sapma,

u=Ekipman seçiminde, terminal boyutlarına bağlı olarak değişen toplam depolama alanı kullanım katsayısı ( 0.4-0.6 ),

z=İstif yada depolamadaki işlemlere, kontrole, gemiye yüklenen yük miktarına bağlı saha kullanım faktörü

dır.

Pratikte depolama alanında elleçlenen miktar ile istif yüksekliği arasında doğrudan bir ilişki bulunmaktadır. Ancak konteynerlerin hedeflerine, ağırlıklarına, gruplarına, LCL veya FCL olup olmadıklarına, boş olup olmadıklarına, gidecekleri yöne göre (iç veya dış) ve kısmen de tiplerine, çoğunlukla da taşımacılık firmalarına göre sınıflandırılmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle yük akışında meydana gelen dengesizlikler ve sapmalar dolayısıyla alanın tamamen kullanılması her zaman mümkün olmamaktadır. Böylece

depolama alanlarında saha kullanım faktörünün söz konusu işletme faktörleri cinsinden hesaplanması gerektiği ve bunun 0.4-0.6 arasında değiştiği ifade edilmektedir.

Boş konteynerler, servis dışı konteynerler ile kısa ve uzun dönem mevsimsel veya periyodik pik talepler için ihtiyaçlarda göz önünde bulundurulmaktadır. Ayrıca z ile tanımlanan güvenlik marjının, gemi yükünün dağılımı, mevcut alan, limana gelen deniz taşımacılığı hattı sayısı, geminin limanda bekleme süresi de dahil olmak üzere limanın özel koşullarına bağlı olduğu vurgulanmaktadır.

Konteynerize ve paletize yüklere yönelik depolama alanları kapasitelerinin belirlenmesi için bir başka ifade Brunn (1981), tarafından verilmiştir.

$$F = \frac{Q \cdot f}{u} \quad (1.2)$$

Burada ,

F = depolama sahası (m<sup>2</sup>),

Q = depolanacak maksimum paletize yük veya konteynerin sayısı ( ton, TEU ),

f = konteyner veya palet için gerekli birim alan (m<sup>2</sup> /ton , m<sup>2</sup>/TEU),

u = saha kullanım faktörü

dür.

Konteynerler için saha kullanım faktörü değerinin istif olmadığı durumlarda 0.25-0.50 arasında değiştiği, iki sıralı istif durumlarında ise yaklaşık 1.0 civarında olduğu belirtilmektedir.

JICA (1994), Japonya'daki limanlarda açık depolama alanlarının kapasitelerinin aşağıda verilen bağıntı ile belirlendiğini belirtmektedir.

$$W = \frac{N}{R} = k \cdot w \cdot F \quad (1.3)$$

Burada ,

W =Yük depolama kapasitesi (ton),

N = Yıllık yük elleçleme hacmi talebi (ton/yıl),

$R$  = Kargo devir sayısı (rotasyon) frekansı yada periyot sayısı (kere/yıl) (8-12),

$F$  = Açık depolama için ihtiyaç duyulan saha ( $m^2$ ),

$w$  = Birim alanda depolanan yük hacmi ( $m^3/ton$ ),

$k$  = İşgal oranı (genellikle 0.7 ),

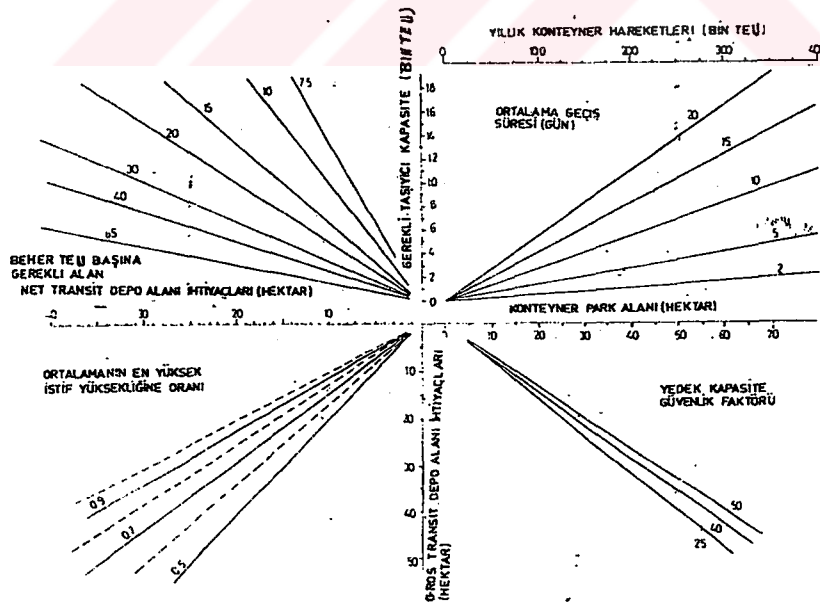
dır.

Kargo dönüşü için ise, birim alanda depolanan kargo hacmi ve işgal oranı, terminale konulması beklenen kargo elleçleme sistemlerinin, kargo tipi ve hinterland ile kara üzerindeki bağlantıların dikkate alınarak karar verilmesi gerektiği belirtilmiştir.

UNCTAD ( 1978 )'e göre konteyner stok sahası kapasitelerinin belirlenmesi için önerilen yöntem, bir grafik yöntemdir. Bu yöntem;

- i) TEU birim cinsinden yük hareketleri,
- ii) Konteynerlerin ithalata, ihracata yönelik veya boş olmasına bağlı olarak kabul edilen bekleme süreleri,
- iii) Elleçleme ekipmanları ve istif yüksekliğine göre belirlenen beher TEU başına düşen saha ihtiyacı,
- iv) Kapasite güvenlik sayısına

bağlı olarak geliştirilmiştir. Yöntemin işlem akış şeması şekil 1.2 de gösterilmiştir.



Şekil 1.2 Konteyner terminali konteyner park alanı planlama akış çizelgesi (UNCTAD, 1978)

Konteyner terminallerinde depolama alan büyüklüğünü belirlemede kullanılacak ve bölgesel işletme sistemini göz önüne alan bir yaklaşım modeli, Baykan (1997) tarafından önerilmiştir. Önerilen yaklaşım modelinde “hazne kuramından” esinlenerek yararlı hazne hacmi ile net konteyner depolama alanı arasında bir analogi kurulmuştur. Bunun için hazne hacmini belirlemeye yönelik olarak geliştirilen yaklaşım biçimlerinden biri olan Sırasal – Doruk Algoritması seçilmiştir.

#### 1.4 Çalışmanın Amacı

Konteyner terminallerinde stok sahalarının belirlenmesinde terminalin inşa edileceği mevkide yeterli büyüklükte arazi bulunup bulunmadığı ve arazinin ucuz olup olmadığı önemli birer faktördür.

Yeterli ve ucuz sahaların bulunması halinde daha az istif sırası yüksekliği düşünülmesi daha uygun olabilir iken, arazinin kısıtlı ve pahalı olması durumunda ise işletme şartlarının elverdiği ölçüde azami istif yüksekliğinin dikkate alınması daha isabetli ve ekonomik olabilir.

Her iki durumda da ihtiyaç duyulan elleçleme ekipman türleri ve sayısı değişmektedir. Birinci durumda pahalı olmayan ekipmanlarla elleçleme yapılabilmekte, ancak sahanın büyük olmasından ötürü ilave aktarma sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. İkinci durumda ise kapasitesi büyük ve pahalı elleçleme ekipmanları gerekmektedir.

Ayrıca saha kapasitesinin belirlenmesi sırasında en önemli parametre olan yük talebinin günlük, haftalık, ya da yıllık bazdaki dalgalanmaları dikkate alındığında maksimum, minimum veya ortalama saha boyutlandırılmasında itibar edilecek değerin hangisi olduğunun belirlenmesi önemli bir husus olmaktadır.

Genelde liman gelişme ihtiyaçlarının hala gerçekçi olarak tahmin edilmediği bilinen bir husustur. Bunun yanı sıra pratikte yük talep değerlerinin ülkemiz gerçekleri dikkate alındığında objektif bir tahminle dahi belirlenen 5,10 ve 20 yıllık plan hedeflerinin de üstünde kaldığı bir gerçektir. Böyle bir durumda terminal depolama sahasındaki

yetersizlikler nedeniyle terminal servis sistemleri kesişimlerinde tıkanmaların artması tabii olmaktadır.

Diğer taraftan stok sahalarının gereğinden daha fazla ayrılması yönünde bir eğilim de bulunmaktadır ( UNCTAD, 1978 ; Frankel, 1987 ). Ancak uygulamalarda hiç bir zaman azami istif yüksekliğine erişilemediği göz önünde bulundurulmadan yapılan planlamalarda maksimum kapasite kullanımını hedeflemek, yapılan yanlışlıklardan biri olmuştur. Bu durumda aşırı büyük kapasite oluşumu nedeniyle atıl bir alan yaratılmış olmaktadır. Terminal yatırım maliyetleri ile işletme maliyetlerinin büyüklüğü de dikkate alındığında ülkemiz gibi kaynakları kısıtlı olan gelişme aşamasındaki ülkeler için atıl kapasite oluşum riski doğmaktadır.

Bütün bu unsurlar dikkate alındığında, yatırım ve işletme maliyetlerinin minimize edildiği optimum terminal depolama sahalarının oluşturulması önemli bir konu haline gelmektedir. Bu husus özellikle yerleşim bölgelerinde arazilerin çok pahalı olduğu kesimlerde çözümlenmesi gereken ekonomik bir problem olmaktadır.

Bu çalışmada amaç; bir konteyner terminalinde birim başına kar kaybı ve terminal boş kalma maliyetleri ile, belli bir zaman aralığındaki yük talebindeki dalgalanmalara bağlı bekleme ve talep kayıplarını dikkate alarak toplam maliyeti minimize eden konteyner yük talebi değerini belirleyecek matematik model oluşturmak, ortalama yük değeri ve maliyeti minimum kılan dönemsel optimum konteyner yük değeri arasında optimalite faktörü adı ile tanımlanacak bir oran tespit etmektir. Bu doğrultuda konteyner yük talep değeri, konteynerlerin sahadaki ortalama bekleme süreleri, birim yük için gerekli proje alanına bağlı olarak düzeltme ve güvenlik faktörünü belirlemektir. Ve sonuç olarak depolama alanı için bu düzeltme ve güvenlik faktörüne bağlı bir bağıntı geliştirmektir.

Bu hedef doğrultusunda optimum saha kapasitesinin belirlenmesinde gerekli güvenlik faktörünün mertebesinin bulunmasında belirleyici etken olan talebin miktarına ve dalgalanma yapısına bağlı minimum maliyet değerini karakterize edecek depolama sahası sistem modeli oluşturulacaktır. Matematik modelin oluşturulması sırasında süreksizlik ve rastgelelik durumları için önerilen stok planlama yönteminden yararlanılacaktır.

Modelin içeriğinde bulunan birim maliyetlerin belirlenebilmesi için örnek bir tesisteki deneyim ve verilerden yararlanılmıştır. Bu amaçla ülkemizin en önemli limanlarından biri olan ve konteyner elleçleme kapasitesi olarak 1997 yılı itibari ile en büyük tesis konumundaki Haydarpaşa limanı konteyner terminaline ait veriler dikkate alınmıştır. Konteyner yüklerinde belli dönemlerdeki dalgalanmaları belirleyebilmek için de Haydarpaşa limanındaki istatistiksel bilgilerden yararlanılmıştır.

Modelde, sabit değerler olan kar kayıpları ( $C_b$ ), boş kalma kayıpları ( $C_s$ ) ve ortalama tutma süresi ( $t_b$ ) ile birlikte  $Q$  değişkeninin fonksiyonu olan toplam maliyet fonksiyonu FORTRAN 77 dili yardımı ile programlanarak optimum çözümler araştırılacaktır.

$C(Q)$  fonksiyonunu minimize edecek olan  $Q$  değeri optimum saha kapasitesini belirlemeye esas yük talep değeri olacaktır.

Ortalama yük talep değeri ( $Q_m$ ) ile optimum yük talep değeri ( $Q_0$ ) arasındaki optimum ekonomik ilişkiden yararlanılarak optimalite faktörü olarak isimlendirilecek bir sabit oran belirlenecektir.

Bu şekilde Bölüm 1.3'de değişik parametrelere bağlı olarak ifade edilen optimum konteyner depolama sahası kapasitesinin, en basit bir şekilde belirlenmesi için bir formül geliştirilebilmesi amaçlanmıştır.

Modelin içeriğinde bulunan birim maliyetlerin belirlenebilmesi için örnek bir tesisteki deneyim ve verilerden yararlanılmıştır. Bu amaçla ülkemizin en önemli limanlarından biri olan ve konteyner elleçleme kapasitesi olarak 1997 yılı itibari ile en büyük tesis konumundaki Haydarpaşa limanı konteyner terminaline ait veriler dikkate alınmıştır. Konteyner yüklerinde belli dönemlerdeki dalgalanmaları belirleyebilmek için de Haydarpaşa limanındaki istatistiksel bilgilerden yararlanılmıştır.

Modelde, sabit değerler olan kar kayıpları ( $C_b$ ), boş kalma kayıpları ( $C_s$ ) ve ortalama tutma süresi ( $t_b$ ) ile birlikte  $Q$  değişkeninin fonksiyonu olan toplam maliyet fonksiyonu FORTRAN 77 dili yardımı ile programlanarak optimum çözümler araştırılacaktır.

$C(Q)$  fonksiyonunu minimize edecek olan  $Q$  değeri optimum saha kapasitesini belirlemeye esas yük talep değeri olacaktır.

Ortalama yük talep değeri ( $Q_m$ ) ile optimum yük talep değeri ( $Q_0$ ) arasındaki optimum ekonomik ilişkiyi kullanarak optimalite faktörü olarak isimlendirilecek bir sabit oran belirlenecektir.

Bu şekilde Bölüm 1.3'de değişik parametrelere bağlı olarak ifade edilen optimum konteyner depolama sahası kapasitesinin, en basit bir şekilde belirlenmesi için bir formül geliştirilebilmesi amaçlanmıştır.

## 2. MODEL ARAŞTIRMASI VE VERİLER

Limanlardaki konteyner terminallerinin depolama (stok) sahalarının optimum olarak planlama yönteminin belirlenmesine yönelik bu çalışma; stok sahalarında toplanan konteyner yüklerinin dağılımlarına uygun bir stok planlama modelinin geliştirilmesi ve uygulanması esasına dayanmaktadır.

### 2.1 Stok / Envanter Planlama Modeli

Belirli bir dönemde talebi karşılamak amacıyla fiziki ve ticari eşyaları stoklamak gerektiğinden stok / envanter planlama problemi ortaya çıkar. Malzeme stoklarının temel fonksiyonu, üretim – dağıtım – tüketim zincirinde birbirini izleyen kademelerin uyum halinde çalışmasını sağlamaktır (Taha, 1971).

Hemen hemen bütün işletmeler faaliyetlerini sürdürebilmek için stok yaparlar. İşletmeciler için stok problemlerinde aşağıdaki hususlar önem taşır ( Karayalçın, 1979).

- Malzemenin arandığı zaman elde bulunması
- Bir malzemenin arandığı zaman elde bulunmaması
- Bir malzemeyi elde bulundurma maliyeti
- Bir seferde stoklanacak miktar
- Belirli bir devrede talep edilen miktar
- Bir tedarik işleminin maliyeti
- Talebin meydana geliş şekli

Stoklama da belirli bir zaman biriminde optimum değerlere göre fazla stok veya daha az stok halleri doğabilir. Bu stok değerleri optimumdan çok büyük sapmalar gösterirse şu sonuçlar ortaya çıkar:

Fazla stok, belirli bir sipariş zaman birimi başına daha fazla parayı stoklara yatırmakla, daha çok faiz yüküne bağlı elde bulundurma maliyetlerinin doğmasına sebep olur. Az stok ise, birim zaman başına yatırılan işletme sermayesinin faiz yükünü azaltırken, buna karşın



stoksuz çalışma riskinin ve sipariş verme frekansının ve kayıplarının artmasına neden olacaktır (Taha, 1971 ).

İşletmeciler değişik olaylarda farklı noktalara önem verebilirler . Bunlar sıra ile

- a . Her şeye rağmen işlemde karı en fazla arttırmak
  - b . Maliyeti en aza indirmek
  - c . Her şeye rağmen söz konusu elemandan elde bulundurmak
  - d . Bekleme zamanlarını en aza indirmek
- olabilir.

Stok planlanmasında amaç, genellikle toplam maliyetin en aza indirilmesi şeklinde belirir. Bu durumda stoklamada giren – çıkan şeklinde çalışan bir mekanizma söz konusudur.

Sistemde girenlerle çıkanlar arasında bazı değiştirilemez koşullara ve amaçlara uyarak denge sağlamak, envanter problemini kontrol altına almakla olacaktır. Bu sistemi planlayıp kontrol altına alabilmek için yukarıda belirtildiği gibi sistem için bir matematik modelin kurulması veya bazı hallerde bir endüstriyel dinamik veya simülasyon modeli kurulması yoluna gidilir.

Modelin oluşturulması, problemin amacı, değişkenleri, mevcut ve olası koşulları arasındaki bağların matematik ifadelerle gösterilmesinden ibaret olacaktır (Karayalçın, 1979).

Envanter seviyesi, maliyete doğrudan tesir eden bir faktördür. Amaç denklemi olarak bilinen toplam olası maliyet eşitliğinin kurulması ve amaç denkleminin minimize edilmesi optimum karara ulaşılmasını sağlar ( Churcman vd., 1957).

## 2.1.1 Temel özellikler

### 1. Ekonomik parametreler

**Hazırlık Maliyeti:** Hazırlık maliyeti, bir siparişin verilmesi ve gerçekleştirilmesi ile ilgili harcamalardır. Bu maliyet bileşeni, üretim sisteminin, malzeme temini, taşıma ve depolama maliyet bileşenlerinin oluşturduğu ilk hazırlığından doğan harcamalardır. Hazırlık maliyetinin sipariş miktarı veya üretim miktarından bağımsız olduğu varsayılır. Burada sipariş ve hazırlık olmak üzere birbirini izleyen iki ayrı işlem ve kavram kullanıldığına dikkat edilmesi gerekir.

**Satın Alma Fiyatı Veya Üretim Maliyeti:** Bu maliyet bileşeni, belirli bir miktarın üzerinde siparişler için uygulanan miktar iskontosu veya fiyat kırma söz konusu olduğu zaman veya büyük üretim partilerinin üretim maliyetinde azalma sağladıkları zaman özellik gösterir. Sipariş miktarı, belirlenen koşullara göre bu fiyat kırma avantajı göz önünde bulundurularak ayarlanmalıdır.

**Satış Fiyatı:** Bazı stok problemlerinde malın talebi ve fiyatı stok miktarından etkilenebilir. Bu hallerde karar modeli, malın satışından sağlanan geliri içeren kar maksimizasyonu kriterine dayanmalıdır. Birim satış fiyatı, miktar iskontosu yapılmadığına bağlı olarak sabit veya değişken olabilir.

**Elde Bulundurma Maliyeti (=Stokta Tutma Maliyeti):** Malın depoda saklanmasından doğar. Stoklara yatırılan işletme sermayesi faiz yükünü, depo yapım, kira, bakım, tutum maliyetlerini, malzeme nakli maliyetlerini, yıpranma ve değer kaybı maliyetlerini kapsar. Stokta tutma maliyetinin, stoklama süresinin uzunluğu ve stok miktarı ile doğrusal değiştiği varsayılır.

**Elde Bulundurmama Maliyeti:** Mala ihtiyaç veya talep olduğu zaman stokta bulundurmama sonucu ortaya çıkan ve kaçan fırsat maliyetleridir. Genellikle müşteri güveni kaybı, ve gelirden potansiyel kayba neden olan maliyetleri kapsar, yine müşterinin doyurulamayan talebinin daha sonraki tarihlerde karşılanması halinde, siparişin

geciktirilmesi, elde bulundurmama miktarı ve gecikme süresi ile doğrusal değiştiği varsayılır. Bu halin zıddı olan doyurulamayan talebin kaybı halinde ise elde bulundurmama miktarı ile orantılı olmaktadır.

Birim elde bulundurmama maliyeti aşağıdaki kalemleri kapsar.

- i. Elde bulundurmama nedeniyle fazla mesai
- ii. Özel sekreter ve idari maliyet
- iii. Sipariş hızlandırma maliyeti
- iv. Gecikme nedeniyle peştemallık kaybı
- v. Özel taşıma ve paketleme maliyeti
- vi. Kayıp üretim zamanı
- vii. Elde bulundurmayı doğuran herhangi bir maliyet

**2. Talep:** Mal ve hizmet talebi belirli (deterministik), probabilistik veya belirsiz olaylar şeklinde belirlenebilir. Talebin belirli olması halinde malın planlama dönemi içindeki her bir periyotdaki istenilen miktarları kesin olarak bilinmektedir. Sabit talep veya dalgalanmaların talep kavramları planlama dönemindeki eşit periyotlara göre ifade edilebilir. Bu iki hal sıra ile statik ve dinamik talep olarak ifade edilir.

Planlama dönemindeki belirli bir periyot için talep kesin olarak bilinmediği ve talebin bilinen bir olasılık dağılımı ile tanımlanabildiği durumlarda probabilistik talep söz konusudur. Bu halde olasılık dağılımı zamanla bağımlı veya bağımsız olabilir. Bunlar belirli halde sıra ile statik ve dinamik taleplere eşdeğerdir.

Planlama döneminin verilen bir periyodu için talebin periyot başına bir anda (=ani olarak)veya küçük bir zaman aralığında düzgün bir şekilde karşılandığı kabul edilir. Ani ve düzgün taleplerin etkisi toplam stok maliyetine doğrudan doğruya aktarılacaktır.

**3. Sipariş çevrimi:** Stok problemlerinde zaman periyodu ölçüsüdür. Sipariş çevrimi, iki sipariş verme arasındaki zaman periyodu olarak tanımlanır.

**i. Sipariş miktarı gözetimi ve yöntemi:** Daha önceden saptanmış belirli bir stok kalemi alt sınırının siparişin verildiği noktaya ininceye kadar stok seviyesinin gözlenmesi, stok miktarının belirli bir sınıra düşmesi halinde sipariş verilmesidir.

**ii. Sabit sipariş periyodunun gözetimi ve sipariş yöntemi:** Stok/sipariş planlama döneminde siparişler arası periyotların gözlenmesi ve talebe uygun siparişler verilmesidir.

**4. Teslim süresi / Tedarik süresi:** Bir sipariş verildiği zaman bir anda teslim edilebilir veya teslim edilmeden önce belirli bir süre geçmesi zorunlu olabilir. Siparişin verildiği zamanla teslim alındığı zaman arasındaki süreye teslim süresi veya tedarik süresi adı verilir. Tedarik süresi ya belirli veya probabilistiktir.

**5. Tedarik sistemi:** Envanter tedarik koşullarına bağlı olarak bir anda veya düzenli bir şekilde sistemde yapıldığı kabul edilir. Stoklanan kalem işletme dışı kaynaklardan satın alınırsa, ani tedarik gerçekleşebilir. Diğer taraftan mamul işletme içinde üretilirse düzenli tedarik yapılabilir. O halde envanter sistemi, tedarik süresi veya düzenli stoklama hallerinden birine göre işletilir.

**6. Stok planlama süresi/dönemi:** Stok düzeyinin kontrol edileceği zaman periyodu ,stok planlama dönemi olarak tanımlanır. Kontrol devresi, malın talep yapısına bağlı olarak sonlu veya sonsuz olabilir.

**7. Tedarik basamağı sayısı:** Envanter sisteminin çok sayıda stoklama noktasından oluştuğu kabul edilir. Bu stoklama noktaları, bazı hallerde bir nokta için tedarik kaynağı olacak şekilde organize edilebilir. Bu işletme şekli, talep noktası tekrar yeni bir tedarik noktası olacak şekilde farklı düzeylerde tekrarlanabilir. Bu stoklama şekli genel olarak çok basamaklı sistem olarak kabul edilir.

**8. Envanter kalem sayısı:** Bir envanter birden fazla malı içerebilir. Farklı malların envanterleri arasında girişimler doğarsa envanter modellerinin özel olarak kurulması gerekebilir. Bu girişimler, malların sınırlı depo sahasında depolanma zorunluluğu, envantere bağlanan paranın sınırlı olması durumlarında ortaya çıkar ( Taha, 1971 ).

### 2.1.2 Stok/Envanter modelleri

Envanter problemlerini ve modellerini sınıflandırmak ve birbirleri ile uyumunu sağlamak zordur. Ancak envanter modelleri için taleplerin tabiiğine bağı olarak aşığıdaki gibi bir sınıflamaya gidilebilir (Kauffman, 1964).

**Deterministik(Belirli) modeller:** Verileri, yani karar parametreleri kesin bilinen ve karar değişkenleri kesin olarak bu parametrelere bağı olarak belirlenen modellerdir.

**Stokastik ve istatistiksel olarak kararlı modeller:** Verileri kesin olarak bilinmeyen fakat olasılık dağılımları bilinen modellerdir. Bir limana gemilerin gelişleri ile getirdikleri yük miktarlarının depolama sahalarına giriş ve çıkış anları, zamanları ve miktarları buna örnek olarak gösterilebilir.

**Stokastik fakat istatistiksel olarak kararsız (dalgalanmalı) modeller:** Verileri kesin olarak bilinmeyen, olasılık dağılımları ancak mevsimsel dalgalanmalara göre bilinen modellerdir.

**Belirsiz modeller:** Verileri belirsiz olan modellerdir. Bu modeller verilerin olasılık dağılımlarının mevcut olmadığı veya standart sapmaların çok çok büyük olduğu modellerdir.

Üretim sistemlerinin gelecekları hakkında tahmin yapılırken metot seçimi en önemli husustur. Metotda olayların gerçekleşme dinamiğini ve koşullarını simule etmesi, kolaylıkla uygulanabilmesi, kabul edilebilir düzeyde hata içermesi ve esnek olması aranan hususlardır (Erbilgin, 1988).

Envanter ve sipariş maliyetlerini azaltmak, zamanında etkin envanter kontrolü ve planlaması ile mümkün olabilir. Bunun için belirli verilerin kullanıldığı deterministik model yerine gerçek hayata daha uygun olan probabilistik modellerin uygulanması gerekir. Dataların özenle tespiti ve analizi neticesinde bu tür modeller ile uygun çözümlere daha sıhhatli bir şekilde ulaşılır (Aslan, 1987).

### 2.1.2.1 Stokastik envanter modelleri

Deterministik modellerde, talebin ve verilerin kesin olarak bilindiği varsayılmaktadır. Gerçekte bu değerlerin tam olarak belirlenmesi oldukça güçtür. Stokastik envanter modellerinde ise talebin ve parametrelerin olasılık dağılımlarının kesin olarak bilindiği kabul edilmektedir.

#### 2.1.2.1.1 Belirsizlik ve süreksizlik halleri için envanter modeli

Bu modele ait teori Churchman vd (1957); Kauffman (1964) tarafından aşağıdaki şekilde açıklanmıştır.

Bu modelde, envanter miktarlarının süreksiz (kesikli) olduğu varsayılır. Ayrıca talebin olasılık dağılımı bilinmekte olup planlama döneminin belirli olduğu kabul edilir. Modelin amacı, geçmişteki deneyimlerden elde edilen talep değerlerini kullanarak elde bulundurulması gereken envanterin optimum değerini bulmaktır.

Bu modelde depoda başlangıçta  $S$  miktarda malzeme bulunması ve belirli bir süre sonra  $r$  adet kullanıldığının düşünülmesi durumunda, bu süre boyunca  $r < S$  için  $(S-r)$  birim malzemeyi stokta tutma maliyeti aşağıdaki şekillerde oluşur ve tanımlanır.

$$(S - r).C_1 \quad (2.1)$$

Bu süre içinde  $r > S$  ise elde bulundurmama maliyeti oluşur ve

$$(r - S).C_2 \quad (2.2)$$

şeklinde tanımlanır.

Bu modelde  $r$ 'nin değerinin kesin olarak bilinmediği ancak bu değer  $P(r)$  olasılık dağılımının bilindiği kabul edilsin.  $P(r)$ , olasılık fonksiyonu geçmişte malzemeye duyulan ihtiyaç değerlerinin istatistiki değerlendirilmesinden elde edilir.

Buna göre,

$r < S$  olması halinde  $(S-r)$  kadar malzemenin depoda bulunması (elde tutulması) maliyeti;

$$(TOM)_1 = \sum_{r=0}^s P(r).(S-r).C_1 \quad (2.3)$$

şeklinde,  $r > S$  olması halinde ise  $(r-S)$  kadar parçanın bulunmamasının getirdiği maliyet ;

$$(TOM)_2 = \sum_{r=s+1}^{\infty} P(r).(r-S).C_2 \quad (2.4)$$

ortaya çıkar. Buradan (2.3) ve (2.4) denklemlerinden stok seviyesinin  $S$  olması durumunda olası toplam maliyet şöyle olur;

$$TOM = \sum_{r=0}^s P(r).(S-r).C_1 + \sum_{r=s+1}^{\infty} P(r).(r-S).C_2 \quad (2.5)$$

Burada,

$r$  = Her bir zaman aralığında kullanılan ihtiyaç

$S_i$  =  $i$ . Bir zaman aralığının başlangıcındaki envanter seviyesi

$TOM = TEC =$  Toplam olası maliyet

$C_1$  = Birim zamanda malın elde bulundurulma maliyeti

$C_2$  = Özel bir periyotta malın elde bulundurulmama maliyeti

$P(r)$  = Her bir ayrı değişken için ihtiyaç duyulma olasılığı

dır.

Görülüyor ki, değişken süreksizdir.  $S$ 'e  $(S-1)$  ve  $(S+1)$  değerini verdiğimiz zaman  $TOM$  farklı yönlerde değişiyorsa  $S$  için  $TOM$ 'i en az veya en çok yapan bir değer vardır. Bu yönde  $TOM$ 'i  $(S+1)$  ve  $(S-1)$  için hesaplayalım;

$$\text{TOM}(S+1) = C_1 \cdot \sum_{r=0}^{s+1} P(r) \cdot (S+1-r) + C_2 \cdot \sum_{r=s+2}^{\infty} P(r) \cdot (r-S-1) \quad (2.6)$$

$$= C_1 \sum_{r=0}^s P(r) \cdot (S+1-r) + C_1 \cdot P(S+1) \cdot [S+1-(S+1)] + \\ C_2 \sum_{r=s+1}^{\infty} P(r) \cdot (r-S-1) - C_2 \cdot P(S+1) \cdot [S+1-(S+1)]$$

$$\text{TOM}(S+1) = C_1 \cdot \sum_{r=0}^s P(r) \cdot (S+1-r) + C_2 \cdot \sum_{r=s+1}^{\infty} P(r) \cdot (r-S-1) \quad (2.7)$$

bulunur. Bu ifade açılıp aşağıdaki şekle sokulursa

$$\text{TOM}(S+1) = C_1 \cdot \sum_{r=0}^s P(r) \cdot (S-r) + C_1 \cdot \sum_{r=0}^s P(r) + C_2 \cdot \sum_{r=s+1}^{\infty} P(r) \cdot (r-S) - C_2 \cdot \sum_{r=s+1}^{\infty} P(r) \quad (2.8)$$

olur. Burada herhangi bir olayın meydana gelme olasılıklarının toplamını bire eşit olduğu bilindiğine göre ;

$$\sum_{r=0}^{\infty} P(r) = \sum_{r=0}^s P(r) + \sum_{r=s+1}^{\infty} P(r) = 1 \quad (2.9)$$

ifadesi yazılabilir. Bu ifadeden  $\sum_{r=s+1}^{\infty} P(r)$  çekilip (2.8) de yerine konular düzenlenirse

$$\text{TOM}(S+1) = C_1 \sum_{r=0}^s P(r) \cdot (S-r) + C_2 \sum_{r=s+1}^{\infty} P(r) \cdot (r-S) + (C_1 + C_2) \cdot \sum_{r=0}^s P(r) - C_2$$

bulunur. Bu ifadenin sağ tarafının ilk iki terimi bize  $\text{TOM}(S)$  i verir. Sonuç olarak

$$\text{TOM}(S+1) = \text{TOM}(S) + (C_1 + C_2) \cdot P(r \leq S) - C_2 \quad (2.10)$$

şeklinde ifade edilebilir.



Aynı işlemi (S-1) için yaparsak, yani S yerine (S-1) koyup ara işlemleri yapıp düzenlersek

$$\text{TOM} ( S-1 ) = \text{TOM} ( S ) - (C_1 + C_2) \cdot P[r \leq (S-1)] + C_2 \quad (2.11)$$

bulunur.

Toplam olasılık olan  $\sum P(r)$  yerine sıra ile  $P(r \leq S)$  ve  $P[r \leq (S-1)]$  notasyonu kullandık. Buna göre aşağıdaki durumları sağlayan bir  $S_0$  mevcut olduğunu varsayalım.

$$I) (C_1 + C_2) \cdot P(r \leq S_0) - C_2 > 0 \quad (2.12)$$

$$II) (C_1 + C_2) \cdot P[r \leq (S_0 - 1)] - C_2 < 0 \quad (2.13)$$

Bu  $S_0$  değeri optimum değerdir ve  $S_0$  büyüdükçe  $P(r \leq S_0)$  da büyüyecektir. Örneğin  $S' > S_0$  olan bir  $S'$  sayısı tanımlarsak ;

$$P(r \leq S') > P(r \leq S_0)$$

olur. Bu takdirde (2.12) eşitsizliği sağlanır. Eğer  $S'' < S_0$  olan bir  $S''$  tanımlanırsa ;

$$P[r \leq (S'' - 1)] < P[r \leq (S_0 - 1)]$$

olur. Bu takdirde de (2.13) eşitsizliği sağlanır. O halde ;

$$S'' < S_0 \text{ için : } \text{TOM} ( S'' ) > \text{TOM} ( S_0 )$$

$$S' > S_0 \text{ için : } \text{TOM} ( S' ) > \text{TOM} ( S_0 )$$

olmalıdır. Görülüyor ki,  $S_0$  dan büyük ve küçük S değerleri için TOM büyümektedir.

Burada ;

$S_0$  = Bir zaman aralığının başlangıcındaki optimum envanter seviyesi

$(\text{TOM})_0$  = minimum (optimum) toplam beklenen maliyet

dir.

Şimdi (2.12) ve (2.13) eşitsizliklerini çözersek:

$$(C_1 + C_2) \cdot P(r \leq S_0) - C_2 > 0$$

eşitsizliğinden

$$P(r \leq S_0) > \frac{C_2}{C_1 + C_2} \quad (2.14)$$

elde edilir. Aynı şekilde

$$(C_1 + C_2) \cdot P[r \leq (S_0 - 1)] - C_2 < 0$$

eşitsizliğinden

$$P[r \leq (S_0 - 1)] < \frac{C_2}{C_1 + C_2} \quad (2.15)$$

ifadesi elde edilir. Bu iki çözüm birleştirilirse

$$P(r \leq S_0) > \frac{C_2}{C_1 + C_2} > P[r \leq (S_0 - 1)] \quad (2.16)$$

şeklinde yazılabilir.

Özel haller:

1. Eğer

$$(C_1 + C_2) \cdot P(r \leq S_0) - C_2 = 0 \quad (2.17)$$

eşitliği gerçekleşirse

$$P(r \leq S_0) = \frac{C_2}{C_1 + C_2} > P[r \leq (S_0 - 1)]$$

olur, ve bunu (2.10)ifadesinde yerine koyarsak

$$\begin{aligned} \text{TOM}(S_0+1) &= \text{TOM}(S_0) + (C_1 + C_2) \frac{C_2}{(C_1 + C_2)} - C_2 \\ \text{TOM}(S_0+1) &= \text{TOM}(S_0) \end{aligned} \quad (2.19)$$

yani S in  $S_0$  optimum değeri ve  $S_0+1$  değeri için TOM aynı değeri alıyor.

2.Eğer

$$(C_1 + C_2) \cdot P[r \leq (S_0 - 1)] - C_2 = 0 \quad (2.20)$$

eşitliği gerçekleşirse

$$P(r \leq S_0) > \frac{C_2}{C_1 + C_2} = P[r \leq (S_0 - 1)] \quad (2.21)$$

olur, ve bunu (2.11)ifadesinde yerine yazarsak

$$\text{TOM}(S_0-1) = \text{TOM}(S_0) - (C_1 + C_2) \frac{C_2}{(C_1 + C_2)} + C_2$$

Buradan da,

$$\text{TOM}(S_0-1) = \text{TOM}(S_0) \quad (2.22)$$

elde edilir.

Görülüyor ki, burada da  $S'$  in  $S_0$  değeri ve  $S_0-1$  değeri için TOM aynı değerde kalıyor.

## 2.2 Konteyner Terminallerinde Konteyner Trafığı

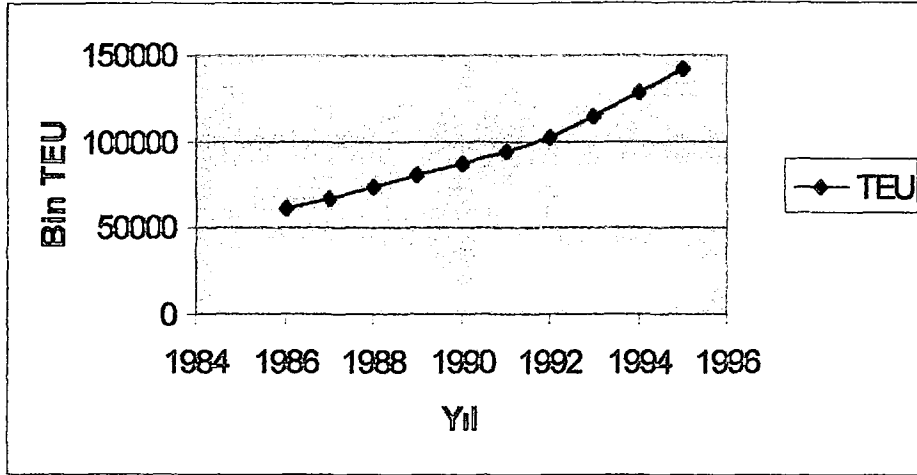
Ticari limanlardaki trafik, limanın bir işletme dönemi içinde yıldan yıla değişen değerleri ile bir yıllık işletme dönemi içinde mevsimlik, aylık ve haftalık dalgalanmalar şeklinde ortaya çıkar ( Kutlu, 1967; Wang, 1976; DTO, 1991; TCDD, 1992). Trafik dalgalanmaları deterministik veya rastgele etkenlere bağlı olarak gerçekleşir (Salman, 1980).

Deterministik etkenlere bağlı trafik dalgalanmaları, zaman dalga boyu ve yükseklik karakteristikleri bilinen fiziksel etkenlere göre önceden belirlenebilen dalgalanmalardır. Rastgele etkenlere bağlı liman trafiği dalgalanmaları ise, zaman dalga boyu ve yükseklik değerleri kesin öngörülemeyen, ancak olasılıkları tahmin edilebilen dalgalanmalar olarak tanımlanabilir (Özen, 1994).

Deniz ve liman trafiğinin deterministik, rastgelelik ve belirsizlik karakterinin belirlenmesi ekonomik ve optimum deniz ve liman işletmeciliği koşullarının geliştirilmesi yönünden ilk aşama olmaktadır (Özen, 1994).

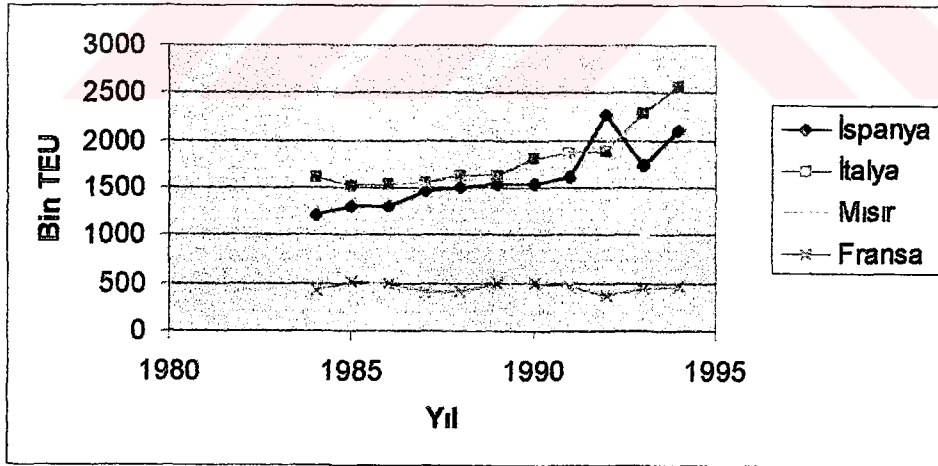
### 2.2.1 Dünya'da konteyner trafiği

Dünyada denizyolu taşımacılığında, yüklerin toplulaştırılması elleçleme makinalarının modernizasyonu ve kapasitelerindeki artışlara ve otomasyondaki gelişmeler sonucundaki artışa bağlı olarak konteyner taşımacılığı miktarı hızla gelişmektedir. 1995 yılında tüm Dünya limanlarında 141 600 000 milyon TEU' luk konteyner işlem görmüştür. 1980-1995 yılları arasındaki ortalama yıllık artış %9.5, 1990-1995 arasındaki artış ise %10.6 düzeyinde gerçekleşmiştir (JICA, 1997). Dünya limanlarında konteyner yüklerinin 1986-1995 yılları arasındaki değişimi Şekil 2.1 de görülmektedir. Konteyner yüklerindeki artışın dünyada toplam ticaret hacmindeki büyümeyle uyumlu bir şekilde düzgün olarak arttığı anlaşılmaktadır.



Şekil 2.1 Dünya limanlarında konteyner trafiğinin durumu  
( JICA, OCDE, 1997)

Değişimleri Avrupa ve Akdeniz ülkeleri bazında dikkate alırsak, 1994 yılı itibari ile en büyük konteyner elleçleme hacmine sahip ülkenin İtalya olduğu görülecektir. Bunu İspanya, Mısır ve Fransa izlemektedir. Bu ülkelerde 1984-1994 yılları arasında elleçlenen konteyner yüklerinin dağılımı Şekil 2.2' de görülmektedir.

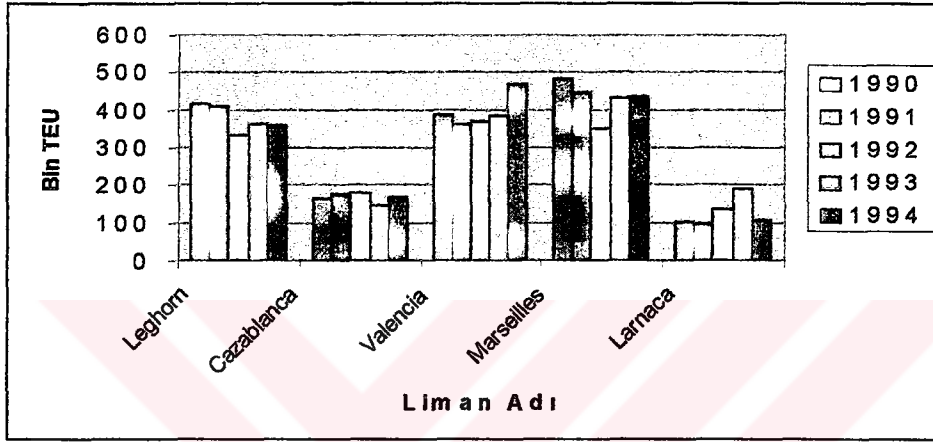


Şekil 2.2 Bazı Avrupa ve Akdeniz ülkelerinde konteyner trafiği  
( JICA, OCDE, 1997)

Değişimlerin (dalgalanmaların) ülke bazında ve yıllık olarak gerçekleşmelerini tespit etmek mümkündür. Şekil 2.2'ye bakıldığında örneğin, Fransa'da düzenli bir değişim

olmadığı, yine Mısır'da belli bir dönem sabit olarak görünen toplam trafiğin 1990 yılından sonra artmaya başladığı ve İspanya'da ise beklenmeyen artış ve azalmalar gerçekleştiği görülür.

Şekil 2.3 de ise bazı önemli Akdeniz limanlarında 1990-1994 yılları arasında elleçlenen konteyner yüklerinin dağılımları verilmiştir.



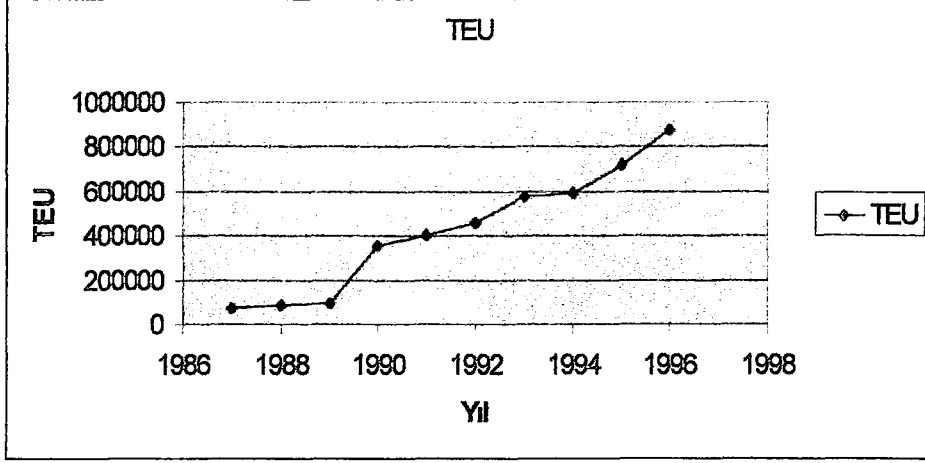
Şekil 2.3 Bazı Akdeniz limanlarında konteyner trafiği (JICA, OCDE, 1997)

### 2.2.2 Türkiye'deki limanlarda konteyner trafiği

Konteyner terminallerindeki konteyner trafiği gözlemlendiğinde içinde bulunduğumuz dönemde genel bir artış trendi ile beraber dalgalanmalar saptanmıştır. Bu dalgalanmalar yıldan yıla değişen dalgalanmalar, bir yıl içinde ortaya çıkan aylık, haftalık ve günlük dalgalanmalar şeklinde olduğu görülmektedir.

Türkiye'de konteynerler ağırlıklı olarak TCDD İşletmesi Genel Müdürlüğüne bağlı Haydarpaşa, İzmir, Mersin limanları ile özel kuruluşlarca işletilen Gempport ve Ambarlı limanlarında elleçlenmektedir.

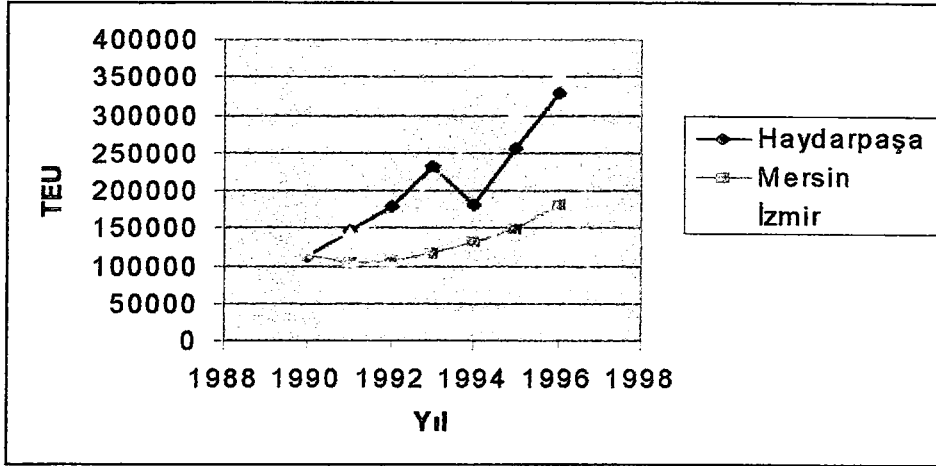
Türkiye’de 1987 yılında 70 000 TEU olan toplam konteyner elleçlemesi 1996 yılında % 1149 artarak 874 121 TEU ya yükselmiştir. Bu süreç içinde elleçlenen konteyner trafiği gelişim seyri Şekil 2.4’ de görüldüğü gibi gerçekleşmiştir.



Şekil 2.4 Türkiye’de konteyner trafiği (DTO, 1996)

Şekil 2.4’e bakıldığında, ekonomik gelişmeye paralel olarak artan konteyner trafiğindeki gelişmeleri de görmek mümkündür. Ancak bu gelişmeleri etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. 1994 yılında Haydarpaşa limanındaki azalma ise aynı yılda görülen ekonomik krizden ileri gelmiştir.

TCDD’nin Haydarpaşa, İzmir ve Mersin limanlarında 1990-1996 yılları arasında gerçekleşen konteyner elleçlemesi Şekil 2.5’de ayrı ayrı gösterilmiştir. Toplam konteyner trafiğinin tamamına yakını bu limanlarda gerçekleştiği saptanmıştır.



Şekil 2.5 TCDD limanlarında 1990-1996 yılları itibari ile konteyner trafiği

Haydarpaşa, İzmir ve Mersin limanlarındaki konteyner trafiğinin yıllık değişimine bakıldığında, İzmir limanının genel bir artış trendine sahip olduğu, Mersin limanının ise 1990 ve 1993 yılları arasında azalma eğilimi gösterdiği, daha sonraki yıllarda tekrar artma seyri görüldüğü, Haydarpaşa limanında ise konteyner yük hareketlerinin yıllara göre gittikçe artan bir eğilim gösterdiği, ancak 1994 yılında baş gösteren ekonomik krize bağlı ani bir düşüşten sonra yine artış trendine girdiği görülmektedir. Haydarpaşa limanında diğer limanlardan farklı olarak 1994 yılı itibari ile meydana gelen elleçleme hacmindeki azalma bu terminalin ağırlıklı olarak ithalata yönelik hizmet vermesi ve ekonomik kriz nedeniyle 1994 yılında ithal yüklerin azalmasından kaynaklanmaktadır.

### 2.2.2.1 Haydarpaşa limanında konteyner yük trafiği

1985 yılında resmi olarak hizmete giren Haydarpaşa limanı konteyner terminalinde 1985 yılında elleçlenen konteyner yük hacmi 23 270 TEU olarak gerçekleşmiş iken, bu değer 1996 yılında 329 160 TEU ya yükselmiştir. 13 yıllık süreçte %1314 olarak gerçekleşen artışın en önemli nedenlerinin başında terminaldeki servis sistemleri arasında uyumu sağlamak üzere rıhtım, ekipman, depolama vb. ünitelerin kapasitesinin artırılması, işletme şartlarının modernize edilerek iyileştirilmesi gelmektedir.

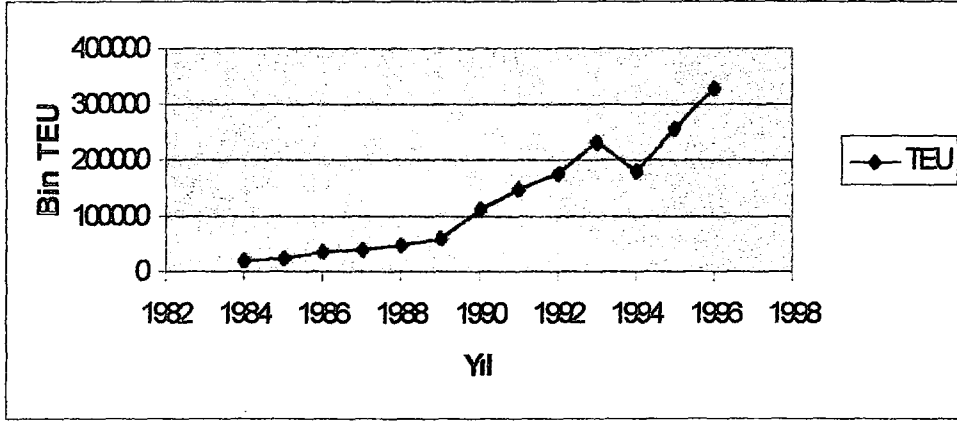


Çizelge 2.1 ve Şekil 2.6'da Haydarpaşa limanının konteyner terminalinde, 1984- 1996 yılları arası dönemde gerçekleşen konteyner yük değerleri görülmektedir.

Çizelge 2.1 ve Şekil 2.6'dan Haydarpaşa limanında konteyner yüklerinin yıllık değişimlerinde ülke ekonomisindeki istikrara bağlı ticaret hacminin büyümesi ile uyumlu bir artışın meydana geldiğini ve 1994 yılı değerlerine bakarak da ekonomideki olumsuzlukların deniz taşımacılığına yansımalarını söylemek mümkün olabilir.

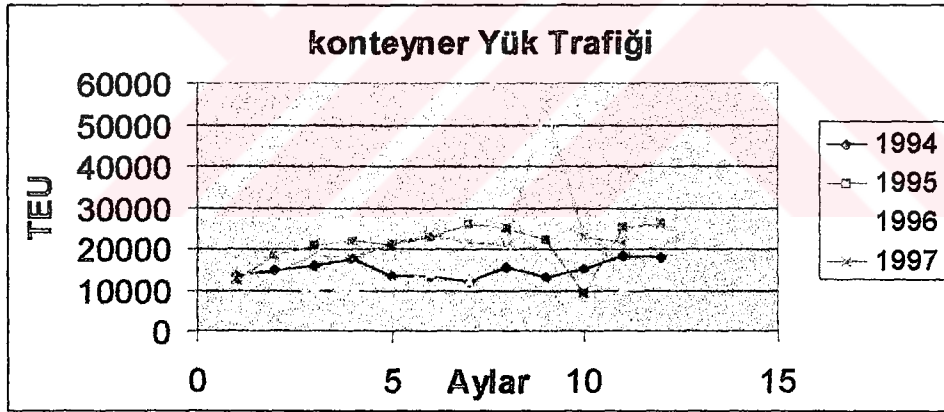
Çizelge 2.1 Haydarpaşa limanında elleçlenen konteyner yük hacmi (DTO, 1996)

Yıl	Yükleme				Boşaltma				Toplam	
	20'		40'		20'		40'		Miktar	
	Dolu	Boş	Dolu	Boş	Dolu	Boş	Dolu	Boş	Adet	TEU
1984	2950	2133	1525	608	3934	1647	1611	541	14949	19234
1985	3613	1899	2178	682	4561	11165	2280	876	17254	23270
1986	4525	4306	3114	1338	7099	2011	2585	1540	26518	35095
1987	7833	3806	3616	1140	8139	2666	2663	1648	31511	40578
1988	7960	5098	4128	1766	10243	2885	3884	1662	37626	49066
1989	10882	4066	4773	1916	12924	4575	5055	1967	46158	59869
1990	15379	11029	7680	5471	25318	3309	13554	1680	83420	111805
1991	16856	21538	9596	7976	33102	3096	15819	2336	110319	146046
1992	24388	22535	13987	7461	39444	6392	18154	2819	135180	177601
1993	26856	29685	14649	13430	55298	5235	27273	2288	174714	232364
1994	25162	16272	17882	5393	37372	6659	18821	5087	132648	179831
1995	30557	21169	19651	11814	56485	7376	34439	2087	183578	256569
1996	28872	42338	19840	27046	65252	5668	44678	1951	235645	329160



Şekil 2.6 Haydarpaşa limanı konteyner elleçleme hacmi

Haydarpaşa limanındaki konteyner trafiğinde oluşan talepteki değişimlerin aylık ve haftalık dalgalanmalar ölçeğinde incelenmesinde yararlar bulunmaktadır. Şekil 2.7'de Haydarpaşa limanında 1994-1997 yılları arasında elleçlenen konteyner yüklerinin aylık değişimler gösterilmiştir.



Şekil 2.7 1994-1997 yılları konteyner yüklerinin aylık değişimleri  
( TCDD Haydarpaşa liman İşletme Müdürlüğü , 1998)

Şekil 2.7' den görüleceği üzere genelde Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos aylarında konteyner trafiğinde bir artış olduğu, Eylül, Ekim aylarında artışın yavaşladığı, kış aylarına doğru Aralık ayında tekrar artış trendi görüldüğü, Şubat, Mart aylarında ise bir azalma trendi görüldüğü söylenebilir. Buradaki değişimlerde mevsimsel faktörlerin etkili oldukları düşünülebilir. Bu faktörler içinde, yatırıma yönelik olarak mamul maddelerin,

inşaat malzemelerinin ithalatı, tarım ürünlerinin ithalatı ve ihracatı başlıca faktörlerdir. Şekil 2.7'de 1995 yılı Ekim ayında talepteki ani düşüş ile 1997 yılı Eylül ayındaki ani yükseliş yukarıda açıklanan mevsimsel faktörlerle uygun düşmemektedir.

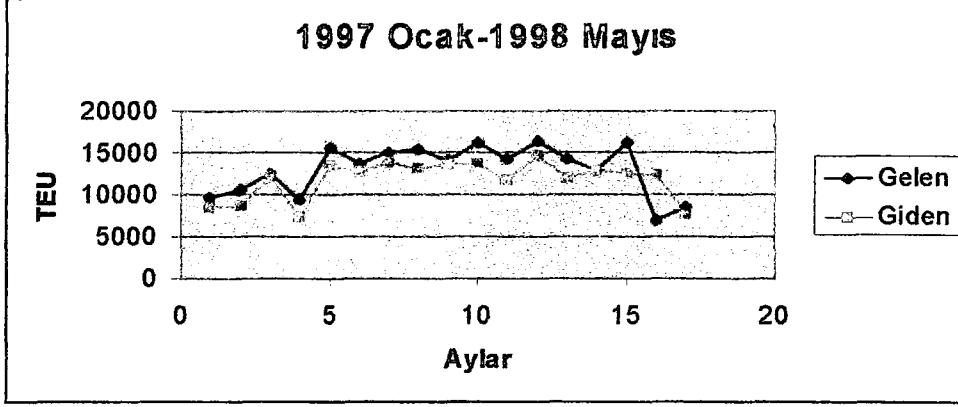
Şekillerin incelenmesinden dalgalanmaları belirli mevsimsel fiziksel etkenlere açık olarak dayandırmakta güçlük çekilmektedir. Bu sonuçlara göre dalgalanmalarda dengeli bir durum olmadığı, bir dengesizlik olduğu söylenebilir.

Haydarpaşa limanı konteyner terminalindeki yük trafiğinin aylık bazda dalgalanmaları Çizelge 2.2'de verildiği gibi terminale gelen ve giden yükler olarak değerlendirildiğinde Şekil 2.8 ve Şekil 2.9'da görüldüğü gibi olacaktır.

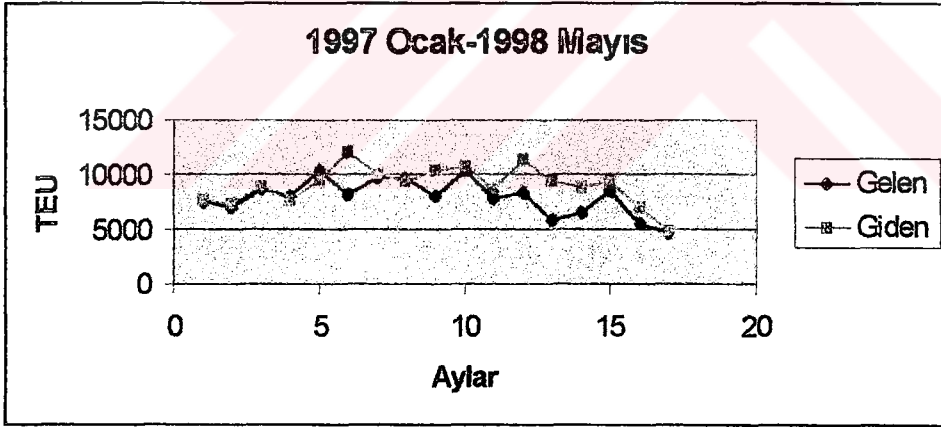
Çizelge 2.2 Haydarpaşa limanında gelen ve giden yük trafiği (TCDD Haydarpaşa Liman İşletme Müdürlüğü, 1998 )

Yıl	Aylar	Gemi ile				Karayolu ile			
		Gelen		Çıkan		Gelen		Çıkan	
		20'	40'	20'	40'	20'	40'	20'	40'
1997	Ocak	4105	2766	2952	2757	2042	276	3405	2090
	Şubat	4238	3129	3491	2569	2364	2287	3532	1894
	Mart	4975	3762	4768	3719	2934	2881	4027	2437
	Nisan	3722	2897	2719	2277	2679	2639	3801	1968
	Mayıs	6359	4619	5320	4056	3643	3381	3952	2781
	Haziran	5040	4354	5094	3774	2436	2867	4913	3528
	Temmuz	6602	4201	5651	4114	3272	3239	4272	2860
	Ağustos	6391	4524	5033	4014	3144	3275	4034	2688
	Eylül	5882	4102	5765	3958	3083	2484	4047	3164
	Ekim	6318	4935	5403	4146	3952	3189	4209	3194
	Kasım	5796	4150	4489	3648	3016	2425	3640	2543
	Aralık	6187	5122	4996	4840	3128	2608	4552	3370
1998	Ocak	5590	4289	4932	3456	2147	1853	3518	2879
	Şubat	4941	3955	5038	3939	2393	2015	3481	2688
	Mart	8449	3876	4766	3862	3148	2663	3604	2895

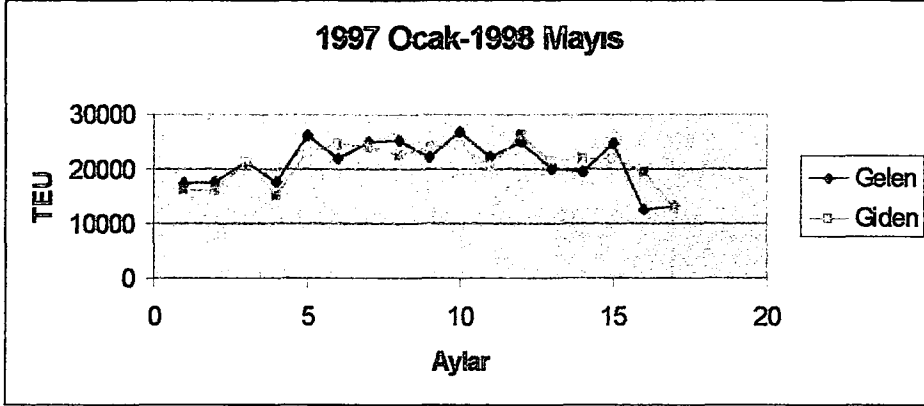
1998	Nisan	5988	4511	4976	3673	2119	1677	2727	2124
	mayıs	2970	2736	2976	2396	1690	1490	1935	1478



Şekil 2.8 Haydarpaşa limanına gemi ile gelen ve giden konteyner yükleri



Şekil 2.9 Haydarpaşa limanına karayolu ile gelen ve giden konteyner yükleri



Şekil 2.10 Haydarpaşa limanına gelen ve giden konteyner yük trafiği

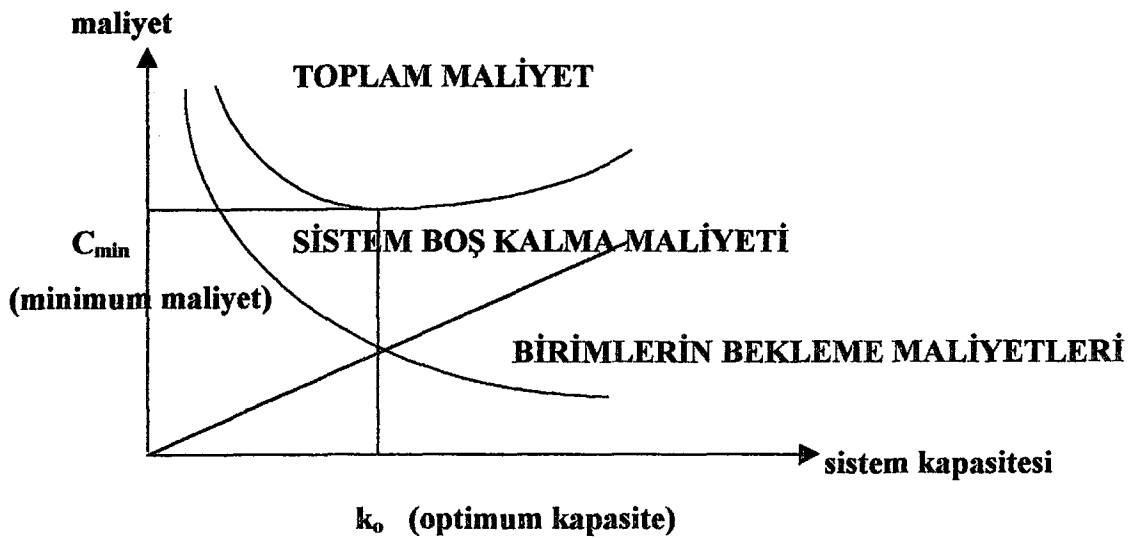
Haydarpaşa limanına gerek denizyolu ile, gerekse karayolu ile gelen ve giden yük trafiğinin dağılımına yada toplam trafiğe bakıldığında, yüklerin limana geliş ve gidişlerinin belirli açık etkenlere bağlı olduğunu ifade etmekte güçlük çekildiği, değişimlerde belirli dalgalanmaların oluştuğu, ancak geliş ve gidişlerde gözlenen rastgeleliğin belirsiz bir karakter gösterdiği açık olarak görülmektedir.

### 3. KONTEYNER DEPOLAMA SAHALARININ OPTİMUM TASARIM MODELİ VE BULGULAR

#### 3.1 Genel Bakış

Bir limanda trafik dalgalanmalarına bağlı olarak rıhtımların, elleçleme ve yük istif makinelerinin, kapalı ve açık depoların, antrepoların, ikmal ve alma tesislerinin boş kalma kayıpları ile trafiğin, kullanıcı ve işletme araçlarının bekleme kayıpları dengeli ve toplamları minimum olmalıdır (Salman, 1980 ; Karayalçın, 1979). Bir limanda anılan sistem ve tesislerin maksimum trafik değerine göre planlanması halinde trafik ve kullanıcılar beklemeyeceklerdir. Buna karşın sistemde boş kalma kayıpları oluşacak, bunun sonucunda da sistemin sabit yatırım ve işletme sermayesinin belirli bir kısmı atılabilir. Bu durum, dalgalanan trafiğin yapısına uygun liman servis sistemlerinin, alt yapı, araç ve tesislerinin, elleçleme postalarının ekonomik, optimum olarak belirlenmesine aracılık eden bir hesaplama tekniği ve trafiği problemini ortaya koyar.

Böyle bir problemin çözümü de, belirli bir periyotda liman servis sistemlerine gelmesi beklenen birimlerin, servis sistemlerinde oluşturduğu kuyruk uzunluğuna bağlı bekleme kayıpları ve servis sistemlerinde yol açtığı kapasite altı boş kalma kayıpları toplamının minimum olması ölçütüne göre yapılması gerekir (Salman, 1980 ; Hillier vd, 1974 ).

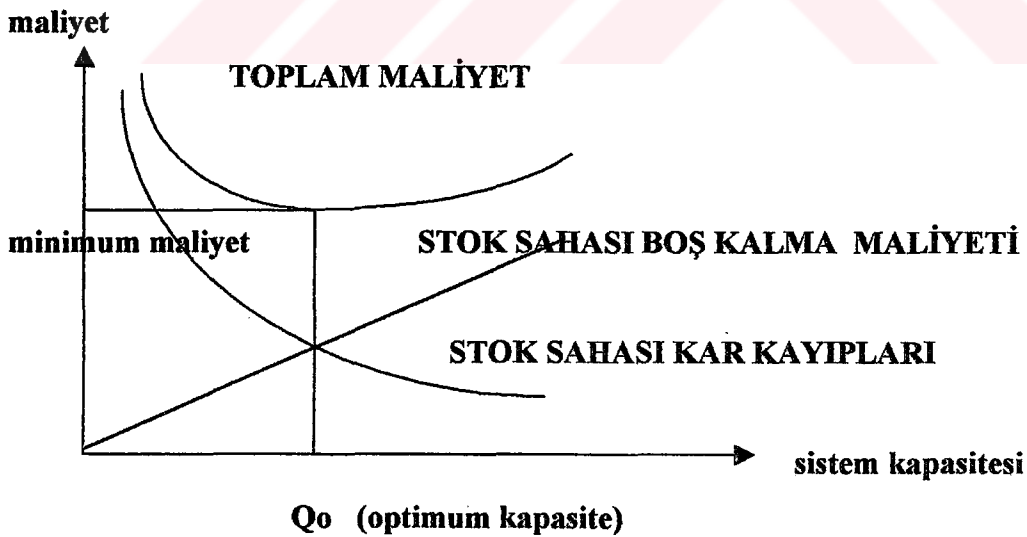


Şekil 3.1 Liman sistemleri kapasite-maliyet fonksiyonu (Özen, 1994)

Şekil 3.1’de görüldüğü gibi, bir limanda alt sistemlerin kapasite artımı ile, alt servis sistemlerinde terminalde ve limanda birimlerin bekleme zamanı ve maliyetlerde azalmalar olurken; sistemin yatırım ve sabit bakım onarım işletme sermayesine bağlı boş kalma maliyetlerinde de artmalar olur. Sistemdeki trafik birimlerinin bekleme ve servis sisteminin boş kalma maliyetleri; belirli bir zaman periyodunda birimlerin servis için geliş aralık olasılık dağılımı ile servis sürelerinin olasılık dağılım fonksiyonları karakterine, yada bir diğer deyişle trafik birimlerinin geliş aralığı dağılımının istatistiksel değerlerine bağlı olarak oluşurlar (Özen, 1994).

Benzer şekilde, bir konteyner terminalinde alt servis sistemlerinden ve en önemlilerinden biri olan konteyner stok sahası için de; sahanın boş kalma kayıpları ile sahanın belirli bir periyotdaki dalgalanmalarda ortaya çıkan taleplere cevap verememesinden dolayı oluşacak kayıplar dengeli ve toplamları da minimum olmalıdır.

Bu durumda ortaya çıkan iki maliyeti; “boş kalma” yada “elde bulundurma maliyeti” ile “kar kaybı” adı altında, bir başka deyişle gerekli stok sahasının elde bulundurulmamasından kaynaklanan “elde bulundurmama” maliyeti olarak tanımlayabileceğimiz maliyetler olarak iki grupta toplayabiliriz.



Şekil 3.2 Konteyner terminali stok sahası kapasite-maliyet fonksiyonu

Şekil 3.2'den de görüleceği üzere alt yapı servis sistemlerinden biri olan konteyner stok sahasının da yük taleplerindeki dalgalanmalar dikkate alınarak maksimum talebe göre boyutlandırılıp inşa edilmesi durumunda alt yapıya harcanan maliyet artacaktır ve sahaya beklenen talebin gerçekleşmemesi durumunda, yapılan yatırımın belirli bir bölümü atıl halde kalacaktır. Bu durumda stok sahasının boş kalmasından dolayı ortaya çıkan maliyetler de artacaktır.

Diğer taraftan sahanın beklenen talebe cevap veremeyecek kapasitede boyutlandırılması da sistemden elde edilecek gelirlerin azalması, bir başka deyişle kar kayıplarının artmasına neden olacaktır.

Bu ilişki içinde terminallerde stoklama sahaslarının boş kalma maliyetleri ile kar kayıpları maliyetleri dengeli ve toplamaları minimum olmalıdır.

### **3.2 Bir Konteyner Terminalinde Depolama Sahasındaki Faaliyetlerde Oluşan Maliyetler**

Bir konteyner terminalinin depolama sahasındaki maliyet bileşenleri; depolama sahasında konteyner yüklerinin bulunması ve depolanacak konteyner yükünün bulunmaması( yada talebin kapasitenin altında kalması) olaylarına bağlı olan iki maliyet bileşeninden oluşur.

Bunlar,

#### **1. Konteyner tutma sahası maliyeti**

Bu maliyeti oluşturan bileşenler sırası ile

- i. Yapım maliyeti, bir başka ifade ile yapıya ait teknik ve ekonomik ömrüne bağlı amortisman ve faiz maliyetleri
- ii. Saha personel, aydınlatma, enerji maliyeti
- iii. Bakım, genel idare, sigorta maliyeti ile işletme maliyeti

dir.

#### **2. Trafik birimi / konteyner bekleme maliyeti**

Bu maliyet aşağıdaki maliyet unsurlarını doğurur.

- i. Konteyner amortisman maliyeti, faiz maliyeti
- ii. Konteyner bakım maliyeti



### iii. Konteyner içindeki yükün sermaye faiz maliyeti

Burada birinci maliyet bileşeni terminal işletmecisinin, ikinci maliyet ise konteynerin üstlendiği maliyettir. Bir konteynere ait toplam maliyet; ikinci bileşen olan bekleme maliyeti ile birinci bileşenin unsurlarından olan ücret/tarife maliyetinin toplamından oluşur.

Bir terminaldeki depolama sahası için ifade edilen bu maliyet bileşenleri iki farklı olayda belireceklerdir.

1) Terminal depolama sahasının beklenen talebe uygun olarak boyutlandırılmaması, kapasitenin üzerinde beliren taleplere bir başka terminal tarafından cevap verilmesi sonucunu ortaya çıkaracaktır. Bu durumda saha yetersizliğinden ötürü depolama sahasına gelmeyen her birim konteyner için maliyet; bir kar kaybı maliyeti olarak belirecektir.

Bir birim konteynere ait toplam maliyeti oluşturan bileşenlerden bekleme maliyeti, konteynerin sahibi olan taşıma firması ile içindeki mal sahibinin üstlendiği maliyetlerdir. Bu maliyet direkt olarak terminal depolama sahasını etkilememektedir. İkinci bileşen olan ücret / tarife maliyeti ise terminali işleten kuruluşu etkileyen maliyettir. Yani bir birim konteyner yükünün depolama sahasına gelmemesi, bir birim için beklenen gelirin elde edilememesine sebep olacaktır. Bu maliyet depolama sahasına ait boş kalma (bekleme) maliyetinin ana unsuru olarak ortaya çıkacaktır.

Genel olarak envanter problemi içinde elde bulundurmama maliyeti olarak bilinen bu maliyet bir konteyner terminali depolama sahası için kar kaybı olarak nitelendirilebilecek maliyetin temelini teşkil etmektedir. Bir birim için elde edilen gelirlerin yaklaşık %15'i kar olarak değerlendirildiğinde ortaya çıkan değer, depolama sahası kar kaybı maliyeti olarak adlandırılabilir.

2) Terminal depolama sahasının hedeflenen talebin üzerinde hizmet verecek şekilde boyutlandırılması durumunda ise atıl bir depo kapasitesi ortaya çıkacaktır.

Kullanılmayan ancak elde bulundurulmuş alan için konteyner tutma alanı maliyeti olarak adlandırılan birinci maliyet bileşeni ortaya çıkacaktır. Yani bir birim konteyner yükü için elde tutulan depolama alanı için

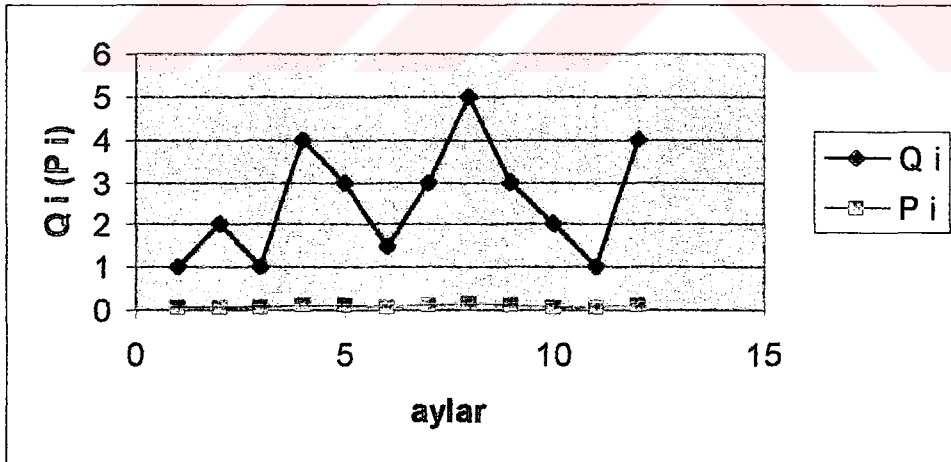
- yapım maliyeti, amortisman ve faiz maliyeti
- saha, personel, aydınlatma, enerji maliyeti
- bakım, genel idare, sigorta maliyeti ile işletme maliyetleri

toplamı bir birim konteyner için zorunlu gider olarak belirecektir.

Stok planlama yönteminde elde bulundurma maliyeti olarak ifade edilen bu maliyet terminal depolama alanı için boş kalma maliyeti olarak adlandırılabilir. Ayrıca bir birim konteyner yükü için beliren yapım, amortisman ve faiz maliyetleri yanında diğer giderlerin ihmal edilebilecek düzeyde olduğu kabul edilerek dikkate alınmayacaktır.

O halde bir konteyner terminali stoklama alanındaki işlemler neticesinde meydana gelen kazanç ve zararları genel olarak bu iki önemli maliyet unsurunun oluşturduğu söylenebilir.

### 3.3 Önerilen Model



Şekil 3.3 Bir konteyner terminalinde belli bir sürede stok sahasına gelen konteyner yüklerindeki dalgalanmalar

Konteyner terminallerinde depolama alanları, terminaldeki trafik akışı içinde çok önemli bir görev üstlenmektedir. Bu trafik akışı içinde stok sahasında belli bir dönem için tutulan konteyner yüklerine ilişkin dalgalanmalar Şekil 3.3'deki gibi olsun.

Şekil 3.3'de

$Q_i =$  i. sürede konteyner terminali depolama sahasında ölçülen konteyner yükünü,

$P_i = Q_i$  konteyner yükünün depolama sahasında bulunma yüzdesi yada olasılığını

ifade etmektedir.

Eğer

$Q_s =$  Belirli bir dönem için terminal depolama alanı hesabına esas olan konteyner yükünü ( TEU / dönem ),

$f_o =$  Birim konteyner yükü için gerekli depolama alanını (  $m^2 / TEU$  ),

$t_o =$  Birim konteyner yükü için tutma süresini,

gösteriyorsa,  $t_o$  bekleme süresi içinde gereken F depolama alanı ( $m^2$  olarak);

$$F = f_o \cdot Q_s \cdot t_o \quad (3.1)$$

olur. Buradan  $Q_s$  çekilirse,

$$Q_s = \frac{F}{f_o \cdot t_o} \quad (3.2)$$

olarak yazılır.

Diğer taraftan terminal maliyeti  $C_{ss}$ , terminal altyapı, yatırım sermayesi, faiz ve amortisman maliyetlerine bağlı olarak USD/dönem cinsinden,

$$C_{ss} = \frac{1}{365} C_{rf} \cdot C \cdot F \quad (3.3)$$

olarak ifade edilir.

Bu ifadede;

C, birim alan için terminal stok (depolama )sahası maliyeti,

$C_{rf}$  ise, terminal tutma sahasının yıllık amortisman ve faiz oranı katsayısını ifade etmektedir, ve

$$C_{rf} = \frac{r.(1+r)^N}{(1+r)^N - 1} \quad (3.4)$$

ifadesi ile hesaplanır. Burada,

$r$  = yıllık faiz oranı

$N$  = proje ömrünü

göstermektedir.

F'in (3.1) deki değeri terminal maliyetini ifade eden (3.3) eşitliğinde yerine konursa,

$$C_{ss} = \frac{1}{365} C_{rf} . C . f_o . Q_s . t_o \quad (3.5)$$

şeklini alır.

Birim konteyner ve ortalama tutma süresi için bu maliyet USD/TEU\*gün cinsinden hesaplanırsa,

$$C_s = \frac{C_{ss}}{Q_s . t_o} \quad (3.6)$$

olur.  $C_{ss}$ 'in (3.5) deki değeri burada yerine yazılırsa

$$C_s = \frac{1}{365} C_{rf} . C . f_o \quad (3.7)$$

bulunur.

Burada,

$C_s$ , birim konteyner \*gün başına USD olarak terminal maliyeti yada boş kalma maliyeti olarak ifade edilir.

Ayrıca  $C_b$ , terminal tutma sahasında birim yük başına terminal kar kaybı maliyeti(USD/TEU)'ni tanımladığı düşünülürse;

Eğer,

$Q_s > Q_i$  olursa, konteyner terminali depolama sahasında boş kalma maliyeti oluşur ve birim gün için toplam boş kalma maliyeti;

$$C_s \cdot \sum_{i=1}^n (Q_s - Q_i) \quad (3.8)$$

ile ifade edilir.

Belirli bir tutma süresi için oluşacak boş kalma maliyeti ise,

$$t_b \cdot C_s \cdot \sum_{i=1}^n (Q_s - Q_i) \quad (3.9)$$

olur.

Eğer,

$Q_i > Q_s$  olur ise, bu kez terminal depolama sahasında kar kaybı meydana gelecektir ve toplam kar kaybı maliyeti,

$$C_b \cdot \sum_{i=1}^n (Q_i - Q_s) \quad (3.10)$$

şeklinde yazılır.

Bu doğrultuda terminal depolama sahasında oluşan maliyetler toplamını ifade eden, amaç fonksiyonu,

$$C(Q_i, Q_s) = C_s \cdot \sum_{i=1}^n (Q_s - Q_i) t_i + C_b \cdot \sum_{i=1}^n (Q_i - Q_s) \quad (3.11)$$

ile ifade edilir.

Burada;

$Q_i$ , herhangi bir  $i$ . zamanda konteyner stok sahasındaki toplam yük değeri (TEU)'dir, o halde toplam konteyner yükü ;

$$\sum_{i=1}^n Q_i = Q$$

olarak tanımlanır. Buna göre  $C_u$  birim maliyet

$$C_u = \frac{C(Q_i - Q_s)}{Q} = C_s \cdot \sum_{i=1}^n \frac{(Q_s - Q_i)}{Q} t_i + C_b \cdot \sum_{i=1}^n \frac{(Q_i - Q_s)}{Q} \quad (3.12)$$

ile ifade edilebilir.

Belirli bir süredeki konteyner yükünün gerçekleşme olasılığı

$$P_s = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{Q_s}{Q} \quad (3.13)$$

stok sahasında  $i$ . zamandaki konteyner yükünün gerçekleşme olasılığı da

$$P_i = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{Q_i}{Q} \quad (3.14)$$

şeklinde tanımlanır. Bu tanımlar (3.12) ifadesinde yerlerine konulursa, birim maliyet fonksiyonu aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$C_u = \frac{C(Q_i, Q_s)}{Q} = C_s \cdot \sum_{i=1}^n (P_s - P_i) \cdot L_i + C_b \cdot \sum_{i=1}^n (P_i - P_s) \quad (3.15)$$

### 3.4 Modelde Kullanılacak Birim Maliyetlerin Belirlenmesi

#### 3.4.1 Bir konteyner terminalinde birim kar kaybı maliyeti ( $C_b$ )

Bir birim yükün terminalde bulunmamasından dolayı oluşan maliyetler, kar kayıpları olarak tarif edilmişti. Bu maliyetleri oluşturan, terminalde verilen hizmetlerin karşılığında elde edilen gelirlerdir. Kar kayıpları ise, elde edilen bu gelirlerin belirli bir yüzdesi olarak tanımlanabilir. Genellikle liman işletmeciliğinde gelirlerin %15' lik bir oranı kar olarak alınmaktadır. Kar kayıplarının hesaplanabilmesi için öncelikle terminal hizmetlerinde gelir getiren hizmetlerin tanımlanması gerekir.

Ancak terminalde verilen hizmetlerin belirlenmesinde; Şekil 1.1'de gösterilen bir konteyner terminalindeki trafik akışı dikkate alınarak hazırlanan Şekil 3.4'deki trafik akış şeması göz önünde bulundurulacaktır.





### **Şifting hizmetleri**

Bir gemideki boş ve dolu konteynerlerin bu geminin aynı ve diğer bir ambarı ile güverteleri arasında gemiden indirilmeksizin yerlerinin değiştirilmesi hizmetleridir.

### **Limbo hizmetleri**

İki geminin birbirine yanaşarak (rampa yaparak) karşılıklı güverte veya ambarları arasında dolu ve boş konteynerlerin bir gemiden boşaltılması ve diğer bir gemiye yükletilmesi hizmetleridir.

#### **3.4.1.2 Terminal hizmetleri**

**Tarife kapsamı:** İşletmece terminal alanı ve CFS istasyonunda dolu ve boş konteynerlere verilen hizmetleri kapsar.

#### **Hizmetin tanımı:**

1. Gemiye yükletilmek üzere terminale alınan dolu ve boş konteynerlerin kara vasıtasından boşaltılması, taşınması ve istif edilmesi,
2. Gemiden boşaltılan dolu ve boş konteynerlerin sahip ve taşıyıcılarına teslim edilmek üzere rıhtım, iskele, ambar yerleri, konteyner yük istasyonu, konteyner stok sahasından taşınması, kara ve deniz aracına yüklenmesi,
3. Kara taşıtlarıyla gelen dolu ve boş konteynerlerin araçtan boşaltılması, rıhtım, iskele, ambarlama yerleri, konteyner yük istasyonu ve konteyner stok sahasına taşınması ve istifi mukabili,
4. Terminalde buluna dolu ve boş konteynerlerin iş sahibinin isteği üzerine yerlerinin değiştirilmesi için taşınması ve istifi,
5. Dolu konteynerlerin içinin boşaltılması ve boş konteynerin içinin doldurulması,
6. Kara vasıtasındaki konteynerin doğrudan diğer bir kara vasıtasına istif edilmesi hizmetleridir.

### 3.4.1.3 Ardiye hizmetleri

**Tarife kapsamı:** İşletmece terminal alanı ve konteyner yük istasyonunda dolu ve boş konteynerlere verilen ardiye hizmetlerini kapsar.

**Hizmetin tanımı:**

Terminal alanı ve konteyner yük istasyonuna alınan dolu ve boş konteynerlerin sahip ve taşıyıcıları tarafından teslim alınmasına veya gemi ile gidecek dolu ve boş konteynerlerin gemiye yüklenmesine veya tasfiye vs. şekillerde buralardan çıkarılmasına kadar işletmenin sorumluluğu altında muhafaza edilmesi hizmetini ifade eder.

### 3.4.1.4 Romorkaj hizmetleri

**Tarife kapsamı:** Gemilerin limana giriş ve çıkışlarında veya rıhtım ve iskelelere yanaşma ve ayrılmalarında, buraları terketmelerinde ve buralarda herhangi bir nedenle yer değiştirmelerinde (şiftingde) verilen hizmetleri kapsar.

**Hizmetin tanımı:**

1. Römorkaj hizmeti: kapsamda belirtilen yerlerde gemilere verilen römorkaj hizmetini,
  2. Kapsamda belirtilen yerlerde gemilere verilen morinbot hizmetini,
- kapsar.

### 3.4.1.5 Birim kar kaybı için Haydarpaşa limanı örneği

Tarifleri yapılan hizmetlerden bir konteyner terminal sahasındaki faaliyetleri etkileyen;

- a. Yükleme boşaltma hizmetlerine
- b. Terminal hizmetlerine
- c. Ardiye hizmetlerine
- d. Romörkaj hizmetlerine

ait ücret tarifesi dikkate alınarak birim kar kaybı maliyeti belirlenecektir.

Haydarpaşa limanı için yapılacak hesaplamalarda 1997 yılında yayınlanan ve halen yürürlükteki fiyat tarifesinde Haydarpaşa limanı için öngörülen veriler kullanılacaktır.

### Yükleme boşaltma hizmetleri birim kar kaybı ( $C_{bi}$ )

Çizelge 3.1 Yükleme boşaltma hizmetleri fiyat tarifesi (TCDD, 1997)

Konteyner cinsi	Yükleme(USD/ADET)	Boşaltma(USD/ADET)
Dolu konteyner	85	85
Boş konteyner	40	40

#### Kabuller:

Haydarpaşa Liman İşletme Müdürlüğü verilerine göre;

1. Yaklaşık olarak terminaldeki toplam konteynerin %80'i nin dolu, %20'si nin boş olduğu,
2. Ücret tarifesinde 20' , 40' ayrımı yapılmaksızın birim, adet olarak verildiğinden 1adet konteyner =1 TEU olduğu,

kabul edilmiştir.

Bu durumda ve Çizelge 3.1' e göre TEU başına yükleme ve boşaltma ücreti karşılığı elde edilen kar kaybı,

$$C_{bi} = (\text{dolu konteyner yüzdesi} \times \text{birim yükleme ve boşaltma bedeli} + \text{boş konteyner yüzdesi} \times \text{birim yükleme, boşaltma bedeli}) \times \text{kar yüzdesi}$$

olarak ifade edilir ve,

$$C_{bi} = (0.80 \times 85 + 0.20 \times 40) \times 0.15 = 11.4 \text{ USD/ADET}$$

$$C_{bi} = 11.4 \text{ USD/TEU}$$

olur.

## Terminal hizmetleri birim kar kaybı ( $C_{b2}$ )

### 1. Liman içinde doldurulan veya boşaltılan konteynerler

Çizelge 3.2 Liman içinde doldurulan ve boşaltılan konteynerler için fiyat tarifesi (TCDD, 1997)

Konteynerin cinsi ve boyutu	Doldurma veya boşaltma	20'	60 USD/ADET
		40'	110 USD/ADET

#### Kabuller:

Haydarpaşa Liman İşletme Müdürlüğü verilerine göre:

1. Doldurma ve boşaltma hizmetinin terminal sahasında mevcut konteynerlerin yaklaşık %1'ne verildiği,
2. Stok sahasındaki konteynerler toplamı içinde 40' ve 20' lik konteyner oranlarının sıra ile % 45 ve % 55 olduğu,
3. Bu ücretin soğuk hava tertibatlı konteynerler için farklı olduğu belirlenmiştir. Ancak bu tip konteynerler, toplam miktar içinde çok küçük bir oranı teşkil ettiğinden ihmal edilmiştir.

Bu durumda ve Çizelge 3.2'ye göre TEU başına birim kar kaybı;

$$C_{b21} = [(20' \text{ lik konteyner yüzdesi} \times \text{doldurma veya boşaltma bedeli} + 40' \text{ lik konteyner yüzdesi} \times \text{doldurma veya boşaltma bedeli}) \times \text{hizmet verilen konteyner yüzdesi}] \times \text{kar yüzdesi}$$

olarak ifade edilir ve,

$$C_{b21} = [(0.55 \times 60 + 0.45 \times 110) \times 0.01] \times 0.15$$

$$C_{b21} = 0.13 \text{ USD/ADET}$$

$$C_{b21} = [(33 + 1/2 \times 49.50) \times 0.01] \times 0.15 = 0.09 \text{ USD/TEU}$$

olur.

## 2. Manipülasyon hizmeti verilen konteynerler

Çizelge 3.3 Manipülasyon hizmeti verilen konteynerler için fiyat tarifesi (TCDD, 1997)

Hizmetin çeşidi	USD/ADET
Muayene hizmeti	10
Numune alınması hizmeti	6
Kiralanan muşambanın örtülmesi	10
Konteyner sağlamlaştırma hizmeti	20

### Kabuller:

Haydarpaşa Liman İşletme Müdürlüğü verilerine göre;

1. Bu ücretin, hizmetin verip verilmemesine bakılmaksızın sabit ücret olarak tüm konteynerlerden alındığı belirlenmiştir.

Bu durumda ve Çizelge 3.3'e göre TEU başına birim kar kaybı;

$$C_{b22} = (\text{hizmet bedelleri toplamı}) \times \text{kar yüzdesi}$$

olarak ifade edilir ve,

$$C_{b22} = [10+6+10+20] \times 0.15 = 6.9 \text{ USD/ADET}$$

$$C_{b22} = 6.9 \text{ USD/ADET}$$

veya

$$C_{b22} = 6.9 \text{ USD/TEU}$$

olur.

## 3. Tartılan konteynerler

Çizelge 3.4 Tartılan konteynerler için fiyat tarifesi (TCDD, 1997)

Hizmetin çeşidi	USD/ADET
Teslim alma veya teslim etme esnasında tartılan konteyner(a)	5
Teslim alma ve teslim etme dışında tartılan konteyner(b)	15

**Kabuller:**

Haydarpaşa Liman İşletme Müdürlüğü verilerine göre;

1. Terminal stok sahasında bulunan konteynerlerin %2 sine bu hizmetin verildiği, bununda %90'ını (a), %10'unu da (b) de belirtilen konteynerlerin teşkil ettiği kabul edilmiştir.

Bu durumda ve Çizelge 3.4'e göre TEU başına birim kar kaybı;

$$C_{b23} = \{[(a)'daki\ hizmet\ alan\ konteyner\ yüzdesi \times hizmetin\ bedeli + (b)'deki\ hizmet\ alan\ konteyner\ yüzdesi \times hizmetin\ bedeli] \times terminalde\ bu\ hizmeti\ alan\ konteyner\ yüzdesi\} \times kar\ yüzdesi$$

olarak ifade edilir ve,

$$C_{b23} = [(0.90 \times 5 + 0.10 \times 15) \times 0.02] \times 0.15 = 0.02 \text{ USD/ADET}$$

$$C_{b23} = 0.02 \text{ USD/TEU}$$

bulunur.

**4. Atıkları alınan, yıkanan ve kurutulan konteynerler**

Çizelge 3.5 Atıkları alınan , yıkanan ve kurutulan konteynerler için fiyat tarifesi (TCDD, 1997)

Hizmetin çeşidi	Konteyner boyutu	USD/adet
Atıkların alınması	20'	5
	40'	10
Yıkama ve kurutma	20'	60
	40'	120

**Kabuller:**

Haydarpaşa Liman İşletme Müdürlüğü verilerine göre;

1. Terminal stok sahasında mevcut konteynerlerin %55'inin 20' lik , %45' inin ise 40' lik konteyner olduğu,

2. Bu ücretin hizmetin verilip verilmemesine bakılmaksızın sabit ücret olarak tüm konteynerlerden alındığı belirlenmiştir.

Bu durumda ve Çizelge 3.5'e göre, birim kar kaybı ;

$$C_{b24} = [20' \text{ lik konteyner yüzdesi} \times \text{hizmet bedelleri toplamı} + 40' \text{ lik konteyner yüzdesi} \times \text{hizmet bedelleri toplamı}] \times \text{kar yüzdesi}$$

olarak ifade edilir ve,

$$C_{b24} = [0.55 \times (5+60) + 0.45 \times (10+120)] \times 0.15$$

$$C_{b24} = 14.14 \text{ USD/ADET}$$

veya

$$C_{b24} = \{0.55 \times (5+60) + [0.45 \times (10+120)/2]\} \times 0.15$$

$$C_{b24} = 9.75 \text{ USD/TEU}$$

olarak bulunur.

#### 5. Gemi ile gelip kara ve deniz yoluyla gidecek olan veya mukabili, dolu ve boş konteynerler

Çizelge 3.6 Gemi ile gelip kara ve denizyolu ile gidecek olan veya mukabili, dolu ve boş konteynerler için fiyat tarifesi (TCDD, 1997)

Konteyner cinsi	Hizmetin çeşidi	USD/ADET
		Dolu
	Boş	20

#### Kabuller:

1. Terminal stok sahasında bulunan konteynerlerin %80'inin dolu, %20'sinin ise boş olduğu,
2. Hizmetin verilmesinde konteyner boyutu ayrımı yapılmadığından 1 adet konteyner =1 TEU olduğu,

kabul edilmiştir.

Bu durumda ve Çizelge 3.6'ya göre birim kar kaybı;

$$C_{b25} = (\text{dolu konteyner yüzdesi} \times \text{hizmet bedeli} + \text{boş konteyner yüzdesi} \times \text{hizmet bedeli}) \times \text{kar yüzdesi}$$

olarak ifade edilir ve,

$$C_{b25} = [0.80 \times 35 + 0.20 \times 20] \times 0.15$$

$$C_{b25} = 4.8 \text{ USD/ADET}$$

veya

$$C_{b25} = 4.8 \text{ USD/TEU}$$

bulunur.

**6. Gemiye yükletilmek üzere terminale alınan dolu ve boş konteynerin kara vasıtasından boşaltılması , taşıma ve istifi**

**ile**

**7. Kara taşıtlarıyla gelen dolu ve boş konteynerlerin vasıttan boşaltılması, rıhtım,iskele,ambarlama yerleri, konteyner yük istasyonu ve stok sahasına taşınması ve istifi mukabili**

**Kabuller:**

1. Konteyner terminal sahasına giren konteynerlerin %30'una Bölüm 3.4.1.6, madde 6 daki , %70' ine ise madde 7' deki hizmetin verildiği,
2. Terminal stok sahasında bulunan konteynerlerin %80'inin dolu , %20'sinin ise boş olduğu,

kabul edilmiştir.

Bu durumda birim kar kaybı;

$$C_{b26,7} = [\text{tarif edilen hizmeti alan konteyner yüzdesi} \times (\text{dolu konteyner yüzdesi} \times \text{hizmetin bedeli} + \text{boş konteyner yüzdesi} \times \text{hizmetin bedeli})] \times \text{kar yüzdesi}$$

olarak ifade edilir ve,

$$C_{b26} = [0.30 \times (0.80 \times 35 + 0.20 \times 20)] \times 0.15$$

$$C_{b26} = 1.44 \text{ USD/ADET}$$

veya

$$C_{b26} = 1.44 \text{ USD/TEU}$$

$$C_{b27} = [0.70 \times (0.80 \times 35 + 0.20 \times 20)] \times 0.15$$

$$C_{b27} = 3.36 \text{ USD/ADET}$$



veya

$$C_{b27} = 3.36 \text{ USD/TEU}$$

dir.

Buradan terminal hizmetleri toplam birim kar kaybı:

$$C_{b2} = C_{b21} + C_{b22} + C_{b23} + C_{b24} + C_{b25} + C_{b26} + C_{b27}$$

$$C_{b2} = 0.09 + 6.9 + 0.02 + 9.75 + 4.8 + 1.44 + 3.36$$

$$C_{b2} = 26.36 \text{ USD/TEU}$$

olarak belirlenir.

### Ardiye hizmetleri birim kar kaybı ( $C_{b3}$ )

Çizelge 3.7 Ardiye hizmetleri fiyat tarifesi (TCDD, 1997)

Hizmetin çeşidi	Konteyner boyutu	Konteyner(USD/adet-gün)	
		10 güne kadar	11 gün ve sonrası
Dolu	20'	10	18
	40'	18	35
Boş	20'	10	10
	40'	18	18

### Kabuller:

Haydarpaşa Liman İşletme Müdürlüğü verilerine göre;

1. Terminaldeki toplam konteynerin yaklaşık olarak %80'inin dolu, %20'sinin boş olduğu,
2. Stok sahasındaki mevcut konteynerler içinde 40' ve 20' lik konteynerlerin bulunma oranlarının %45 ve %55 olduğu,
3. Terminal stok sahasındaki konteynerler için tutma(bekleme) süresinin yaklaşık olarak ortalama 12 gün olduğu,

kabul edilmiştir.

Bu durumda 12 günlük bekleme süresine karşılık gelen ortalama ardiye ücretleri; Çizelge 3.7 dikkate alınarak Çizelge 3.8' deki gibi belirlenir.

Çizelge 3.8 Ortalama tutma süresi için ardiye hizmeti fiyatları

Hizmetin Türü	Konteyner boyutu	USD/ADET-GÜN
Dolu	20'	$(10 \times 10 + 18 \times 2) / 12 = 11$
	40'	$(18 \times 10 + 2 \times 35) / 12 = 21$
Boş	20'	$(10 \times 10 + 2 \times 10) / 12 = 10$
	40'	$(18 \times 10 + 2 \times 18) / 12 = 18$

Bu durumda ve Çizelge 3.8'e göre birim kar kaybı;

$$C_{b3} = [20' \text{ lik konteyner yüzdesi} \times (\text{dolu konteyner yüzdesi} \times \text{hizmet bedeli} + \text{boş konteyner yüzdesi} \times \text{hizmet bedeli}) + 40' \text{ lik konteyner yüzdesi} \times (\text{dolu konteyner yüzdesi} \times \text{hizmet bedeli} + \text{boş konteyner yüzdesi} \times \text{hizmet bedeli})] \times \text{kar yüzdesi}$$

olarak ifade edilir ve,

$$C_{b3} = \{0,55 \times (0,80 \times 11 + 0,20 \times 10) + [0,45 \times (0,80 \times 21 + 0,20 \times 18)]\} \times 0,15$$

$$C_{b3} = 2.12 \text{ USD/adet-gün}$$

veya

$$C_{b3} = \{0,55 \times (0,80 \times 11 + 0,20 \times 10) + [0,45 \times (0,80 \times 21 + 0,20 \times 18) / 2]\} \times 0,15$$

$$C_{b3} = 1.43 \text{ USD/TEU-gün}$$

olarak bulunur.

#### Römorkör hizmetleri birim kar kaybı ( $C_{b4}$ )

Dünyada konteyner taşımacılığında kullanılan gemiler;

- 1800-4200 TEU kapasiteli 3. 4.ve 5. jenerasyon gemiler
- 75-1800 TEU kapasiteli 2. ve 3. jenerasyon gemiler
- 150-500 TEU kapasiteli besleme gemileri

olarak gruplandırılabilir (Frankel, 1987).

Bunlardan 1. grupta verilen konteyner gemileri için draftları dikkate alındığında Haydarpaşa limanında uygun yanaşma yeri bulunmamaktadır.

**Kabuller;**

1. İkinci ve üçüncü grupta belirtilen maksimum 1800 TEU konteyner kapasiteli gemilerin Haydarpaşa limanından yararlandığı ,
2. Her gemi için 2 adet römorkör ile hizmeti verildiği,
3. Bir adet römorkör için 2755 USD ücret tarifesi uygulandığı (TCDD, 1995)

kabul edilerek

2 adet römorkör için bedel;

$$2 \times 2755 = 5510 \text{ USD/GEMİ}$$

1800 TEU kapasiteli gemiler için birim TEU başına birim kar kaybı;

$$C_{b4} = (5510/1800) \times 0.15$$

$$C_{b4} = 0.45 \text{ USD/TEU}$$

olarak bulunur.

Terminal birim kar kaybı ise

$$C_b = C_{b1} + C_{b2} + C_{b3} + C_{b4}$$

$$C_b = 11.4 + 26.36 + 1.43 + 0.15$$

$$C_b = 39.64 \text{ USD/TEU}$$

olarak belirlenir.

### 3.4.2 Konteyner terminali boş kalma birim maliyeti

Terminal stok sahası boş kalma birim maliyetinin elde bulundurma maliyeti ile özdeş kabul edilerek aşağıdaki şekilde ifade edebileceği Bölüm 3.2 de belirtilmişti. Buna göre boş kalma birim maliyeti;

$$C_s = \frac{C_{rf} \cdot C \cdot f}{365} \quad (3.16)$$

olarak ifade edilmiştir. Burada;

$C_{rf}$  = 1 yıllık amortisman ve faiz oranını,

$f$  = birim TEU başına gerekli alanını,

$C$  = Birim alan için terminal stok(tutma) sahası maliyetini

ifade etmektedir.

### 3.4.2.1 Amortisman ve faiz oranı

Depolama sahası amortisman ve faiz oranı aşağıdaki ifade ile belirlenebilir.

$$C_{f} = \frac{r \cdot (1+r)^N}{(1+r)^N - 1} \quad (3.17)$$

Burada;

r = yıllık faiz oranı ve

N = proje ömrünü

ifade etmektedir. r, USD birim cinsinden %12 ve N, 20 yıl kabul edilerek alındığında, amortisman oranı;

$$C_{f} = \frac{0.12(1+0.12)^{20}}{(1+0.12)^{20} - 1}$$

ve

$$C_{f} = 0.1339$$

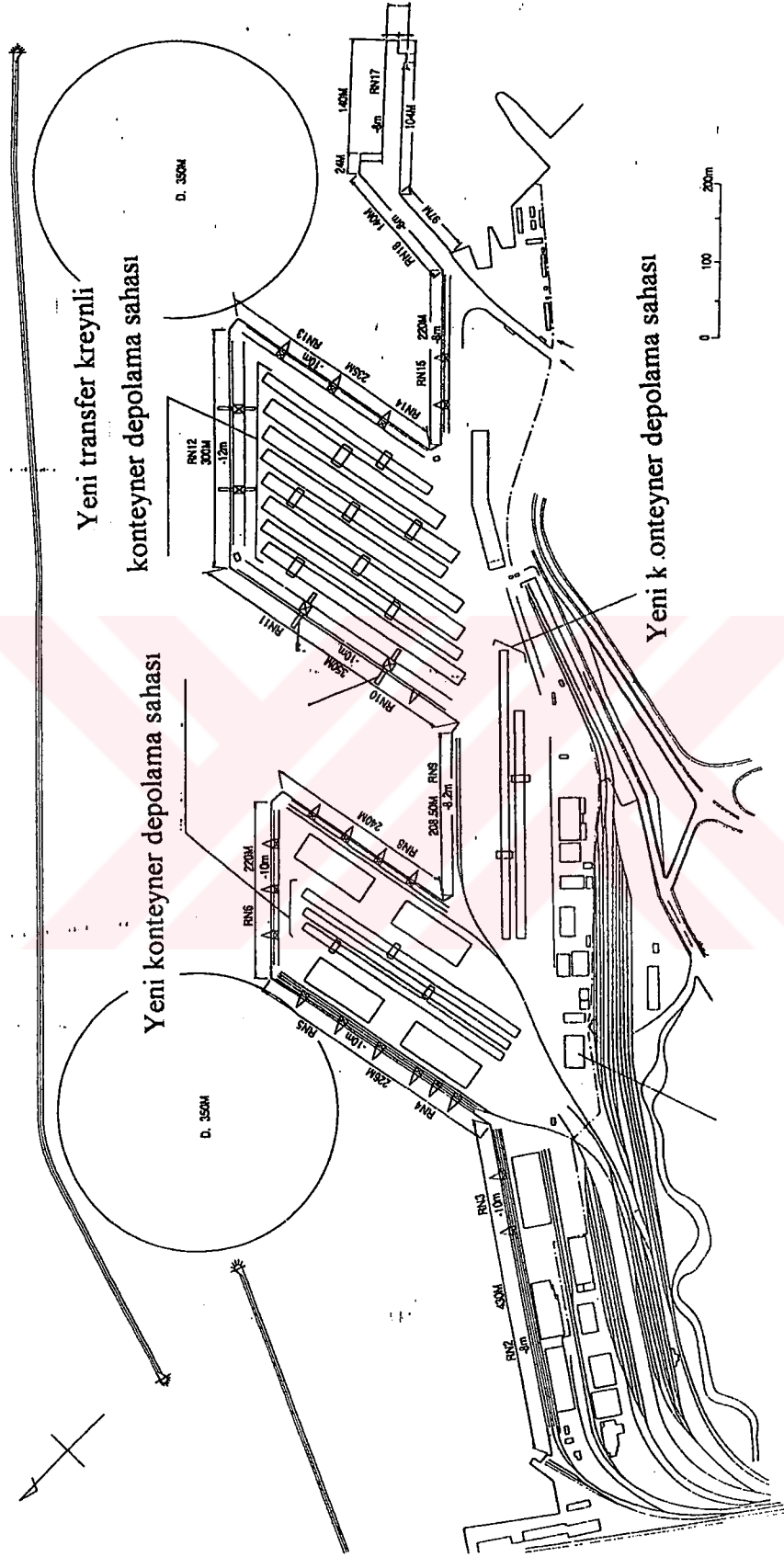
olarak bulunur.

### 3.4.2.2 Konteyner terminali inşaat maliyeti

#### 3.4.2.2.1 Haydarpaşa limanı örneği

Bu çalışmada Haydarpaşa konteyner terminaline ait veriler kullanılacağından inşaat maliyetinin belirlenmesinde, bu limandaki konteyner terminalinin yapımı sırasındaki inşaat maliyetlerinden yararlanılacaktır.

Haydarpaşa limanına ait genel konum planı Şekil 3.5'de gösterilmiştir. Bu plandan anlaşılacağı üzere yeni konteyner terminali yaklaşık 350\*300 m boyutlarında bir alan üzerinde teşkil ettirilmiştir. Terminal üzerinde konteyner depolama alanları belirtilmiştir.



Şekil 3.5 Haydarpaşa limanı konteyner terminali (JICA, OCDDI, 1996)



Şekil 3.6 ve Şekil 3.7’de gösterildiği gibi terminalin iki yan cephesi –10.00 m derinlikli beton bloklü rıhtım, ön cephesi de –12.00 m. derinlikli beton bloklü rıhtım ile teşkil ettirilerek inşa edilmiştir.

Sistemin inşa maliyet hesapları için inşaat tarihinde Bayındırlık Bakanlığına bağlı olan ve şimdi Ulaştırma Bakanlığı bünyesinde hizmet veren Demiryollar, Limanlar ve Hava Meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğüne (DLH) inşa ettirilen “Haydarpaşa Limanına Yeni Bir Mol İlavesi ve II. Feri İskelesi İnşaatı” işine ait kesin hesap raporlarından yararlanılmıştır. Bu raporlarda kullanılan birim fiyat tarifleri ve eki birim fiyat listelerine uygun bir şekilde düzenlenmiştir.

Haydarpaşa limanı konteyner terminalinin inşası sırasındaki iş kalemleri aşağıdaki şekilde gruplandırılmışlardır.

1. Ana dalgakıran inşaatı,
2. Rıhtım inşaatları,
3. Tahkimat, dolgu ve saha kaplama işleri,
4. Drenaj işleri,
5. Yol tahkimatı ve yükleme rıhtımı,
6. Sivriada taş ocağı için inşa edilen barınak,
6. Terminal geri saha dolgu işleri,

Bu işler için yapılan harcamalar Çizelge 3.9’da gerek inşaatın sözleşme yılı (1978) fiyatları ve gerekse 1998 yılı fiyatlarına dönüştürülerek ayrıntılı olarak verilmiştir.

1998 yılı birim fiyatları ile maliyeti 3 354 390 267 000 TL olarak bulunan terminal maliyeti 1998 yılı başlangıcındaki döviz kuru 200 000 TL olarak alındığında yaklaşık olarak 12 milyon USD olarak bulunmuştur.

Terminal sahası 300\*(350-295)m boyutlarındadır. Yaklaşık olarak 96.750 m<sup>2</sup> olarak bir sahaya tekabül etmektedir.

Bu durumda terminal sahasının 1 m<sup>2</sup> 'sinin maliyeti yaklaşık olarak;

$$C = 12\ 000\ 000 / 96\ 750$$

$$C = 124\ \text{USD}$$

olarak bulunur.

Çizelge 3.9 Haydarpaşa limanı konteyner molü inşaat maliyetleri (DLH, 1990)

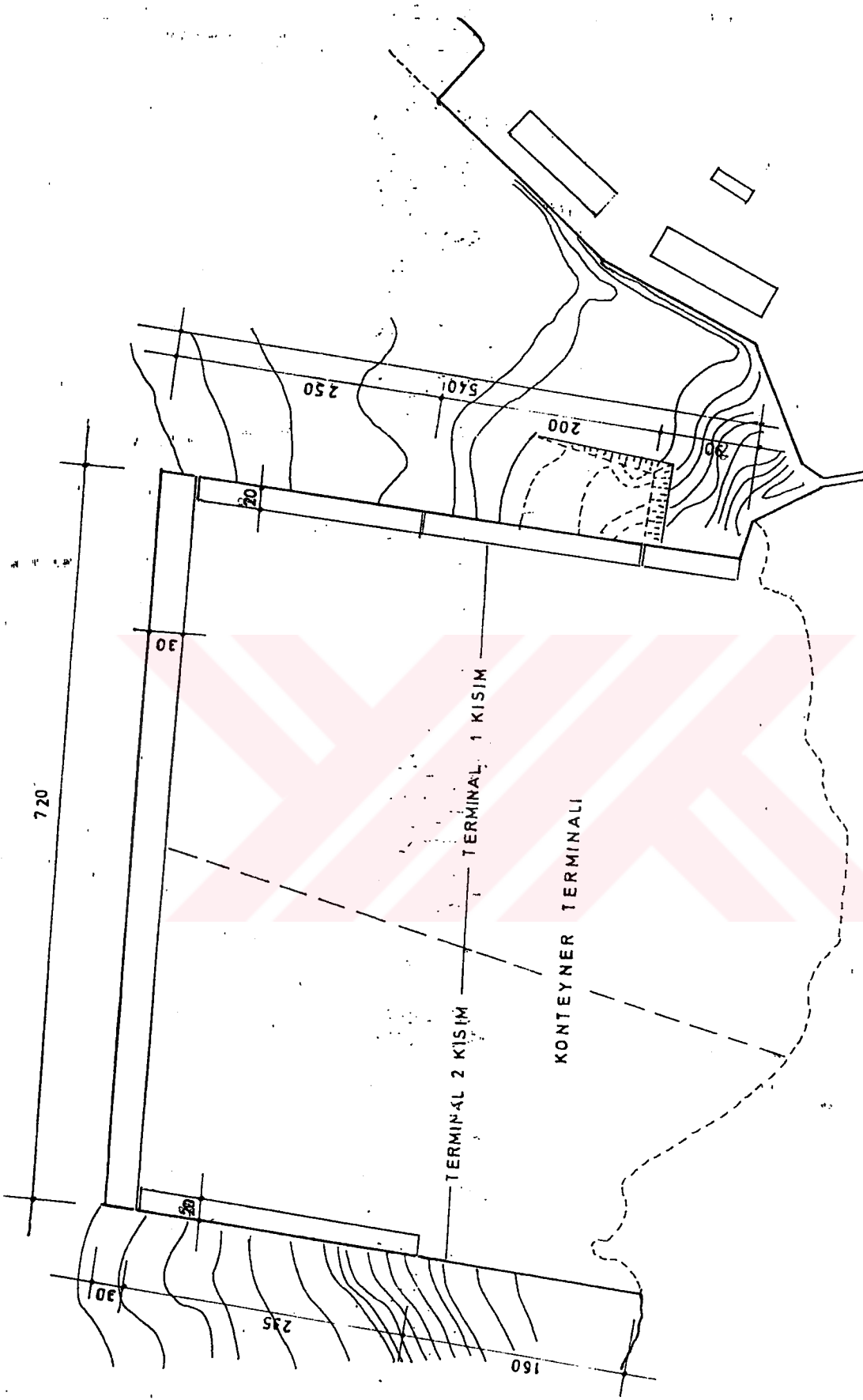
İş kalemleri	1978 yılı birim fiyatları ile tutar(TL)	Eskalasyon katsayısı	1998 yılı birim fiyatları ile tutar(TL)	USD olarak tutar
Bölüm 1	77 274 404	7362,43	5,68927E+11	2,84E+6
Bölüm 2	158 664 120	7362,43	1,16815E+12	5,084E+6
Bölüm 3	41 176 930	7362,43	3,03162E+11	1,52E+6
Bölüm 4	2 991 720	7362,43	22026329080	0,110E+6
Bölüm 5	1 090 355	7362,43	8027662363	0,0401E+6
Bölüm 6	22 576 169	7362,43	1,66215E+11	0,831E+6
Bölüm 7	16 010 703	7362,43	1,17878E+11	0,589E+6
<b>Toplam</b>	<b>319.784.401</b>		<b>2,354390267E+12</b>	<b>11,7701E+6</b>

### 3.4.2.2.2 Derince limanı örneği

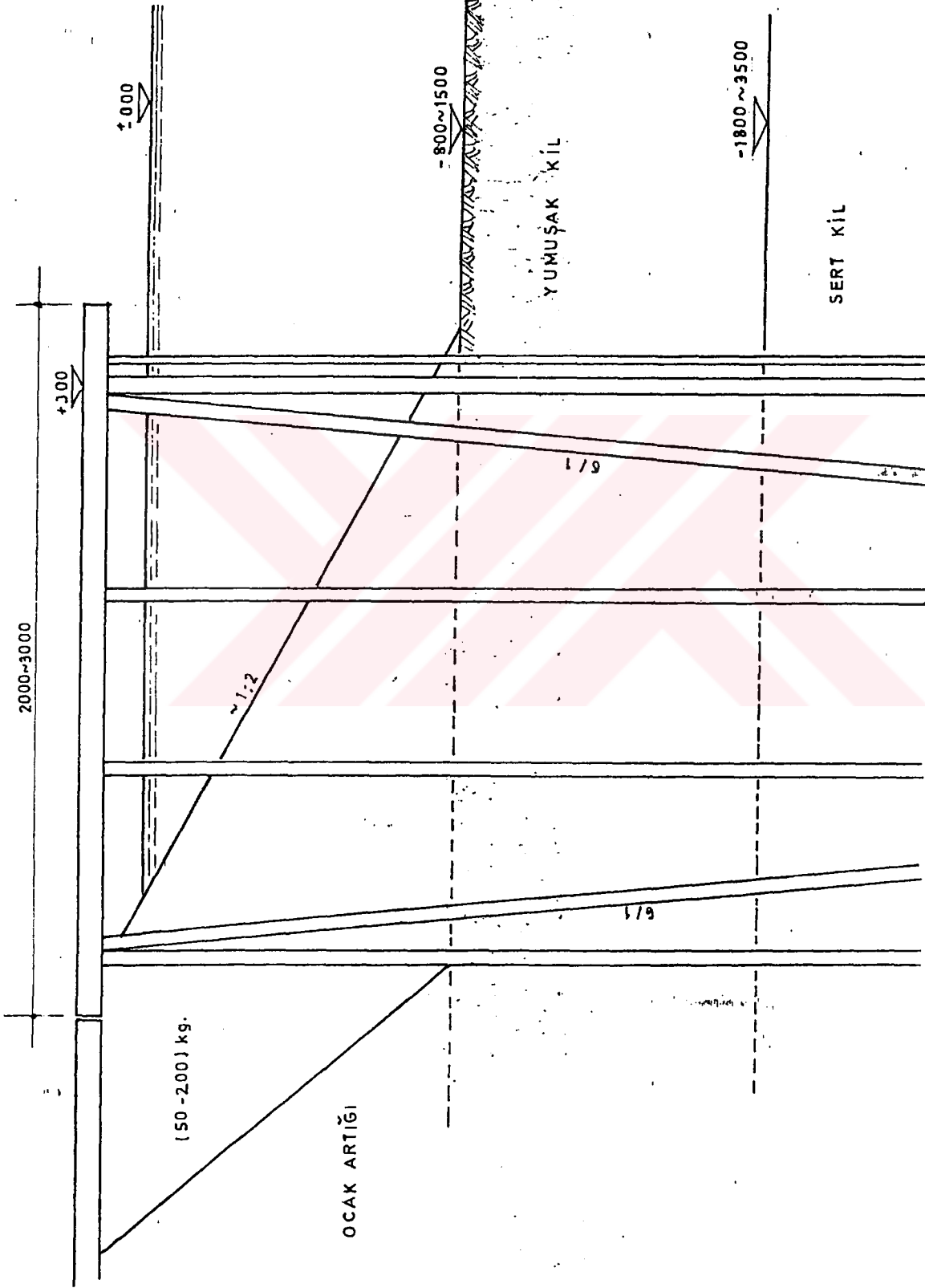
Derince limanı konteyner terminali inşaat maliyetleri için yapılacak birim inşaat maliyeti tahmini için 1995 yılında DLH genel Müdürlüğünce yaptırılan Derince limanı konteyner terminali fizibilite etüdü çalışmasından yararlanılacaktır.

Terminal Şekil 3.8'den görüleceği üzere yan cepheleri 540 m. ve 485 m., ön cephesi de 720 m uzunluğunda denizden doldurulmak suretiyle oluşturulmuş bir alan üzerinde planlanmıştır. Terminal dolgu alanın çelik Larsen palpları ile çevrelenmiş ve bu yapı önünde yanlarda 20 m ön cephede 30 m genişliğindeki çelik kazıklı iskele şeklindeki rıhtım yapısı oluşturulmuştur.





Şekil 3.8 Derince limanı konteyner terminali(DLH, 1995)



Şekil 3.9 Derince limanı konteyner terminali rıhtım yapısı (İTÜ, 1995)

Rıhtım imalatları ve terminal sahası inşaatı için tahmin edilen harcama tutarı Çizelge 3.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.10 Derince limanı konteyner terminali inşaat maliyeti (Avcı, Özen, Süttaş, İncecik, Güler, 1995)

Rıhtım inşaatları	Deniz dolgusu zemin ıslahı ve saha düzenlemesi	Geri saha düzenlemesi	Nakliyeler	Alt yapı	Toplam (USD)
49 495 799	13 753 659	2 000 000	15 783 863	3 000 000	84 033 321

Terminal alanı yaklaşık olarak 369 000 m<sup>2</sup> olduğuna göre birim alan maliyeti;

$$C = 84\,033\,321 / 369\,000$$

$$C = 228 \text{ USD}$$

olarak bulunur.

#### 3.4.2.3 Haydarpaşa ve Derince limanları konteyner terminali depolama sahası boş kalma birim maliyetleri

Terminal birim boş kalma maliyeti ifadesi Bölüm 3.3 de (3.7) nolu eşitlikle ifade edilmiştir

Terminalde depolanan konteynerler için 20' lik konteyner esas alınır; bir konteynerin sahada işgal ettiği alan

$$f = 6.10 \times 2.40 = 14.88 \text{ m}^2$$

dir.

Terminal sahasında istif yüksekliğinin maksimum 4 sıra olduğu ve terminal sahasının tam kapasite ile dolu olduğu kabul edilerek; 1 TEU için gerekli alan(yollar, ray hatları, apron, vb alanlar hariç)

$$f = 14,88 / 4 = 3,72 \text{ m}^2$$

dir.

Birim boş kalma maliyeti ifadesindeki değerler yerlerine konularlarsa,

Haydarpaşa limanı için;

$$C_s = \frac{0.1339 \times 3.72 \times 124}{365}$$

$$C_s = 0,169 \text{ USD/gün .TEU}$$

Derince terminali için;

$$C_s = \frac{0.1339 \times 3.72 \times 228}{365}$$

$$C_s = 0,311 \text{ USD/gün . TEU}$$

olarak hesaplanır.

#### 3.4.2.4 Terminallerin inşasındaki sistem farklılığının maliyet üzerindeki etkisi

Haydarpaşa limanı konteyner terminali deniz tabanı derinliği yaklaşık 2.6-8.5 m arasında değişen bir alan üzerine oturtulmuştur, ve bu alanı çevreleyen rıhtımlar beton bloklulu rıhtım olarak inşa edilmişlerdir. Ayrıca, Haydarpaşa limanı konteyner terminali sahasının teşkil edildiği bölgede deniz tabanındaki zemin şartları oldukça iyi durumdadır ve maliyeti arttıracak nitelikte bir olumsuzluk taşımamaktadır.

Ancak terminalin sağlıklı bir şekilde hizmet verebilmesi için mevcut Haydarpaşa dalgakıranı SW yönünden gelen dalgalardan terminali koruyacak şekilde uzatılmıştır. Bu nedenle dalgakıranın inşa maliyetleri de terminal maliyetini önemli ölçüde etkilemiştir.

Terminal inşaatı devam ederken ihtiyaç duyulan dolgu malzemesinin büyük bir bölümü Sivri adadan, geri kalan malzeme ise kum dolgu olarak denizden basılarak temin edilmiştir.

Buna karşın Derince limanı konteyner terminali bulunduğu konum itibari ile doğal korunmuş bir liman olarak nitelendirilebilir. Bu durum terminalin sağlıklı bir şekilde

hizmet verebilmesi için dalgakıran vb. bir deniz yapısı gerektirmemektedir. Ancak denizde 1.00 – 16.00 m derinlikte değişen bir bölge üzerinde planlanmıştır. Zemin şartları oldukça elverişsizdir. İnşa alanına rastlayan deniz zemin tabanında yer yer 20 m. ye varan kalınlıkta bir balçık tabakası mevcuttur (Temel Araştırma, 1994).

Böylesine kötü zemin şartlarından kaynaklanan olumsuzlukları gidermek için inşa sistemi de değişik seçilmiştir. Gerek çevresel etki ve gerekse zemin iyileştirilmesi hususları dikkate alınarak dolgunun çelik palplanşlar ile perdelenerek muhafaza altına alınması planlanmıştır. Terminalin her iki yan cephesi 20 m. genişliğinde, ön cephesi ise 30 m. genişliğinde kazıklı iskele şeklinde oluşturulmuş bir rıhtım yapısı ile çevrelenmiştir. Yaklaşık 4,5 milyon m<sup>3</sup> malzemenin kara ve deniz yolu kullanılarak Yeniköy malzeme ocaklarından inşa sahasına taşınması planlanmıştır. Zemin iyileştirilmesi için en ekonomik yöntem olan kademeli dolgu yapım yöntemi dikkate alınmıştır.

Yapılan hesaplamalarda birim alan için inşa maliyeti, Haydarpaşa limanı konteyner terminali için 124 USD, Derince limanı konteyner terminali için ise 228 USD dir.

Bu durumda;

- 1.Zemin özellikleri,
- 2.Deniz dibi topoğrafyası,
- 3.İnşa sisteminin seçimi,
- 4.Malzeme teminindeki şartlar(mesafe, malzeme ocaklarının kendi malı olup olmadığı,ithal malzeme kullanılıp kullanılmadığı vs),
- 5.Terminale gelecek gemilerin özellikleri,
- 6.Limanın korunaklı olup olmadığı(dalga tesirlerinden koruyucu yapıya gereksinim olup olmadığı)

vb. gibi etkenler maliyetin artmasında veya azalmasında önemli olmaktadır. Bu doğrultuda her terminal için farklı birim inşa maliyeti beklenmelidir. O halde optimum saha kapasitesinin belirlenmesinde önemli bir parametre olan terminal boş kalma maliyetleri her terminal için farklı bir değerde olabilecektir. Bu nedenle optimum saha kapasitesinin belirlenmesinde bu önemli hususun dikkate alınması gerekmektedir.

### 3.5 Akış Diyagramı

Konteyner depolama sahalarındaki optimum kapasiteyi belirlemeye yönelik olarak ortaya konulan ve Bölüm 3.3'de verilen modelin belirli değerler için çözümünü veren program Fortran 77 programlama dili kullanılarak yazılmıştır.

Bu programa ait akış diyagramı Ek 1, programa ait yazılım da Ek 2 de verilmiştir.

#### 3.5.1 Modelde kullanılacak veriler

Modelin çalıştırılması sırasında Bölüm 3.3'de konu edildiği üzere terminal sahasına gelen konteyner yüklerindeki dalgalanmaları (değişimleri) anlamlı bir şekilde karakterize edecek değerlerin kullanılması gerekecektir.

Bunun için bu çalışmada veri istasyonu olarak kabul edilen Haydarpaşa limanı konteyner terminali depolama sahasında yük değerlerindeki dalgalanmaların nasıl olduğu konusunda araştırma yapmak gerekmiştir. Modelin çalıştırılması sonucunda elde edilecek değerlerden güvenilir bir sonuca varılabilmesi için dalgalanmaların karakteristiğinin belirgin olması gerekmektedir. Bunun için depolama sahasında yapılan ölçümlerin belirli bir periyotta ve belirli bir saatte yapılmış olması şarttır.

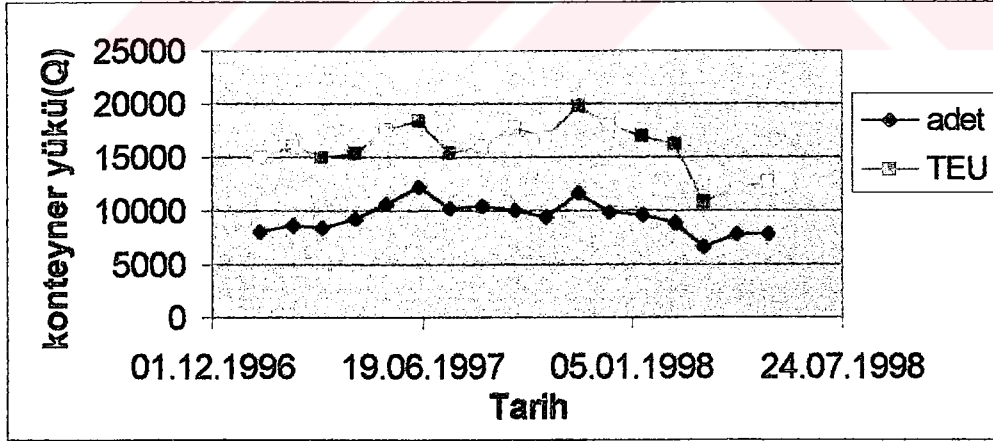
Haydarpaşa limanında yük değişimleri değişik periyotlar esas alınmak suretiyle yapılmaktadır. Örnek olarak yıllık, aylık ve ayın belirli günleri aynı saatte yapılan ölçümler gibi. Bunların içinde 1997-1998 yıllarında her ayın 15. günü esas alınarak bu günün belirli saatinde yapılmış olan ölçümler, dalgalanmaların gerçek karakterini belirleyebilmek ve modelin çalıştırılması sonucunda elde edilecek değerlerin, yapılacak yorumlarda anlamı olacağı düşüncesiyle tercih edilmiştir.

Haydarpaşa limanında her ayın 15 inde ve belirli bir saatte yapılan konteyner yük ölçüm değerleri Çizelge 3.11 de gösterilmiştir.

Çizelge 3.11 Haydarpaşa limanı konteyner terminali depolama sahasındaki konteyner yük değerleri(TCDD Haydarpaşa liman işletme müdürlüğü, 1998)

Tarih	Konteyner yükü		Tarih	Konteyner yükü	
	Adet	TEU		Adet	TEU
15.01.1997	8022	14955	15.10.1997	9471	16735
15.02.1997	8518	15906	15.11.1997	11575	19711
15.03.1997	8399	14960	15.12.1997	9796	18037
15.04.1997	9237	15306	15.01.1998	9672	17031
15.05.1997	10608	17566	15.02.1998	8814	16185
15.06.1997	12150	18403	15.03.1998	6680	10840
15.07.1997	10232	15356	15.04.1998	7785	12002
15.08.1997	10321	16044	15.05.1998	7741	12502
15.09.1997	9931	17841			

Haydarpaşa limanında 1997 ocak-1998 mayıs ayları arasındaki döneme ait Çizelge 3.11 deki veriler dikkate alınarak düzenlenen Şekil 3.10'a bakıldığında stok sahasındaki konteyner yüklerinin değişimlerini belirgin bir şekilde görülmektedir.



Şekil 3.10 Haydarpaşa limanı konteyner terminali stok sahasında her ayın 15 i itibari ile görülen dalgalanmalar

### 3.5.2 Modelin işletilmesinde kullanılacak yük grupları

Haydarpaşa liman işletme müdürlüğünden temin edilen değerler dikkate alındığında 17 aylık bir döneme ait olan değişim değerleri içinde modelde kullanılacak şekilde tipik ve değişimleri anlamlı şekilde karakterize eden yük gruplarının (12 aylık ve 17 aylık bir döneme ait) neler olabileceği araştırılmış ve bunların içinden 3 değişik yükleme grubu belirlenmiştir.

Bu yükleme durumları programda veri olarak kullanılacak şekilde düzenlenerek Çizelge 3.12 de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 3.12 Yükleme grupları

Yükleme durumu I		Yükleme durumu II		Yükleme durumu III			
Q1	14955	Q1	10840	Q1	10840	Q13	17566
Q2	14960	Q2	12002	Q2	12002	Q14	17841
Q3	15306	Q3	12502	Q3	12502	Q15	18037
Q4	15356	Q4	15356	Q4	14955	Q16	18403
Q5	15906	Q5	16044	Q5	14960	Q17	19711
Q6	16044	Q6	16185	Q6	15306		
Q7	16735	Q7	16735	Q7	15356		
Q8	17566	Q8	17031	Q8	15906		
Q9	17841	Q9	17841	Q9	16044		
Q10	18037	Q10	18037	Q10	16185		
Q11	18403	Q11	18403	Q11	16735		
Q12	19711	Q12	19711	Q12	17031		



### 3.5.3 Haydarpaşa limanı konteyner terminali depolama sahasında bekleme süresinin tahmini

TCDD tarafından Haydarpaşa limanındaki konteyner elleçleme kapasitesi, depolama kapasitesi, tutma süresi ve kreyn sayısına bağlı olarak aşağıdaki formül kullanılarak tahmin edilmiştir ( JICA ve OCDDI, 1997 )

$$Y_c = M_1 \cdot YOR \cdot (D_y / D_w) \cdot N_c$$

Burada,

$Y_c$  = yıllık konteyner elleçleme kapasitesi(TEU)

$M_1$  = konteyner sahasının depolama kapasitesi(TEU)

YOR = saha işgal oranı

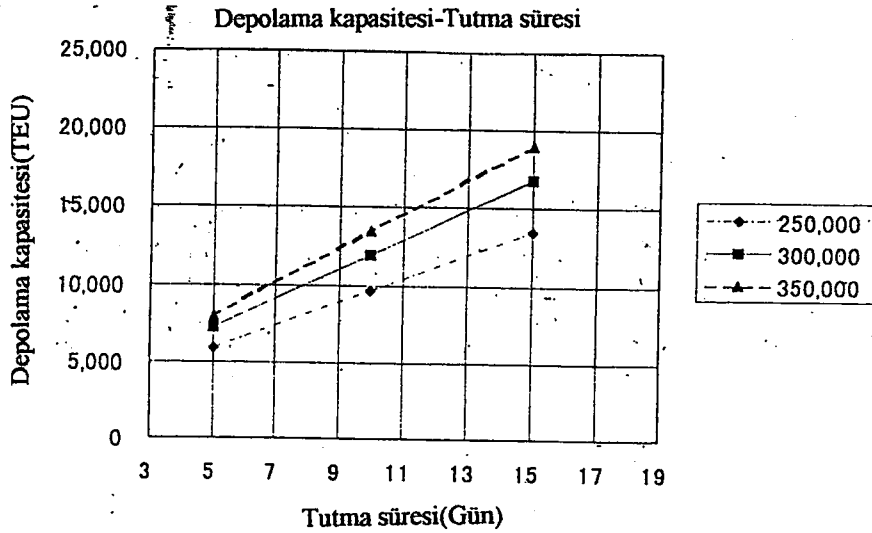
$D_y$  = bir yılda işlem yapılan gün sayısı(gün)

$D_w$  = ortalama bekleme süresi(gün)

$N_c$  = konteyner elleçlemede kullanılan gentry kreyn sayısı(adet)

dır.

Yıllık elleçleme kapasitenin sırasıyla 250.000, 300.000 ve 350.000 TEU olması durumunda depolama kapasitesi ve tutma süresi arasındaki ilişkiyi veren grafik Şekil 3.11 de gösterilmiştir.



Şekil 3.11 Haydarpaşa limanı konteyner terminalinde depolama kapasitesi ile tutma süresi arasındaki ilişki( JICA ve OCDDI, 1997 )

Bölüm 3.4.2' deki konteyner yük değerleri dikkate alınarak ortalama bir değer için günlük depolama kapasitesi  $Q_0=14.000$  TEU ve yıllık toplam 300.000 TEU'luk yük elleçlendiği kabul edilirse, ortalama tutma süresi Şekil 3.11'den yaklaşık 12 gün olarak tahmin edilir.

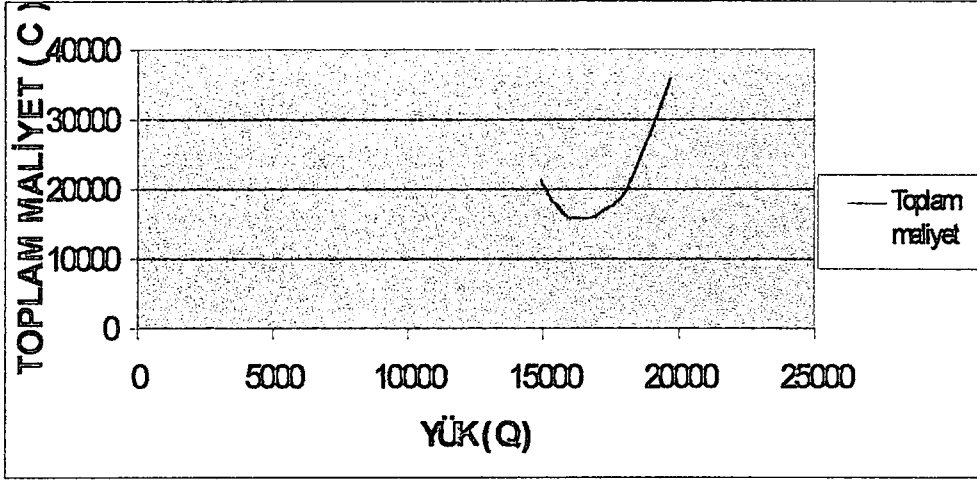
### 3.6 Modele Ait Programın Birim Maliyetler Ve Tutma Süresi İçin Çalıştırılması

#### 1. $C_b = 1$ USD/TEU, $C_s = 1$ USD/TEU\*gün, $t_b = 1$ gün için modelin sonuçları

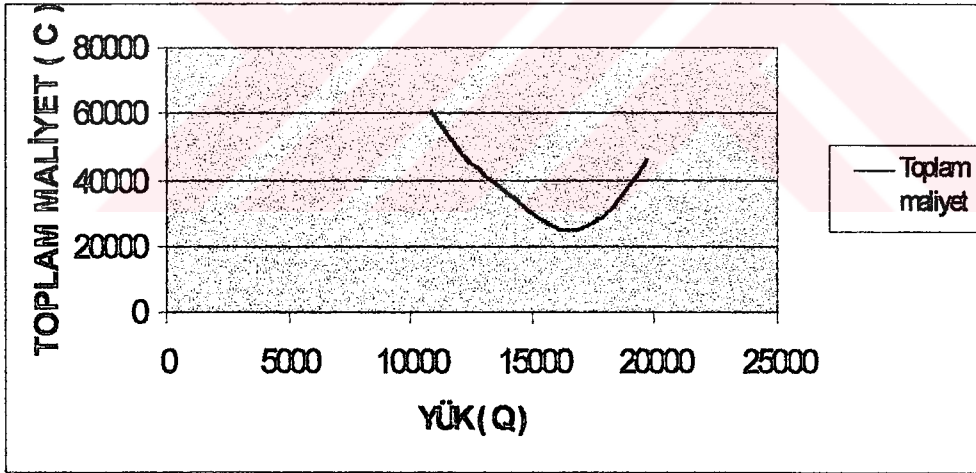
Bu işlem modelin kontrolü için yapılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 3.13. yükleme durumu I , II ve III için toplam maliyet değerleri

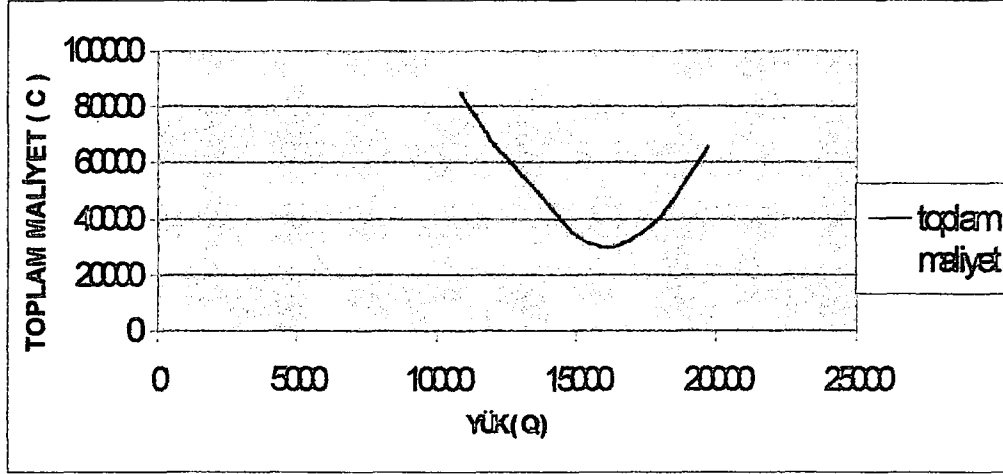
Sıra no	Yükleme durumu I		Yükleme durumu II		Yükleme durumu III	
	Q(TEU)	C(USD)	Q(TEU)	C(USD)	Q(TEU)	C(USD)
1	14955	21360	10840	60607	10840	85100
2	14960	21310	12002	48987	12002	66670
3	15306	18542	12502	44987	12502	61170
4	15356	18242	15356	27863	14955	34187
5	15906	16042	16044	25111	14960	34142
6	16044	15766	16185	24929	15306	31720
7	16735	15766	16735	24829	15356	31470
8	17566	17428	17031	25421	15906	29820
9	17841	18528	17841	28661	16044	29823
10	18037	19704	18037	29837	16185	29682
11	18403	22632	18403	32765	16735	31473
12	19711	35712	19711	45845	17031	32953
13					17566	36698
14					17841	39173
15					18037	41329
16					18403	46087
17					19711	65707



Şekil 3.12 Yükleme durumu I ve  $C_b=1$ ,  $C_s=1$  ve  $t_b=1$  için yük- toplam maliyet ilişkisi



Şekil 3.13 Yükleme durumu II ve  $C_b=1$ ,  $C_s=1$ ,  $t_b=1$  için yük-toplam maliyet ilişkisi



Şekil 3.14 Yükleme durumu III ve  $C_b=1$  ,  $C_s=1$ ,  $t_b=1$  için yük – toplam maliyet ilişkisi

Maliyetler ve bekleme sürelerinin birim değer (=1) alınarak programın çalıştırılması ve elde edilen sonuçların değerlendirilmesi neticesinde Şekil 3.12, 3.13 ve 3.14’de çizilen kapasite – maliyet eğrilerine bakıldığında, her üç sonuçta da Bölüm 3. de ortaya konan tipik maliyet kapasite eğrisinin ortaya çıktığı görülmektedir. Bu durum bize ayrıca model ve programın güvenilir ve doğru sonuçlar verdiğini de göstermektedir.

2.  $C_b = 39.64$  USD/TEU ,  $C_s = 0.169$  USD/TEU.gün ,  $t_b = 12$  gün için modelin sonuçları

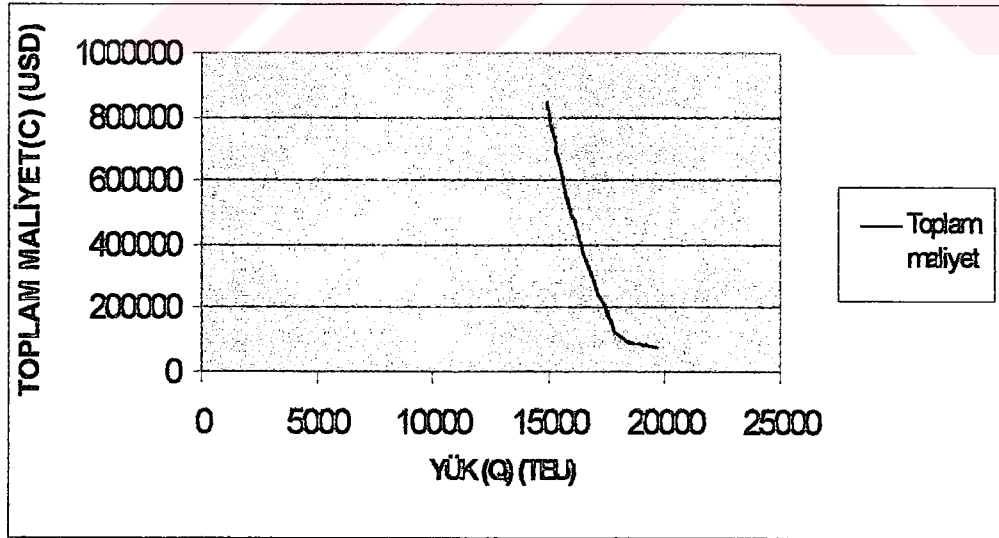
Program  $C_b$ ,  $C_s$  ve  $t_b$  için belirlenen gerçek değerler kullanılmak suretiyle çalıştırılmış ve aşağıda Çizelge 14’ de verilen toplam maliyet değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 3.14 Yükleme durumu I , II ve III için toplam maliyet değerleri

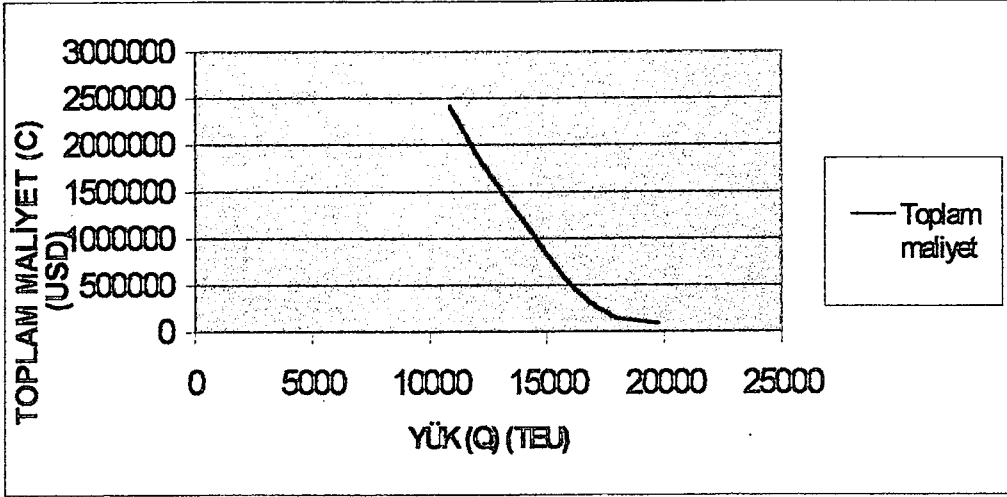
Sıra no	Yükleme durumu I		Yükleme durumu II		Yükleme durumu III	
	Q(TEU)	C(USD)	Q(TEU)	C(USD)	Q(TEU)	C(USD)
1	14955	846710	10840	2402462	10840	3373364
2	14960	844540	12002	1898140	12002	2638734
3	15306	708789	12502	1701968	12502	2343462

4	15356	691256	15356	701138	14955	997069
5	15906	521301	16044	488541	14960	994533
6	16044	484408	16185	450846	15306	833456
7	16735	328469	16735	326726	15356	812262
8	17566	175562	17031	272261	15906	602050
9	17841	136419	17841	156969	16044	555056
10	18037	116688	18037	137238	16185	512916
11	18403	95094	18403	115644	16735	371456
12	19711	72424	19711	92974	17031	307658
13					17566	214641
14					17841	178287
15					18037	160544
16					18403	142661
17					19711	133254

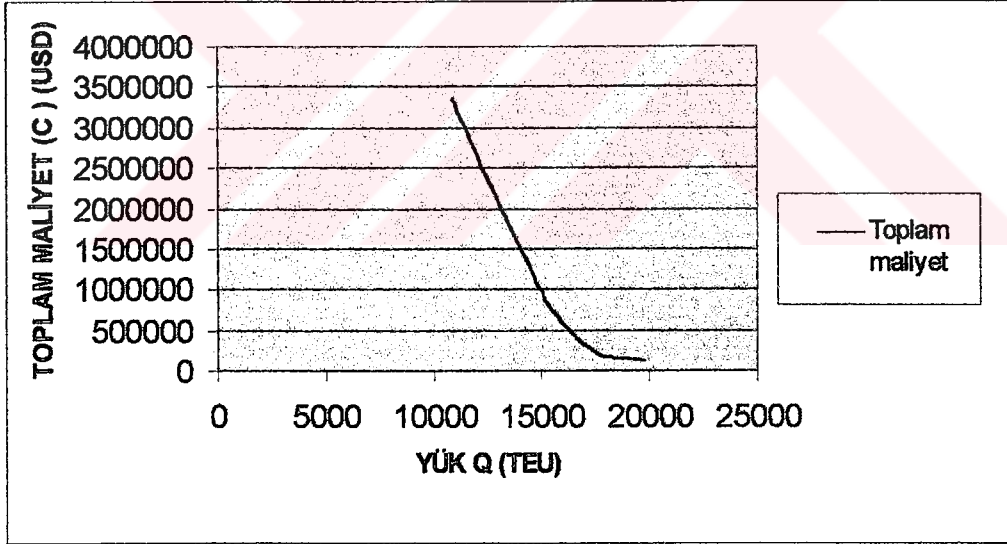
Yükleme durumu I,II ,III için kapasite- toplam maliyet ilişkisini ifade eden eğriler Şekil 3.15 , Şekil 3.16 ve Şekil 3.17 de gösterilmiştir.



Şekil 3.15 Yüklem durumu I ve  $C_b = 39.64$  ,  $C_s = 0.169$ ,  $t_b = 12$  için yük-toplam maliyet ilişkisi



Şekil 3.16 Yükleme durumu II ve  $C_b = 39.64$  ,  $C_s = 0.169$  ,  $t_b = 12$  için yük – toplam maliyet ilişkisi



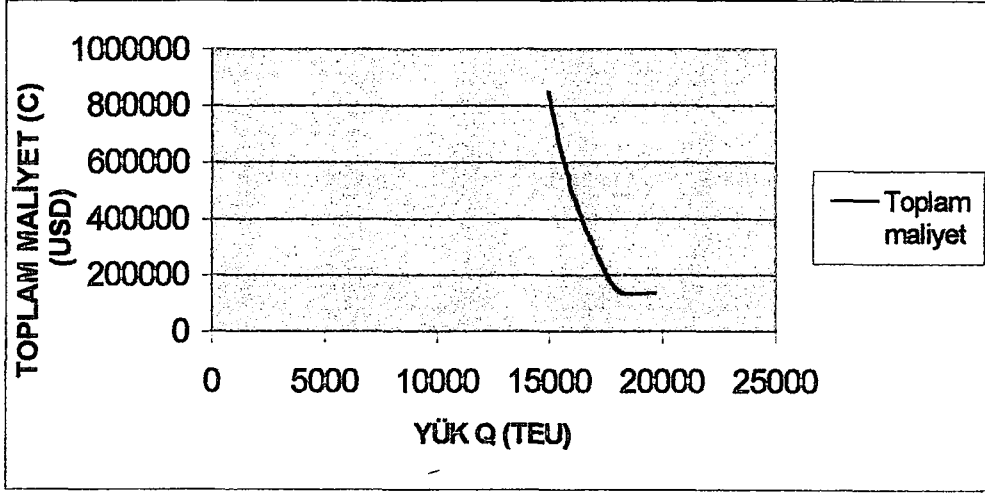
Şekil 3.17 Yükleme durumu III  $C_b = 39.64$  ,  $C_s = 0.169$ ,  $t_b = 12$  için yük – toplam maliyet ilişkisi

3.  $C_b=39.64$  USD/TEU,  $C_s=0.311$  USD/TEU.gün,  $t_b=12$  gün için modelin sonuçları

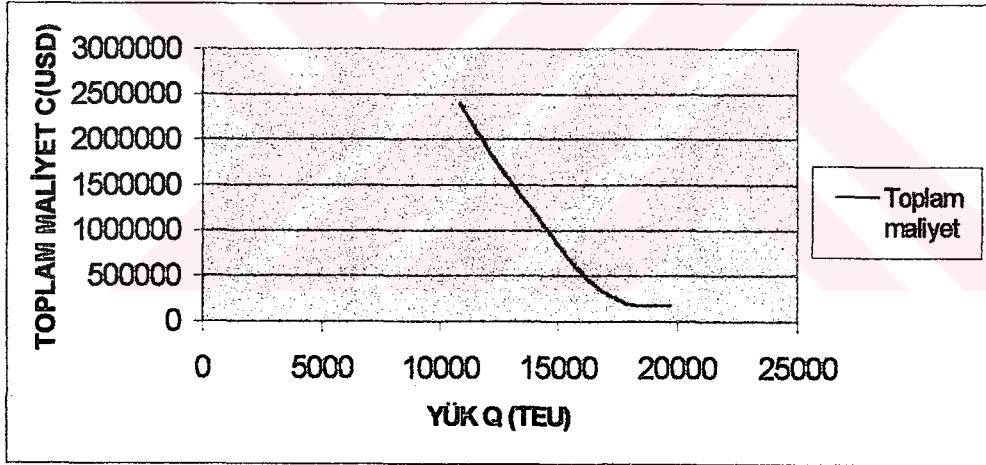
Çizelge 3.15 yükleme durumu I , II ve III için toplam maliyet değerleri

Sıra no	Yükleme durumu I		Yükleme durumu II		Yükleme durumu III	
	Q(TEU)	C(USD)	Q(TEU)	C(USD)	Q(TEU)	C(USD)
1	14955	846710	10840	2402462	10840	3373364
2	14960	844549	12002	1900120	12002	2640714
3	15306	709977	12502	1705652	12502	2347146
4	15356	692698	15356	719412	14955	1013293
5	15906	526493	16044	511504	14960	1010791
6	16044	490776	16185	475010	15306	852661
7	16735	341902	16735	356514	15356	831979
8	17566	198906	17031	305579	15906	628328
9	17841	163513	17841	201329	16044	583215
10	18037	146787	18037	184605	16185	543237
11	18403	131430	18403	169247	16735	411149
12	19711	133277	19711	171094	17031	325900
13					17566	270822
14					17841	240560
15					18037	227492
16					18403	218964
17					19711	245219

Yükleme durumu I,II ve III için çizilmiş kapasite – toplam maliyet ilişkisini ifade eden eğriler Şekil 3.18, Şekil 3.19 ve Şekil 3.20’de gösterilmiştir.

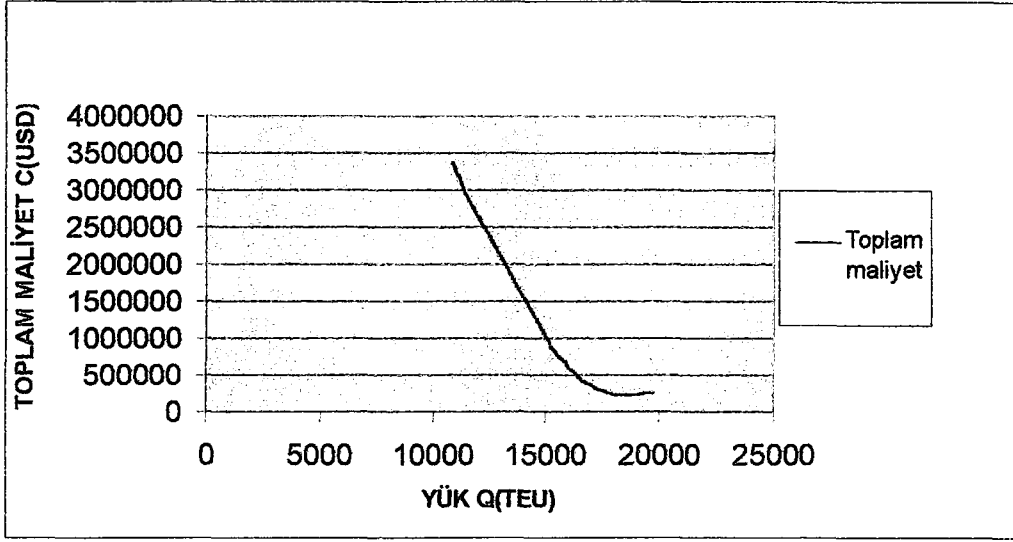


Şekil 3.18 Yükleme durumu I ve  $C_b = 39.64$  ,  $C_s = 0.311$  ,  $t_b = 12$  için yük – toplam maliyet ilişkisi



Şekil 3.19 Yükleme durumu II ve  $C_b = 39.64$  ,  $C_s = 0,311$  ,  $t_b = 12$  için yük – toplam maliyet ilişkisi





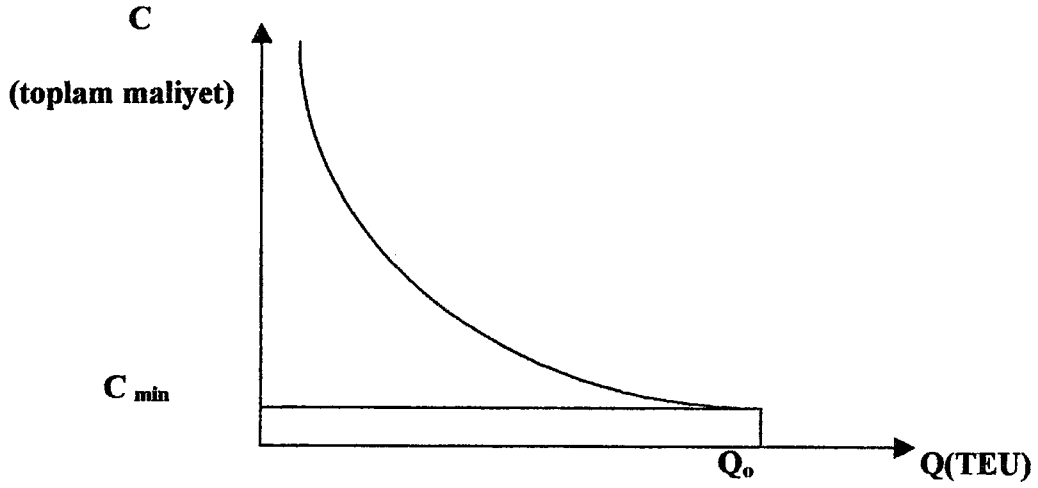
Şekil 3.20 Yükleme durumu III ve  $C_b = 39.64$  ,  $C_s = 0.311$  ,  $t_b = 12$  için yük-toplam maliyet ilişkisi

### 3.7 Bulgular ve Değerlendirmeler

Bu tip problemdeki sonuçları karakterize eden ve fonksiyonları parametrelerine bağlı olarak farklı formlarda beliren başlıca maliyetler Şekil 3.21, Şekil 3.22, Şekil 3.23 ve Şekil 3.24'de gösterilmiştir.

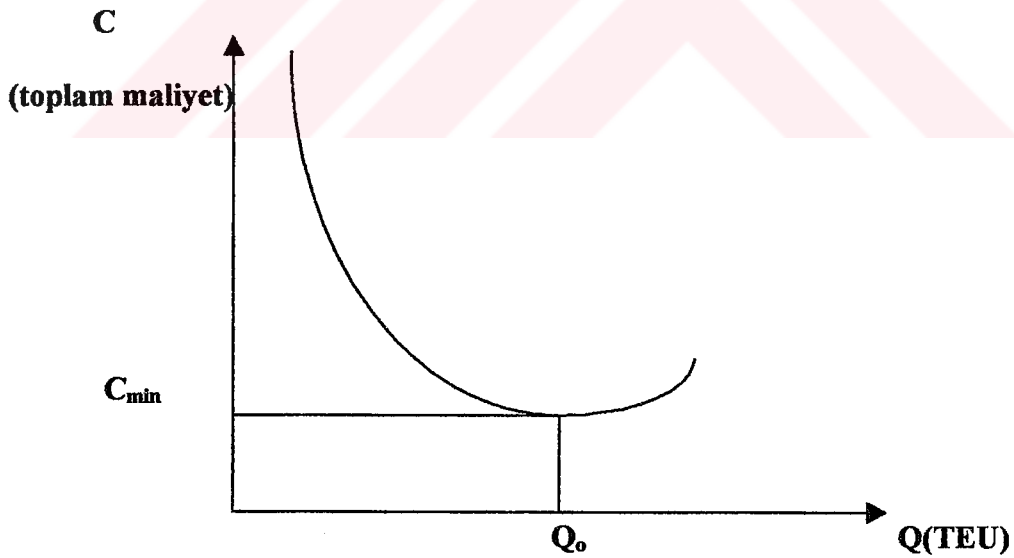
Bu yük - maliyet fonksiyonlarının farklı karakteri birim maliyetlerin göreceli değerlerine bağlıdır.

Anılan fonksiyonlar kar kayıpları maliyeti ve stok sahası boş kalma maliyetlerinin süperpozisyonu olarak belirlenmiştir.



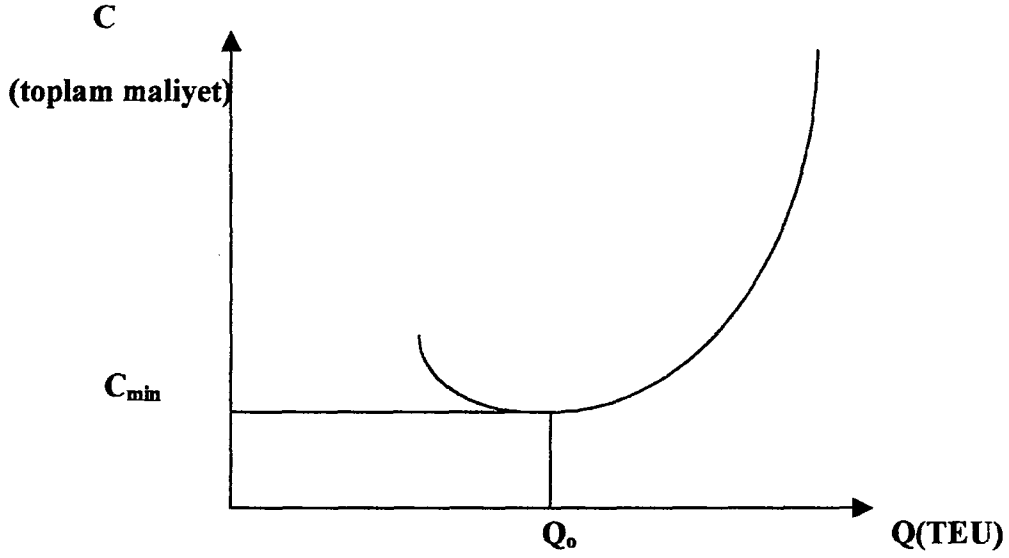
Şekil 3.21 Yük - toplam maliyet ilişkisi (1. Hal)

Şekil 3.21'de kar kayıplarının çok fazla olması nedeniyle sistemin boş kalma maliyetlerinin eğrinin formu üzerinde fazla etkili olamaması durumunu ifade eder. Bu durum inşa maliyetlerine bağlı olarak boş kalma maliyetlerinin kar kayıpları yanında etkisiz bir büyüklük olduğu durumdur. Diğer bir deyişle kar kayıplarının çok çok büyük olduğu söylenebilir.



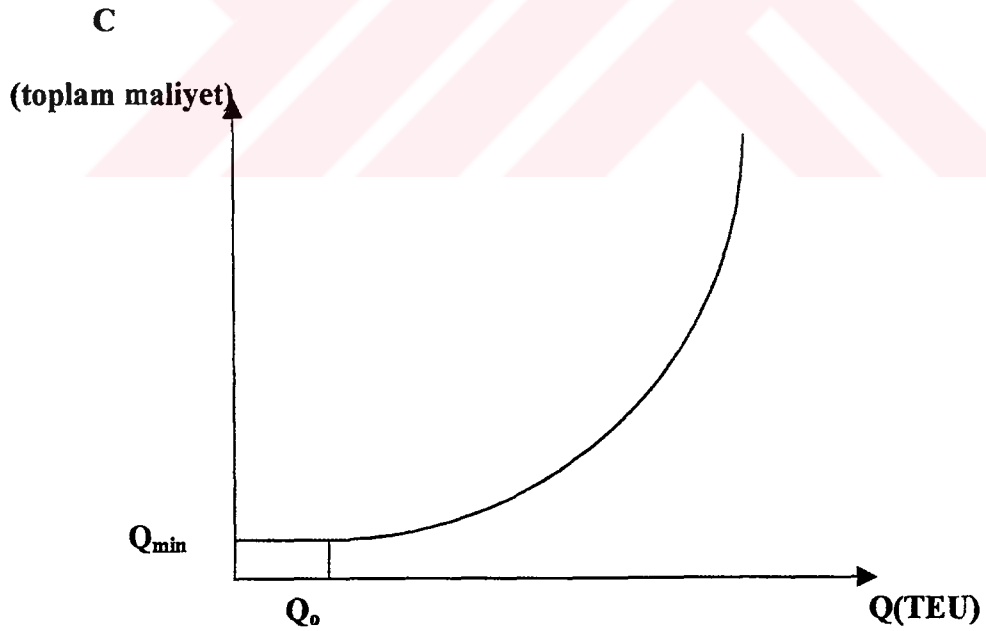
Şekil 3.22 Yük - toplam maliyet ilişkisi (2. Hal)

Şekil 3.22'de görülen eğri kar kayıplarının sistemin boş kalma maliyetlerine nazaran biraz daha fazla etkili olduğu durumu ifade eder.



Şekil 3.23 Yük – toplam maliyet ilişkisi(3. Hal)

Şekil 3.23’de görülen eğri sistemin boş kalma kayıplarının, kar kayıplarına nazaran biraz daha etkili olduğu durumu karakterize eder.



Şekil 3.24 Yük – toplam maliyet ilişkisi(4. Hal)

Şekil 3.24’de görülen eğri ise boş kalma maliyetlerinin kar kayıpları yanında çok büyük boyutta olması ve kar kayıplarının toplam maliyet üzerinde etkisiz kaldığı duruma aittir.

Haydarpaşa ve Derince limanlarındaki değişik inşa sistemleri ve yük gruplarının dikkate alınmasıyla elde edilen sonuçları içeren Bölüm 3.6'daki yük - toplam maliyet eğrilerinin tümü incelendiğinde Şekil 3.25 ve Şekil 3.26'de gösterildiği gibi farklı iki formun şekillendiği görülür.

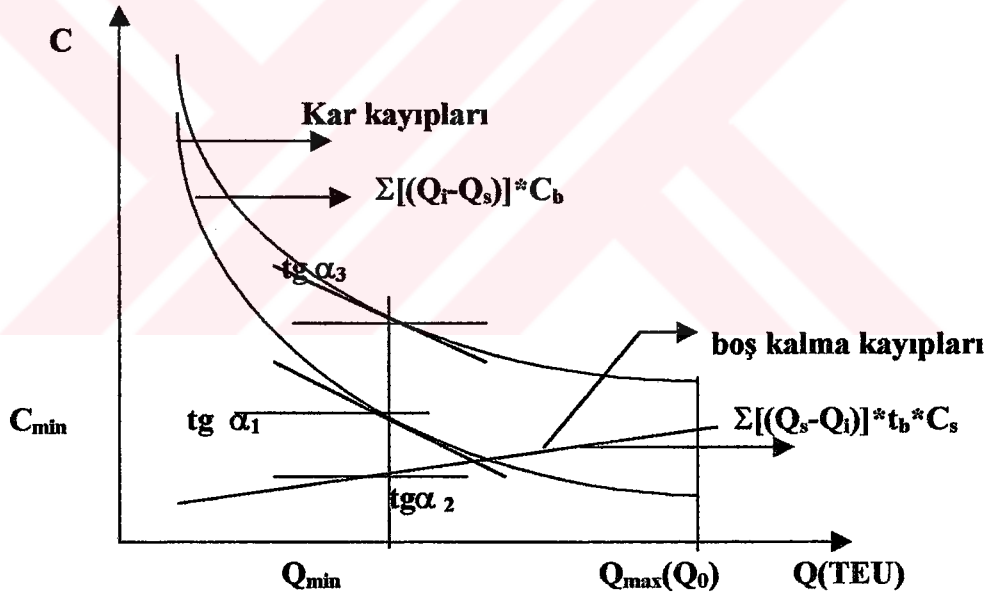
Toplam maliyet – yük ilişkisini ifade eden eğrinin karakteristiğini belirleyen unsurların

- Elde bulundurmama (sistemde oluşan kar kayıpları) maliyetleri
- Elde bulundurma (sistemin boş kalma ) maliyetleri

olduğu belirtilmiştir.

Bu parametrelere göre beliren iki farklı eğri analiz edildiğinde sıra ile aşağıdaki bulguları saptamak mümkündür.

1. Şekil 3.25 incelendiğinde;



Şekil 3.25 Konteyner terminali tutma sahası yük-toplam maliyet ilişkisi(1.Hal)

Terminal stok sahası boş kalma maliyetlerini belirleyen  $\Sigma [(Q_s-Q_i)] \cdot t_b \cdot C_s$  terimi,  $t_b \cdot C_s$  sabit çarpanının çok küçük olması nedeniyle bu terimin toplam maliyet fonksiyonunda küçük değerler olarak belirmesine yol açmaktadır. Bu terim aynı zamanda eğrinin eğiminin küçük olmasına da bağlı olmaktadır.

Diğer taraftan kar kaybı birim maliyet değerinin (birim TEU başına) ( $C_b$ ),  $C_s * t_b$  çarpanı yanında çok çok büyük olması nedeniyle ( $C_b \gg C_s * t_b$ ) kar kaybı maliyetini ifade eden  $\Sigma [(Q_i - Q_s)]$  teriminin toplam maliyet içinde çok büyük değerler olarak belirmesine yol açmaktadır.

Bir başka deyişle;

Kar kayıpları eğrisinin herhangi bir noktasındaki teğetin eğimi ( $\text{tg } \alpha_1$ ),

Boş kalma kayıplarını ifade eden eğrinin o noktadaki eğimi ( $\text{tg } \alpha_2$ ) olarak ifade edilirse;

Toplam maliyet eğrisinin herhangi bir noktasındaki teğetin eğimi;

$$\text{tg } \alpha = -\text{tg } \alpha_1 + \text{tg } \alpha_2$$

olarak yazılabilir. Buradan,

$$\left| \text{tg } \alpha_1 \right| \gg \text{tg } \alpha_2 \text{ olduğundan}$$

$$\text{tg } \alpha = -\text{tg } \alpha_1$$

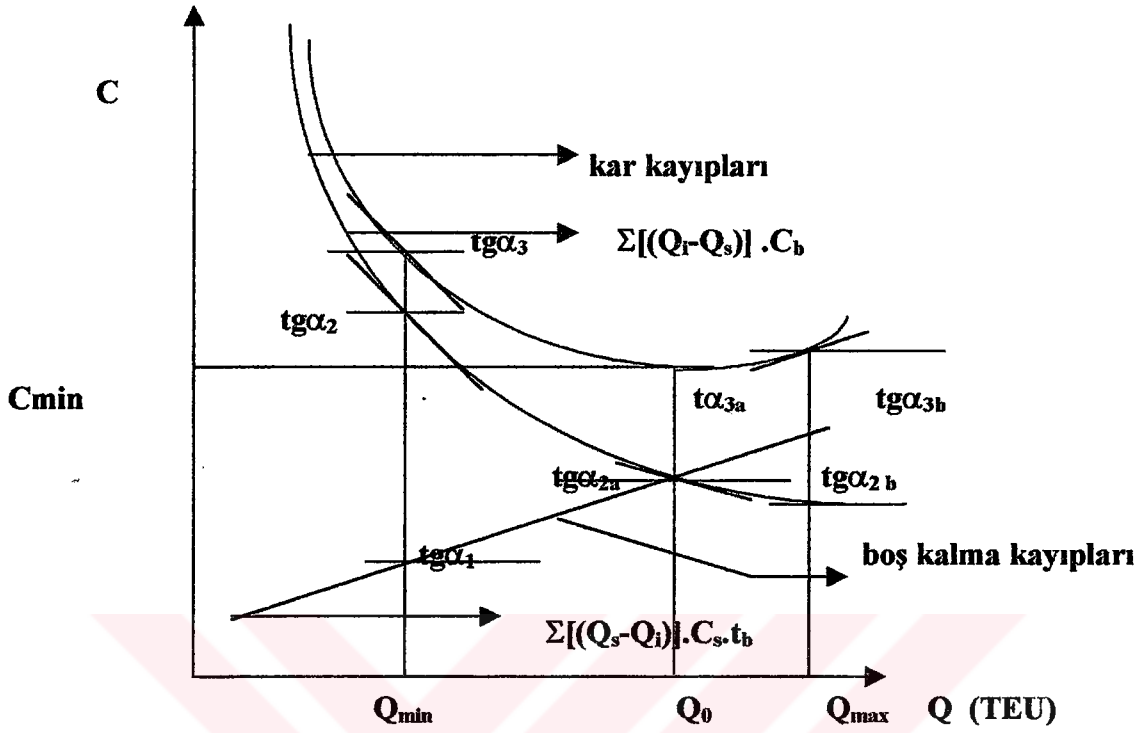
olarak belirir ki, bu sonuç toplam maliyet eğrisinin her noktası için bu şekilde ortaya çıkmaktadır.

Eğrinin genel karakterinin oluşmasında en büyük etken konteyner terminali stok sahasındaki kar kayıplarıdır. Depolama sahasında bulunan konteyner yük miktarı en az iken oluşan toplam maliyet en fazladır. Stok sahasındaki yükler arttıkça toplam maliyet de düşmekte ve minimum maliyet değeri konteyner yükünün en fazla olduğu  $Q_n (= Q_{\max})$  değerinde belirlemektedir.

Konteyner yükü-Toplam maliyet arasındaki ilişkiyi ifade eden eğrinin analizinden şu sonucu da çıkarabiliriz:

Terminaldeki depolama sahasındaki toplam kar kayıpları, boş kalma maliyetlerinden daha etkindir. Bunu pratik olarak yorumlarsak bir konteyner terminalinde stok sahaları ne kadar büyük yapılırsa yapılsın, istenilen yüklerin gelmemesinden dolayı ortaya çıkacak boş kalma maliyetleri, sahanın yeterince büyük planlanmaması nedeniyle yük talebine cevap verememekten ötürü doğacak kar kayıpları yanında fazla etkili olamamaktadır.

2. Şekil 3.26 incelendiğinde;



Şekil 3.26 Konteyner tutma sahası yük- toplam maliyet ilişkisi(2.Hal)

Bu eğri, terminalin inşasında pahalı bir sistem seçilmesi, yüklerin değişimlerinin ise 1. durumda olduğu gibi gerçekleşmesi haline ait bir senaryoya ilişkin sonuçları ifade etmektedir.

Eğriye bakıldığında sistemin boş kalma kayıplarını ifade eden doğrunun eğiminin Şekil 3.25'deki eğride boş kalma kayıplarını belirten doğrunun eğimine nazaran daha dik olduğu görülebilir. Çünkü 2. duruma ilişkin senaryoda boş kalma kayıpları ifade eden  $\Sigma[(Q_s-Q_i)] \cdot C_s \cdot t_b$  terimindeki  $C_s$  değeri 1. durumdaki  $C_s$  değerine göre daha büyüktür.

Bunun yanında sisteme ait kar kayıplarını ifade eden  $\Sigma [(Q_i-Q_s)].C_b$  teriminin değeri 1. durumda olduğu gibi  $Q_{max}$  değerine doğru yaklaştıkça azalmaktadır.

Bu iki eğrinin süperpozisyonu olarak beliren toplam maliyet-yük eğrisi ise  $Q_{max}$  a doğru yaklaştıkça azalmakta, ancak  $Q_{max}$  dan bir önceki  $Q$  değerinde yön değiştirerek artmaya başlamaktadır. Eğrinin yön değiştirmeye başladığı noktada toplam maliyet minimum

olmaktadır. Toplam maliyetin minimum olduğu noktadaki yük değeri de optimum yük ( $Q_0$ ) değeridir.

Bu açıklamalar dikkate alınarak toplam maliyet eğrisini 3 bölümde değerlendirmek gerekecektir.

1)  $Q_{\min} < Q < Q_0$  olması hali

Sistemin, kar kayıpları, boş kalma kayıpları yanında daha etkindir.

$$\text{tg } \alpha_2 > \text{tg } \alpha_1$$

toplam maliyet eğrisinin herhangi bir noktasındaki teğetin eğimi

$$\text{tg } \alpha = - \text{tg } \alpha_2 + \text{tg } \alpha_1$$

$$\text{tg } \alpha = \text{tg } \alpha_3$$

olur.

2)  $Q=Q_0$  olması hali

Minimum maliyet değeri  $Q_0$  optimum yük değerinde ortaya çıkmaktadır. Burada

$$\text{tg } \alpha = \text{tg } \alpha_1 + (- \text{tg } \alpha_{2a})$$

$$\text{tg } \alpha_1 = | - \text{tg } \alpha_{2a} |$$

olduğundan

$$\text{tg } \alpha = \text{tg } \alpha_{3a} = 0$$

olur.

3)  $Q_0 < Q < Q_{\max}$  olması hali

Bu bölgede sistemin boş kalma kayıpları, kar kayıpları yanında daha etkindir. Bir başka ifade şekli ile

$$\Sigma[(Q_s - Q_i)] \cdot t_b \cdot C_s > \Sigma[(Q_i - Q_s)] \cdot C_b$$

dir.

Bu bölümde toplam maliyet eğrisinin herhangi bir noktasındaki teğetin eğimi

$$\text{tg } \alpha = \text{tg } \alpha_1 + (- \text{tg } \alpha_{2b})$$

ise

$$\operatorname{tg}\alpha_{2b} < \operatorname{tg}\alpha_1$$

olduğundan

$$\operatorname{tg}\alpha = + \operatorname{tg}\alpha_{3b}$$

olarak ortaya çıkar.

Burada dikkat edilmesi gereken en önemli husus, toplam maliyet değerinin minimum ( $C_{\min}$ ) olduğu noktanın  $Q_{\max}$  değerine çok yakın bir noktada belirmiş olduğudur. Bu da boş kalma kayıplarının, sisteme ait kar kayıpları yanında konteyner yük değerlerinin çok büyük değerlerinde etkili olmaya başladığını göstermektedir.

### 3.7.1 Tasarım İçin Önerilen model

Planlama çalışmalarında liman alt yapı tesislerinin boyutlandırılması için basit, kullanışlı ve güvenli yaklaşımların dikkate alınması önemlidir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara dayanılarak konteyner terminaleri depolama sahalarının boyutlandırılmasında basit, kullanışlı ve ekonomik bir yaklaşım için aşağıdaki gibi bir çözüm önerilebilir.

$t_o$  = Ortalama tutma (bekleme) süresi (gün),

$f_o$  = Birim konteyner için gerekli depolama alanı ( $m^2/TEU$ ),

$F$  = Ortalama tutma süresinde gerekli toplam depolama alanı ( $m^2$ ),

$Q_o$  = Depolama sahası boyutlandırılmasına esas optimum konteyner yükü  
(TEU/gün)

olmak üzere, ortalama tutma süresi için gerekli  $F$  konteyner depolama alanı ( $m^2$  olarak);

$$F = Q_o \cdot f_o \cdot t_o \quad (3.18)$$

şeklinde ifade edilebilir. Buradan ortalama tutma süresindeki  $Q_o$  optimum konteyner yükü (TEU/gün);



$$Q_o = \frac{F}{f_o \cdot t_o} \quad (3.19)$$

olur.

Konteyner depolama sahası dizaynında ekonomik bir yaklaşım sağlamak üzere ; günlük ortalama konteyner yükü ile günlük optimum konteyner yükü arasında sabit bir oran olduğunu kabul edelim ve bu ilişkiyi ifade eden sayıyı optimalite faktörü olarak tanımlayalım. Bu durumda  $\beta$  optimalite faktörü,

$$\beta = \frac{Q_m}{Q_o} \quad (3.20)$$

ve bir yılda konteyner terminalinde elleçlenen yük  $Q_y$  olmak üzere, ortalama günlük konteyner yükü de ;

$$Q_m = \frac{Q_y}{365} \quad (3.21)$$

olarak ifade edilir ve (3.19) ve (3.21) ifadeleri (3.20)'de yerlerine yazılıp düzenlenirse, optimalite faktörü;

$$\beta = \frac{Q_y / 365}{F / f_o \cdot t_o} \quad (3.22)$$

olur. Buradan, optimum konteyner depolama alanı

$$F = \frac{f_o \cdot t_o \cdot Q_y}{365 \cdot \beta} \quad (3.23)$$

olarak bulunur.

Modelden elde edilen sonuçların değerlendirilmesi neticesinde, Haydarpaşa ve Derince limanları için optimalite faktörünün 0.80-0.90 arasında değişebileceği ortaya konmuştur.

### 3.7.2 Sayısal örnek

Yıllık konteyner elleçlemesi 150.000 TEU olarak hedeflenen bir konteyner terminalinde ortalama tutma süresinin 12 gün olması durumuna göre konteyner depolama sahası boyutları tahmin edilecektir.

#### 1. Frankel (1987)'e göre

Veriler;

$Q = 150.000$  TEU/yıl (terminalde bir yılda elleçlenecek konteyner yükü),

$t = 12$  gün (ortalama tutma süresi),

$f = 3.75$  m<sup>2</sup>/TEU (birim TEU için gerekli depolama alanı),

$u = 0.4-0.6$  (depolama alanı kullanım katsayısı),

$z = 0.4-0.6$  (saha kullanım oranı),

$H = 2$  (ortalama istif yüksekliği),

$d =$  bilinmiyor (bekleme sürelerindeki standart sapma),

$h =$  bilinmiyor (istif yüksekliğindeki standart sapma).

Mevcut verileri kullanarak Frankel (1987) tarafından önerilen ampirik ifade ile depolama sahası belirlenememiştir. Bu ifadenin kullanılabilmesi için ilave bilgi ve verilerin bilinmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

#### 2. Brunn (1981)'e göre

Veriler;

$Q = 150.000$  TEU/yıl,

$f = 21.6$  m<sup>2</sup>/TEU,

$u = 1.00$  ( 2 sıra istifli durumlar için)

Mevcut veriler kullanılarak konteyner depolama alanı  $F = 3.240.000$  m<sup>2</sup> (yollar,apron elleçleme ekipmanları ve ray hatları dahil) bulunur. Brunn tarafından önerilen ifade tek ve

çift sıra istifli durumlar için önerilen bir yöntem olduğundan çok sıralı istifli durumlar için iyi netice vermediği görülmektedir.

### 3.UNCTAD (1978)'e göre

Veriler;

$$Q = 150.000 \text{ TEU/yıl,}$$

T = 11 gün (UNCTAD'a göre ithal, ihraç ve boş konteynerler için ortalama bekleme süresi 11 gün olarak belirlendi),

F = 7.5 m<sup>2</sup>/TEU (elleçlemenin gantry kreyn ile yapıldığı ve istif yüksekliğinin 4 olması durumundaki değer),

Ortalama istif yüksekliğinin 2,

Maksimum istif yüksekliğinin 4,

olması durumunda;

a) Yedek kapasite güvenlik katsayısı 25 alınırsa,

konteyner depolama sahası;

$$F = 70.000 \text{ m}^2$$

b) Yedek kapasite güvenlik sayısı 50 alınırsa,

konteyner depolama sahası

$$F = 90.000 \text{ m}^2$$

hesaplanır.

UNCTAD (1978) tarafından önerilen grafik yöntemle, konteyner stok sahası, konteynerlerin sahadaki bekleme süreleri konteynerlerin ihracata, ithalata veya boş olmasına bağlı olarak belirlenen bekleme süreleri, istif yüksekliği ve elleçleme ekipmanlarının cinsine göre belirlenen birim konteyner saha ihtiyacı ve yedek kapasite güvenlik faktörü dikkate alınarak belirlenebilmektedir. Ancak bu yöntemin işletme şartlarını dikkate alan bir yöntem olduğu gözden uzak tutulmamalıdır.

#### 4. Bu çalışmada ortaya konan model ile

Veriler;

$$Q = 150.000 \text{ TEU/yıl,}$$

$$t = 12 \text{ gün,}$$

$$\beta = 0.80-0.90,$$

$$f = 21.60 \text{ m}^2/\text{TEU,}$$

alındığında konteyner depolama sahası

$$F=125.000 \text{ m}^2$$

olarak bulunur.

Bu çalışmada ortaya konulan pratik basit yöntemle, konteyner depolama sahası; giren ve çıkan toplam konteyner yükleri, ortalama bekleme süresi, birim konteyner için gerekli alan ve optimalite faktörüne bağlı olarak diğer yöntemlere nazaran daha kolay ve basit bir şekilde belirlenmiştir.

## 4. SONUÇVE ÖNERİLER

### 4.1 Sonuçlar

Bu çalışmada, stok planlama teorisi ışığında oluşturulan ve bir konteyner terminalinde oluşan maliyetlerin toplamını ifade eden amaç fonksiyonu

$$C(Q_i, Q_s) = C_s \cdot \sum_{i=1}^n (Q_s - Q_i) T_i + C_b \cdot \sum_{i=1}^n (Q_i - Q_s)$$

matematik modeli ile ifade edilmiştir. Ve bu model Haydarpaşa limanı ile Derince limanı konteyner terminallerine ait veriler kullanılarak işletilmiştir.

Modelde kullanılan boş kalma maliyetlerinin belirlenmesi için esas alınan terminal inşa sistemleri Türkiye’de mevcut limanlardaki konteyner terminallerinde görebileceğimiz normal ve ekstrem örneklerdir. Bu doğrultuda elde edilen boş kalma maliyetleri de normal ve ekstrem örnekleri karakterize edecektir.

Bu çalışmada ortaya konulan sonuçlar aşağıda açıklandığı gibi özetlenebilir.

1. Terminal kar kayıplarının belirlenmesi sırasında Türkiye limanları için belirlenen hizmet tarifeleri kullanılmıştır. Ancak yüksek fiyat politikaları nedeniyle kar kayıpları çok büyük değerler olarak belirmiştir.

2. Derince limanı konteyner terminali için öngörülen inşa sistemi, Haydarpaşa limanı konteyner terminali inşa sistemine nazaran %84 oranında daha pahalıdır. Ancak aşırı değerli kar kayıplarının, amortisman ve faiz maliyetlerinin sonucu olan boş kalma maliyetleri yanında çok fazla etkili olduğu ve toplam maliyetin belirlenmesinde öne çıktığı belirlenmiştir.

3. Bu çalışmanın ortaya koyduğu en önemli sonuçlardan birisi de, bir konteyner terminalindeki depolama sahasının belli bir dönemde beklenen yüklerin en büyük değeri dikkate alınarak belirlenmesi gerektiği şeklinde özetlenebilir ki, bu sonuç gerek UNCTAD

(1978), gerekse Frankel (1987) tarafından “konteyner terminallerinde stok sahaları gerekenden daha büyük planlanmalıdır” şeklinde verilen öneriyle uyuşmaktadır.

4. Bu öneri ile uyumlu olarak, 1. bölümde değişik referanslarda stok sahasının tespiti için verilen ifade ve yöntemlerde saha kullanım faktörü, kapasite güvenlik faktörü , depo alanı kullanım katsayısı ve yararlılık katsayısı tanımları ile verilen sabit sayılar kullanılarak konteyner depolama alanı belirli oranlarda gerektiğinden daha fazla boyutlandırılmaktadır. Frankel (1987) tarafından verilen değer 0,4-0,6; Brunn (1981) tarafından verilen değer istifsiz durumlar için 0.25-0.50, istifli durumlar için 1.0 civarında olduğu, JICA (1994) tarafından önerilen formülasyonda bu değer 0.7 olarak alınabileceği öngörülmektedir.

Bu doğrultuda genel bir değerlendirme yapıldığında ; konteyner depolama alanı boyutunun belirlenmesi için Frankel (1987) tarafından önerilen ifadenin, istatistiksel değerlere bağlı parametrelerden oluştuğu görülmektedir. Yeni planlanan bir tesiste böyle bir yaklaşımda bulunulması için istatistiksel tespitlere dayalı parametrelerin belirlenmesi güçlüğü ortaya çıkabilecektir. Bu değerlerin tespitinde benzer tesislerdeki verilerden yararlanılabilme imkanları bulunmakla birlikte çok detaylı bir araştırma gerekeceğinden pratik ve kullanışlı bir yaklaşım olamamaktadır.

Brunn (1981) tarafından önerilen ifadede belirleyici parametreler yıllık konteyner miktarı, birim alan ve saha kullanım faktörüdür. Planlama çalışmalarında basit ve pratik yaklaşımda bulunulmasına imkan sağlaması bakımından uygun bir örnek olmakla birlikte ikiden fazla istifin söz konusu olduğu konteyner depolama sahası tasarımlarında elverişsiz sonuçlar vermektedir.

UNCTAD (1978) tarafından önerilen grafik yöntemde, yedek kapasite güvenlik faktörü ile konteyner park sahası boyutu gerektiğinden daha büyük belirlenebilmektedir. Bu yöntem basit ve kullanışlı bir grafik yöntem olarak kabul edilebilir. Ancak belirleyici parametrelerin, elleçleme ekipmanlarının cinsi, konteynerlerin ithalat, ihracata yönelik veya boş olması gibi terminalin direkt işletme koşulları ile ilgili parametreler olduğu dikkate alındığında bu parametrelerin belirsiz olduğu durumlarda yada öngörülen işletme

imkanlarının sağlanamaması durumunda sağlıksız sonuçlara ulaşılması sonucu ortaya çıkabilir.

Bu çalışmada oluşturulan model ile ortaya konulan pratik basit yöntemde ise, konteyner depolama sahası; giren ve çıkan toplam konteyner yüklerine, ortalama bekleme süresine, birim konteyner için gerekli alana ve optimalite faktörüne bağlı olarak

$$F = \frac{f_o t_o Q_y}{365 \cdot \beta}$$

ifadesiyle belirlenebilmektedir. Bu yöntem, optimum depolama alanı boyutlarının basit olarak belirlenebilmesi bakımından uygun bir çözüm olarak değerlendirilebilir.

**5. Haydarpaşa ve Derince limanları konteyner terminalleri için yapılan çalışma sonucunda istifli durumlar için optimum konteyner yükü ile ortalama konteyner yükü arasındaki optimalite faktörünün 0.80-0.90 arasında değiştiği ortaya konmuştur. Yapılacak makro planlamalarda konteyner stok sahası boyutlarının bu oran nispetinde daha büyük belirlenmesi halinde ekonomik planlama hedeflerini yakalamak mümkün olabilecektir.**

## 4.2 Öneriler

**1. Haydarpaşa ve Derince limanı gibi, İzmir ve Mersin limanları da aynı fiyat politikaları ile işletilmekte olduğundan bu limanlardaki konteyner terminalleri içinde bu sonucun değişmeyeceği söylenebilir. Ancak son yıllarda özel kişi ve kuruluşlar liman yapımı konusunda teşvik edilmektedirler. İnşaatı devam eden tesislerin yapımlarının tamamlanması ile hizmet veren konteyner terminali sayısında artış olacaktır. Bu durum rekabet unsurunu ön plana çıkaracağından hizmet tarifelerinin belirlenmesinde esas alınacak fiyat politikalarında yeni düzenlemelere gidilmesini kaçınılmaz kılacaktır. Böylece bir konteyner terminalinde ortaya çıkan toplam maliyetleri belirleyici unsurların etkinliklerinin derecelerinin yeniden saptanmasına yönelik yeni araştırmalara yönelmesinde optimum planlama yapılabilmesi bakımından yarar bulunmaktadır.**

2. İşçilik ve malzeme fiyatlarının daha pahalı olduğu ve işletme sırasında uygulanan fiyat tarifeleri ülkemizdekinden farklı olan diğer ülkeler için bu çalışma ile ortaya konan modelin değerlendirilmesi durumunda; Türkiye’de mevcut limanlardaki konteyner terminalleri için ortaya konan bu sonuçları karakterize eden yük – toplam eğrisinin genel karakteristiğinin farklı olabileceği beklenmelidir. Bu durum bu çalışmada ortaya konan matematik model ışığında dünyanın diğer ülkelerinde araştırma yapacaklar için yeni imkanlar doğuracaktır.





## KAYNAKLAR

Agerschou, H., Lundgren, H., Sorensen, T., Ernst, T., Korsgaard, J., Schmidt, L.R., ve Chi, W.K., (1983 ), Planning And Design Of Ports And Marine Terminals, A Wiley Interscience Publication, John Wiley & Sons, Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore.

Arslan, N., (1987), Stokastik Envanter Planlama Ve Kontrol Probleminin Yapısı Ve Bilgisayar Destekli Bir Uygulaması, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Baykan, N., (1997), Limanlarda Konteyner Sahalarının Planlaması Ve Üst Yapılarının Projelendirilmesi, DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, İzmir.

Baykan, N., Baykan, N.O., (1998), "Limanlarda Konteyner Sahalarının Planlanmasında Yeni bir Yaklaşım", 2.Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, 19-21 Kasım 1998, Mersin.

Brunn , P., (1981), Port Engineering, Gulf Publishing Company.

Churchman, C.W., Ackoff, R.L., Arnoff, E.L., (1957), Operation Research, John Wiley & Sons, Inc, New York, London.

DLH., (1990), Haydarpaşa Limanına Yeni Mol İlavesi Ve II. Feri İskelesi İnşaatı Kesin Hesap Raporu, İstanbul.

DTO., (1997), Deniz Sektörü Raporu 96, İstanbul Ve Marmara, Ege, Akdeniz, Karadeniz Bölgeleri Deniz Ticaret Odası, Yayın No:45, 1997, İstanbul.

Dunford, F., (1972), "Basis For Simulation Model Of Container Terminal", Transportation Engineering Journal, Proceeding Of The American Society Of Civil Engineers, TE3:607-615.

Elçin, A.E., (1998), Konteyner Taşımacılığında Navlun Hesap Modeli, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Şubat 1998, İstanbul.

Erbilgin, N., (1988), Stok Simulasyonu, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Frankel, E.G., (1987), Port Planning And Development, A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, New York.

Hallaç, O., (1988), İşletmelerde Simülasyon Teknikleri, Alfa Basım Yayım Dağıtım, İstanbul.

Hallaç, O., (1991), Kantitatif Karar Verme Teknikleri, Evrim Dağıtım, İstanbul.

Hillier, F.S., Liberman, G.V., (1974), Operation Research, Holdenday Inc, San Fransisco, U.S.A.

İTÜ., (1995), Derince Limanı Konteyner Terminali Fizibilite Raporu, İstanbul.

JICA., (1994), Method Of Port Planning (Revised Edition), Port And Harbour Engineering II, Tokyo.

JICA., (1994), Financial Analysis, Port And Harbour Engineering II, Tokyo.

JICA., (1994), Container Terminal, Port And Harbour Engineering II, Tokyo.

JICA., OCDE., (1996), The Master Plan Study For The Ports Development At The Sea Marmara In The Republic Of Turkey , Interim Report I,II, September 1996, Ankara.

JICA., OCDE., (1997), The Master Plan Study For The Ports Development At The Sea Marmara In The Republic Of Turkey , Final Report I,II, September 1997, Ankara.

Kanafani, A.K., (1972), "Location Model For Parking Facilities", Transportation Engineering Journal, Proceeding Of The American Society Of Civil Engineers, TE 1: 117-129.

Karayalçın, İ. İ., (1979), Harekat Araştırması, Fatih Yayınevi Matbaası, İstanbul.

Kaufmann, A., (1964), Methods And Models Of Operations Research, Prentice-Halls, Inc. UK. Englewood Cliffs, NJ.

Keskinel, F., Karadayı, H., (1992), Açıklamalı Örneklerle Fortran IV Ve Fortran 77, Sekizinci Baskı, Birsen Yayınevi, İstanbul.

Kutlu, K., (1967), Trafik Tekniği, İTÜ Matbaası, İstanbul.

Meissner, L. P., Organick, E. I., (1984), Fortran 77, Addison-Wesley Publishing Company, Don Mills, California, Sydney, Ontario.

OCDE., (1990), Text Book Forum Port Planning And Development, October 1990, Antalya.

Özen, S., (1994), Limanlarda Optimum İşletme Ve Kapasite Koşulları, Mersin Deniz Ticareti Sayı:22-25, Mart- Haziran 1994, Mersin.

Salman, G., (1980), Liman Ve Deniz İşletmeciliği, Y.D.O. Yayınları, No:3, İstanbul.

TCDD., (1995), Haydarpaşa Liman Hizmetleri Tarifesi, Ankara.

TCDD., (1997), TCDD Limanları Konteyner Hizmet Tarifesi, Ankara.

Taha, N., (1975), Operations Research An Introduction, Mc Millian Publishers, London.

Temel Araştırma., (1994), Derince Limanı Konteyner Terminali Geoteknik Raporu, İstanbul.

UNCTAD., TD/B/C.4/175, (1978), Port Development.

Wang, G. H., (1976), Annual And Qarterly Models Of Freight Transportation Aggregates, Freight Transportation, U.S. Department Of Transportation, Massachusetts.

Winston, W.L., (1991), Operations Research, PWS-Kent Publishing Company, Boston.

Wright, P.H., Ashford, N.J., (1989), Tranportation Engineering Planning And Design (3. Edition).

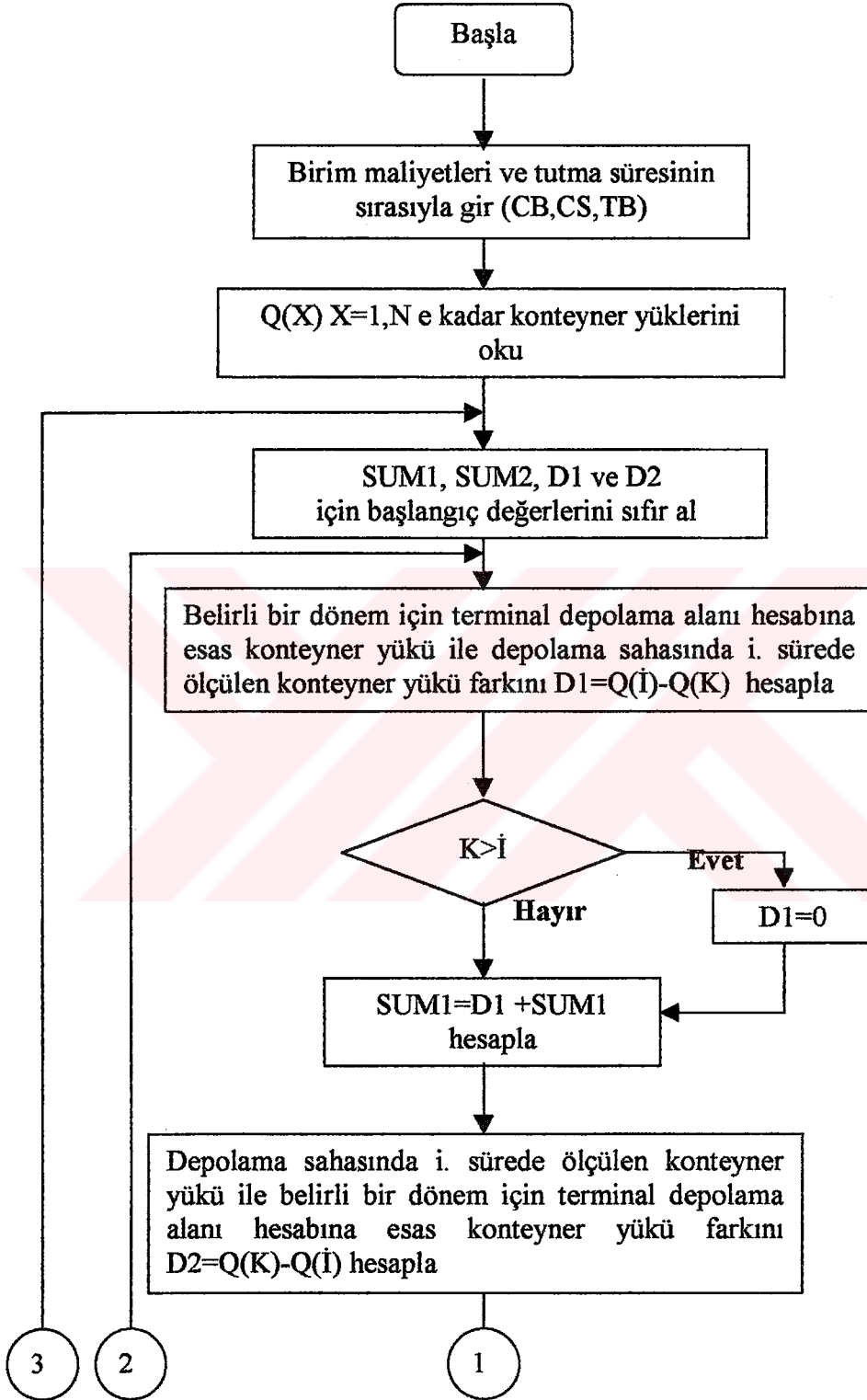
YU, J.C., (1982), Tranportation Engineering Planning And Design (3. Edition).

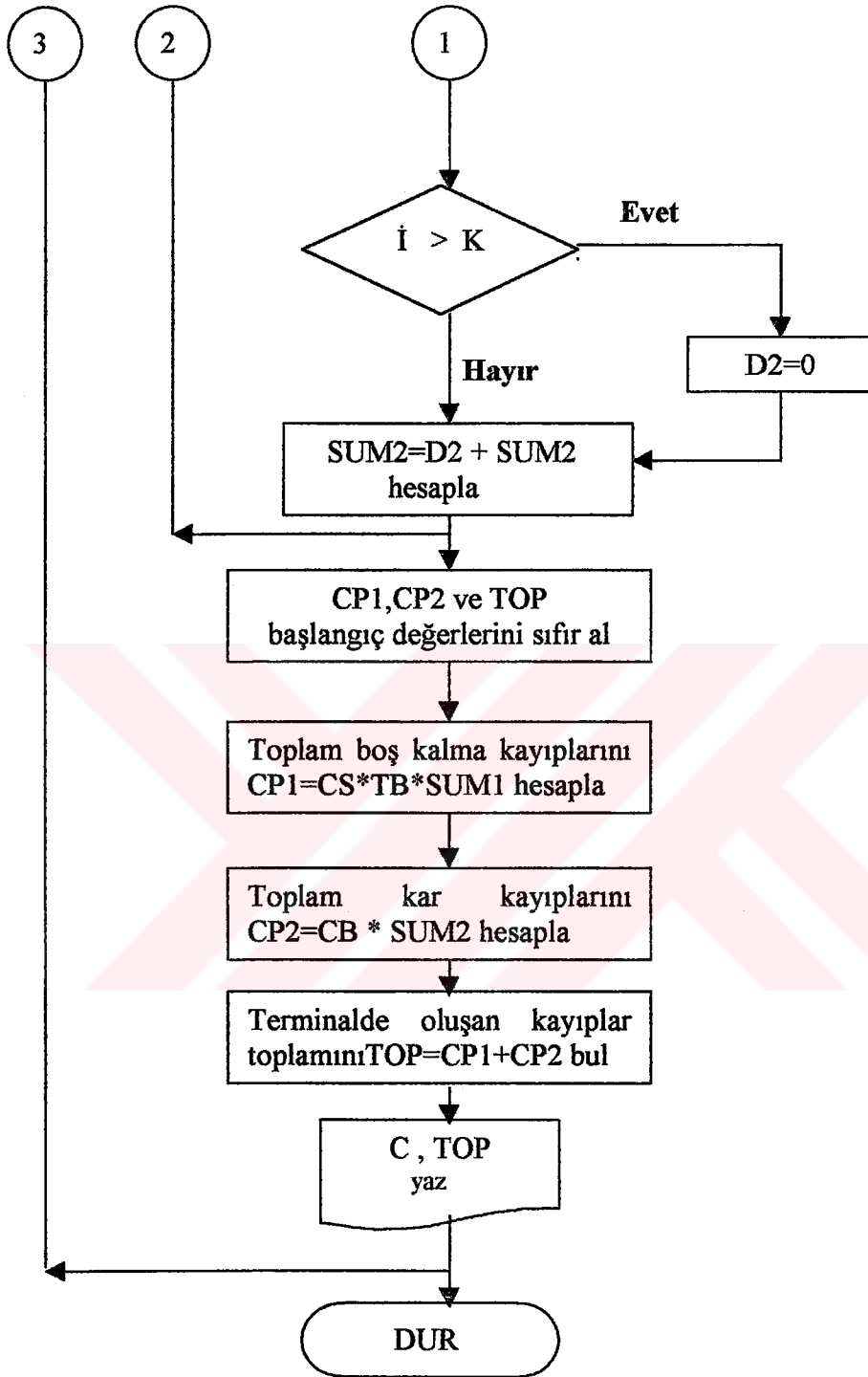


**EKLER**



## Ek1 Program akış diyagramı





## Ek 2 Modele ait program yazılımı


```

PROGRAM OPT
REAL N
REAL Q(10000),CP1,CP2,D1,D2,SUM1,K,I,SUM2, TOP, CB, CS, TB
PRINT*, 'CB,CS, VE TB'Yİ SIRASIYLA GİRİNİZ'
READ*, 'KAC DEGER GİRECEKSİNİZ'
READ*, N
PRINT*, 'PROGRAM', N, 'TANE TOPLAM YAZACAK'
PRINT*, 'DEGERLERİ SIRASIYLA GİRİNİZ'

DO 1 X = 1,N
READ*, Q(X)
1 CONTINUE
DO 4 I = N,1,-1
SUM1=0
SUM2=0
D1=0
D2=0
DO 3 K=1,N
D1=Q(I)-Q(K)
IF (D1.1T.0) THEN
D1=0
ENDIF
SUM 1=SUM1+D1
D2 = Q(K)-Q(I)
IF(D2.1T.0) THEN

```

```
D2=0
ENDIF
SUM2=SUM2+D2
3 CONTINUE
CP1=0
CP2=0
TOP=0
CP2=CB*SUM2
CP1=CS*TB*SUM1
TOP=CP1+CP2
PRINT*, 'C=', TOP
4 CONTINUE
STOP
END
```





**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi	22.07.1958
Doğum yeri	Adana
Lise	1972-1975 Adana Yapı Meslek ve İnşaat Teknik Lisesi
Lisans	1975-1979 Konya Devlet Mühendislik ve Mimarlık Akademisi (Selçuk Üniversitesi) İnşaat Mühendisliği Bölümü
Yüksek lisans	1979-1981 İstanbul Devlet Mühendislik Ve Mimarlık Akademisi İnşaat Fakültesi (Yıldız Teknik Üniversitesi) Yapı Dalı
Doktora	1983-1999 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı Hidrolik Programı
Çalıştığı kurumlar	
1981-1982	TCDD Genel Müdürlüğü 1.Bölge Müdürlüğünde Kontrol Mühendisi
1982-1986	Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Anabilim Dalı ve Hidrolik Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi
1986-devam ediyor	(DLH) Demiryollar , Limanlar ve Hava Meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü 4. Bölge Müdürlüğünde Proje Mühendisi

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**