

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**RO-RO TERMİNALLERİNİN SİMÜLASYON MODELLEMESİ YÖNTEMİ İLE
KAPASİTE ANALİZLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Emin Deniz ÖZKAN

Deniz Ulaştırma Mühendisliği Anabilim Dalı

Deniz Ulaştırma Mühendisliği Programı

MAYIS 2014

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**RO-RO TERMİNALLERİNİN SİMÜLASYON MODELLEMESİ YÖNTEMİ İLE
KAPASİTE ANALİZLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Emin Deniz ÖZKAN
(512121014)**

Deniz Ulaştırma Mühendisliği Anabilim Dalı

Deniz Ulaştırma Mühendisliği Programı

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Nil GÜLER
Eş Tez Danışmanı: Doç. Dr. Selçuk NAS**

MAYIS 2014

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 512121014 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Emin Deniz ÖZKAN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**RO-RO TERMİNALLERİNİN SİMÜLASYON MODELLEMESİ YÖNTEMİ İLE KAPASİTE ANALİZLERİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Nil GÜLER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Eş Danışman : **Doç. Dr. Selçuk NAS**
Dokuz Eylül Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Adnan PARLAK**
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Özcan ARSLAN
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Tanzer SATIR
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **5 Mayıs 2014**
Savunma Tarihi : **28 Mayıs 2014**

ÖNSÖZ

Bu tez; Dokuz Eylül Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (BAP) 2013.KB.FEN.019 numaralı “Teknik Seyir Hizmetlerinde Kaynakların Simülasyon Modellemesi Yöntemiyle Optimizasyonu” projesi kapsamında DEÜ, Denizcilik Fakültesi’ne kazandırılan Promodel 2011 simülasyon yazılımı kullanılarak hazırlanmıştır.

Tezimin araştırma safhalarında desteklerini esirgemeyen, bilgilerini paylaşarak tezime katkıda bulunan U.N. RO-RO İşletmeleri A.Ş.’ne; Çeşme Limanı’nda gözlem ve araştırma yapmama izin veren ve bilgilerini benimle paylaşan Ulusoy Çeşme Liman İşletmesi A.Ş.’ne; U.N. RO-RO İşletmeleri A.Ş. yetkilisi sayın Bülent Cihangiroğlu’na, Ulusoy Çeşme Liman İşletmesi A.Ş. yetkilisi sayın Celal Ulaş’a yardımlarından dolayı teşekkürlerimi sunarım. Tezimin akademik olarak desteklenmesinde yardımını esirgemeyen sayın Öğr. Gör. Emre Uçan’a ve tez çalışmam süresince benden manevi desteklerini esirgemeyen mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tez çalışmam sürecinde vermiş olduğu fikirler ve göstermiş oldukları yoğun destek ve yardımlarından dolayı değerli eş danışman hocam sayın Doç. Dr. Selçuk Nas’a ve değerli danışman hocam sayın Prof. Dr. Nil Güler’e teşekkür ederim.

Mayıs 2014

Emin Deniz ÖZKAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	2
2. RO-RO TAŞIMACILIĞINA GENEL BİR BAKIŞ.....	3
2.1 Ro-Ro Taşımacılığı Tarihi	3
2.2 Dünya’da Ro-Ro Taşımacılığı.....	5
2.3 Türkiye’de Ro-Ro Taşımacılığı.....	7
2.4 Avrupa’da Ro-Ro Taşımacılığı ve Kısa Mesafeli Denizyolu Taşımacılığı	10
2.5 Ro-Ro Taşımacılığının Avantaj ve Dezavantajları	15
2.5.1 Avantajları.....	15
2.5.2 Dezavantajları	16
2.6 Ro-Ro Gemilerinin Tarihsel Gelişim Süreci ve Ro-Ro Gemi Tipleri.....	17
2.6.1 Ro-Ro gemilerinin tarihsel gelişim süreci	17
2.6.2 Ro-Ro gemi tipleri	18
2.6.2.1 PCC, PCTC, LCTC ve klasik Ro-Ro gemileri.....	19
2.6.2.2 Ro-Ro gemilerinin çeşitleri	22
Ro-Pax (Roll on – Roll off and Passenger).....	22
Con-Ro (Container and Ro-Ro)	23
Ro-Lo (Roll on/off – Lift on/off)	23
Tren Feribotu.....	23
LMSR (Large, Medium-Speed Roll on/Roll off).....	24
3. RO-RO TERMİNALLERİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ, YÜKLEME/BOŞALTMA OPERASYONLARI, TERMİNAL TİPLERİNE GÖRE KAPASİTE ANALİZLERİNE YAKLAŞIMLAR	25
3.1 Ro-Ro Terminalleri ve Genel Özellikleri	25
3.2 Ro-Ro Terminallerinde Yükleme/Boşaltma Operasyonları	27
3.2.1 Gemi rampaları ve gemi ile rıhtım arasındaki yükleme köprüsü bağlantıları	29
3.2.2 Ro-Ro taşımacılığında yükler ve yük taşıyıcıları.....	31
3.2.2.1 Roll-treyler (mafi-treyler)	31
3.2.2.2 Semi-treyler (yarı römork)	32
3.2.2.3 Tır (çekici + semi-treyler/treyler)	33
3.2.2.4 Terminal çekicisi (tugmaster)	33

3.3 Ülkemiz Ro-Ro Terminallerine Örnekler	34
3.3.1 Pendik Ro-Ro terminali.....	34
3.3.2 Çeşme limanı.....	35
3.4 Terminal Tiplerine Göre Kapasite Analizlerine Yaklaşımlar	37
3.4.1 Havayolu terminallerinde kapasite analizlerine yaklaşımlar	37
3.4.2 Demiryolu terminallerinde kapasite analizlerine yaklaşımlar.....	39
3.4.3 Denizyolu terminallerinde kapasite analizlerine yaklaşımlar	39
3.4.3.1 Konteyner terminallerinde kapasite analizlerine yaklaşımlar	39
3.4.3.2 Dökme yük terminallerinde kapasite analizlerine yaklaşımlar	42
3.4.3.3 Ro-Ro terminallerinde kapasite analizlerine yaklaşımlar	43
4. SİMÜLASYON MODELLEMESİ VE TERMİNAL TİPLERİNE GÖRE	
KAPASİTE ANALİZLERİNE YAKLAŞIMLAR	45
4.1 Simülasyon Modellemesi	45
4.1.1 Sistem, model, simülasyon ve modelleme	45
4.1.2 Simülasyon modellemesi ve önemi	49
4.1.2.1 Simülasyonun yapılma amaçları ve avantajları.....	51
4.1.2.2 Simülasyonun dezavantajları.....	53
4.1.2.3 Model kurma	54
Problem analizi ve bilgi toplama.....	54
Veri toplama	54
Model inşası	54
Model doğrulama	55
Model geçерleme	55
Simülasyon deneylerinin tasarımı ve yürütülmesi	55
Çıktı analizi	55
Son tavsiyeler	56
4.2 Denizcilikte Simülasyon ve Önemi	56
5. RO-RO TERMİNALLERİNİN SİMÜLASYON MODELLEMESİ	
YÖNTEMİ İLE KAPASİTE ANALİZLERİNE YÖNELİK BİR UYGULAMA	
.....	59
5.1 Araştırmanın Amacı	59
5.2 Araştırmanın Önemi	59
5.3 Araştırmanın Yöntemi	60
5.4 Araştırmanın Süreci.....	60
5.5 Ro-Ro Terminal Operasyonunun Modeldenmesi.....	62
5.5.1 Sistemi tanımak.....	62
5.5.2 Sistemin algoritması.....	63
5.5.3 Simülasyon yazılımı	64
5.5.4 Modelleme yaklaşımı	65
5.5.5 Varsayımlar	66
5.5.6 Sistem verilerinin tespit edilmesi	66
5.5.6.1 Gemi kalkış ve gemi yanaşma operasyonları	67
5.5.6.2 Yükleme ve boşaltma operasyonları	68
5.6 Modelin Doğrulanması.....	69
5.7 Simülasyonun Çalıştırılması ve Çıktı Analizi	70
5.7.1 Değişkenlerin seçimi ve senaryoların üretilmesi	70
5.7.1.1 Senaryo 1 : Tır gelişlerinin terminal kapasitesine etkisinin analizi ...	71
5.7.1.2 Senaryo 2 : Terminaller arası mesafenin terminal kapasitesine etkisinin analizi	75

5.7.1.3 Senaryo 3 : Gemi kapasitesinin terminal kapasitesine etkisinin analizi	78
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	83
KAYNAKLAR	89
EKLER.....	97
ÖZGEÇMİŞ.....	135

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
CEU	: Car Equivalent Unit
Con-Ro	: Container and Roll-on/Roll-off
D	: Deneme
DEA	: Data Envelopment Analysis
DPA	: Designated Person Ashore
FIFO	: First in First Out
GMDSS	: Global Maritime Distress and Safety System
GRT	: Gross Register Tonnage
IMDG	: International Maritime Dangerous Goods Code
IMO	: International Maritime Organization
KMDT	: Kısa Mesafeli Denizyolu Taşımacılığı
LCTC	: Long Car and Truck Carriers
LMSR	: Large, Medium-Speed Roll-on/Roll-off
Lo-Lo	: Lift-on/Lift-off
LoS	: Level of Service
LoU	: Level of Usage
m	: metre
PCC	: Pure Car Carrier
PCTC	: Pure Car and Truck Carrier
PIANC	: Permanent International Association of Navigation Congresses
Ro-Lo	: Roll-on/Roll-off and Lift-on/Lift-off
Ro-Pax	: Roll-on/Roll-off and Passenger
Ro-Ro	: Roll-on/Roll/off
ROV	: Remotely Operated Underwater Vehicle
SCADS	: Shipborne Containerized Air-Defense System
TEM	: Trans-European Motorways
UND	: Uluslararası Nakliyeciler Derneği

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : 2013 yılı yurtdışı bağlantılı düzenli hatlarda uğrayan Ro-Ro gemi ve taşınan araç sayısı	8
Çizelge 2.2 : Kabotaj hattında taşınan araç miktarı ve araç adeti $\times$ mil	10
Çizelge 2.3 : 2011 yılında Avrupa'nın KMDT kapsamındaki en büyük beş Ro-Ro terminali ve elleçleme kapasiteleri (milyon ton cinsinden).....	12
Çizelge 2.4 : 2011 yılında Türkiye, Norveç ve Avrupa Birliği ülkelerindeki kısa mesafeli deniz yolu taşımacılığında, yük tipine göre yapılan taşımalar (milyon ton cinsinden)	13
Çizelge 2.5 : 2011 yılında, Avrupa ülkelerine kıyısı olan deniz ve okyanuslarda yapılan taşımalar (milyon ton cinsinden).....	14
Çizelge 3.1 : Mafi-trailer taşıma kapasiteleri ve boyutları	32
Çizelge 3.2 : 2009 – 2013 yılları arası Çeşme – Trieste Ro-Ro hattındaki ihracat verileri	35
Çizelge 3.3 : 2009 – 2013 yılları arası Çeşme – Trieste Ro-Ro hattındaki ithalat verileri	35
Çizelge 5.1 : Tır geliş sayısına göre terminallerde biriken maksimum tır sayılarının % 95 güven düzeyindeki güven aralığı değerleri.....	73
Çizelge 5.2 : Terminallere gelen tır sayısı ile terminallerde biriken maksimum tır sayısı arasındaki ilişkinin tespitine yönelik yapılan korelasyon analizi.	73
Çizelge 5.3 : Terminaller arası mesafeye göre terminallerde biriken maksimum tır sayılarının % 95 güven düzeyindeki güven aralığı değerleri.....	76
Çizelge 5.4 : Terminaller arası mesafe ile terminallerde biriken maksimum tır sayısı arasındaki ilişkinin tespitine yönelik yapılan korelasyon analizi	77
Çizelge 5.5 : Gemi kapasitesine göre terminallerde biriken maksimum tır sayılarının % 95 güven düzeyindeki güven aralığı değerleri.....	79
Çizelge 5.6 : Gemi kapasitesi ile terminallerde biriken maksimum tır sayısı arasındaki ilişkinin tespitine yönelik yapılan korelasyon analizi	80

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Yıllara göre, yüzde olarak küresel bazda Ro-Ro filo kullanımı ve tahmini.	6
Şekil 2.2 : Dünya genelinde kısa mesafeli Ro-Ro taşımacılığı yapılan bölgeler.....	7
Şekil 2.3 : Deniz otobanları.	11
Şekil 2.4 : Ro-Ro gemi büyüklüklerinin lanemeter cinsinden yıllara göre değişimi.	18
Şekil 2.5 : Ro-Ro gemi tiplerinin güverte yükseklik konfigürasyonları.....	20
Şekil 2.6 : Ro-Ro gemisi.....	21
Şekil 2.7 : Kıç omuzluk rampası.....	22
Şekil 2.8 : Ro-Pax gemisi.	22
Şekil 3.1 : Tırlar için gerekli alan	27
Şekil 3.2 : Ro-Ro terminalinde alt sistemler.....	28
Şekil 3.3 : Kıç rampa tipleri.....	29
Şekil 3.4 : Dört ana tip yükleme köprüsü.	30
Şekil 3.5 : Semi-treyler ölçüleri.	32
Şekil 3.6 : Çekici ve semi-treyler/treyler kombinasyonları.	33
Şekil 3.7 : Terminal çekicisi (tugmaster).....	34
Şekil 3.8 : Fil ayakları.....	37
Şekil 4.1 : Sistem temel bileşenleri.	46
Şekil 4.2 : Bir simülasyon modelinin temel bileşenleri.....	47
Şekil 4.3 : Modelleme ve simülasyonda temel varlıklar ve ilişkileri.	48
Şekil 5.1 : Araştırma metodolojisinin ana adımları.	61
Şekil 5.2 : Sistemin algoritması.	63
Şekil 5.3 : Gemi kalkış sürelerinin dağılımı (dakika).....	67
Şekil 5.4 : Gemi yanaşma sürelerinin dağılımı (dakika).	68
Şekil 5.5 : Araç başına yükleme sürelerinin dağılımı (dakika).	68
Şekil 5.6 : Araç başına boşaltma sürelerinin dağılımı (dakika).....	69
Şekil 5.7 : Terminal kapasitesinin incelenmesinde kullanılan değişkenler.	71
Şekil 5.8 : Tır geliş sayısına göre terminallerde biriken maksimum tır sayılarının güven aralığı değerlerinin dağılım grafiği.....	74
Şekil 5.9 : Terminaller arası mesafeye göre terminallerde biriken maksimum tır sayılarının güven aralığı değerlerinin dağılım grafiği.....	78
Şekil 5.10 : Gemi kapasitesine göre terminallerde biriken maksimum tır sayılarının güven aralığı değerlerinin dağılım grafiği.....	81

RO-RO TERMINALLERİNİN SİMÜLASYON MODELLEMESİ YÖNTEMİYLE KAPASİTE ANALİZLERİ

ÖZET

Ro-Ro kelimesi, Roll-on/Roll-off kelime grubunun kısaltılmış halinden oluşmaktadır. Ro-Ro taşıma sisteminde kendi hareket kabiliyeti olan veya olmayan yükler, rampalar ve köprü bağlantıları aracılığıyla tekerlekler üzerinden gemiye giriş ve gemiden çıkış yapmaktadır. Ro-Ro taşımacılığı nakliyeciler firmalara ve sürücülere sağladığı önemli avantajların yanısıra çevreci bir taşıma sistemidir. Ro-Ro taşımacılığında yükleme/boşaltma süresi diğer denizyolu taşıma türlerine göre daha düşüktür ve gemilerin limanda kalış süreleri daha kısa olmaktadır. İntermodal taşımacılığın önemli bir ayağı olan Ro-Ro taşımacılığı özellikle Avrupa’da, “Kısa Mesafeli Denizyolu Taşımacılığı” kavramının gelişmesi ile birlikte etkin şekilde kullanılmaya başlamıştır.

Ro-Ro terminalleri, çekici eşliğinde veya çekicisiz treyler ile servis edilen yüklere veya hem yük hem de yolcu taşıtı/yaya yolcu durumlarında servis verecek şekilde dizayn edilebilmektedirler. Ro-Ro terminallerinin çoğu zaman karşılaştığı bir problem; terminalin, terminale ulaşan yükün kabulü ve işlemini yapacak durumda olmamasıdır. Bu durum esasen; yetersiz terminal girişi sayısına, gümrük kontrol birimlerine, terminaldeki yetersiz park alanına vb. etkenlere bağlı olarak oluşmaktadır.

Ro-Ro işletmecilerinin karşılaştığı en büyük sorunlardan biri, yeterli terminal alanı bulmaktır. Ro-Ro yükleri üst üste istiflenemediğinden dolayı “terminal kapasitesi” faktörü, Ro-Ro terminalleri için hayati önem taşımaktadır ve araçlar için tahsis edilecek alanın hesaplanması gerekmektedir.

Ro-Ro taşımacılığında, yükleme/boşaltma operasyonlarının diğer denizyolu operasyonlarına göre daha hızlı gerçekleşmesine karşın, “terminaller arası mesafe”, “gemi kapasitesi” ve “bir yılda terminale gelen tır sayısı” gibi değişkenler Ro-Ro terminal kapasitesini etkileyebilmekte ve terminal kapasitesi yetersizliği meydana gelebilmektedir. Buradan hareketle çalışmada, Ro-Ro terminal operasyonları incelenmiş ve Promodel 2011 simülasyon programı kullanılarak terminal kapasitesini etkileyen ve yukarıda sıralanan değişkenlerin terminal sahasında biriken maksimum tır sayısına olan etkileri incelenmiştir. Sonuç olarak, Ro-Ro terminal kapasitesinin tespitine yönelik teorik bir model ortaya konması hedeflenmiştir. Bu amaç ve hedef doğrultusunda Türkiye’nin önemli Ro-Ro terminalleri olan Pendik ve Çeşme terminalleri incelenmiş, yetkililerle yüzyüze görüşmeler yapılmış ve Çeşme terminalinde gemi tahliye operasyonları yerinde incelenmiştir. Çalışmada terminal kapasitesi, terminallerde biriken maksimum tır sayısı olarak kabul edilmiş ve taşınan yük olarak yalnızca 15 m uzunluğundaki tırlar referans alınmıştır.

Çalışmada simülasyon modellemesi yöntemi kullanılmış ve gerçek bir sistemden elde edilen verileri simülasyon programında girdi verisi olarak kullanmak üzere,

U.N. RO-RO İşletmeleri A.Ş. firmasından 1 yıllık Statement of Facts (olay raporu) verileri alınmıştır. Ro-Ro terminal operasyonlarının model kurulumu tamamlandıktan sonra model doğrulama işlemine geçilmiştir. Simülasyon modeli çalıştırılırken, çalışma hızı yavaşlatılarak modelin işleyişi gözlemlenmiş ve istenilen sonuçların bir göstergesi olarak gerekli yerlere sayaçlar konulmuştur. Bu işlem modeldeki hatalar düzeltilene kadar tekrarlanmıştır. Model doğrulama işleminden sonra analiz kısmına geçilmiştir. Terminallere bir yılda gelen tır sayısı, terminaller arası mesafe ve gemi kapasitesi değişkenlerinin terminalde biriken maksimum tır sayısını nasıl etkilediği incelenmiştir. Her bir analizde, değişkenler artırılarak senaryolar üretilmiştir. Her bir senaryo, bir yıl süresince 20 tekrarda çalıştırılmıştır. Her bir senaryoda, karşılıklı iki terminal olduğundan dolayı, her biri bir yıl süresince çalıştırılan 40 adet simülasyon deneyi çıktısı elde edilmiştir. Elde edilen 40 deney çıktısından terminallerde biriken maksimum tır sayıları belirlenmiş, bu değerlerin güven aralığı hesaplanmıştır. Güven aralığı içerisinde oluşan maksimum değer, terminallerde biriken maksimum tır sayısı yani terminal kapasitesi olarak kabul edilmiştir.

Simülasyon çıktı analizlerinden çıkarılan sonuçlar şu şekildedir:

- Yapılan korelasyon analizine göre “bir yılda terminallere gelen tır sayısı” ile “terminalde biriken maksimum tır sayısı” arasında anlamlı, pozitif ve yüksek düzeyde bir ilişki tespit edilmiştir. Ayrıca terminaller arası mesafenin 160 deniz mili, Ro-Ro gemi kapasitesinin 200 tır kabul edildiği ve terminallere yılda 10000 tır gelişinin olduğu bir durumda, 178 tırlık (en az 10680 m²'lik) bir terminal kapasitesi gerekmektedir. Yine aynı sabitlerle, terminallere yılda 28000 tır gelişinin olduğu durumda ise, 313 tırlık (en az 18780 m²'lik) bir terminal kapasitesi gerekmektedir. SPSS 20 programında, terminallerde biriken maksimum tır sayılarının güven aralığı üst ve alt değerlerinin “eğri uygunluğu” analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucunda, güven aralığı üst ve alt değerlerinin üssel bir dağılım gösterdiği tespit edilmiştir.
- Yapılan korelasyon analizine göre “terminaller arası mesafe” ile “terminalde biriken maksimum tır sayısı” arasında anlamlı, pozitif ve yüksek düzeyde bir ilişki tespit edilmiştir. Ayrıca bir yılda terminallere gelen tır sayısının 20000, Ro-Ro gemi kapasitesinin 200 tır kabul edildiği ve terminaller arası mesafenin 80 deniz mili olduğu durumda, 278 tırlık (en az 16680 m²'lik) bir terminal kapasitesi gerekmektedir. Yine aynı sabitlerle, terminaller arası mesafenin 1120 deniz mili olduğu durumda ise, 355 tırlık (en az 21300 m²'lik) bir terminal kapasitesi gerekmektedir. SPSS 20 programında, terminallerde biriken maksimum tır sayılarının güven aralığı üst ve alt değerlerinin “eğri uygunluğu” analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucunda, güven aralığı üst ve alt değerlerinin polinomial bir dağılım gösterdiği tespit edilmiştir.

- Yapılan korelasyon analizine göre “Ro-Ro gemi kapasitesi” ile “terminalde biriken maksimum tır sayısı” arasında anlamlı, pozitif ve yüksek düzeyde bir ilişki tespit edilmiştir. Ayrıca bir yılda terminallere gelen tır sayısının 20000, terminaller arası mesafenin 160 deniz mili kabul edildiği ve Ro-Ro gemi kapasitesinin 80 tır olduğu durumda, 245 tırlık (en az 14700 m²’lik) bir terminal kapasitesi gerekmektedir. Yine aynı sabitlerle, Ro-Ro gemi kapasitesinin 240 tır olduğu durumda ise, 275 tırlık (en az 16500 m²’lik) bir terminal kapasitesi gerekmektedir. SPSS 20 programında, terminallerde biriken maksimum tır sayılarının güven aralığı üst ve alt değerlerinin “eğri uygunluğu” analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucunda, güven aralığı üst ve alt değerlerinin üssel bir dağılım gösterdiği tespit edilmiştir.

Korelasyon analizi sonuçlarına göre; Pearson korelasyon katsayısı diğer değişkenlere göre daha büyük olan ($r = 0,959$) “bir yılda terminallere gelen tır sayısı” değişkeninin, terminal kapasitesini en çok etkileyen değişken olduğu sonucuna varılmıştır.

CAPACITY ANALYSIS OF THE RO-RO TERMINALS BY USING SIMULATION MODELLING METHOD

SUMMARY

The abbreviation of “Ro-Ro” consists of shortened form of word group of Roll-on/Roll-off. In Ro-Ro transport system, the cargoes which have or have not mobility is loaded into and discharged from the ship on the wheels through the ship ramps and linkspans. Especially in the international road transport, the Ro-Ro transport which is an important alternative to the road transport has many advantages with regards to transport companies, drivers and the environment. In terms of transport companies, the Ro-Ro transport reduces costs, eliminates the traffic problem and the congestions at the border crossings, shortens distances and reduces the depreciation of the vehicles. The performance of the drivers is increased as a result of the resting and the risk of the accident is reduced. In addition, as a result of lower emission releasing to the atmosphere it can be said that the Ro-Ro transport is an environment-friendly transport system.

The Ro-Ro transport which is an important part of the intermodal transport has begun to be used effectively with the development of “Short Sea Shipping” concept in Europe. When compared with the road transport, Short Sea Shipping can be rival to the road transport in terms of cost and time. This situation is true especially when Ro-Ro or Ro-Pax ships and motorways of the sea routes which link two ports are used.

In general, a Ro-Ro ship is a ship that enables loading and discharging automobiles, lorries, semi-trailers, roll-trailers, semi-trailer trucks etc. through bow ramps, stern ramps or side ramps. Ro-Ro ships are divided into three classes: Ro-Ro ships, PCC (Pure Car Carrier) ships and PCTC (Pure Car and Truck Carrier) ships. PCC ships are designed to carry automobiles and similar light cargoes as efficient as possible. PCTC ships are designed to carry both automobiles and semi-trailer trucks. Ro-Ro ships are designed especially to carry heavy/high cargoes, the cargoes that are not carried by containers and automobiles as well.

There are different variations of Ro-Ro ships in terms of cargo type that carried: Ro-Pax (Roll on-Roll off and Passenger) ships, Con-Ro (Container and Ro-Ro) ships, Ro-Lo (Roll on/off – Lift on/off) ships, train ferries and LMSR (Large, Medium-Speed Roll-on/Roll-off) ships. Ro-Pax ships are used generally in Short Sea Shipping and these type of ships can carry vehicles, wheeled cargoes and also passengers. Con-Ro ships are multi-purpose ships that are mixture of container and Ro-Ro ships. They can carry vehicles and wheeled cargoes in their holds and also containers above their holds at the same time. In Ro-Lo ships, vehicles and wheeled cargoes are carried in decks which allocated for vehicles. Other cargoes are carried in separate decks and they are loaded/unloaded by cranes. Train ferries which have rails on their decks are designed to carry trains.

Ro-Ro terminals can be designed for cargoes that have towing unit or have not towing unit and for both cargoes and passengers. It is a problem faced by most of the time in the Ro-Ro terminals that the terminal can not receive the arriving cargoes. This situation basically occurs depending on inadequate number of terminal gates, parking space and customs control units.

Carried cargoes in the Ro-Ro transport are automobiles, lorries, buses, wheeled cargoes, heavy and high cargoes, the cargoes that are not carried by containers etc. In the Ro-Ro transport, some of cargo carriers which are designed for the cargoes that have not its own wheels or have not its own towing unit are roll-trailer (mafi-trailer), semi-trailer, semi-trailer truck (towing unit + semi-trailer/trailer), terminal tractor (tugmaster) etc.

According to IMO, the difficulties encountered during the loading process in Ro-Ro operations are stowage of cargo on deck, the variety of vehicles and cargo carried, the design of trailers and containers, securing the cargo within the unit, the lack of transverse bulkheads, arrangement of the best loading conditions, stability and rolling periods.

One of the biggest problems encountered by Ro-Ro operators is finding an adequate terminal area. The terminal capacity factor is of vital importance for Ro-Ro terminals since Ro-Ro cargoes is not suitable for stacking. The area to be allocated for vehicles must be calculated.

Although loading and unloading operations in Ro-Ro operations are faster than other types of maritime operations, some variables such as “distance between terminals”, “ship capacity”, “frequency of vehicles that arrived to the terminal” can affect the Ro-Ro terminal capacity and inadequacy of terminal capacity may occur. From this point of view in this thesis, Ro-Ro terminal operations were studied and it was analyzed that how variables listed above have an impact on the maximum number of semi-trailer trucks accumulated in the terminal area. As a result, it was aimed to producing a theoretical model for determination of the Ro-Ro terminal capacity. For this purpose, Pendik and Çeşme Ro-Ro terminals which are major Ro-Ro terminals of Turkey were observed. The face to face interviews have been done with the terminal authorities and a discharging operation was observed in Çeşme Ro-Ro terminal. In this thesis, terminal capacity was accepted as the maximum number of semi-trailer trucks accumulated in the terminals and only semi-trailer trucks that have length of 15 meter were taken into account as carried cargoes.

In this thesis, “Promodel 2011” simulation program was used. Promodel 2011 enables scenario simulation and has the capability of a good animation. Through these opportunities of the program, researchers who engaged in modelling can see interactions between different sub-processes and they are able to understand the working of these processes.

In this thesis, simulation modelling method was used and an annual data (Statement of Facts) were taken from U.N. RO-RO İşletmeleri A.Ş. for using in the simulation program. After the model setup of Ro-Ro terminal operations, model verification process has been done. While running the simulation model, functioning of the model was monitored by slowing down its operation speed and counters were put on the required places as an indicator of desired results. This process was repeated several times until the model errors were fixed. The analysis was done after the model verification process. It is examined that how variables of the frequency of vehicles that arrived to the terminal, the distance between terminals and ship capacity

affect the maximum number of semi-trailer trucks accumulated in the terminals. In each analysis, the scenarios were produced by increasing of the variables. Each scenario was run 20 times for one year. In each scenario, 40 outputs of simulation experiments were obtained since there was two terminals. The maximum numbers of semi-trailer trucks accumulated in the terminals was determined from 40 outputs. The confidence interval of the maximum numbers was calculated. The maximum value in the confidence interval has been considered as the maximum number of semi-trailer trucks accumulated in the terminals in other words the terminal capacity.

The conclusions of simulation output analysis are as follows:

- According to the results of the correlation analysis meaningful, positive and high level of correlation was determined between the frequency of vehicles that arrived to the terminal in a year and the maximum number of semi-trailer trucks accumulated in the terminals. In addition, in the case of the distance between terminals is 160 nautical mile, Ro-Ro ship capacity is 200 semi-trailer trucks and the frequency of vehicles that arrived to the terminal in a year is 10000 semi-trailer trucks, the terminal capacity for 178 semi-trailer trucks (at least 10680 square meters of terminal area) is needed for a Ro-Ro terminal. Once again with the same constants, in the case of the frequency of vehicles that arrived to the terminal in a year is 28000 semi-trailer trucks, the terminal capacity for 313 semi-trailer trucks (at least 18780 square meters of terminal area) is needed for a Ro-Ro terminal. The curve fit analysis of confidence interval values of the maximum number of semi-trailer trucks accumulated in the terminals was done in SPSS 20. As a result of this analysis, it was determined that confidence interval values show an exponential distribution.
- According to the results of the correlation analysis meaningful, positive and high level of correlation was determined between the distance between terminals and the maximum number of semi-trailer trucks accumulated in the terminals. In addition, in the case of the frequency of vehicles that arrived to the terminal in a year is 20000 semi-trailer trucks, Ro-Ro ship capacity is 200 semi-trailer trucks and the distance between terminals is 80 nautical mile, the terminal capacity for 278 semi-trailer trucks (at least 16680 square meters of terminal area) is needed for a Ro-Ro terminal. Once again with the same constants, in the case of the distance between terminals is 1120 nautical mile, the terminal capacity for 355 semi-trailer trucks (at least 21300 square meters of terminal area) is needed for a Ro-Ro terminal. The curve fit analysis of confidence interval values of the maximum number of semi-trailer trucks accumulated in the terminals was done in SPSS 20. As a result of this analysis, it was determined that confidence interval values show a polynomial distribution.
- According to the results of the correlation analysis meaningful, positive and high level of correlation was determined between Ro-Ro ship capacity and the maximum number of semi-trailer trucks accumulated in the terminals. In addition, in the case of the frequency of vehicles that arrived to the terminal in a year is 20000 semi-trailer trucks, the distance between terminals is 160 nautical mile and Ro-Ro ship capacity is 80 semi-trailer trucks, the terminal capacity for 245 semi-trailer trucks (at least 14700 square meters of terminal area) is needed for a Ro-Ro terminal. Once again with the same constants, in

the case of Ro-Ro ship capacity is 240 semi-trailer trucks, the terminal capacity for 275 semi-trailer trucks (at least 16500 square meters of terminal area) is needed for a Ro-Ro terminal. The curve fit analysis of confidence interval values of the maximum number of semi-trailer trucks accumulated in the terminals was done in SPSS 20. As a result of this analysis, it was determined that confidence interval values show an exponential distribution.

According to the results of the correlation analysis, the variable of “the frequency of vehicles that arrived to the terminal in a year” which its pearson coefficient of correlation ($r = 0,959$) is bigger than pearson coefficient of correlation of other variables is the variable that affects the terminal capacity the most.

1. GİRİŞ

Denizyolu taşımacılığının diğer taşıma türlerinden daha avantajlı olduğu hipotezini destekleyen denizyolu taşıma sistemlerinden birisi de Ro-Ro taşımacılığıdır. İngilizce Roll-on/Roll-off kelime grubunun kısaltılmış hali olan Ro-Ro taşımacılığı; yükü taşıyan araçların kendi tekerlekleri üzerinde gemiye yüklendiği ve gemiden tahliye edildiği ve bunun sağlanması için de rampa sistemleriyle donatılmış özel gemilerin kullanıldığı bir denizyolu taşımacılığı türüdür. Özellikle uluslararası karayolu taşımacılığında, karayoluna önemli bir alternatif olan Ro-Ro taşımacılığının; mesafeleri kısaltması, maliyetleri düşürmesi, trafik sorununu ortadan kaldırması, sınır kapılarında yaşanan yoğunluklara maruz kalınmaması, araçların daha az yıpranması gibi hususlar bakımından nakliyeciler firmalar açısından; sürücülerin dinlenmesi ile verimliliğinin artırılması, kaza riskinin azaltılması gibi hususlar bakımından sürücüler açısından; atmosfere daha düşük emisyon salınımı sonucu çevre açısından ciddi avantajlar sunduğu bilinmektedir.

Birinci bölümde; Ro-Ro taşımacılığına giriş yapılmış, tezin bölümlerinde anlatılan konular özetlenmiş ve tezin amacı açıklanmıştır.

İkinci bölümde; Ro-Ro taşımacılığının tarihsel gelişim süreci, dünyadaki, Türkiye'deki ve Avrupa'daki mevcut durumu incelenmiş, Türkiye'de uluslararası ve kabotaj hattındaki taşıma istatistikleri, Avrupa'da KMDT (Kısa Mesafeli Denizyolu Taşımacılığı) kapsamındaki Ro-Ro taşıma istatistikleri verilmiştir. KMDT kapsamında AB ülkeleri ile Türkiye'nin karşılaştırılması yapılmıştır. Daha sonra Ro-Ro taşımacılığının avantaj ve dezavantajları ele alınmıştır. Ro-Ro gemilerinin tarihsel gelişim süreci, Ro-Ro gemi tipleri ve varyasyonlarına yer verilmiştir.

Üçüncü bölümde; Ro-Ro terminallerinin genel özellikleri, yükleme/boşaltma operasyonları, gemi rampaları ve gemi ile rıhtım arasındaki yükleme köprüsü bağlantılarına değinilmiştir. Ro-Ro taşımacılığında yük taşıyıcıları ve bunların özelliklerinden bahsedilmiştir. Ülkemizdeki önemli iki Ro-Ro terminali incelenmiş

ve son olarak, literatürde terminal kapasite analizleri ile ilgili yaklaşımlara değinilmiştir.

Dördüncü bölümde; sistem, model, modelleme, simülasyon gibi kavramların tanımlamalarına, simülasyonun yapılma amaçları, avantajları ve dezavantajlarına yer verilmiştir. Denizcilikte simülasyon ve önemine değinerek simülatörlerden bahsedilmiştir.

Beşinci bölüm, tezin uygulama kısmından oluşmaktadır. Araştırmanın amacı, önemi, yöntemi ve süreciyle ilgili bilgiler verilmiştir. Ro-Ro terminal sisteminin modelinin oluşturulması, kullanılan simülasyon programının özellikleri, bu program ile yapılan çalışmalar, modelin çalıştırılması ve çıktı analizleriyle ilgili bilgiler bu bölümde anlatılmıştır.

1.1 Tezin Amacı

Bir ülkenin önemli doğal ve kıt kaynaklarından olan kıyı alanlarının, kamu yararına kullanılmasına yönelik olarak limanların planlanmasında akademik yaklaşımlar gerekmektedir. Liman sahalarının sistematik bir şekilde incelenip, tahsis edilecek alanın belirlenmesi; verimli, sürdürülebilir ve doğal kaynakları tahrip etmeyecek bir yapının tasarlanması gerekmektedir.

Ro-Ro işletmecilerinin karşılaştığı en büyük sorunlardan biri, yeterli terminal alanı bulmaktır. Ro-Ro yükleri üst üste istiflenemediğinden dolayı “terminal kapasitesi” faktörü, Ro-Ro terminalleri için hayati önem taşımaktadır ve araçlar için tahsis edilecek alanın hesaplanması gerekmektedir. Stokastik süreçlerden oluşan terminal sistemlerinin kapasite analizlerinde, simülasyon modellemesinin en etkili yöntem olduğu düşünülmektedir.

Ro-Ro taşımacılığı ile ilgili liman operasyonları gerek literatürden gerekse sahada yapılan çalışmalar ile incelenmiştir. Ro-Ro terminallerinin bazı senaryolar eşliğinde simülasyon yöntemi kullanılarak kapasite analizlerinin yapılması, bu araştırmanın ana amacı olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada “terminal kapasitesi”nden ifade edilmek istenen; terminallerde biriken maksimum tır sayısıdır.

2. RO-RO TAŞIMACILIĞINA GENEL BİR BAKIŞ

2.1 Ro – Ro Taşımacılığı Tarihi

Modern Ro-Ro gemilerinin kökeni, 100 yıldan daha fazla, buharlı trenlerin ilk zamanlarına dayanmaktadır. Bu gemiler, köprüler için oldukça geniş olan nehirlerin bir ucundan diğer ucuna trenlerin taşınması için özel olarak tasarlanmıştır: Demiryolu raylarıyla donatılan bu gemilere trenler, basit bir şekilde raylar üzerinden gemiye yüklenip, nehrin karşısındaki rıhtıma yine raylar üzerinden çıkmaktaydı (IMO, 1997).

Dünyanın ilk Ro-Ro hizmeti 1833 yılında, İskoçya'daki Forth & Clyde kanalında, Monkland and Kirkintilloch Railway tarafından işletilen bir tren feribotu ile başlamıştır (Marshall, 1989). Osmanlı İmparatorluğu'nda ilk Ro-Ro hizmeti 1871 yılında başlamıştır. İstanbul'da, araba ve at arabalarının boğaz geçişlerinde kullanılan ilk Ro-Ro gemilerinin temsilcileri Sadabad, Sahilbend, Suhulet ve Sultanahmet'tir. Bu isimler günümüzde İstanbul Deniz Otobüsleri'nde hizmet veren araba vapurlarına verilmiştir (Yaran, 2009).

II. Dünya Savaşı boyunca kullanılan çıkarma gemileri, karayolu taşıtlarının doğrudan yüklenip boşaltılabilmesine imkan veren ilk açık deniz gemileri arasındaydı. Savaş sonrası bu düşünce, ticaret gemileri ve kısa feribot geçişleri için hayata geçirilmiştir (Url-2).

Avrupa'daki Ro-Ro taşımacılığında önemli bir potansiyeli olan Dover (Büyük Britanya) limanında, ilk feribot rıhtımları 1953 yılında açılmıştır. O zamana kadar liman her yıl, vinçler aracılığıyla yüklenen yaklaşık 10.000 otomobil elleçlemekteydi ve rıhtımlar inşa edildikten sonra, limanın elleçleyebildiğinin 10 katı kadar elleçleyebileceği tahmin ediliyordu. Fakat ilk sene, 100.000 rakamının üzerine ulaşıldı ve 1985'li yıllarda liman, 9 rıhtımı ile, 2,5 milyonun üzerinde araç ve ekipman elleçleme kapasitesine sahip hale gelmişti. 1994'lü yıllarda toplam rakam, 4,5 milyonun üzerindeydi (IMO, 1997).

1957 yılında, Amerikan Silahlı Kuvvetleri, yeni tipte bir motorlu araç taşıyıcısının inşası için Sun Ship Building and Dry Dock Company (Chester, Pennsylvania) ile bir sözleşme yaptı. “Comet” isimli bu geminin, araçların rıhtımdan gemi üstüne ve içeriye doğru direkt olarak girmesine olanak sağlayan kık rampa ve dahili rampaları vardı. Ayrıca bu geminin, araçları güverteye sabitlemek için ayarlanabilir takozlama sistemi ve araçların yüklenimi boyunca biriken egzoz gazlarını yok etmek için havalandırma sistemi mevcuttu. 1982 Falkland Savaşı’ndan sonra, “shipborne containerized air-defense system (SCADS)” olarak adlandırılan, büyük bir Ro-Ro gemisini, içerisinde yakıt doldurma sistemi, radar, savunma füzeleri vb. olan bir acil durum uçak taşıyıcısına, hızlı bir şekilde dönüştürmek için bir modüler sistem tasarlandı. Bütün sistem, operasyona ihtiyaç duyulduğunda, yaklaşık 48 saat içinde bir Ro-Ro veya konteyner gemisi üzerinde kurulabiliyordu. Sistem, ihtilaf sona erdiğinde hızlı bir şekilde kaldırılıp, tekrardan depolanabiliyordu (Url-1).

Özellikle büyük sayıdaki otomobillerin taşınması için uyarlanmış ilk kargo gemileri 1960’ların başında hizmete girdi. Bu gemiler, kendi yükleme tertibatlarına ve içerisinde “asma güverte” olarak anılan güvertelere sahipti. 1970’lerden beri otomobil ihracat ve ithalat pazarı çarpıcı bir biçimde arttı ve buna paralel olarak Ro-Ro gemilerinin miktarı ve çeşidi de arttı. 1973 yılında Japon K-Line, 4200 otomobil taşıyabilen ilk Pure Car Carrier (PCC) gemisi olan “European Highway”i inşa etti. Bugünün PCC ve onların yakın kuzeni olan PCTC (Pure Car and Track Carrier) gemileri, gövdenin tüm uzunluğu ve genişliğine kadar uzanan üst güvertesiyle, bir kutu görünümüyle kolaylıkla ayırt edilebilen gemilerdir (Url-1).

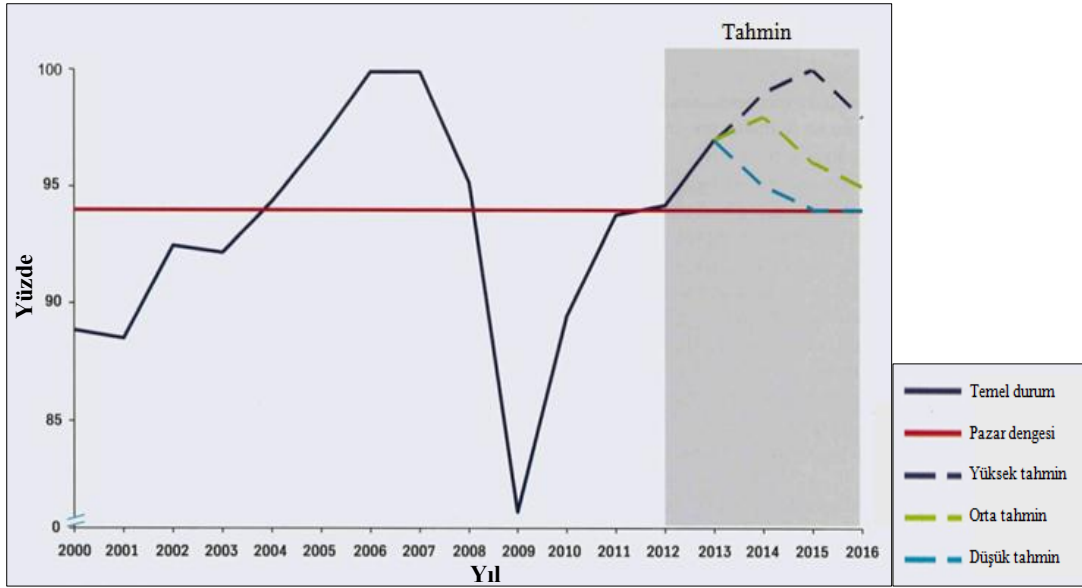
1970’lerin başında, şahsa özel araçlar ve yolculardan ziyade, yük taşıtları ve konteynerlerin taşınması için gittikçe daha fazla Ro-Ro gemisi inşa ediliyordu (IMO, 1997).

Ro-Ro gemileri ayrıca, tatilciler ve hususi araba sahipleriyle birlikte aşırı derecede popüler hale gelmiştir ve turizmin büyümesine önemli derecede katkı sağlamıştır. 1950’lerin başına kadar, bir kimse kendi arabasıyla deniz yolu ile bir ülkeden diğerine gitmek istediğinde araç, gemi içerisine vinç ile yüklenmek zorundaydı, bu da zaman tüketici ve pahalı olan bir süreçti (IMO, 1997).

2.2 Dünya’da Ro-Ro Taşımacılığı

Büyümekte olan marketler olarak Çin, Güneydoğu Asya, Latin Amerika, Ortadoğu ve Afrika’nın bazı bölümleri hızlı gelişimlerini sürdürmektedir. Ro-Ro endüstrisi, bu marketlerin tarımsal ve inşaat ekipmanları, ağır kamyonlar ve ağır ve yüksek olarak sınıflandırılan her türlü ekipman ihtiyaçları ile senkronize bir şekilde büyümektedir. Bu marketler piyasadaki canlılığını sürdürdükçe, Ro-Ro endüstrisi dramatik değişikliklere maruz kalmaktadır. İlk olarak; otomobil ve kamyon sektöründe küresel ticareti tırmandıran belli başlı araba taşıyıcıları piyasaya egemen hale gelmiştir. İkincisi; gelişmekte olan piyasalar da dahil olmak üzere tüm dünyada otomobil üreticileri uzak yerlerde üretimi yaptırdıkça, Japonya, Amerika ve Avrupa arasında sürekli ve önceden tahmin edilebilen üç yönlü ticaret hattını kullanan araba taşıyıcıları, piyasalarının bölümlerini görebilmektedirler. Bu yüzden araba taşıyıcıları, ağır ekipman talebinin en hızlı büyüdüğü, tam olarak gelişmekte olan pazarlardaki limanlara uğramaktadırlar. Bu eğilimler araba taşıyıcılarına, hizmet ettikleri gelişmiş ve gelişmekte olan pazarlara giden en karlı ağır ekipman sevkiyatlarını seçme şansı sağlamaktadır (Leach, 2007).

Finansal kriz, bu kriz sonucu oluşan değişken talep ve yeni ve bazen bölünmüş ticaret rotalarının gelişmesinin ardından bile global Ro-Ro ve PCTC (Pure Car and Truck Carrier) pazarı, son on yılı aşkın bir sürede dikkate değer bir şekilde arz ve talebi dengelemeyi başarmıştır. Wallenius Wilhelmsen Logistics (WWL)’in araştırma kolu olan WWL Global Market Intelligence’ye göre, küresel filo kullanımı oldukça iyi ve istikrarlı bir şekilde, 2000 yılı civarında %90, 2008 yılı pazar çöküşünden hemen önce %100 arttı. Bazı pazarlarda çok fazla talep düşmesi sonucu, krizin etkisi çok derin yaşandı. Krizden bu yana değerler, istikrarlı bir şekilde yeniden geri kazanılmıştır ve 2012’deki bütün talep, kriz öncesi değerleri karşılamış görünmektedir (Ward, 2013). Şekil 2.1’de, 2000 – 2012 yılları arası küresel bazda Ro-Ro filo kullanımı ve 2012 – 2016 yılları arası tahminler grafiksel olarak gösterilmektedir.

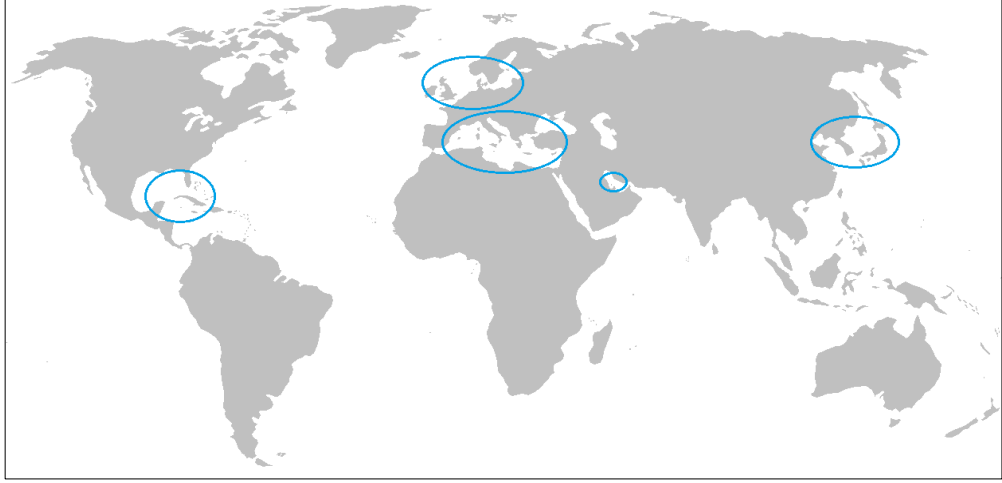


Şekil 2.1 : Yıllara göre, yüzde olarak küresel bazda Ro-Ro filo kullanımı ve tahmini (Ward, 2013).

Küresel otomobil ticaretindeki artış, araba taşıyıcılarını, diğer denizcilik sektörlerinin yaşamış olduğu zarardan çok daha az bir zarar ile, küresel ekonomik durgunluğun dışında tutmaktadır. 2008-2009 ekonomik krizi, filo kapasite kullanımının önemli ölçüde düşmesinden dolayı araba taşıyıcı hatlarına zarar vermiştir. İşletmeciler artık uzun süreler için, kendi tonajlarında tam istihdama gitmek yerine, charter üzerinde durmaktadırlar (Leach, 2012).

(Barnard, 2013)'e göre yaşlı gemiler hurdaya ayrıldıktan sonra dünya Ro-Ro filosunun 2014 yılında, yüzde 2 ile 4 oranında büyümesi bekleniyor. Bununla birlikte, Norveç – İsveç ortaklığı olan Wallenius Wilhelmsen Logistics, Güney Kore’li Eukor ve üç büyük Japon firması NYK Line, K Line, MOL gibi sektörün en büyük firmaları; 2013 Eylül ayında Avrupa Birliği, Amerika, Kanada ve Japonya’da olası kartel faaliyetlerini açığa çıkarmak için ofislerine baskın yapan tekel kurulmasını önleyici otoriteler tarafından soruşturulmaktadır. Soruşturmanın büyük ihtimalle birkaç yıl süreceği ve o zamana kadar sektöre muhtemelen daha az sayıdaki firmanın hakim olacağı beklenmektedir. Bu da sektörün orta vadeli başarı şansı için iyiye işaret bir gelişmedir (Barnard, 2013).

Şekil 2.2’de, dünya genelinde yapılan kısa mesafeli Ro-Ro taşımacılığı bölgeleri gösterilmektedir; Kuzey Denizi, Baltık Denizi, Manş Tüneli, İrlanda Denizi, Akdeniz, Basra Körfezi, Karayip Denizi, Meksika Körfezi, Japon Denizi.



Şekil 2.2 : Dünya genelinde kısa mesafeli Ro-Ro taşımacılığı yapılan bölgeler (Url-3).

Avrupa ve İskandinavya ülkeleri geniş sahil şeridine sahiptir ve kısa mesafeli deniz taşımacılığının gelişiminde, oldukça zengin ve güçlü bir küçük ve orta boylu ticari gemi filosu potansiyeline sahiptir (Papadimitriou, 2001).

2.3 Türkiye’de Ro-Ro Taşımacılığı

Türkiye’de ilk Ro-Ro seferleri 1977 yılında, D.B. Deniz Nakliyat T.A.Ş.’in iki gemisi ile Mersin – İzmir – Trieste hattında başlamıştır (Uca, 2011).

1985 yılında Haydarpaşa – Köstence hattı işletilmeye açılmıştır. Avrupa’ya ihraç edilen malları taşıyan araçların % 16,2’si 1985’de, % 17,4’ü ise 1987 yılında bu güzergahtan faydalanmıştır (Yıldırım, 2006). Bu hat, Güney Avrupa’ya yapılan taşımalarda ekonomik olmadığı için Trieste hattı açılmıştır. 1987 yılında hizmete giren bu hat, İtalya ve Fransa gibi ülkelere yönelik taşımalarda vazgeçilmez bir hat halini almaya başlamıştır. Yunanistan ve Bulgaristan’ın elinde bulundurdukları karayolu kozu da ortadan kalkmıştır (Özdemir, 1993).

Düzenli Ro-Ro taşımacılığının başladığı 1990’lı yıllara kadar bir dizi denemeler yapılmış, 1986 yılında Derince – Trieste seferleri gündeme gelmiş ve 1987 yılında Derince’den ilk Ro-Ro seferi gerçekleştirilmiştir. Uluslararası Nakliyeciler Derneği gibi ilki 1993 yılında başlayan ve hızlı bir şekilde gelişen özel sektör girişimleri Türkiye’yi, Akdeniz’in en önemli Ro-Ro filosuna sahip ülkelerden biri konumuna getirmiştir (Yıldırım, 2006).

48 uluslararası taşımacılık işletmesi 1994 yılında bir araya gelerek UN Ro-Ro’yu kurmuşlardır. Buradaki amaç, ağır yük araçlarının Türkiye’den Avrupa içerisindeki

limanlara ve Trieste (İtalya) limanına aktarımını sağlamaktır. Günümüzde de başarı ile uygulanan bu hat ile yalnızca Akdeniz’de değil, Avrupa içerisinde de önemli potansiyel yakalanmıştır (Atılğan, 2005).

Türkiye ile İtalya arası Ro-Ro servisi 1987 yılında başlamış olup, 1992 yılından bu yana hızlı bir gelişim göstermiştir. 1991 yılında eski Yugoslavya’da başlayan siyasi kriz ve askeri faaliyetler, bu rotadaki karayolu geçişlerinde üstesinden gelinemeyen bir zorluk ve risk yaratmaktaydı. 1992 yılında UND (Uluslararası Nakliyeciler Derneği), İstanbul – Trieste hattında birkaç Ro-Ro gemisini bağımsız olarak yönetmeye karar verdi (Torbianelli, 2000). 1992 yılından bu yana gelişmekte olan Türkiye – İtalya hattındaki Ro-Ro servisleri günümüzde, İstanbul’un yanısıra Çeşme, Mersin ve Tekirdağ’dan yapılan taşımalarla birkaç firma tarafından işletilmektedir.

Çizelge 2.1’de, Türkiye’nin 2013 yılı yurtdışı bağlantılı Ro-Ro hatları ve bu hatlarda gelen gemi sayısı ve gelen/giden araç sayıları gösterilmektedir.

Çizelge 2.1 : 2013 yılı yurtdışı bağlantılı düzenli hatlarda uğrayan Ro-Ro gemi ve taşınan araç sayısı (Url-4).

HATLAR	RORO GELEN GEMİ	GELEN ARAÇ	GİDEN ARAÇ	TOPLAM ARAÇ
PENDİK/HAYDARPAŞA - TRIESTE	466	86.859	80.342	167.201
AMBARLI-TRIESTE	110	2.896	4.699	7.595
ÇEŞME – TRIESTE	155	21.003	24.761	45.764
SAMSUN - NOVOROSSIYSK	177	7.158	7.524	14.682
ZONGULDAK - SKODOVSK	99	3.982	4.019	8.001
TRABZON - SOCHİ	58	119	109	228
TAŞUCU - GİRNE	385	17.033	17.120	34.153
MERSİN - MAGUSA	302	9.617	9.284	18.901
MERSİN - TRIESTE	103	18.677	16.171	34.848
MERSİN - İSKENDERİYE	7	433	205	638
SAMSUN-KAVKAZ	32	360	535	895
TEKİRDAĞ-TRIESTE	39	314	1.152	1.466
AMBARLI-TOULEN	48	8.012	6.881	14.893
İSKENDERUN-PORT SAID	31	2.671	3.475	6.146
SAMSUN-GELİNCİK	78	1.985	1.649	3.634
SAMSUN-TUAPSE	108	1.500	1.464	2.964
TAŞUCU-TRİPOLİ	131	4.635	3.657	8.292
HAYDARPAŞA-ILYICHEVSKY	123	8.010	10.333	18.343
ZONGULDAK-SEVASTOPOL	60	2.056	2.421	4.477
TAŞUCU-TARTOUS	69	2.467	2.970	5.437
ZONGULDAK-YEVPATORIA (EVPATORI)	214	12.615	14.392	27.007
ZONGULDAK-ILYICHEVSKY	2	1	1	2
MERSİN-DAMIETTA	37	3.343	3.728	7.071
İSKENDERUN-HAIFA	29	1.220	1.974	3.194
DERİNCE-POTİ	5	0	646	646
TOPLAM	2.868	216.966	219.512	436.478

Çizelge 2.1’de gösterildiği gibi, Türkiye’nin yurtdışı bağlantılı düzenli hatlarda en fazla Ro-Ro taşımacılığı gerçekleştirdiği liman Trieste olup, yapılan bütün taşımaların yaklaşık %60’ı Trieste hattındadır. Bu da, Türkiye’den yurtdışı limanlarına yapılan Ro-Ro taşımalarında Trieste limanının bir hayli önemli konumda olduğunu göstermektedir. Trieste (İtalya) ve Toulon (Fransa) limanları, nakliyecilerin Doğu Avrupa’yı karayolu ile geçişlerine alternatif olarak oluşturulmuş ve nakliyecilere büyük avantajlar sağlayan Ro-Ro hatlarıdır.

Trieste limanının Türk Ro-Ro taşımacılığındaki potansiyeli bir hayli önemlidir. Trieste limanı Akdeniz’in en kuzeyinde bulunan, konumu itibariyle Orta ve Batı Avrupa hinterlandı çok geniş olan ve Avrupa otobanlarına kolayca ulaşım sağlayan bir limandır (Url-5). Ağır yük taşıyan özellikle kara nakliyesi yapan firmalar, daha çok Bulgaristan ve Romanya’da birtakım sorunlarla karşılaşmaktadırlar (Url-6). Doğu Avrupa üzerinden yapılan taşımalarda sınır kapılarında yaşanan yoğunluklar, otoyol ve köprü geçişleri, uzun yolun getirdiği yıpranma, kaza riski, trafik yoğunluğu, hırsızlık gibi sıkıntılar Trieste üzerinden yapılan taşımalar ile ortadan kalkmaktadır (Url-7). Trieste limanı, Türkiye ile AB arasında bir deniz köprüsü görevi görmektedir. Ayrıca Trieste limanının diğer Akdeniz limanlarında mevcut olmayan “Serbest Bölge” statüsü sayesinde İtalya devleti’nin, İtalya’dan geçen uluslararası kargo akışını, Trieste Ticari Serbest Liman Bölgesi’nde limanın dokunulmazlık rejimine tabi olması uyarınca sınırlayamaması durumu, bu limanı Doğu Akdeniz’den Avrupa’ya giden kargo trafiği için ideal bir bağlantı noktası yapmaktadır (UN RO-RO İşletmeleri A.Ş., 2012).

Türkiye’nin kabotaj hattındaki Ro-Ro taşımaları çoğunlukla Marmara Denizi’nde ve Çanakkale Boğazı’nda feribotlar ve araba vapurlarıyla yapılmaktadır.

Çizelge 2.2’de Türkiye’nin 2003-2012 yılları arasında kabotaj hattında taşınan araç miktarı ve araç × mil’in yıllık gelişimi gösterilmektedir. Literatürde Türkiye’nin kabotaj hattında taşınan araç sayısının araç tipine göre dağılımı taratılmış, fakat bulunamamıştır.

Çizelge 2.2: Kabotaj hattında taşınan araç miktarı ve araç adeti × mil (Url-4).

Yıl	Araç (Adet)	2003–2012 Artış	Araç (Adet × Mil)	2003-2012 Artış
2003	6.219.645	72%	35.880.927	117%
2004	6.900.922		40.835.592	
2005	6.961.643		42.294.836	
2006	7.773.689		51.978.669	
2007	8.161.999		59.942.527	
2008	8.866.797		82.950.808	
2009	9.315.772		82.580.396	
2010	9.400.735		83.607.444	
2011	10.402.917		83.283.519	
2012	10.710.645		77.785.568	

Çizelge 2.2’de görüldüğü üzere 2008-2009 ekonomik krizi, ülkemizde kabotaj hattında taşınan araç sayısını herhangi bir sekmeye uğratmamıştır.

2.4 Avrupa’da Ro-Ro Taşımacılığı ve Kısa Mesafeli Denizyolu Taşımacılığı

Kısa Mesafeli Denizyolu Taşımacılığı (KMDT); coğrafi Avrupa’da bulunan limanlar arasında veya bu limanlar ile Avrupa ülkesi olmayıp, Avrupa sınırlarındaki kapalı denizlere kıyısı olan ülkelerde bulunan limanlar arasında yapılan yük ve yolcu taşımacılığıdır (Commission of the European Communities, 1999). Bu Avrupa merkezli tanım kolaylıkla, başka herhangi bir coğrafik bağlamda da kullanılabilir; Büyük Göller, Japon Denizi gibi (Fusco ve diğ., 2013).

KMDT; yük teslimatında gecikmelere ve trafik sıkışıklıklarına yol açmış olan karayolu trafiğindeki aşırı artışa, bu yüzden artan maliyetlere ve Avrupa’da ulaştırma hizmetlerindeki düşük kaliteye karşılık olarak oluşturulmuştur. KMDT’nin amacı; aşırı yük binmiş karayolu güzergahlarının rahatlatılması ve bu bağlamda denizyolu taşımacılığının alternatif bir seçenek olarak sunulmasıdır. Bu süreçte; trafik tıkanıklığının önlenmesi ve alternatif yolların eksikliklerini telafi etmek için maliyetlerin düşürülmesi gerektiği durumlarda limanlar, stratejik noktalar haline gelmektedir (Jugovic ve diğ., 2011).

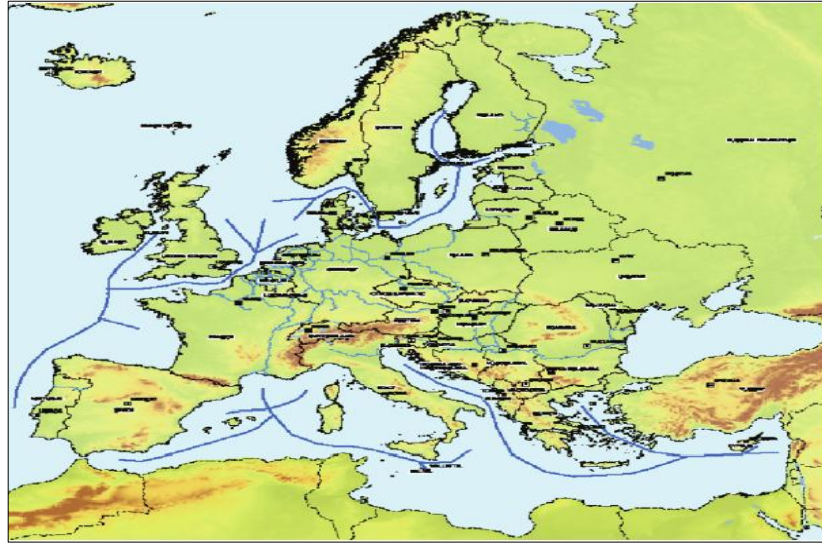
Literatürde, “Kısa Mesafeli Denizyolu Taşımacılığı” kavramının karmaşıklığını belirten birçok farklı tanımlama bulunmaktadır ve bu sebeple önde gelen bazı yazarlar, KMDT kavramının ne olmadığı ile ilgili tanımlamalar yapmaktadır. Birçok tarifeli operasyonların küçük Lift-on/Lift-off (Lo-Lo) ve Ro-Ro gemileri ile gerçekleştirilmesiyle beraber, birçok yazar KMDT’yi, esas olarak sıvı ve dökme yük taşımasındaki rolü nedeniyle tramp taşımacılık (tarifeli olarak işlemeyen, talebe göre

hareket edilen taşıma türü) olarak tanımlamaktadır. Bazı yazarlar ise konuyu derinlemesine araştırıp, daha kesin tanımlamalar bulmaya çalışmaktadırlar (Paixao ve Marlow, 2002).

KMDT bağlantıları, çeşitli ulaştırma şekillerini kullanmaktadır. Genellikle, KMDT ile karayolu trafiğinin karışımı şeklinde görülmektedir (Jugovic ve diğ., 2011). KMDT; çeşitli yük elleçleme teknikleri (yatay, dikey veya her ikisi), limanlar, ağlar ve bilgi sistemleri ile geleneksel gemilerden yenilikçi olanlarına kadar birçok farklı gemiyi kapsayabilmektedir (Petitt ve diğ., 1997).

KMDT bağlantıları, Avrupa Birliği'nin toplam gemi yük trafiğinin % 60'dan fazlasını sağlamaktadır (Amerini, 2009).

Eylül 2001'de, Avrupa Birliği komisyonu tarafından yayınlanan “Beyaz Kitap: 2010 yılı için Avrupa Taşımacılık Politikası” kapsamında komisyon, karayolu taşımacılığına bir alternatif olarak, intermodal ve kısa mesafeli denizyolu taşımacılığının desteklenmesi amacıyla, “Deniz Otobanları” projesinin geliştirilmesini önermiştir. Bu kavram, KMDT bağlantılarının hızlı ve etkili sistemi ile kıyı koridorları esasına dayanmaktadır. Bu şekilde deniz trafiği, iç su taşımacılığı ile beraber; kara ve demiryolu tıkanıklığı ve hava kirliliği gibi artan problemler karşısında, intermodal taşımacılığın kilit unsuru olarak dikkate alınmaktadır (Jugovic ve diğ., 2011). Şekil 2.3'de, deniz otoban güzergahları gösterilmektedir.



Şekil 2.3: Deniz otobanları (Jugovic ve diğ., 2011).

Karayolu taşımacılığı ile karşılaştırıldığında KMDT, maliyet ve zaman açısından karayoluna rakip olabilmektedir. Bu durum bilhassa, Ro-Ro veya RoPax gemileri ve her iki limanı birbirine bağlayan deniz otoban güzergahları kullanıldığında doğru olmaktadır (Sauri ve diğ., 2012).

KMDT kapsamında Ro-Ro taşımacılığını ele alırsak; ana taşıma Ro-Ro kısa mesafeli deniz taşımacılığı ile yürütülebilir olmakla beraber, ulaştırma zincirinin çoğu kez bir kara temelli taşıma modu tarafından iletilme ihtiyacı bağlamında Ro-Ro kısa mesafeli deniz taşımacılığı, Trans Avrupa ulaştırma ağlarına daha iyi entegre olmak için büyük bir potansiyel teşkil edebilmektedir (Casaka & Marlow, 2007).

AB'nin 2001 tarihinde yayınlanan geleceğe yönelik taşımacılık politikalarını belirlemek için yapılan kalkınma planında taşımacılığın, karayolundan denizyolu ağırlıklı kombine taşımacılığına kaydırılması ve kısa mesafeli denizyolu taşımacılığının AB ülkelerince büyük destek görmesi, Avrupa'da Ro-Ro taşımacılığının ön plana çıkmasına vesile olmuştur (Url-14).

Çizelge 2.3'de, 2011 yılında Avrupa'nın KMDT kapsamındaki en büyük beş Ro-Ro terminaline ait taşıma verileri, 2010-2011 yılları arası büyüme yüzdesi ve bu terminallerin 2011 yılında Avrupa Birliği'nin KMDT kapsamındaki en büyük 20 liman içindeki payı gösterilmektedir.

Çizelge 2.3 : 2011 yılında Avrupa'nın KMDT kapsamındaki en büyük beş Ro-Ro terminali ve elleçleme kapasiteleri (milyon ton cinsinden) (Url-11).

Limanlar		Ro-Ro ile yapılan toplam taşıma(milyon ton)	2010-2011 arası büyüme	En büyük 20 KMDT limanı içindeki payı
1	Dover (UK)	23,8	+0,6%	5,7%
2	Calais (FR)	18,2	+4,2%	4,4%
3	Lübeck (DE)	14,1	+1,8%	3,4%
4	Immingham (UK)	13,6	+2,8%	3,2%
5	Zeebrugge (BE)	11,8	-2,6%	2,8%
Toplam		81,6	+1,5%	19,5 %
Toplam 20 KMDT Limanı		418,7	+3,1%	100,0%

Çizelge 2.3'de görüldüğü üzere, Avrupa'da en fazla Ro-Ro taşıması yapılan liman, İngiltere'nin Dover limanıdır. Daha önce de bahsedildiği gibi, Manş Tüneli'nde ilk

Ro-Ro hizmeti Dover limanında başlamıştır ve günümüzde de bu liman Avrupa'nın Ro-Ro potansiyelinde önemli rol oynamaktadır. İkinci en büyük liman ise Manş Denizi'nde, Fransa'nın İngiltere'ye en yakın kıyısında bulunan Calais limanıdır.

Çizelge 2.4'de, 2011 yılında Avrupa Birliği ülkeleri, Türkiye ve Norveç'te yapılan kısa mesafeli deniz taşımacılığının yük tipine göre istatistiki dağılımı gösterilmektedir.

Çizelge 2.4 : 2011 yılında Türkiye, Norveç ve Avrupa Birliği ülkelerindeki kısa mesafeli deniz yolu taşımacılığında, yük tipine göre yapılan taşımalar (milyon ton cinsinden) (Url-11).

	Sıvı dökme	Kuru dökme	Konteyner	Ro-Ro	Diğer	Toplam
EU-27	802,1	347,5	231,3	234,3	130,9	1.746,2
BELGIUM (BE)	34,8	21,2	43,2	18,3	8,2	125,6
BULGARIA (BG)	9,6	8,2	1,3	0,1	2,0	21,2
DENMARK (DK)	20,4	18,2	4,6	20,7	3,9	67,7
GERMANY (DE)	41,1	37,1	46,0	30,4	13,5	168,1
ESTONIA (EE)	18,5	3,7	1,5	3,7	3,8	31,2
IRELAND (IE)	10,2	7,1	6,1	12,0	0,6	36,1
GREECE (EL)	33,7	14,0	13,2	12,8	3,8	77,5
SPAIN (ES)	84,1	32,2	40,9	11,9	16,0	185,0
FRANCE (FR)	111,2	36,7	9,5	25,2	11,6	194,3
ITALY (IT)	149,1	34,3	35,4	55,7	24,3	298,7
CYPRUS (CY)	1,9	0,5	1,6	0,1	0,3	4,4
LATVIA (LV)	17,8	25,2	3,1	2,4	4,9	53,4
LITHUANIA (LT)	18,0	6,2	3,5	2,9	1,7	32,2
MALTA (MT)	1,5	0,4	0,6	0,4	0,1	3,0
NETHERLANDS (NL)	127,1	38,1	32,2	9,9	13,9	221,2
POLAND (PL)	13,6	18,2	7,4	6,2	2,7	48,1
PORTUGAL (PT)	15,4	7,5	9,5	0,3	3,1	35,7
ROMANIA (RO)	9,1	10,2	1,7	0,1	3,6	24,6
SLOVENIA (SI)	2,1	1,5	2,7	0,5	1,1	7,9
FINLAND (FI)	28,7	26,3	9,6	17,4	12,7	94,7
SWEDEN (SE)	53,9	22,7	12,2	44,1	15,1	148,0
UNITED KINGDOM (UK)	138,0	59,2	22,3	86,4	14,2	320,1
NORWAY (NO)	70,3	53,8	4,8	6,3	10,3	145,4
CROATIA (HR)	6,5	3,9	0,9	0,6	1,4	13,2
TURKEY (TR)	91,1	87,6	57,0	7,3	13,9	256,9

Büyük Britanya ve İtalya; Avrupa Birliği'nde KMDT kapsamında taşınan yüklerin en büyük payına sahip ülkelerdir (European Commission, 2003). Ayrıca, KMDT kapsamında en çok taşınan yük tipinin ise sıvı dökme yükler olduğu, çizelgeden anlaşılmaktadır.

Çizelge 2.4’de görüldüğü üzere, 2011 yılı Ro-Ro kısa mesafeli deniz taşımacılığında en büyük paylar; İngiltere, İtalya ve İsveç’e aittir. Türkiye, Ro-Ro taşımacılığında bu ülkelerinki kadar bir potansiyele sahip değildir, fakat diğer yük tipleriyle birlikte yapılan toplam kısa mesafeli denizyolu taşımasında Türkiye’nin, İngiltere ve İtalya’dan sonra üçüncü sırada olduğu görülmektedir. Bu da Türkiye’nin kısa mesafeli deniz taşımacılığında, önemli bir konumda olduğunu göstermektedir. Bu durumun oluşmasında en çok payı olan yük tiplerinin sıvı dökme, kuru dökme ve konteyner yükleri olduğu, çizelge 2.4’den anlaşılmaktadır. Sonuç olarak, ülkemiz Ro-Ro taşımacılığının, kısa mesafeli deniz taşımacılığı içindeki potansiyelinin artırılması gerektiği düşünülmektedir.

Çizelge 2.5’de; 2011 yılında, yük tipine göre, Avrupa ülkelerine kıyısı olan deniz ve okyanuslarda yapılan taşımalarla ilgili istatistiki bilgiler verilmektedir.

Çizelge 2.5: 2011 yılında, Avrupa ülkelerine kıyısı olan deniz ve okyanuslarda yapılan taşımalar (milyon ton cinsinden) (Url-11).

	Sıvı dökme yük (milyon ton)	Kuru dökme yük (milyon ton)	Konteyner (milyon ton)	Ro-Ro yükleri (milyon ton)	Diğer yükler (milyon ton)
Atlantik Okyanusu	94,0	56,0	33,9	54,3	19,9
Baltık Denizi	170,5	95,7	54,2	63,4	36,6
Karadeniz	86,1	28,3	6,3	0,4	8,6
Akdeniz	245,8	82,7	106,2	73,1	37,9
Kuzey Denizi	241,8	121,0	73,8	52,2	36,5
Diğer	64,8	18,1	7,6	1,2	8,2
Toplam	802	348	231	234	131

Çizelge 2.5’de görüldüğü üzere, Avrupa ülkelerine kıyısı olan deniz ve okyanuslarda yapılan Ro-Ro taşımalarının yaklaşık % 31’i Akdeniz’dedir. Ardından Baltık Denizi’nde ve Atlantik Okyanusu’nun Avrupa kıyılarında yapılan taşımalar gelmektedir.

2.5 Ro-Ro Taşımacılığının Avantaj ve Dezavantajları

Ro-Ro taşımacılığı, geçen yüzyıldan beri hızlı bir gelişim süreci içine girmiş olup, kendini daima yenileyen bir deniz taşımacılığı kolu olmakla birlikte birçok avantajının yanı sıra, bazı dezavantajları da olan bir sistemdir. Bu kısımda Ro-Ro taşımacılığının ve gemilerinin maliyet, zaman, hacim, yükleme/boşaltma operasyonları, güvenlik vb. hususlar açısından değerlendirilmeleri verilmiştir.

2.5.1 Avantajları

- Yükleme/boşaltma hızlılığı sonucu limanlarda kalış süresi azdır ve buna bağlı olarak liman giderleri düşüktür.
- Ro-Ro gemilerinin süratli olmaları ve limanlarda az beklemeleri sonucu daha fazla sayıda sefer yapma olanağı mevcuttur.
- Gemide çalışan personel sayısının azlığı ve limanlarda işçilere az ihtiyaç duyulması nedeniyle insan gücünden tasarruf sağlamaktadır.
- Yükler kısa sürede alıcılara ulaştırılır.
- Gemiler çoğunlukla düzenli hatta çalışmaktadır (D.B. Deniz Nakliyatı T.A.Ş., 1987).
- Ro-Ro taşımacılığı ile karayolu araçlarının yıpranma payları en aza indirilmektedir.
- Karayollarında trafik yoğunluğunun düşürülmesi sonucu kaza riski azaltılmakta ve karayolu ağının ömrünün uzatılması sonucu tamir-bakım giderleri daha düşük olmaktadır.
- Ro-Ro taşımacılığı sürücülere dinlenme imkanı sağlamakta ve böylece sürücülerin verimliliğin artması sonucu kaza riski de azalmaktadır (Yeşilbağ, 1999).
- Taşıma maliyetleri düşüktür.
- Hizmet kalitesi geliştirilmeye uygundur.
- Ro-Ro terminallerinde elleçleme ekipmanı maliyetleri düşüktür.
- Ro-Ro taşımacılığı farklı tipteki yükler için uygundur (Branch, 1998).

- Çoğu Ro-Ro yükü limanın altyapısına çok bağımlı değildir ve büyük terminal ekipmanları (vinç vb.) olmadan yükleme/boşaltma yapmak mümkündür (Wathne, 2012).

Ro-Ro terminallerinde rıhtım boyutları çok büyük önem arz etmemektedir, çünkü Ro-Ro gemileri neredeyse her boyuttaki rıhtıma kolaylıkla yanaşabilmektedir. Gemiler, arka ve yan rampaları sayesinde fiziksel koşullara uygun olarak operasyonlarını rahatlıkla gerçekleştirebilmektedir (Kunaç, 2007).

Uluslararası nakliye firmaları için düşünüldüğünde Ro-Ro taşımacılığı, hem doğrudan nakit giderlerinde hem de toplam sefer giderlerinde ciddi tasarruf sağlamaktadır. Diğer bir avantajı ise araçların, özellikle yüksek değerde olan çekicilerin yıpranmalarının en aza indirilmesidir (Url-8).

Ro-Ro taşımacılığı, karayolu trafiğinin bir kısmının deniz yoluna aktarılmasıyla karayolu trafiğinin rahatlatılması ve buna bağlı olarak karbon emisyonlarının azalması sonucu hava kirliliğinin azaltılması, şehir içi gürültü kirliliğinin azaltılması vb. olarak çevresel anlamda da birçok avantaj sağlayan bir taşıma türüdür.

2.5.2 Dezavantajları

- Ro-Ro gemileri özel maksatlı olarak dizayn edilmiştir.
- Gemilerin makinaları seri ve manevra kabiliyetleri yüksek olduğu için yakıt masrafları yüksektir.
- Ro-Ro gemilerinin yanaşması için özel liman yerleri gerekmektedir.
- Ro-Ro taşımacılığında yükler belirlidir.
- Yükler özel taşıyıcılarda bulunur ve özel taşıma aygıtlarıyla gemiye yüklenir ve boşaltılır.
- Ro-Ro taşımacılığında yükler ağır parça olduğu için, yükleme/boşaltma sırasında gemi çok seri biçimde yalpaya düşer ve bunu önleyecek balast tertibatının olması gerekir (D.B. Deniz Nakliyatı T.A.Ş., 1987).
- Ro-Ro gemilerinde hangar içi kayıp hacmi, diğer gemilere nazaran daha fazladır (Yıldırım, 2006).

Özellikle gelişmekte olan ülkelerde ülke içi altyapı yetersizliği, Ro-Ro işletmecilerinin karşılaştığı önemli bir sorundur. Limanlar birçok yükü kabul

edebilir, fakat yükün limanın dışına taşınması için gerekli altyapının zayıf olması durumunda, bu durum bilhassa yükün kıyı kesimlerinden uzağa iç bölgelere doğru taşınmasında sıkıntı yaratır. Ro-Ro işletmecilerinin karşılaştığı en büyük sorunlardan biri de, yeterli terminal alanı bulmaktır. Bu durum konteyner işletmecileri için de geçerlidir, fakat Ro-Ro işletmecileri için daha çok önem arz etmektedir. Çünkü liman işletmecileri daha çok konteyner terminallerine ağırlık verme eğilimindedirler. Otomobiller ve diğer Ro-Ro yük tiplerinden farklı olarak konteynerler, üst üste istiflenebilir ve terminal işletmecileri Ro-Ro yüklerine göre, konteynerlerden daha hızlı geri dönüş alabilirler. Sonuç olarak terminaller konteynerlerden, Ro-Ro veya diğer yük tiplerine göre daha fazla gelir elde etmiş olmaktadır (Armbruster, 2007).

2.6 Ro-Ro Gemilerinin Tarihsel Gelişim Süreci ve Ro-Ro Gemi Tipleri

Ro-Ro gemileri genel olarak; otomobil, kamyon, semi-treyler, roll-treyler, tır gibi tekerlekli yüklerin baş, kış veya borda rampalardan yüklenip, boşaltılmasına olanak sağlayan gemilerdir.

IMO'ya göre Ro-Ro gemisinin tanımı; Açık ya da kapalı bir veya daha fazla güvertesi olan, genellikle herhangi bir şekilde bölünmemiş ve geminin tüm uzunluğu boyunca yüklerin (ambalajlı veya dökme yükler, karayolu araçlarının içinde veya üzerinde taşınan yükler, treylerler, konteynerler, paletli yükler, sökülüp takılabilen veya portatif tanklar ve benzer yük taşıma birimleri) yatay bir istikamette yüklenip, boşaltılabildiği bir gemidir (IMO, 1985).

2.6.1 Ro-Ro gemilerinin tarihsel gelişim süreci

Daha önce de bahsedildiği gibi ilk modern Ro-Ro hizmeti veren gemiler, köprüler için oldukça geniş olan nehir kıyıları arasında, tren taşımacılığına olanak sağlayan raylarla donatılmış tren feribotlarıdır (IMO, 1997).

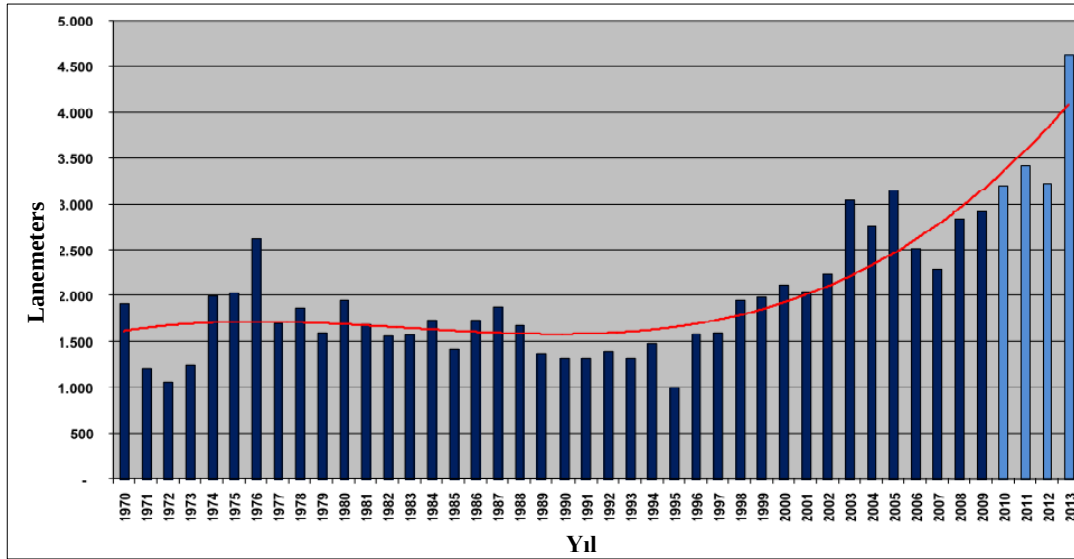
İkinci Dünya Savaşı'na kadar, Ro-Ro sisteminin karayolu taşımacılığına uygulanması fikri gerçekleşmemişti. İkinci Dünya Savaşı'nda, Normandiya çıkarması ve diğer savaşlarda kullanılan tank çıkarma gemilerinin inşasında Ro-Ro sistemi kullanıldı (IMO, 1997). Savaşın sona ermesiyle birçok askeri gemi, işletilmek üzere ticari gemilere dönüştürüldü. Ro-Ro kavramının ticari gemilerde kullanımı 1940'ların sonlarında 1950'lerin başlarına doğru, ağırlıklı olarak kısa mesafeli hatlarda başlamıştır (Url-18).

Yüklü tırların taşınması için özel olarak üretilmiş ilk Ro-Ro gemisi, 1956 yılında işletilmeye başlanan “Searoad of Hyannis” dir. Kapasite açısından düşük olmasına rağmen bu gemi, Hyannis (USA) ile Nantucket (USA) adası arasında, buzlu şartlarda dahi 3 kamyon taşıyabiliyordu (Popular Mechanics, 1956, s.87).

1994’lü yıllara gelindiğinde, dünya genelinde yaklaşık 4600 Ro-Ro gemisi işletilmekteydi ve Ro-Ro taşımacılığı özellikle Avrupa’da popülerdi. Konteyner gemileri, Avrupa ile Kuzey Amerika, Avrupa ile Japonya ve Japonya ile Kuzey Amerika arası hatlarda çok sayıda bulunurken, Kuzey Amerika ile Karayip arasında önemli bir ticaret olmasına rağmen Ro-Ro gemileri ağırlıklı olarak, Avrupa ile Kuzey Amerika ve Avrupa ile Ortadoğu arasında çalışmaktaydı (IMO, 1997).

Ro-Ro gemilerinin araç kapasiteleri “lanemeter” birimi ile ölçülmektedir. Rowlett (2011)’e göre 1 lanemeter; 1 metre uzunluğunda, 2 metre genişliğinde yani 2 metrekarelik bir güverte alanını temsil etmektedir.

Şekil 2.4’de, 1970 yılından itibaren Ro-Ro gemi büyüklüklerinin lanemeter cinsinden yıllara göre gelişimi gösterilmektedir.



Şekil 2.4 : Ro-Ro gemi büyüklüklerinin lanemeter cinsinden yıllara göre değişimi (Url-19).

2.6.2 Ro-Ro gemi tipleri

Wathne (2012)’ye göre Ro-Ro gemileri, taşıdıkları yük tipine göre 3’e ayrılmaktadır:

- PCC (Pure Car Carrier)
- PCTC (Pure Car Truck Carrier)
 - o LCTC (Long Car Truck Carrier)
- RO-RO

PCC ve PCTC gemilerinin araç kapasiteleri “CEU (Car Equivalent Unit)” birimi ile gösterilecektir. 1 CEU ile, yaklaşık 850 kg ağırlığında, motor hacmi yaklaşık 1,6 litre, yıllık kilometre performansı yaklaşık 12.500 km, petrol veya petrol türevlerinde yakıt tüketimi yaklaşık 6-12 litre/100km, kullanım sırasında ortalama yakıt tüketimi 8 litre/saat veya 9 varil/yıl olan, 4 kapılı hafif bir taşıt temsil edilmektedir (Url-20).

2.6.2.1 PCC, PCTC, LCTC ve klasik Ro-Ro gemileri

Konteynerlerin keşfinden önce otomobiller, genel kargo gemilerinin ambarlarında taşınıyorlardı ve genel kargo yükleri ile hemen hemen aynı şekilde elleçleniyorlardı (Kendall ve Buckley, 2001). Bugün, otomobillerin çok küçük bir yüzdesi konteynerlerde taşınmaktadır (Hall ve Olivier, 2005).

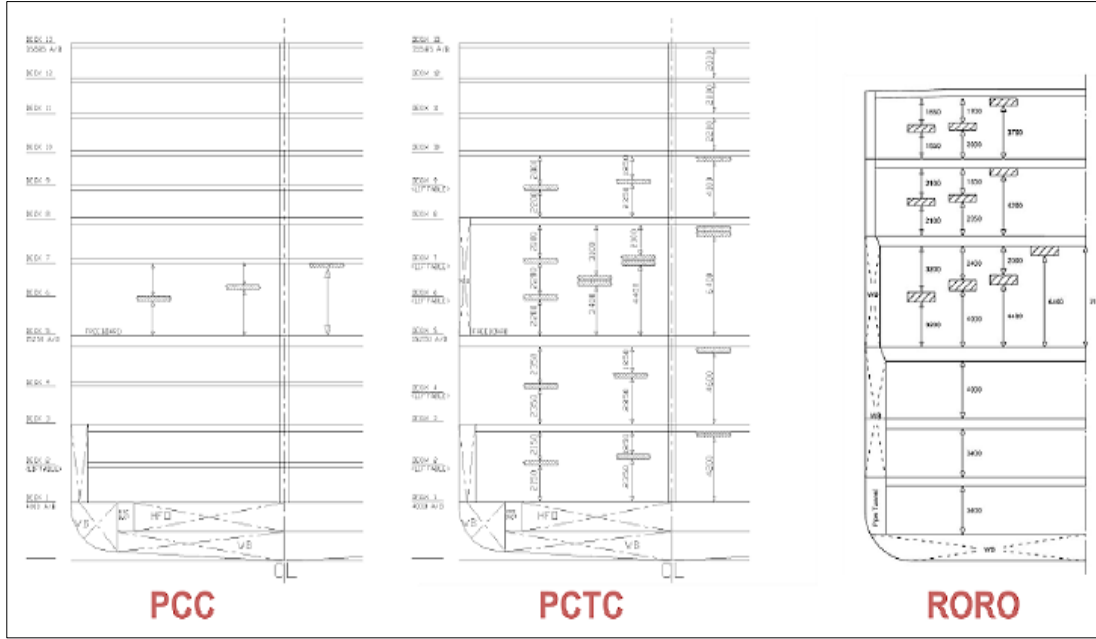
PCC gemileri, özellikle otomobil ve benzer hafif yükleri, mümkün olduğunca verimli olarak taşımak için dizayn edilmiştir. PCTC gemileri ise, hem otomobil hem tır taşınmasını en iyi şekilde yerine getirmek üzere tasarlanmış ve genel anlamda PCC gemilerinden daha fazla yükseltilebilir araba güverteleriyle donatılmışlardır (Wathne, 2012).

Günümüzde, yeni üretilen otomobiller ve diğer kendiliğinden tahrikli taşıtlar, çoğu kez “yüzen garaj” olarak betimlenen PCC ve PCTC gemileri ile taşınmaktadır. 1960’ların başından beri, kendinden tahrikli araçların sevkiyatındaki yenilikler nispeten az sayıdaki Japon, Koreli ve İskandinav denizcilik firmaları tarafından gerçekleştirilmiştir. İlk Japon araba taşıyıcı gemiler (PCC), küçük binek araçlarının taşınmasını en uygun hale getirmek üzere dizayn edilmiştir. Avrupa’daki araba taşıyıcı gemiler, feribot hatlarında çalışan, daha çeşitli yükleri taşımak üzere dizayn edilmiş gemilerden evrim geçirmiştir ve dolayısıyla bu gemiler en baştan beri, bugünkü PCTC gemilerine daha çok benzemektedir. Avrupa’daki bu gemilerin, Japon PCC gemilerinin merkezinde bulunan dairesel rampa konfigürasyonunun aksine, daha yüksek güverteleri ve yukarı/aşağı doğru uzanan gemi bölmelerine dayanıklı dahili rampaları vardır. Modern PCTC gemilerinde, taşımaya ek bir esneklik sağlayan yükseltilebilir rampalar da bulunabilmektedir. 2000’li yıllara doğru, Japon işletmecilerin ıskartaya çıkardıkları PCC gemileri ve inşa ettirdikleri PCTC gemileri ile, Japon ve Avrupalı araba taşıyıcıları arasındaki farklılıklar azaltılmıştır (Dupin, 2001).

Wathne (2012)'ye göre bir PCC gemisi, en fazla 2'si yükseltilebilen 13'e kadar otomobil güvertesine sahip olabilir. Bu tip gemilerin uzunlukları genellikle 200 metre veya daha aşağısındadır. PCC dizaynındaki bir geminin kargo kapasitesi 1000 ile 6500 CEU arasında değişmektedir. Bir PCTC gemisinin kargo kapasitesi de genellikle 5000 ile 7000 CEU arasında değişmektedir.

WWL (Wallenius Wilhelmsen Logistics) firmasının 8000 CEU kapasiteli MV Faust gemisinin piyasaya sürülmesiyle, yeni bir sınıf Ro-Ro gemisi ortaya çıkmıştır: LCTC (Large/Long Car Truck Carriers) (Llovio, 2007). Bu tip gemiler, 7000 CEU'dan fazla yükleme kapasitesine sahiptirler ve 200 metreden daha uzundurlar (Wathne, 2012).

Şekil 2.5'de, farklı Ro-Ro tipleri için güverte yükseklikleri gösterilmektedir.



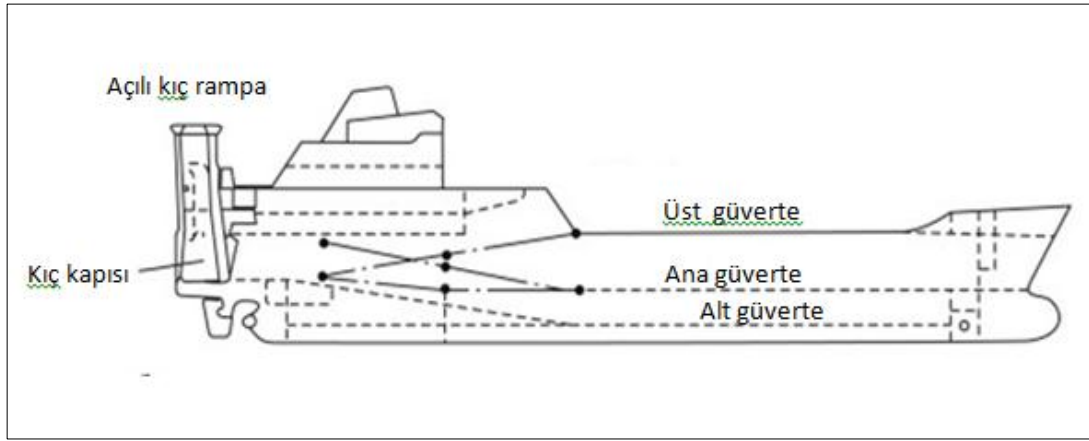
Şekil 2.5 : Ro-Ro gemi tiplerinin güverte yükseklik konfigürasyonları (Wathne, 2012).

Arabaların net yükü göreceli olarak daha düşük olduğundan, PCC ve PCTC gemileri küçük su çekimi ve büyük güverteye sahiptirler. Bu nedenle rüzgara karşı hassas olduklarından, limanda iken römorkörlere ihtiyaç duymaktadırlar (Yüksel ve Çevik, 2010).

Yükleme/boşaltma ve yük emniyeti gibi konularda artan verimliliği nedeniyle bir çok araba taşıma şirketi, filolarını, Ro-Ro gemilerinden özel araba taşıyıcı gemilere dönüştürme eğilimindedirler (Kang ve diğ., 2012).

Ro-Ro gemileri daha çok, ağır/yüksek yükleri, konteyner ile taşınmayan yükleri ve ilave yük olarak da otomobilleri taşımak üzere dizayn edilmişlerdir. Tipik bir Ro-Ro gemisi, 240 ile 300 metre arasında bir uzunluğa sahiptir. Açık deniz bir Ro-Ro gemisi genellikle, 7-9 güverte ile donatılmıştır. Alt güverteler sabittir ve ağır yüklerin istiflenmesi için ayrılmıştır. Bazı üst güverteler genellikle, yük istif esnekliği sağlamak için yükseltilebilmektedir (Wathne, 2012).

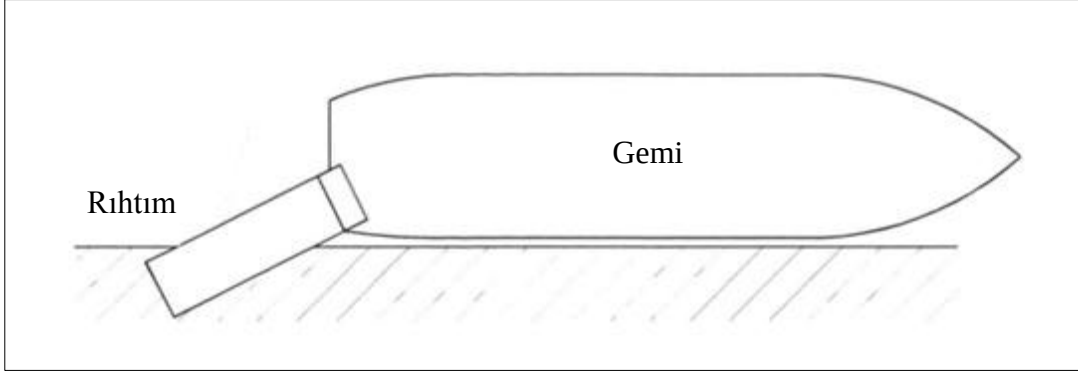
Şekil 2.6'da, tipik bir Ro-Ro gemisi gösterilmektedir.



Şekil 2.6 : Ro-Ro gemisi (Eyres ve Bruce, 2012).

Ro-Ro gemilerinin genellikle kıç tarafında bulunan, yüklerin etkili bir biçimde yüklenip boşaltılmasını sağlayan güçlü rampaları vardır. Bu rampalar, geminin boylamsal olarak tam orta hizasında, yük akışını kolaylaştırmak üzere yerleştirilmişlerdir (Wathne, 2012). Ayrıca güverteler arası erişimi sağlayan dahili rampalar da mevcuttur.

Ro-Ro gemilerinin ilk türlerinde, genellikle geminin kıç tarafında bir rampa bulunurdu. Bu çeşit bir rampanın dezavantajı, liman veya özel bir rıhtım yapımında bile özel bir alanın gerekli olmasıdır. İlerleyen zamanlarda, Ro-Ro gemilerine rıhtım tahsisinde daha fazla esneklik elde etmek için, Şekil 2.7'de gösterildiği gibi geminin ekseniyle bir açı yapmasını sağlayan ve geminin düz bir iskelenin herhangi bir kısmına yanaşmasına olanak sağlayan bir kıç omuzluk rampası sağlanmıştır (Ligteringen, 1999).



Şekil 2.7 : Kıç omuzluk rampası (Ligteringen, 1999).

2.6.2.2 Ro-Ro gemilerinin çeşitleri

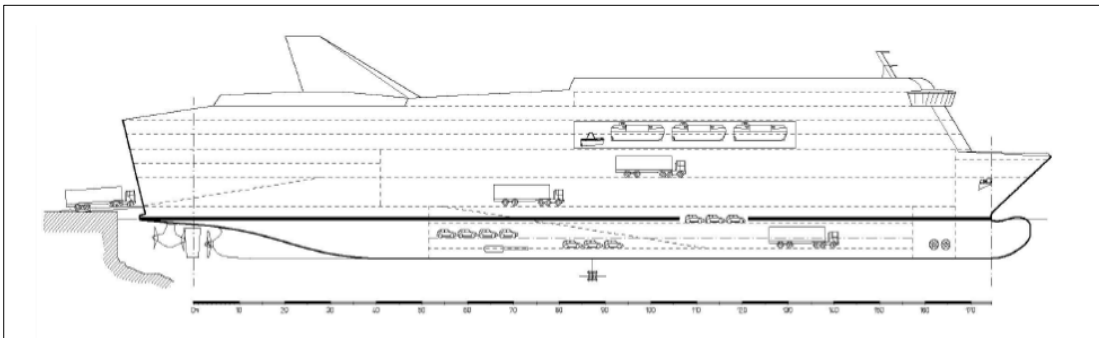
Ro-Ro gemilerinin taşıdıkları yük tipine göre değişik çeşitleri mevcuttur:

Ro-Pax (Roll on – Roll off and Passenger)

Taşıtların, tekerlekli yüklerin ve ayrıca yolcuların taşındığı gemi tipidir ve genellikle kısa mesafeli deniz taşımacılığında kullanılmaktadırlar. Levander (2002)’ye göre Ro-Pax terimi, Ro-Ro kısaltması ile yolcular için kullanılan bir terim olan “Pax” kısaltmasının kombinasyonundan oluşmaktadır.

Ro-Pax; genellikle kısa seferlerde, çok sayıda yolcunun taşınması için konaklama alanlarının sağlanması ile şahsi otomobiller ve ticari araçların taşınması gibi Ro-Ro hizmetlerini bir arada gerçekleştiren gemilerin tanımlanmasında kullanılan bir kısaltmadır. Bu bakımdan Ro-Pax terimi “Ro-Ro yolcu gemisi” ile eş anlamlıdır (Url-22).

Şekil 2.8’de, Ro-Pax gemisinin bir örneği gösterilmektedir.



Şekil 2.8 : Ro-Pax gemisi (Dundara ve diğ., 2009).

Ro-Pax gemileri çok sayıda yolcu taşımaktadır ve bunun sonucu olarak hizmet tesisleri üzerine odaklanmışlardır. Bu yüzden Ro-Pax gemileri, yolcular için geniş

alanlara (kafeterya, restoran, kabin vb.) ihtiyaç duymaktadır (Hagemeister ve Kristensen, 2011).

Ro-Pax taşımacılığı, kısa mesafeli deniz taşımacılığı sınıfına girmektedir. Ro-Pax gemileri, Ro-Ro gemilerinin imkanlarına (özel taşıtların, ticari taşıtların, tırların, trenlerin ve diğer tekerlekli yük tiplerinin taşınması) ek olarak, gemiye yaya olarak giriş yapan çok sayıda yolcu için bir özel alan içermektedir. Yüklerin çeşitliliği ve Ro-Ro gemileri ile karşılaştırıldığında Ro-Pax gemilerinin farklı yapısından dolayı, Ro-Pax terminallerinde ilave teknik ve yolcu güvenlik gereksinimleri zorunlu kılınmaktadır (Balaban ve Mastaglio, 2013).

Con-Ro (Container and Ro-Ro)

Konteyner ve Ro-Ro gemilerinin karışımı olan çok amaçlı gemilerdir. Ambarlarında tekerlekli taşıtlar/yükler ile ambarları üzerinde aynı anda konteyner taşıyan gemilerdir.

Bu çeşit gemiler hemen hemen her türlü yükü taşıyabilmektedirler; tekerlekli yükler, büyük ebatlı yükler, genel kargo yükleri (paletli yükler, kağıt ve çelik bobinler vb.), yatlar, ısı kontrollü yükler, IMDG yükleri vb. (Url-23).

Ro-Lo (Roll on/off – Lift on/off)

Tekerlekli taşıtların/yüklerin rampalar aracılığıyla geminin araçlar için ayrılmış güvertesine taşınmasına ve ayrıca vinçlerle yüklenip boşaltılabilen diğer yüklerin ise ayrı bir güverteye vinç yardımıyla taşınmasına olanak sağlayan gemilerdir.

Tren feribotu

Demiryolu taşıtlarını taşımak üzere tasarlanmış, güvertesinde raylar bulunan gemilerdir.

Dalgalı havalarda, açık ve kapalı feribotlarda demiryolu stoklarının taşınmasındaki zorluklar göz önünde tutulduğunda, raylı feribotların çok gelişemeyeceği düşünülmektedir. Fakat modern dalga sönmölendirme ve kilit sistemleri ile bu düşünce ortadan kalkmıştır. Tren feribotları, demiryolu ulaşım ağı iyi olan ülkelerde etkin şekilde kullanılmaktadırlar (Yeşilbağ, 1999).

LMSR (Large, Medium-Speed Roll on/Roll off)

LMSR gemileri, Amerikan Askeri Deniz Ulaştırma Komutanlığı'nın birkaç sınıftan oluşan Ro-Ro türü gemileridir. Bir kısmı askeri yük taşıma amaçlı olarak özel üretilmiş olup, diğer bir kısmı ticari gemilerden dönüştürülmüştür (Url-21).

3. RO-RO TERMİNALLERİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ, YÜKLEME/BOŞALTMA OPERASYONLARI, TERMİNAL TİPLERİNE GÖRE KAPASİTE ANALİZLERİNE YAKLAŞIMLAR

3.1 Ro-Ro Terminalleri ve Genel Özellikleri

Bugünün Ro-Ro terminalleri, neredeyse sadece treyler ve otomobillerin depolanması için tahsis edilmiş, geniş alanlardan oluşmaktadır. Park edecek taşıtlar için yeterli kapasitede, verimli ve güvenli bir terminal sahasının oluşturulması, Ro-Ro terminal işletmecileri için önem arz etmektedir.

Ro-Ro terminalleri, çekici eşliğinde veya çekicisiz treyler ile servis edilen yüklere veya hem yük hem de yolcu taşıtı/yaya yolcu durumlarında servis verecek şekilde dizayn edilebilirler. Her bir terminal tipinin kendine özgü ihtiyaç ve gereksinimleri vardır. Terminalde gerçekleştirilen her bir operasyonel süreç, gemiye sorunsuz ve etkili bir geri dönüş sağlaması için bir önceki operasyon süreci kadar önemlidir. İster terminal çekicilerinin gemiye/gemiden römork taşıma hareketi olsun, ister yolcu taşıtlarının veya çekicili römorkların hareketi olsun, terminalin serbest akışının sağlanması, tıkanıklık ve uzun kuyruklara maruz kalmaması için terminal sahasındaki araç hareketleri, özenli bir etüt ve planlama gerektirir (Url-9).

Ro-Ro terminallerinin tasarımı, taşınan trafiğin cinsine göre belirlenir. Örneğin kısa mesafeli bir feribot terminali (mesela Manş Denizi'nde), yolcu taşıtları ve tırların yüklenecekleri gemiyi beklerken mümkün olan en kısa süreyi geçirmeleri için tasarlanmalıdır. Bu çeşit ayarlamalarla çok hızlı bir devir elde etmek mümkündür (Url-10).

Aşağıda, bir Ro-Ro terminal planlamasındaki temel elemanlar verilmiştir (T.C. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Demiryolları, Limanlar ve Hava Meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü, 2010):

- Tırların indirilip, bindirilmesi genellikle geminin baş veya kış tarafından olur ve bu durum rıhtım konfigürasyonunu da belirlemektedir.

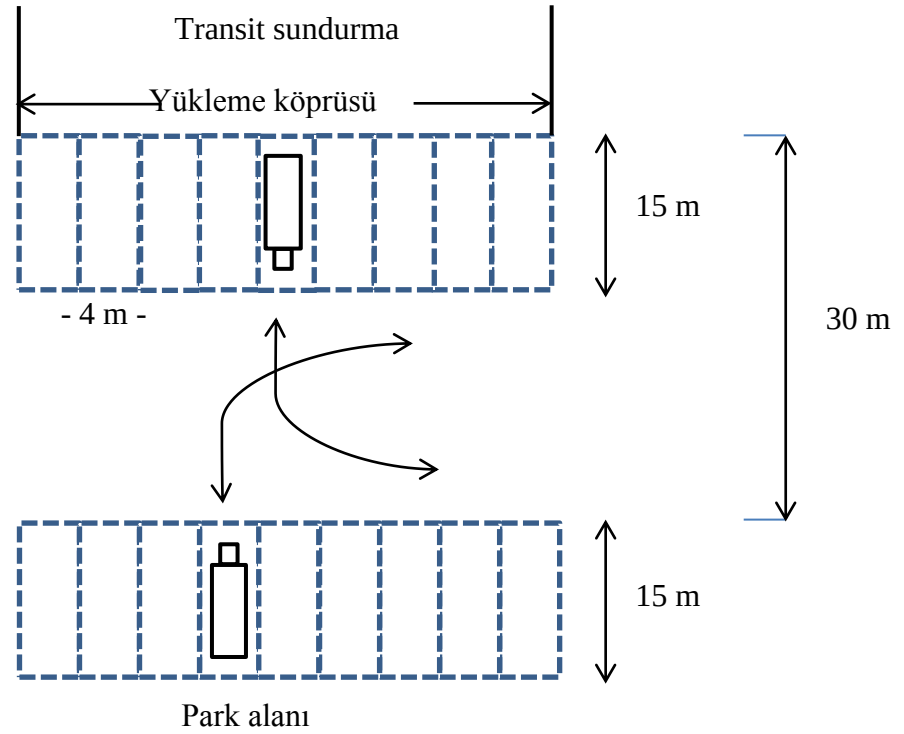
- Güverteye alınabilen maksimum sayıdaki tır (gemi tipine bağlı olarak diğer araçlar da), düzenli bir şekilde park etmek zorundadır.
- Bir Ro-Ro terminali, değişik gemi hatları da dahil edilerek gemilere en uygun servisi sağlayacak biçimde planlanmalı ve geliştirilmelidir.
- Yanaşma yeri sayısı, bekleme yapılmasından kaçınılarak belirlenir. Yanaşma yeri sayısı, yanaşacak gemi sayısına bağlıdır. Her gemi yükleme/boşaltma işlemini bir rampa boyunca yapmaktadır ve bu noktada geminin karadaki alanla bağlantısı sağlanmalıdır.
- Rampanın indirildiği rıhtımın eğimi, maksimum 1:8 olmalıdır.
- Yanaşma alanı, su alanına doğru meyillidir. Bu bölge, hızlı bir şekilde yanaşma ve ayrılmayı sağlamak ve yükleme boşaltma sırasında, geminin sadece çok küçük manevralarına müsaade etmek için bağlama sistemi, dolfen ve usturma sistemleriyle donatılmalıdır.
- Terminalin yükleme/boşaltma kapasitesi, ortalama servis süresine göre tahmin edilerek belirlenmektedir.

Limanların çoğunluğu, layner Ro-Ro taşımacılığının avantajlarının farkına varmakla birlikte, kendi Ro-Ro terminallerini inşa etmek veya mevcut bir terminalini Ro-Ro taşımacılığı için uyarlamakla meşguldür. Bazı limanlar, Ro-Ro taşımacılığını ilave bir faaliyet olarak görmekte, bazılarıysa başlıca bir faaliyet olarak görüp bu alanda uzmanlaşma eğilimindedirler (Maksimavicius, 2004).

Otomobil ihracat/ithalat terminalleri ise, en büyük Ro-Ro gemilerinde taşınabilen 6500'e yakın otomobilin taşınması için çok sayıda şoför temin etmek zorunda olmaları nedeniyle, Ro-Ro tesislerinin uzman bir türü olma eğilimindedirler. Böyle terminallerde belirgin olan, muazzam bir otomobil park alanı ve karmaşık bir yol şebekesinin olmasıdır (Url-10).

Ro-Ro terminallerinin çoğu zaman karşılaştığı bir problem, terminalin, terminale ulaşan yükün kabulü ve işlemini yapacak durumda olmamasıdır. Bu da esasen; yetersiz terminal girişi sayısına, gümrük kontrol birimlerine, terminaldeki yetersiz park alanına vb. etkenlere bağlı olarak oluşmaktadır (Maksimavicius, 2004).

Şekil 3.1'de, park alanında tırlar için gerekli alanlar ve bu alanlar arası mesafe gösterilmiştir.



Şekil 3.1: Tırlar için gerekli alan (Ligteringen, 2000).

Tezin uygulama kısmında bir tırın kapladığı alan, Ligteringen (2000)'in belirtmiş olduğu 4 m en, 15 m uzunluk olmak üzere 60 m^2 olarak alınacaktır.

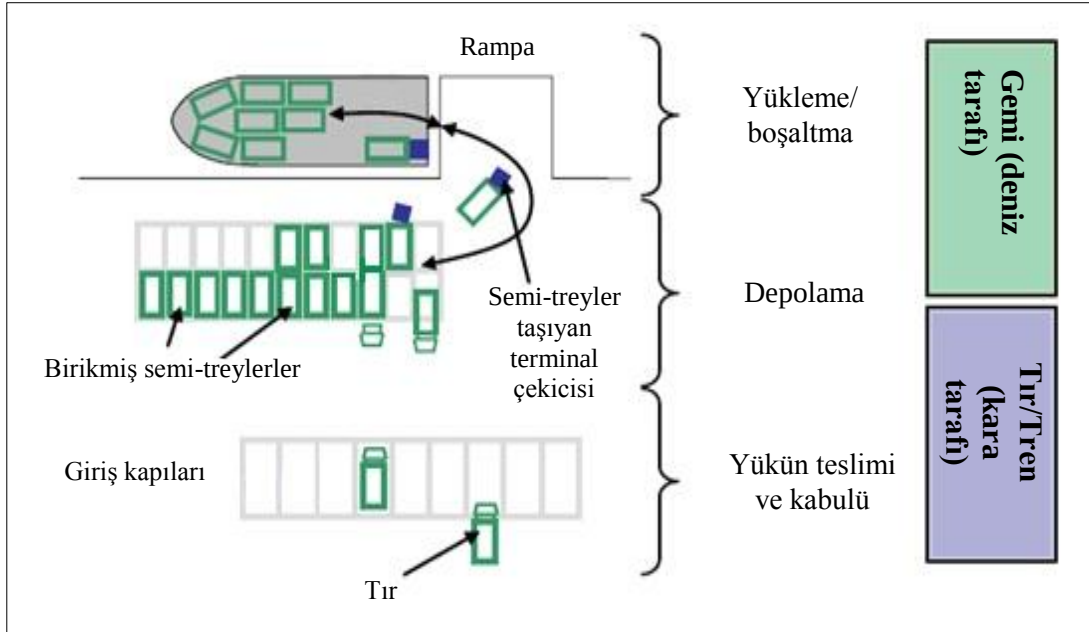
3.2 Ro-Ro Terminallerinde Yükleme/Boşaltma Operasyonları

Ro-Ro gemileri, yükleme/boşaltma operasyonlarında kendi vincini ya da rıhtım vincini kullanan Lo-Lo (Lift on – Lift off) gemilerinin aksine, otomobil, kamyon, treyler vb. gibi yükü kendi tekerlekleri üzerinde taşıyan araçların taşınabilmesi için dizayn edilmişlerdir.

Ro-Ro terminallerinin kara tarafı yerleşim planları, treylerler için gerekli park alanının ne kadar olduğuna bağlı olarak, çeşitlilik göstermektedir. Çoğu kez bu park alanları kısıtlıdır. Bu yüzden tırlar, geminin kalkışından 1 veya 3 saat öncesinden limana varırlar. Treylerlerin uzun süreli park etmediği durumlarda, park alanı yüzölçümü gereksinimi düşüktür.

Şekil 3.2’de gösterildiği gibi, Fusco ve diğ. (2010)’e göre sade bir Ro-Ro terminali (burada “sade”den kasıt, feribot ve otomobil terminali olmayan, yalnızca tır,

kamyon, platform ve diğer tekerlekli yük taşıyıcılarını elleçleyen liman anlaşılmaktadır) 3 alt sistemden oluşmaktadır.



Şekil 3.2 : Ro-Ro terminalinde alt sistemler (Fusco ve diğ., 2010).

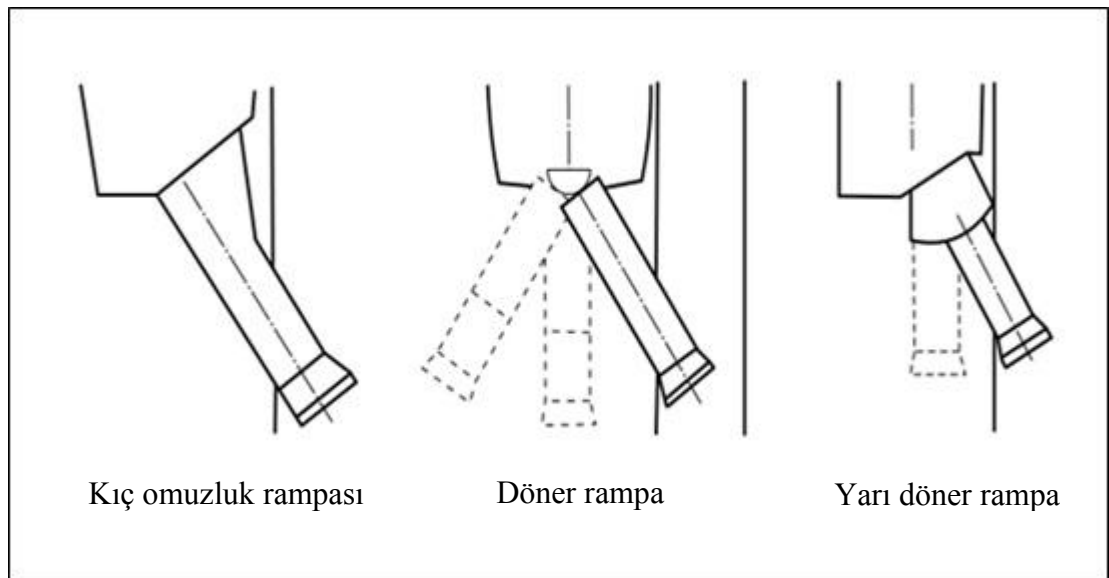
Terminalin tam yük ile yüklemeye ve geminin bu yükü almaya hazır olduğu anda, “hız” kavramı, Ro-Ro terminallerinin operasyonunda hayati bir önem taşımaktadır. Bu da, yüklerin doğru bir düzende yüklenmesini sağlayan planlamacıları, şoförleri ve gemi içinde doğru bir istifleme yapmak için araçlara yol gösteren gemi personelini yönlendiren uzman bir terminal ekibi tarafından asiste edilir. Elleçleme hızı ayrıca, gemi dizaynından da etkilenir. Eğer yük, güverteden güverteye asansörlerle aktarılacak veya dahili gemi rampalarıyla dolanmak zorundaysa, yükleme, yükün istifleneceği güverteye doğrudan yüklenmesinden daha yavaş olacaktır (Url-10).

Araçların terminal operasyonları, genellikle kural tabanlı kontrol sistemleri ile desteklenen konteyner terminallerinkinden farklıdır. Örneğin, konteynerlerin terminal boyunca akışı genellikle bir hayli bölünmüştür, oysa araçların akışı daha tekdüzedir ve dökme yüklerin akışına daha benzerdir. Konteynerlerin çoğu kez, terminal içinde yerleri defalarca değiştirilirken, Ro-Ro terminallerinde, araçların işletme maliyetlerini minimize etmek ve araçlara verilecek muhtemel zarar olasılığını azaltmak için terminal içinde yer değişiminden kaçınılır. Konteynerler, depolama alanının arttırılması için istiflenebilirken, bu seçenek araçlar için geçerli değildir. Bu operasyonel karakteristiklerinden dolayı, terminalde araçlar için gerekli depolama

alanı geniş olabilmektedir, böyle bir depolama alanı ise terminalin çalışma süreci optimizasyonunu desteklemektedir (bu çalışmada tır depolama alanı, terminal kapasitesi olarak isimlendirilmiştir). Bu doğrultuda, operasyon ve depolama (hem kısa hem uzun vadeli depolama) alanının optimum konumsal dağılımının yanısıra, araç servis tesislerinin de konumlandırılmasının sağlanması için etkili bir terminal düzenlemesi gerekmektedir. Terminalin bu dahili konumları arasındaki araç seyahat mesafesinin minimize edilmesinin, terminal sahası ve işgücü gereksinimleri üzerinde önemli bir etkisi vardır (Url-15).

3.2.1 Gemi rampaları ve gemi ile rıhtım arasındaki yükleme köprüsü bağlantıları

Ro-Ro gemileri genellikle kık rampa ile donatılmışlardır, fakat bazı gemilerin pruva kapısı olabilir ve bu gemiler pruva rampasıyla donatılabilirler. Rampalar ayrıca, güverteden güverteye geçişi sağlamak için gemi içine de yerleştirilebilirler. Kık rampalar; sabit eksensel rampa, sabit kık omuzluk rampası, döner rampalar veya yarı-döner kık omuzluk rampaları olabilir. Eksensel kık rampası, kık kapısı olarak da hizmet edebilir ve hidrolik olarak veya çelik halat tertibatı ile indirilip kaldırılabilir. Kık omuzluk rampası; dik açılı rıhtımlara veya yükleme köprüsü bağlantılarına sahip olmayan limanları kullanan Ro-Ro gemileri için dizayn edilmiştir. Döner rampalar, kık omuzluk rampasına benzer bir amaca hizmet etmektedir, fakat daha esnektir (Eyres ve Bruce, 2012). Şekil 3.3’de kık omuzluk rampası, döner rampa ve yarı döner rampa gösterilmektedir.

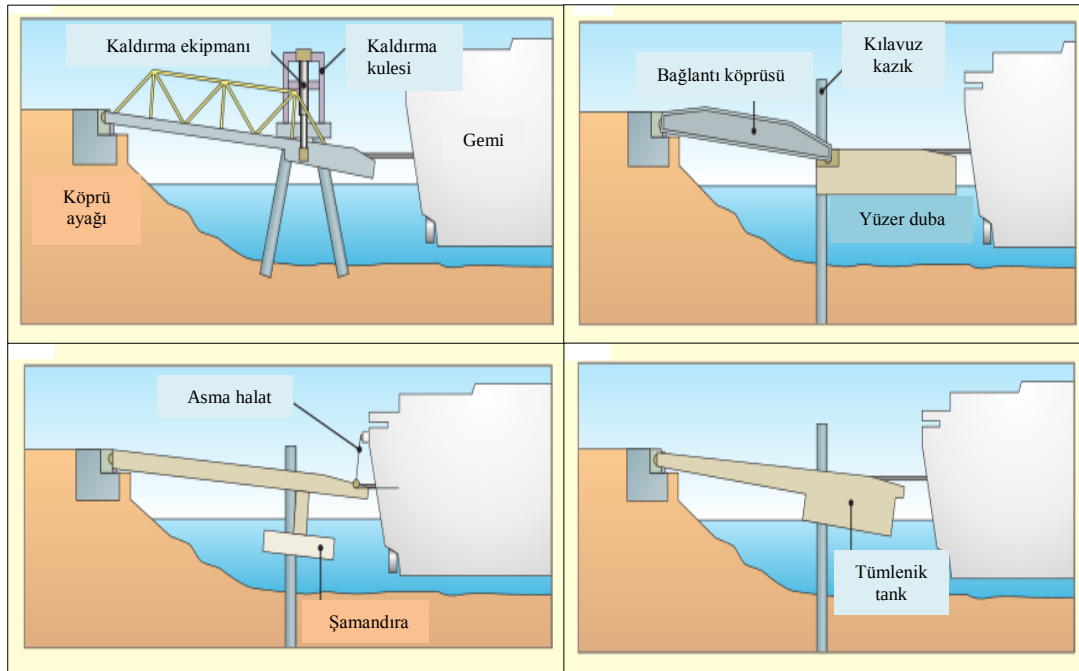


Şekil 3.3 : Kık rampa tipleri (Eyres ve Bruce, 2012).

Ro-Ro gemi rampalarındaki yol genişliği, çift yönlü trafik için minimum 9 m, tek yönlü trafik için ise minimum 5 m genişliğe sahip olmalıdır (Yüksel ve Çevik, 2010).

Gemi ile rıhtım arasındaki yükleme köprüleri; gelgit düzeyi veya geminin durumu ne olursa olsun tekerlekli yüklerin doğrudan, kıyı ile gemi güvertesi arasında yüklenip boşaltılabilesine imkan sağlayan arabirimlerdir (Osborn, 2010). Şekil 3.4’de gösterildiği gibi Osborn, yükleme köprülerini 4’e ayırmaktadır:

- Mekanik olarak yükseltilebilen: Bu tip yükleme köprüleri; hidrolik silindirler, halatlı vinçler, dişli çubuk ve küçük dişli çark gibi kaldırma ekipmanları kullanılarak yükseltilir ve indirilirler.
- Yüzer duba ve bağlantı köprüsü: Gelgit sonucu yukarı ve aşağı hareket ederek su yüzeyinde duran bir yüzer duba ile yüklere geçiş imkanı sağlayan bir bağlantı köprüsünden oluşan gemi ile rıhtım arasındaki bir arabirimdir.
- Yarı - suya batırılabilir: Kendi ağırlığı, su altına batırılmış bir şamandıra tarafından desteklenmektedir ve yük akışı, gemiye bir bağlantı ile sağlanmaktadır (halat vb.)
- Tümlenik tank: Yüzer dubaya benzerdir. Fakat burada yüzer duba, sıkı sıkıya köprüye bağlıdır.



Şekil 3.4 : Dört ana tip yükleme köprüsü (Osborn, 2010).

Yükleme köprüleri, Ro-Ro operasyonlarında önemli bir göreve sahiptir ve geniş aralıklı gemi kapılarına uyumlu olmak zorundadır (Carmichael, 1999). Denizde oluşan gelgitin durumuna bakılmaksızın gemiye giriş ve çıkışlarda rahat bir geçiş sağlayan gemi ile rıhtım arasındaki yükleme köprülerinin tasarımı kritik bir öneme sahiptir. Bu konu Akdeniz veya Baltık Denizi'nde önemsizdir, fakat dünyanın diğer bölgelerinde deniz seviyesinin yükselip alçalması önemli olabilmektedir ve bu yüzden rampalar çok dik olmamalıdır (Url-10).

3.2.2 Ro-Ro taşımacılığında yükler ve yük taşıyıcıları

Ro-Ro taşımacılığında taşınan yükleri sıralayacak olursak:

- Otomobil, kamyon, otobüs vb. tekerlekli yükler,
- Yüksek ve ağır yükler: Römorklü veya römorksüz tırlar, tarımsal traktörler, demiryolu vagonları ve ayrıca buldozerler, taş ocağı kamyonları, kazı makinaları gibi iş makinaları, konteynerler vb.,
- Konteyner ile taşınmayan yükler: Elektrik santrali için taşınan büyük bir jeneratör gibi proje yükleri, yat, tekne vb. olarak sıralanabilir (Wathne, 2012).

Ro-Ro taşımacılığında, kendi tekerlekleri veya kendi çekici birimleri olmayan yükler için tasarlanmış yük taşıyıcılarından bazıları şunlardır:

3.2.2.1 Roll-treyler (mafi-treyler)

Çoğunlukla genel kargo ve ağır parça yüklerinin yükleme/boşaltılmasında kullanılan, 20, 40 ve 60 feetlik çeşitleri olan yük taşıyıcılarıdır. Literatürde mafi-treyler olarak da adlandırılmaktadır. Temel versiyonu; ahşap bir platform, sağlam kauçuk lastikler ve ön tarafındaki emniyet kancasından oluşur (Url-16). Çizelge 3.1'de, 20'lik, 40'lık ve 60'lık mafi-treylerlerin taşıma kapasiteleri ve boyutları gösterilmektedir.

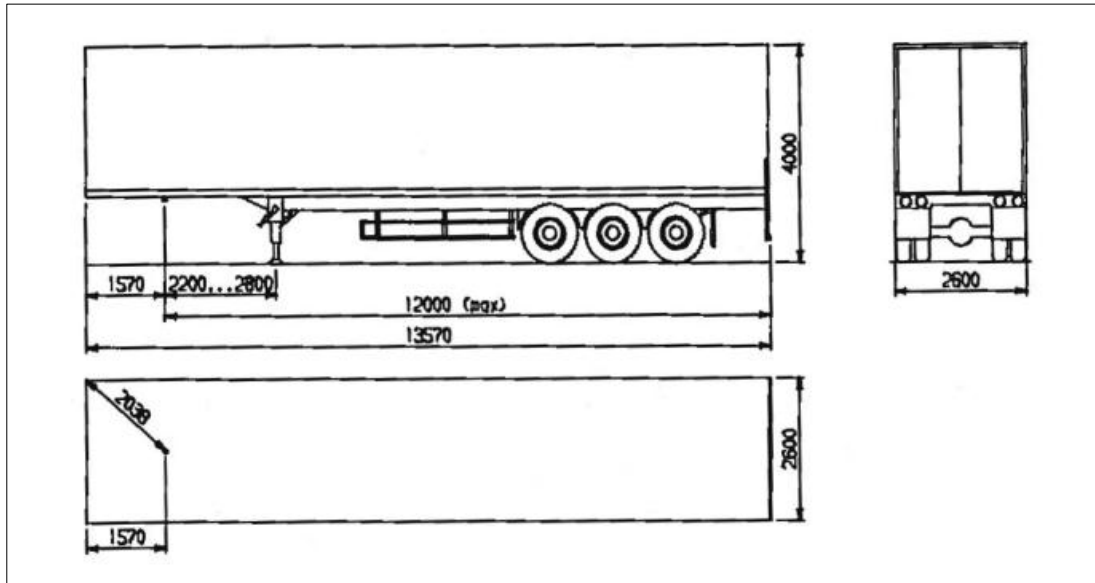
Çizelge 3.1 : Mafi-trailer taşıma kapasiteleri ve boyutları (Url-16).

Boyutlar(feet)	Taşıma kapasitesi(ton)	Platform uzunluğu(m)	Genişlik(m)	Yükseklik(m)
20'	30	6,1	2,5	0,6
20'	40	6,1	2,5	0,7
20'	50	6,1	2,5	0,7
40'	40	12,3	2,5	0,75
40'	50	12,3	2,5	0,75
40'	60	12,3	2,5	0,8
40'	80	12,3	2,5	0,8
40'	100	12,3	2,5	0,85
40'	120	18,5	2,5	0,85
60'	60	18,5	2,5	0,810
60'	80	18,5	2,5	0,820
60'	120	18,5	2,5	0,9

3.2.2.2 Semi-treyler (yarı römork)

Çekic arkasına bağlanarak taşınır. Çekicileri ile istenilen yere götürülebilmektedirler. IMO'ya göre “semi-treyler” tanımı: Çekicisine kenetlenmek ve toplam kütlesinin önemli bir kısmını çekicisi üzerine bindirmek üzere dizayn edilmiş bir römorktur (IMO, 1985).

Şekil 3.5’de, bir semi-treylerin yan, arka ve üst taraflarından ölçüleri gösterilmektedir.



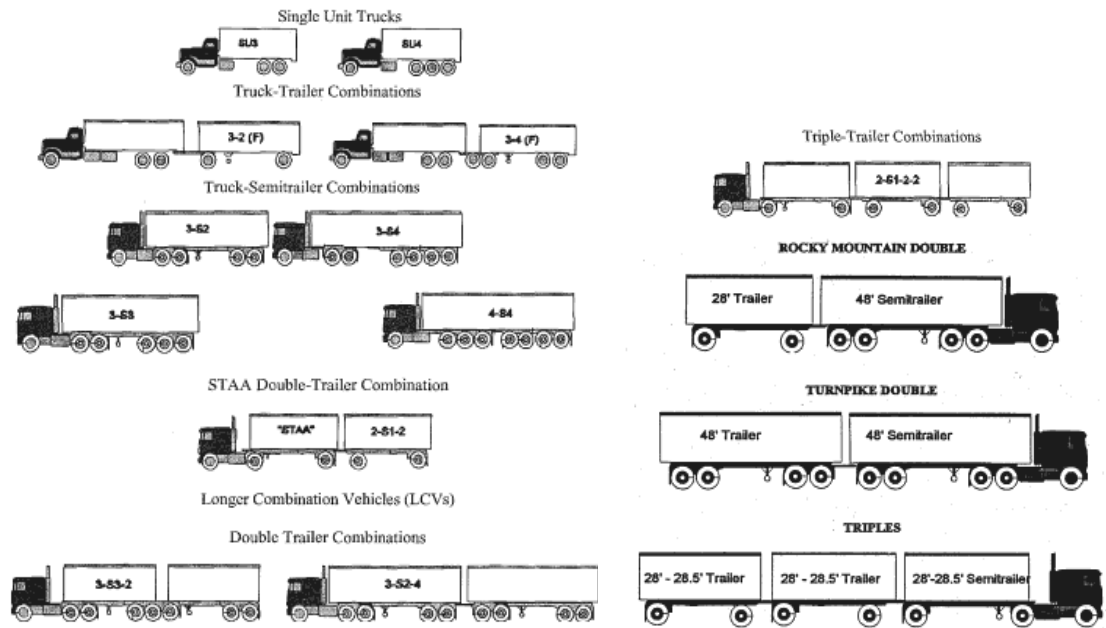
Şekil 3.5 : Semi-treyler ölçüleri (Wathne, 2012).

Semi-treylerlerde taşınan yükün cinsinin öğrenilmesi ve yalpa sırasında kayabilecek cinsteki yükler için önceden tedbir alınması gerekmektedir (D.B. Deniz Nakliyatı T.A.Ş., 1987).

Kapalı kasa treyler (en yaygın treyler tipi), araba taşıyıcı treyler, yandan tenteli treyler, çift katlı treyler, kuru yük treyleri, damper treyler, açık kasa dorse, huni ağızlı treyler, canlı hayvan taşıyıcı treyler, alçak kasa treyler, soğutuculu treyler, yandan yükleyicili treyler, tanker treyler vb. tipte yük cinsine göre treylerler vardır (Url-17).

3.2.2.3 Tır (çekici + semi-treyler/treyler)

Çekisine bir veya daha fazla semi-treyler takılı, uzun ve geniş, kendi hareket kabiliyetleri olan yük taşıyıcılarıdır. Şekil 3.6'da çeşitli çekici ve semi-treyler/treyler kombinasyonları gösterilmektedir.



Şekil 3.6 : Çekici ve semi-treyler/treyler kombinasyonları (Harwood ve diğ., 2003).

3.2.2.4 Terminal çekicisi (tugmaster)

Semi-treyler, roll-treyler vb. çekicisi olmayan yük taşıyıcılarının terminal alanı içerisinde ve gemi içinde taşınması için tasarlanmış çekicilerdir. Şekil 3.7'de terminal çekicilerinin bir örneği gösterilmektedir.



Şekil 3.7 : Terminal çekicisi (tugmaster).

3.3 Ülkemiz Ro-Ro Terminallerine Örnekler

3.3.1 Pendik Ro-Ro terminali

Pendik terminalinde, iki gemiye eş zamanlı yükleme yapılabilmesi için iki adet gemi yanaşma rıhtımı ve iki adet rıhtım rampası mevcuttur. Ayrıca, 530 tırın birbirini engellemeden park edebileceği bir terminal alanına sahiptir (Url-13). Anadolu ve İstanbul'dan gelen birçok nakliye firması Pendik hattını kullanmaktadır (Url-12). Pendik limanından önce İstanbul-Trieste hattında Ro-Ro operasyonları, Haydarpaşa limanından yapılmaktaydı. Bu hattın Haydarpaşa'dan Pendik'e alınmasıyla taşımacılar, her seferde 3 saatlik zaman kazanır duruma gelmiştir (Url-13). Pendik limanından Trieste'ye günde tek sefer olmak üzere haftanın her günü karşılıklı sefer, Toulon limanına ise yine günde tek sefer olmak üzere haftanın iki günü karşılıklı sefer yapılmaktadır (Url-12).

Terminalin E-5 ve TEM otoyollarına yakın olması da ayrı bir avantajıdır. Ayrıca daha önce gösterilen çizelge 2.1'deki T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Deniz Ticareti Genel Müdürlüğü'nün 2012 yılı yurtdışı bağlantılı hatlarda taşınan toplam araç sayılarına bakılacak olursa Pendik – Trieste hattı, ülkemizin yurtdışı bağlantılı hatlarda yaptığı toplam Ro-Ro taşımasının yaklaşık % 35'ini oluşturmaktadır.

3.3.2 Çeşme limanı

Çeşme Limanı'ndan 25.000 GRT üzeri Ro-Ro gemileri, Çeşme – Trieste hattında sefer yapmaktadır (Url-24). Daha önce Çizelge 2.1'de gösterildiği üzere, ülkemizin yurtdışı bağlantılı Ro-Ro hatlarında yapılan taşımalarda Çeşme – Trieste hattı, Pendik – Trieste hattından sonra en fazla taşımanın yapıldığı hattır.

Çeşme Ulusoy Liman İşletmesi A.Ş. yetkilileri ile yapılan görüşmelerde alınan, 2009-2013 yılları arasında Çeşme – Trieste Ro-Ro hattında yapılan taşıma verileri Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.2: 2009 – 2013 yılları arası Çeşme – Trieste Ro-Ro hattındaki ihracat verileri (Çeşme Ulusoy Liman İşletmesi A.Ş., 2014).

Yıllar	Sefer Sayısı	Ortalama Araç	Giden Tır	Giden Dorse	Giden Toplam	Diğer
2009	153	106	6.960	9.296	16.256	362
2010	155	127	5.341	14.284	19.625	214
2011	165	130	4.994	16.489	21.483	293
2012	173	134	3.798	19.328	23.126	304
2013(01.01.2013 – 27.12.2013)	149	149	3.515	18.511	22.026	319

Çizelge 3.3: 2009 – 2013 yılları arası Çeşme – Trieste Ro-Ro hattındaki ithalat verileri (Çeşme Ulusoy Liman İşletmesi A.Ş., 2014).

Yıllar	Sefer Sayısı	Ortalama Araç	Gelen Tır	Gelen Dorse	Gelen Toplam	Diğer
2009	153	81	5.566	6.861	12.427	1.241
2010	151	106	4.149	11.843	15.992	1.919
2011	165	104	3.750	13.442	17.192	4.116
2012	173	107	3.084	15.513	18.597	2.352
2013(01.01.2013 – 27.12.2013)	148	127	2.815	15.984	18.799	2.173

Çeşme Limanı'nda, 25/02/2014 tarihinde, şirketin en yeni gemilerinden olan “Ulusoy - 14” isimli Ro-Ro gemisinin yanaşma, rampa indirme ve tahliye operasyonu incelemesi yapılmıştır. Trieste'den gelen gemi, 24 komple tır ve 172 semi-treyler ile

toplam 196 araç getirmiştir. Çekicisi olmayan semi-treylerler, liman işletmesine ait olan mafiler (terminal çekicisi) ile gemiden tahliye edilip, park alanına bırakılmışlardır. Tahliye sırasında limana gelen çekiciler var ise bunlar, mafilere gerek kalmadan gemiden kendi semi-treylerlerini alıp, limanı terk etmektedirler.

Boşaltma operasyonundan sonra, “Ulusoy - 14” gemisinin 2. ve 3. zabıtları ile yapılan görüşmelerde, gemi ile ilgili bazı teknik bilgiler alınmıştır:

Gemi boyu: 208,5 m

Maksimum seyir hızı: 22 knot

Yükleme süresi: Yaklaşık 5 saat

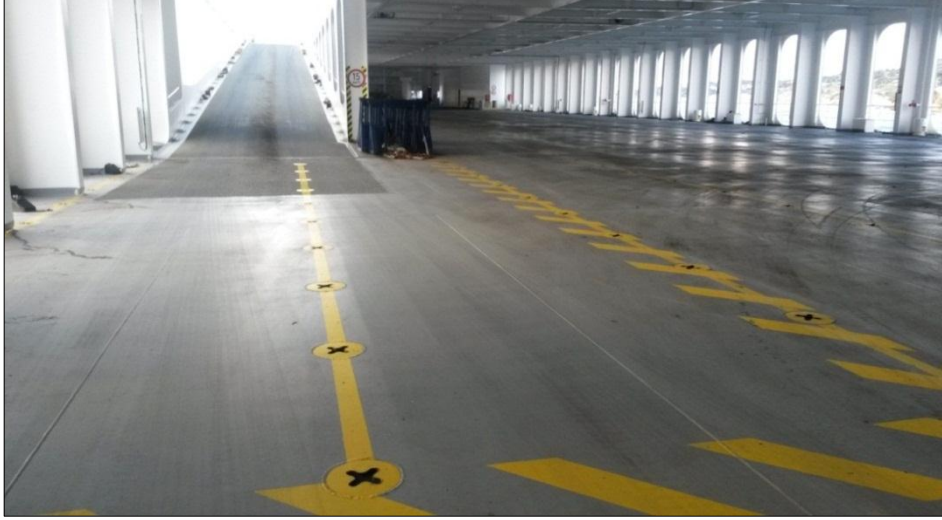
Boşaltma süresi: Yaklaşık 6 saat (sahada yeterli alan olmadığı için)

Toplam gemi kapasitesi: 4094 lanemeter

- Top Deck: 1273 lanemeter
- Upper Deck: 1186 lanemeter
- Main Deck: 1060 lanemeter
- Tank Top: 575 lanemeter

Gemi güvertelerinin zemininde Şekil 3.8’de gösterildiği gibi, “fil ayağı” denilen, yükün gemi üzerinde lashing (sabitleme ve çözülme işlemi) yapılmasını sağlayan hazneler mevcuttur. 1 tır, 13 fil ayağı kadar bölgeyi kapsarken, 1 semi-treyler 10 fil ayağı kadar bölgeyi kapsamaktadır.

Yine, zabıtlarla yapılan görüşmede edinilen bilgiye göre; Çeşme’den Trieste’ye gidiş 990 mil, Trieste’den geliş 947 mildir ve sefer süresi yaklaşık 55 ile 58 saat arasında değişmektedir.



Şekil 3.8 : Fil ayakları.

3.4 Terminal Tiplerine Göre Kapasite Analizlerine Yaklaşımlar

Yapılan literatür taramasına göre terminal veya liman bazında düşünüldüğünde, deniz ve hava terminal veya liman sistemlerinde, liman/terminal tasarımı, planlaması, kapasite analizi, verimlilik vb. farklı amaçlar doğrultusunda, simülasyon tekniği yaygın olarak kullanılmıştır. Bu bölümde, yapılan literatür taramasına göre araştırmacıların terminal tiplerine göre kapasite analizine yaklaşımları incelenmiştir.

3.4.1 Havayolu terminallerinde kapasite analizlerine yaklaşımlar

Jim ve Chang (1998); “Slam II” simülasyon yazılımını kullanarak, havalimanı yolcu terminalinin son tasarımı için, planlama ve tasarım aracı olarak bir simülasyon modeli sunmaktadır. Simülasyon sonuçları, her bir servis birimindeki bekleme hattı sayılarını ve kuyruk uzunluğu istatistiklerini ve her bir bagaj kabul bölümündeki doluluk sayılarını vermektedir.

Kıran ve Og (2000); İstanbul Atatürk Havalimanı’nda yeni bir terminal için simülasyon modelleri geliştirilmesi ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Modeller, “Promodel” simülasyon yazılımı ile oluşturulmuştur. Sistemin analizi için 2 test yapılmıştır; ilkinde, günlük uçuş programı için, haftanın en yoğun olduğu bir gün seçilmiştir, ikincisinde ise; maksimum verim için, 18 yolcu giriş kapısının hepsinin aynı kalkış saati için tutulduğu varsayılmıştır. Sonuçlar, yeni terminalin, her bir yıl için, planlanan yolcu kapasitesine hizmet verebileceğini göstermiştir.

Rauch ve Kljajic (2006)'ın yapmış oldukları çalışmada, Kıran ve Og (2000) ve Guizzi ve diğ. (2009)'nin yapmış oldukları çalışmaya benzer bir şekilde; yolcuların terminale girişten uçağa binişe kadar, havalimanı terminalindeki yolcu akışının analizi incelenmiştir. “Gpss (General Purpose Simulation System)” simülasyon yazılımı kullanılarak, bir ayrık olay simülasyon modeli inşa edilmiştir. Mevcut ve gelecekte beklenen sistem performansı araştırılmıştır.

Johnson ve diğ. (2009)'nin yapmış oldukları çalışmada, havalimanı terminal kapasite planlaması, bir bütün olarak göz önüne alınmıştır. İlk olarak, geçiş yollarındaki ve terminal işlem istasyonlarındaki maksimum gecikmelerin tahmini için zaman fonksiyonları türetilmiştir. Daha sonra bu gecikme fonksiyonları, bütün havalimanı terminalinin çok ürünlü bir akış ağı gösterimine dayalı, çok katlı stokastik programlama modeli geliştirmek için kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçları, diğer tipteki yolcu terminalleri dahil, tüm benzer kuyruk ağlarına uygulanabilmektedir.

Guizzi ve diğ. (2009); terminal girişinden uçağa binişe kadar, havalimanı terminalindeki yolcu akışının analizi ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. “Ayrık olay simülasyonu”na dayalı bir simülasyon modeli geliştirilmiştir. Örnek olay çalışması için, “Rockwell Arena” simülasyon yazılımı kullanılmıştır.

Chen ve diğ. (2010); havalimanında yolcu talebini tahmin etmek ve gelecekteki talebi karşılamak üzere uçak pisti ve yolcu terminali kapasitesinin genişletilmesiyle ilgili bazı senaryoların değerlendirilmesine yönelik bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada sistem dinamiği modeli kullanılarak, Tayvan’da bulunan Taoyuan Uluslararası Havalimanı’ndaki yolcu talebi analiz edilmiştir.

Wet (2010)'ın yapmış olduğu tez çalışmasında; Güney Afrika’da bulunan Lanseria Havalimanı’nın kara tarafı ile gümrüklü saha tarafının kapasite analizi yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı; yolcu sayısı ve gerçekleştirilen uçak operasyon sayısı bakımından maksimum havalimanı kapasitesini belirlemektir ve bu amaç doğrultusunda simülasyon modellemesi (Arena 10.00 simülasyon yazılımı) uygulanmıştır.

3.4.2 Demiryolu terminallerinde kapasite analizlerine yaklaşımlar

Burkolter (2005)'in yapmış olduğu doktora tez çalışmasında, bir istasyon bölgesindeki mevcut hat kapasitesinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Geliştirilen yöntem; kapasitenin, dikkate alınan demiryolu topolojisi üzerinde belirli bir tren servisinin sağlanması için gerekli zaman olarak tanımlanmak üzere, yoğun bir program oluşturarak mevcut kapasiteyi saptamaktadır. İki seviyeli model geliştirilmiştir: Üst seviye ve alt seviye. Üst seviye modellemesinde “Petri Nets” kullanılmıştır. Metodoloji, Bern (İsviçre) istasyonu için uygulanmış ve test edilmiştir.

Yuan ve Hansen (2007) yaptıkları çalışmada; rota uyumsuzlukları ve geç transfer aktarmalarından kaynaklanan zincirleme tren gecikmelerini tahmin eden, analitik olasılıksal bir model oluşturmuşlardır. Model, ampirik verilerle başarıyla doğrulandıktan sonra, Hollanda'daki The Hague Holland Spoor demiryolu istasyonunun bir örnek olay çalışmasında, istasyon kapasite kullanımının optimize edilmesi için uygulanmıştır.

3.4.3 Denizyolu terminallerinde kapasite analizlerine yaklaşımlar

Yapılan literatür taramasına göre deniz terminalleri baz alındığında araştırmacılar, özellikle konteyner terminallerinde simülasyon tekniğini çok yoğun olarak kullanmışlardır. Konteyner terminallerinin diğer deniz terminallerine göre çok daha kompleks yapıda bir sistem olduğu düşünüldüğünde, simülasyon uygulamalarının konteyner terminallerine bu kadar fazlaca uygulanmasının nedeni daha iyi anlaşılmaktadır.

3.4.3.1 Konteyner terminallerinde kapasite analizlerine yaklaşımlar

Yun ve Choi (1999), konteyner terminallerinin operasyon analizi için, “Simple ++” simülasyon yazılımını kullanmış ve nesneye dayalı bir yaklaşım ile bir simülasyon modeli geliştirmiştir. Çalışmanın amacı, Pusan (Kore)'da bulunan tipik bir konteyner terminal sisteminin analizini yapmaktır. Bu analiz, terminaldeki konteyner elleçlemesini, ekipmanlar arasındaki konteyner taşınmasını ve ekipman kontrolünü kapsamaktadır. Yun ve Choi'ye göre, geliştirdikleri model kolayca değiştirilebilmekte ve genişletilebilmektedir. Sonuç olarak, yeni bir konteyner

terminaline ve genişletilmiş konteyner terminal tesislerine ihtiyaç olduğunu saptamışlardır.

Shabayek ve Yeung (2002), Hong Kong'da bulunan Kwai Chung konteyner terminallerinin simüle edilmesi için, “Witness” simülasyon yazılımını kullanmışlardır. Çalışmanın amacı; bir simülasyon modelinin, yüksek düzeyde bir doğruluk ile, mevcut konteyner terminal operasyonları hakkında ne ölçüde öngörüle bulunabileceğini araştırmaktır. Simülasyonun iskeleti şöyle oluşmaktadır; ilk önce gemiler geliş rotalarından demirleme bölgelerine gelirler, buradan da her bir gemi gidecekleri terminale yönlendir (4 terminal vardır) ve servis sırası gelene kadar bu terminallerin tampon bölgelerinde beklerler. Servis verildikten sonra tampon bölgeden ayrılırlar ve limandan çıkmak için çıkış rotasını takip ederler. Shabayek ve Yeung, yapılan simülasyon çalışmasının, konteyner terminallerinin mevcut operasyon sistemlerinin tahminlenmesinde iyi sonuçlar verdiğini saptamıştır.

Kia ve diğ. (2002); elleçleme teknikleri ve bunların terminal kapasitesi üzerindeki etkileri ile ilgili olarak, bir konteyner terminalinin performansının değerlendirilmesinde bilgisayar simülasyonunun rolünü incelemişlerdir. Çalışma, bir simülasyon modeli aracılığıyla iki farklı operasyon sistemini (mevcut ve öngörülen) istatistiklere göre incelemekte ve karşılaştırmaktadır. Ayrıca, terminal trafik sıkışıklığını düşürmek ve terminalin kapasitesini artırmak üzere işlevsel bir metot tasarlamak için performans kriterleri ve model parametreleri gibi konuları ele almaktadır. Melbourne konteyner terminalinden, gerçek zamanlı veriler alınmıştır: Gemi varışlar arası süre, gemiye verilen servis süresi, konteyner hareketleri vb.. Model; gemi varışları, yükleme/boşaltma işlemleri, terminal ve istifleme alanı içindeki konteyner hareketleri, giriş/çıkış kapıları, demiryolu ve karayolu bağlantılarından oluşmaktadır.

Chu ve Huang (2005)'in çalışmasında; farklı elleçleme sistemleri, saha boyutları ve vinç özellikleri esasına göre, konteyner elleçleme kapasitesi mukayesesi yapılmıştır. Tayvan limanlarındaki konteyner terminallerinin yerleşim planı, çeşitli danışmanlık şirketlerinden uzmanlarla yapılan görüşmeler temel alınarak incelenmiştir. Farklı ekipman boyutlarına bağlı olarak farklı elleçleme sistemleri ile farklı saha boyutları için, her bir 20'lik konteynere gerekecek alan hesaplanmak üzere, genel bir denklem türetilmiştir. Yıllık konteyner elleçleme kapasitesini hesaplamak için bu denkleme; elleçleme ekipmanlarının boyutsal özellikleri, terminal sahasındaki konteyner

aktarma oranı ve ortalama konteyner ikame süresi gibi faktörler dahil edilmiştir. Araştırmacılara göre çalışmadaki analizler; elleçleme teknolojisi seçimi, saha konumu ve servis genişletme bakımından konteyner terminal planlaması için çok yararlı olabilmektedir.

Huang ve diğ. (2008)'nin yaptığı bu çalışmada araştırmacılar, bir terminaldeki tüm faaliyetleri entegre eden ölçeklenebilir bir araç sunmaktadır. Sistem, gerçeğe uygun gemi varış modeli oluşturmak için yöntemler içermekte ve milyonlarca konteynerin geliş gidiş hareketlerini takip edebilmektedir. 3 farklı konteyner terminalinin analizi için simülasyon modellemesi uygulanmıştır. Simülasyon modellemesi ile, gerçeğe uygun operasyonların benzerinin yapılmasının yanısıra, kapasite değerlendirmelerinin yapılmasında da etkili sonuçlar alınmıştır. Gemi varışları için Poisson dağılımı uygulanmıştır, bunun için gerçek bir terminalden 11 aylık veri alınmıştır. Simülasyon modeli 6 bölümden oluşmaktadır: Rıhtım yanaşma yeri yerleştirimi ve konteyner vinci atama, konteyner vinci yönetimi, römork yönetimi, saha tahsisatı, saha vinci yönetimi, kapı operasyonları. Simülasyon doğruluğu ve model ölçeklenebilirliği test edilmiştir. Daha sonra terminal kapasite analizi için simülasyon deneylerinin nasıl yürütüleceğinden bahsedilmiş ve son bölümde 3 örnek olay çalışması yapılmıştır. Birinci örnek olayda; oluşturulan simülasyona, konteyner operasyonlarının bütün belli başlı hususlarını kapsayarak, Singapur'da bulunan belirli bir terminal dizaynını modellemek için başvurulmuştur. İkinci örnek olayda; bölgesel bir konteyner limanının mevcut kaynakları ve operasyon politikaları ile, kapasite değerlendirilmesi yapılmıştır. Üçüncü örnek olayda ise; birkaç farklı senaryo altında (örneğin 20, 10, 6 veya 4 rıhtım yanaşma yeri gibi), belirli bir terminal düzeninin kapasitesi tahmin edilmiştir.

Zenzerovic ve diğ. (2011)'nin yaptığı çalışmanın amacı; kuyruk teorisi uygulaması ile, konteyner terminalinin optimum kapasitesini ve verilen trafik için minimum maliyetle, iskele başına rıhtım yanaşma yeri ve vinç sayısını saptamaktır. Optimum çözüm, kuyruk teorisi esasına dayalı toplam maliyetlerin bir modelinin uygulanmasıyla elde edilmiştir. Araştırmacılara göre oluşturdukları bu model, herhangi bir konteyner terminali için, mevcut ve gelecekteki koşullarda da uygulanabilir. Model, Hırvatistan'ın Rijeka Limanı'ndaki Brajdica konteyner terminali üzerinde denenmiştir. Sonuçlar, terminalin işletilmesiyle ilgili uygun işletme kararlarının alınmasında, temel teşkil etmektedir.

Park ve diğ. (2012) yapmış oldukları çalışmada; simülasyon modellemesinin avantajlarını ve optimum iş hacminin toplam maliyet hesabına ilişkin bir optimizasyon yöntemini birleştiren bir yaklaşım sunmuşlardır. Busan (Kore) konteyner terminalinin performans değerlendirmesi için “Arena 12.0” simülasyon yazılımı kullanılmıştır. Busan konteyner terminalinden toplanan gerçek veriler kullanılarak, geliştirilen modellerin performansının değerlendirilmesi için hesaba dayalı testler yapılmıştır. Çalışmanın sonucu olarak, gemilerin bekleme oranı % 3’ten % 5’e çıktığında, terminalin optimum iş hacmi ve maksimum karı yakaladığı keşfedilmiştir.

3.4.3.2 Dökme yük terminallerinde kapasite analizlerine yaklaşımlar

Bugaric ve Petrovic (2007); yeni yatırım maliyetleri olmadan, boşaltma ekipmanlarının çalışmasında bir stratejinin uygulanması ve dökme yük nehir terminallerinin kapasitesinin nasıl arttırılabileceği ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. İlk model, boşaltma ekipmanlarının strateji uygulanmadan çalıştırıldığı; ikinci model, boşaltma ekipmanlarının strateji uygulanarak çalıştırıldığı durumlardır. Modelleme sonuçları; boşaltma mekanizasyonunun strateji uygulanarak çalıştırılmasının, geminin boşaltılması için gerekli zamanı kısalttığını ve bu nedenle terminalin boşaltma kapasitesini artırdığını göstermektedir. Elde edilen sonuçların, ekonomik ve teknik gidişat açısından terminal sistemi optimizasyonu için bir temel olarak kullanılabileceği, ayrıca, var olan bir terminalin yeniden tasarlanması veya yeni bir terminalin tasarımı için de kullanılabileceği belirtilmektedir.

Pajcin ve diğ. (2011)’nin yapmış oldukları çalışma; kuyruk teorisini kullanarak, dökme yük terminalinin boşaltma kapasitesinin belirlenmesini amaçlamaktadır. Bu çalışmada, Bugaric ve Petrovic (2007)’in yapmış olduğu çalışmadaki aynı konu farklı bir yaklaşım (kuyruk teorisi) ile ele alınmış ve incelenmiş olup, kuyruk teorisiyle elde edilen sonuçların ve diğer çalışmadaki simülasyon modellemesi yaklaşımıyla elde edilen sonuçların arasındaki farktan bahsedilmiş ve üstünde durulmuştur. Simülasyon modellemesinin sonuçları, detay tasarım süreci aşamasında kullanılıyorken; kuyruk teorisinden elde edilen sonuçların, sistem davranışının kabaca tahminleri gerektiğinde, sistem sınırlarının ilk tahminleri için tasarım sürecinin başlangıcında kullanılabileceği belirtilmektedir.

Pjevčević ve diğ. (2013); kargo elleçleme planlaması amacıyla, kuru dökme yük terminalinin analizi ile ilgili bir çalışma yapmışlardır ve kapasite artırımı için önerilere yer vermişlerdir. 3 farklı senaryo tasarlanmıştır. Her bir senaryo belli bir iş gücü katılımı ve ana ve yardımcı yükleme/boşaltma ekipmanı gerektirmektedir. Kuru dökme yük terminalinin etkinlik ölçütlerinin analizini ve terminal kapasitesi üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla, tasarlanan senaryoların simülasyon modelleri geliştirilmiştir. Simülasyon sonuçları analizinin yanında, DEA (Data Envelopment Analysis: Veri Zarflama Analizi) yöntemi kullanılarak tasarlanan yük elleçleme senaryolarının etkinlik analizi de yapılmıştır. DEA yöntemi; tasarlanan senaryoların ve kuru dökme yük elleçleme ile ilgili alt senaryoların etkinliğini gözlemlene imkanı vermektedir.

3.4.3.3 Ro-Ro terminallerinde kapasite analizlerine yaklaşımlar

Fusco ve diğ. (2010)'nin yapmış olduğu bu çalışma; bir Ro-Ro terminalinde, belli bir LoS (Level of Service: Hizmet düzeyi) temin ederken, rıhtım yanaşma yerindeki maksimum LoU (Level of Usage: Kullanım düzeyi)'nin hesaplanması için bir metodoloji sağlamaktadır. Çalışmada; terminalin hizmet düzeyinin hesaplanmasında parametre olarak kullanılacak, servis süresi ile geminin ortalama bekleme olasılığının toplamı olan “toplam turnaround time (iş dönüş süresi)”ni hesaplamak üzere bir metodoloji tanımlanmıştır. Araştırmacılara göre oluşturdukları metodoloji; terminalin kullanılmamış kapasitesinin tespitine, buna neyin neden olabileceğine ve yatırımların gerekli olup olmadığı konusunda karara varılmasına olanak sağlamaktadır.

Literatürde, Fusco ve diğ. (2010)'nin yapmış oldukları çalışmadan başka, Ro-Ro terminallerinin kapasite analizlerine yönelik bir çalışma bulunmamıştır. Bu tezin konusu olan “Ro-Ro terminallerinin simülasyon modellemesi yöntemi ile kapasite analizleri” ile, literatürdeki bu eksikliğin bir nebze de olsa giderilmesi düşünülmektedir.

4. SİMÜLASYON MODELLEMESİ VE TERMİNAL TİPLERİNE GÖRE KAPASİTE ANALİZLERİNE YAKLAŞIMLAR

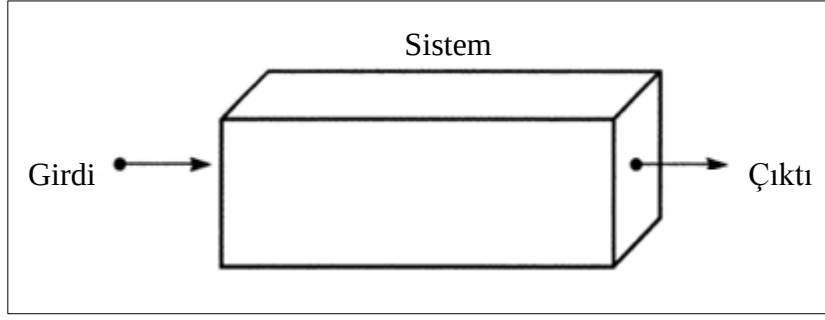
4.1 Simülasyon Modellemesi

4.1.1 Sistem, model, simülasyon ve modelleme

Banks ve diğ. (2005)' ne göre sistem; bazı amaçların gerçekleştirilebilmesi için, bazı düzenli etkileşimlerde bir araya gelen bir grup nesne olarak tanımlanmaktadır. Örneğin bir otomobil fabrikasında; makineler, tamamlayıcı parçalar ve işçiler montaj hattı boyunca beraber çalışmaktadırlar. Bir sistem çoğu kez, sistemin dışında oluşan değişikliklerden (sistem çevresi) etkilenir. Örneğin bir fabrika için “varış sırası”nın sistemi etkilediği düşünülürse, varışlar ile fabrika çıktıları arasındaki ilişki veya bankalarda müşteri varışları sistemi etkilemektedir.

Checkland (1981), sistemi 4 sınıfa ayırmaktadır:

- Doğal sistemler: Kökenleri, evrenin kökenlerine uzanan sistemler (örneğin; atom, dünyanın hava sistemi, galaktik sistemler vb..)
- Tasarlanmış fiziksel sistemler: İnsan tasarımının sonucu olan fiziksel sistemler (örneğin; ev, araba, üretim tesisi vb.).
- Tasarlanmış soyut sistemler: İnsan tasarımının sonucu olan soyut sistemler (örneğin; matematik, edebiyat vb.).
- İnsan faaliyeti sistemleri: Bilinçli veya bilinçsizce düzenlenmiş insan aktiviteleri sistemleri (örneğin; aile, şehir, politik sistemler vb.)



Şekil 4.1: Sistem temel bileşenleri (Zeigler ve diğ., 2000).

Şekil 4.1’de gösterildiği gibi, sistemin girdi/çıkı hareketi; gerçek bir sistem veya modelden toplanan veri kaydı çiftlerinden (girdi zaman dilimleri ile çıktı zaman dilimleri) meydana gelmektedir. Sistemin yapısını bilmek bize, sistemin davranışı hakkında çıkarım yapabilme olanağı sağlar (Zeigler ve diğ., 2000).

Model; bir sistem varlığının, olgunun ya da sürecin, fiziksel, matematiksel veya mantıksal bir temsilidir. Simülasyon ise; bir modelin tekrarlanarak uygulanmasıdır. Simülasyon, bir modeli canlandırır, belirli bir nesne veya olgunun nasıl davranacağını gösterir. Modelleme ve simülasyon, ürünlerin ve süreçlerin sanal kopyasını sağlar. Bu ürün ve süreçleri, kolayca bulunabilen ve işlevsel olarak geçerli ortamlarda temsil eder (U.S. Department of Defense, 2001).

Altıok ve Melamed (2007)’ye göre modeller çeşitli biçimlerde ele alınabilir:

- Fiziksel model: Basitleştirilmiş veya küçültülmüş bir fiziksel objedir (örneğin; bir uçağın ölçekli modeli).
- Matematiksel veya analitik model: Matematiksel değişkenler arasındaki bir takım denklemler veya bağıntılardır (örneğin; üretim yerinde iş akışını tanımlayan bir takım denklemler).
- Bilgisayar modeli: Bir sistemin program tanımlamasıdır. Rasgele elemanlar ve temelinde zaman çizelgesi ile birlikte bir bilgisayar modeli, Monte Carlo simülasyon modeli olarak adlandırılır (örneğin; belirli bir zaman dilimi boyunca, bir üretim sürecindeki işleyiş).

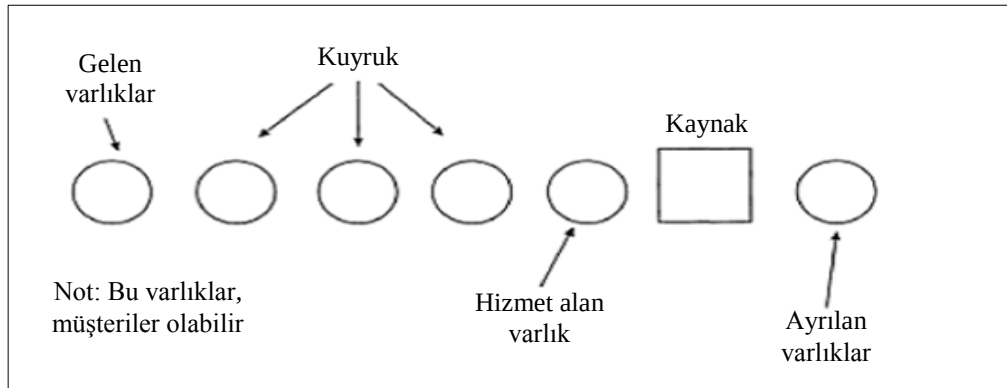
Kumar ve Gandhi (2013)’ye göre simülasyon; bazı gerçek durumların, gidişatların veya süreçlerin taklit edilmesidir. Simülasyon eylemi genellikle, seçilmiş somut veya soyut bir sistemin belirli anahtar özelliklerinin veya davranışlarının temsilini gerektirir.

Simülasyonda gerçek ile sahte ve gerçek ile düşsel arasındaki fark yok edilmeye çalışılmaktadır. Günümüzde gerçek, minyatürleştirilmiş hücreler, bellekler, matrisler ve komut modelleri tarafından üretilmektedir. Bu sayede gerçeğin sonsuz sayıda tekrar üretilmesi imkanı oluşmuştur (Nas, 1999).

Morris (1967)'e göre modelleme; sistemin performans ölçümleri hakkında tahminler sağlamak amacıyla, kompleks bir sistemin basitleştirilmiş bir temsili oluşturulması işlemidir. Bu gibi basitleştirilmiş gösterimlere model denir. Bir model, sistemin davranışının iç yüzünü anlamak ve bilgi elde etmek amacıyla araştırmacıların ilgi alanına giren modellenmiş sistemin belirli davranışsal durumlarını yakalamak için tasarlanır.

Chung (2003)'e göre bir simülasyon modeli, Şekil 4.2'de gösterildiği gibi 3 ana bileşenden oluşmaktadır:

- Varlıklar: Sistemin durumunu değiştirirler. Örneğin hizmet sistemlerinde varlık, bir “kişi” olabilir veya müşteri hizmetleri merkezinde varlıklar “müşteriler” olabilir. Varlıklar daima bir insan olmak zorunda değildir, bir nesne de olabilir. Örneğin bir fabrikada varlıklar, işlenmeyi bekleyen öğelerdir.
- Kuyruklar (Sıralar): Varlıklar genellikle, işleme tabi tutulmak üzere sırası gelene kadar, bir kuyruktaki beklerler. Basit sistemler genellikle FIFO (First in First Out: ilk giren ilk çıkar) kuyruk önceliğini kullanırlar.
- Kaynaklar: Kuyruktaki varlıkları, işlemden geçirirler veya varlıklara hizmet sunarlar. Örneğin; müşteri hizmetleri temsilcisi, berber, kredi memuru, fabrika makineleri, bankamatikler vb.

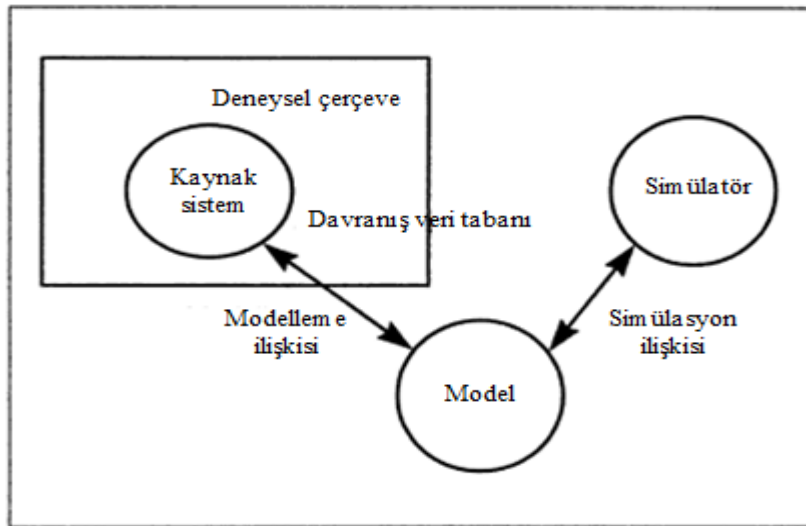


Şekil 4.2: Bir simülasyon modelinin temel bileşenleri (Chung, 2003).

Gerçek sistemin ve dolayısıyla sistem modelinin ne kadar iyi performans sergilediğini saptamak için, en sonunda modelin diğer alternatif formlarını karşılaştırmak üzere bazı çıktı ölçütlerinin hesaplanması gerekmektedir. Performansın çıktı ölçütleri, gözlemsel veya zamana bağlı olabilmektedir. Gözlemsel performans ölçütleri, süreçten geçen gözlemlenmiş varlıkların sayısına dayanmaktadır. Buna karşılık zamana bağlı ölçütler, istatistiklerin toplandığı sürenin uzunluğuna dayanmaktadır. Yaygın olarak kullanılan 4 performans ölçütü vardır (Kelton ve diğ., 2002):

- Sistem süresi
- Kuyruk süresi
- Kuyruktaki zaman ortalaması sayısı
- Kaynak kullanımı

Şekil 4.3'te görüldüğü üzere, modelleme ve simülasyonda temel varlıklar; kaynak sistem, model, simülatör ve deneysel çerçevedir. Varlıklar arasındaki temel karşılıklı ilişkiler; modelleme ve simülasyon ilişkileridir. Kaynak sistem, modellenmesiyle ilgili olduğumuz gerçek veya sanal ortamdır. Bir sistemi gözlemleyerek veya bunun dışında, deney yaparak elde edilmiş olan verilere sistem davranış veritabanı denir. Deneysel çerçeve ise, modelleme ve simülasyon projesini harekete geçiren amaçların işlevsel formülasyonudur (Zeigler ve diğ., 2000).



Şekil 4.3: Modelleme ve simülasyonda temel varlıklar ve ilişkileri (Zeigler ve diğ., 2000).

Simülasyon modeli, bir bilgisayar programı içerisinde uygulanır. Çoğunlukla, analitik modellemeye alternatif olarak kullanılan, genel olarak nispeten pahalı olmayan bir modelleme yaklaşımıdır. Analitik model ve simülasyon modelinin performans ölçüm hesaplaması aşağıdaki gibidir (Altıok ve Melamed, 2007):

- Bir analitik model; matematiksel bir problemin çözümünü ve matematiksel formüllerin türetilmesini veya daha genel olarak algoritmik işlemleri gerektirir. Çözümü, daha sonra ilgili performans ölçütlerini elde etmek için kullanılır.
- Bir simülasyon modeli, örnek geçmişleri üretmek üzere bir simülasyon programının çalışmasını gerektirir. Bu geçmişlerden hesaplanan bir dizi istatistikler, daha sonra ilgili performans ölçütlerini oluşturmak için kullanılır.

Simülasyon, performans optimizasyonu, iş güvenliği mühendisliği, test etme, alıştırma, eğitim ve video oyunları gibi birçok durumlarda kullanılmaktadır. Simülasyon ayrıca, doğal sistemlerin veya insan sistemlerinin bilimsel modellenmesinde, bu sistemlerin işleyişlerinin iç yüzünü anlamak için kullanılmaktadır. Simülasyon, alternatif koşulların nihai gerçek etkilerini ve eylem planını göstermek için kullanılabilir. Ayrıca, gerçek sistem çalıştırılmadığında kullanılmaktadır. Çünkü sistem erişilebilir olmayabilir, sistemi kullanmak tehlikeli veya uygun olmayabilir, sistem tasarlanmış lakin henüz kurulmamış olabilir veya basit bir şekilde söylemek gerekirse sistem mevcut olmayabilir (Kumar ve Gandhi, 2013).

4.1.2 Simülasyon modellemesi ve önemi

Simülasyon, sürekli olarak yaptığımız bir şeydir. Örneğin, çocuklar oyun oynarken, yetişkinlerin hareketlerini taklit etmektedirler veya aktörler, yazılı oyunda belirtilen karakterlerin rolünü oynamak üzere onların taklidini yapmaktadırlar (Wilson ve Corlett, 1995).

Chung (2003)'e göre simülasyon modellemesi ve analizi; fiziksel bir sistemin bilgisayarla işlenmiş matematiksel bir modelinin oluşturulması ve deneye tabi tutulması işlemidir.

İlk simülasyon sistemleri 1950'lerde savunma sanayiinde kullanılmıştır ve bu alanda kullanımları hala yaygındır. Bu sistemler FORTRAN gibi genel amaçlı bilgisayar

programlama dillerini kullanmıştır. 1960’larda GPSS gibi simülasyon dilleri geliştirilmiş olup, bunların imalat sanayiinde uygulamaları 1970’lerde geliştirilmekteydi. 1980’lerde kişisel bilgisayarların (PC) üretilmesi ve SIMAN gibi gelişmiş simülasyon dillerinin geliştirilmesi, simülasyon tekniğinin popülaritesini daha da arttırmıştır. 1990’larda ARENA, WITNESS ve SIMFACTORY gibi WINDOWS tabanlı sistemlerin geliştirilmesi ile birlikte işletme süreçlerinin yeniden tasarlanması (BPR; Business Process Reengineering) hareketi, imalat ve hizmet sektörü üzerindeki uygulama alanını genişletmiştir. Simülasyon sistemleri artık, simge tabanlı modelleme araçları ve gelişmiş bilgisayar animasyonlu grafiksel tesisler içermektedir (Greasley, 2004).

Gerçek hayattaki sistemlerin büyük çoğunluğunun, pratik olarak hesaplanabilir çözümlerin (kapalı formül veya sayısal) azlığı nedeniyle analitik modeller aracılığıyla incelenmesi zordur veya imkansızdır. Fakat bir simülasyon modeli neredeyse her zaman, sistemin işleyişi ve performans ölçümleri ile ilgili faydalı istatistiki bilgiler sağlayan sistem geçmişlerini oluşturmak için kurulabilir ve çalıştırılabilir. Simülasyon, araştırmacıların, verilen bir düzen veya bir grup parametrenin çatısı altında bir sistemin, ne kadar iyi icra edildiğini anlamasına yardımcı olur. Ayrıca optimizasyon çalışmalarında, parametrelerin en iyi veya en makul değerlerini bulmak için tekrar tekrar kullanılabilir. Simülasyonun faaliyet alanı çok geniştir; üretim ortamları, tedarik zincirleri (üretim/envanter sistemleri, dağıtım ağları vb.), ulaştırma sistemleri (kara, hava, demir ve deniz yolları), bilgisayar bilgi sistemleri (kullanıcı/dağıtıcı sistemler, telekomünikasyon şebekeleri) vb. Simülasyon modellemesi; tesis kapasitelerinin tahmini, işlemlerin alternatif yöntemlerinin test edilmesi, ürün karması kararları ve alternatif sistem mimarileri dahil sayısız endüstriyel problemlerde karar desteği aracı olarak, endüstride kapsamlı bir şekilde kullanılmaktadır. Geçen 30 yıl içinde hemen hemen her büyük mühendislik projesi, bazı tipteki simülasyon modellemesinden ve analizlerinden faydalanmıştır. Bazı önemli örnekler; Trans – Alaska doğalgaz boru hattı projesi, Manş Tüneli projesi, Suez Kanalı için operasyon planlaması vb (Altıok ve Melamed, 2007).

Modelleme ve simülasyonun dört ana faydası bulunmaktadır: maliyet tasarrufu, hızlandırılmış program (tarife), geliştirilmiş ürün kalitesi ve maliyetten kaçınma. Bir çok avantajıyla modelleme ve simülasyon kullanımı, herhangi bir sistemin

gelişmesinde uygun bir şekilde uygulandığı zaman bu dört ana fayda elde edilebilir (U.S. Department of Defense, 2001).

Bilgisayarların icadı, pratik simülasyon modellemesinin uygulanabilirliğini büyük ölçüde genişletmiştir. İkinci Dünya Savaşı'ndan beri simülasyon, bir çok sistem bağlantılı faaliyette vazgeçilmez bir araç olmuştur. Simülasyon modellemesine, performans ölçümlerini tahmin etmek, “..... olursa ne olur ?” sorularını cevaplamak, ve yakın zamanda da yeni sistemlerin kullanılmasında işçileri eğitmek için başvurulmuştur. Örnekler aşağıdaki gibidir (Altıok ve Melamed, 2007) :

- Üretim sistemleri, envanter sistemleri, üretim süreçleri, malzeme taşıma, lojistik operasyonları vb. bir takım verimlilik ölçütlerinin değerlendirilmesi,
- Yanıtlama sürelerini en aza indirmek için, bilgisayar sistemleri ve haberleşme ağları kapasitelerinin tasarımı ve planlanması,
- Askeri personelin eğitimi veya önerilen askeri operasyonların etkinliğinin değerlendirilmesi için savaş oyunlarının yürütülmesi,
- Geminin limanda kalış süresinin azaltılması için çözüm yolları bulmaya yönelik, konteyner limanları, dökme yük terminalleri vb. limanlardaki operasyonların değerlendirilmesi ve geliştirilmesi,
- Sağlık hizmetleri uygulamaları, finans ve bankacılık işlemleri, ulaştırma sistemleri vb. diğer sistemlerin geliştirilmesi.

4.1.2.1 Simülasyonun yapılma amaçları ve avantajları

Pedgen ve diğ. (1995)'ne göre çeşitli tipteki sistemlerin simülasyon modellemesi ve analizi, aşağıda verilen amaçlar için yapılmaktadır:

- Bir sistemin işleyişinin iç yüzünü anlamak,
- Sistem performansını iyileştirmek için işletme veya kaynak politikalarının geliştirilmesi,
- Yeni fikir ve/veya sistemlerin yürürlüğe konulmasından önce test edilmesi,
- Gerçek sistemi aksatmadan bilgi elde etmek.

Chung (2003)'e göre simülasyon modellemesinin bazı spesifik faydaları vardır:

- Sıkıştırılmış zaman içerisinde deney yapma

- Azaltılmış analitik gereksinimler
- Kolaylıkla ispat edilen modeller

Greasley (2004)'e göre simülasyon modellemesi; bir sistemin mevcut davranışının analiz edilmesi ve anlaşılmasına olanak sağlayan bir araç sağlayarak, karar verme sürecine yardımcı olmak amacıyla kullanılır. Ayrıca, karar vericiler tarafından belirlenen birtakım senaryolara bağlı olarak, sistemin performansını öngörmeye yardım edebilmektedir. Greasley'e göre simülasyon modellemesi, sürecin iyileştirilmesinde, aşağıda verilen yardımları sağlamada işe yaramaktadır:

- Öngörüye olanak sağlar: Bir dizi senaryolar altında yönetsel sistem performansı tahmini sağlamaktadır.
- Yaratıcılığı teşvik eder: Denemesi yapılacak bir çok farklı karar seçeneklerine olanak sağlayarak yaratıcılığı destekler.
- Aksamayı önler: Gerçek bir sistemi aksatmadan veya kullanmadan bir takım karar seçeneklerinin değerlendirilmesine olanak sağlar.
- Riski azaltır: Birtakım olası senaryo sonuçlarının değerlendirilmesine, beklenmedik durumların bu sonuçlar için formüle edilmesine ve bu nedenle başarısızlık riskinin düşürülmesine olanak sağlar.
- Performans ölçütleri sağlar: Örgütsel performans ölçütleri ve maliyet tahminleri sağlamak için, performans ölçüm sistemlerine entegre edilebilmektedir.
- Bir iletişim aracı görevi görür: Sonuçlar ve bilgisayar canlandırması, sistem davranışının anlaşılması için bir forum sağlar. Sistem etkileşimlerinin anlaşılmasına yardımcı olan sistem dinamikleri zaman içinde görselleştirilebilir.
- Değişimin kabulüne yardımcı olur: Bireyler değişimin etkilerini tahmin edebilir. Böylelikle bireylerin değişimin anlaşılmasına, kabulüne ve uygulamanın gerçekleştirilmesine yönelik güveninin artırılmasına olanak sağlar.
- Veri toplanmasını destekler: Model kurulmadan veya deneylemeye başlamadan önce, model kurmak için gerekli olan verilerin çeşitli

kaynaklardan sistematik olarak toplanması, sistemin işleyişi üzerinde yeni ufuklara yol açabilir.

- Bütün sürecin performansının gözden geçirilmesine olanak sağlar: Kısmi işlemlerin toplam performans hesabına optimizasyonunu yapmaktansa, kısmi sınırlar boyunca süreçlerin modellenmesinde simülasyon kullanmak, bütün sürecin gelişmesine olanak sağlar.
- Eğitim aracı görevi görür: Personelin eğitilmesine olanak sağlar ve gerçek sisteme olası bir maliyet veya aksatma yaşatmaksızın, süreç davranışlarının gösterimini sağlar.
- Tasarım yardımcı görevi görür: Süreç davranışlarının gözlemlenmesine ve böylelikle sürecin tasarım girişiminin ilk safhalarında optimize edilmesine olanak sağlar.

4.1.2.2 Simülasyonun dezavantajları

Chung (2003)'e göre simülasyonun birçok avantajı olmasına rağmen, simülasyonu uygulayan kimselerin bilmesi gereken bazı dezavantajları da mevcuttur. Bu dezavantajların simülasyon projeleri ile ilgili beklentilerden ziyade, bir sistemin modelleme ve analiziyle tam olarak doğrudan alakası yoktur. Chung'a göre bu dezavantajlar:

- Giriş verisi hatalı olduğunda, simülasyon doğru sonuçlar veremez.
- Simülasyon kompleks problemlere, kolay yanıtlar sağlayamaz.
- Simülasyon kendiliğinden, problemleri çözemez.

Greasley (2004)'e göre, her ne kadar simülasyon kurum içinde yaygın olarak uygulanabilir olsa da, önemsiz olmayan bir problem için geliştirilmiş bir model, personel zamanı açısından kaynakların önemli bir miktarını tüketecektir. Zaman ve maliyet unsurlarının her ikisinin de dikkate alınması gerekmektedir. Bu nedenle potansiyel faydalara karşı maliyetlerin bir değerlendirmesi yapılmalıdır. Fayda maliyet analizi simülasyon lehine yapılmış olsa bile, projenin tamamlanması için mevcut olan zaman yetersiz olabilir. Veri toplanması, modelin kurulması gibi işlemler beklenenden uzun sürebilir. En iyi yol simülasyon kullanımını, karar sürecinin ilk aşamalarında dikkate almaktır. Olası bir çözüm yolu; fazladan personel çalıştırarak proje süresini düşürebilen ve önceki projelerden elde ettiği bilgi birikimi

sayesinde daha hızlı bir model kurulumu sağlayabilen danışmanlar veya simülasyon uzmanları istihdam etmektedir.

4.1.2.3 Model kurma

Altıok ve Melamed (2007)'e göre, bilim ve sanatı bir araya getiren karmaşık bir faaliyet olan modellemenin ana adımları aşağıdaki gibidir:

Problem analizi ve bilgi toplama

Simülasyon modeli oluşturmada ilk adım, problemin kendisini tahlil etmektir. Temeldeki projenin bazı sistem odaklı problemlerinin çözümü, modellemeyi gerektirir. Bir çözüm sağlamak için analistler ilk önce, problem ile ilgili olan yapısal bilgiyi toplar ve uygun bir şekilde bunun gösterimini yaparlar. Bu işlem; giriş parametrelerinin, performans ölçütleri, parametreler ve değişkenler arasındaki ilişkiler, sistem öğelerinin işleyişini yöneten kurallar vb. nin tanımlanmasını kapsamaktadır. Daha sonra bilgi; mantık akış diyagramı, hiyerarşi ağacı, açıklama veya herhangi bir başka uygun gösterimlerle temsil edilir. Temel sistem hakkında yeterli bilgi toplanır toplanmaz, problem analiz edilebilir ve bir çözüm planlanır.

Veri toplama

Veri toplanması, model giriş parametrelerinin hesaplanması için gereklidir. Analist, modeldeki rasgele değişkenlerin dağılımları hakkındaki varsayımları, formüle edebilir. Veriler eksik olduğunda, parametre dağılımlarını belirlemek ve o dağılımlarda bütün veya bazı giriş parametreleri için modeli simüle etmek yine de mümkün olabilir. Veri toplanması ayrıca, model geçerliliği için gereklidir. Yani, sistem çıktı istatistikleri ile ilgili toplanan veriler, modellerinin karşılıkları (tahminleri) ile karşılaştırılır.

Model inşası

Problem tamamen araştırılır ve gerekli veriler toplanır toplanmaz, analist model inşasına geçebilir ve bunu bir bilgisayar programı olarak uygulayabilir. Kullanılan bilgisayar dili; genel amaçlı bir dil (mesela; C++, Visual Basic, Fortran vb.) veya özel amaçlı bir simülasyon programı (örneğin; Arena, Promodel, GPSS vb.) olabilir.

Model doğrulama

Model doğrulamanın amacı, modelin doğru olarak kurulduğundan emin olmaktır. Başka bir deyişle doğrulama, modelin tanımlamalarına uyup uymadığını kontrol eder ve ne yapılması gerektiğini söyler. Model doğrulama büyük ölçüde denetleme ile yürütülür ve model kodunun, model özellikleriyle mukayesesinden oluşmaktadır. Bulunan herhangi bir uyumsuzluk, kodun veya özelliklerin her ikisinin de düzeltilmesiyle uzlaştırılır.

Model geçerleme

Her model başlangıçta, geçerlemeye bağlı olarak, sadece bir tasarı olarak incelenmelidir. Model geçerleme, modelin ampirik verilere (modellenecek gerçek sistem ölçütleri) uygunluğunu inceler. İyi bir model bağdaştırması, model tarafından tahmin edilen bir grup önemli performans ölçütleri ile gerçek hayattaki sistemde gözlemlenen karşılıklarının eşleştiği anlamına gelmektedir. Kuşkusuz ki bu çeşit bir geçerleme sadece, gerçek sistem veya benzetimi var olduğunda ve gerekli ölçütler gerçekten elde edilebildiğinde mümkündür. Herhangi kayda değer bir tutarsızlık, önerilen modelin, projenin amaçları için yetersiz olduğunu öne sürecektir ve bunun için bir modifikasyon gerekecektir. Pratikte; model inşası, doğrulama, geçerleme ve modifikasyon çoklu döngülerinin gözden geçirilmesi yaygındır.

Simülasyon deneylerinin tasarımı ve yürütülmesi

Analist, modelin geçerli olduğu hükmüne vardıldıktan sonra, model performansını tahmin etmek ve proje probleminin (problem genellikle, sistem tasarım kararlarını vermek konusundadır) çözümüne yardım etmek için, bir takım simülasyon deneylerine geçebilir. Analist, birkaç senaryo seçer ve çalışmalarının iç yüzünü anlamak üzere azar azar bilgi toplamak için simülasyonu çalıştırır. Senaryo ile ilgili performans ölçütlerinin yeterli istatistiksel güvenilirliğini elde etmek için, her bir senaryo tekrarlanır (rasgele sayıların farklı sıralanması koşulu ile defalarca çalıştırılır) ve istatistiksel değişebilirliği azaltmak için sonuçların ortalaması alınır.

Çıktı analizi

Hesaplanmış performans ölçütleri, ayrıntılı bir mantıksal ve istatistiksel analize tabi tutulmaktadır. Tipik sorun, birtakım rakip alternatiflerin arasında en iyi tasarımın tespit edilmesidir. Alternatif tasarımlardan birinin üstün performans ölçütlerine sahip olup olmadığını ve de görünürdeki en iyi tasarım olarak seçilip seçilmeyeceğini

belirlemek üzere istatistiksel sonuç çıkarım testleri için, bir istatistiksel analiz yapılacaktır.

Son tavsiyeler

Son olarak analist, temel sistem problemi için son tavsiyeleri kesin ve açık olarak belirtmek üzere çıktı analizlerini kullanır. Bu da genellikle, bir yazılı rapor bölümü olmaktadır.

4.2 Denizcilikte Simülasyon ve Önemi

Denizcilikte simülasyon uygulamaları daha çok, eğitim amaçlı olarak araç ve ekipman simülatörlerinin kullanılması şeklinde görülmektedir. Bu simülatörler ile çeşitli senaryolar eşliğinde operasyonel deneyler gerçekleştirilmektedir. Buna ek olarak denizcilikte, matematiksel modellemelerle liman ve teknik seyir hizmetlerinin optimizasyonu ile ilgili çalışmalar da vardır (Uçan, 2013).

Eğitim simülatörlerinin operasyonel ekipman üzerinde birçok avantajı mevcuttur (Wilson ve Corlett, 1995):

- Maliyet: Bir simülatörde daha azdır.
- Elde edilebilme: Operasyonel ekipman mevcut olmayabilir.
- Azaltılmış tehlike: Simülatörde acil durum prosedürlerini uygulamak daha az tehlikelidir.
- Eğitimin iyileştirilmesi: Önemli bir noktayı vurgulamak için simüle edilmiş bir görev içindeki olaylar durdurulabilir, herhangi bir eylem geri sarılabilir, tekrarlanabilir ve koşullar hızla değiştirilebilir.

Denizcilikte kullanılan simülatörler çoğunlukla denizcilik eğitim kurumlarında ve deniz kuvvetlerinde kullanılmaktadır. Uçuş simülatörleri ile benzerlik gösteren deniz eğitim simülatörleri, gemi personelinin operasyonel karar verme becerilerini geliştirmeyi amaçlamaktadır. En yaygın denizcilik ile ilgili simülatörler aşağıdaki gibidir (Kumar ve Gandhi, 2013):

- Köprü üstü simülatörleri
- Makine dairesi simülatörleri
- Yük elleçleme simülatörleri

- Haberleşme/GMDSS simülatörleri
- ROV simülatörleri

Denizcilik eğitiminde “simülatör” tanımı daha geniş anlamda; belli bir ya da birkaç hareket halinde veya duran nesnenin, bilgisayar programlarıyla hazırlanan benzer modellerinin bilgisayar ortamında hareket ettirilmesini sağlayan, model hareketlerinin belli sınırlar ve matematiksel modellere bağlı kaldığı ve bu modellere dışarıdan yapılacak olan müdahalelerde etki/tepki sistemine göre belli sınırlar ve matematiksel modellere bağlı olarak cevap veren, modellerin gerçek cisim kumandaları ile zenginleştirildiği bir aygıttır (Nas, 1999).

Tüm dünyadaki denizcilik eğitim kurumları, gelecekteki güverte ve makine zabıtlarının eğitimlerinin çok hassas bir konu olduğunu düşünmektedir. IMO, entegre bir eğitim kısmı olarak simülatörler üzerinde eğitimi uygulamaya koyduğundan dolayı, gelecekteki güverte ve makine zabıtlarının simülatörler ile eğitimi, denizcilik eğitiminde çok önemli bir unsur haline gelmiştir (Corina ve diğ, 2012).

Denizcilikte eğitim amaçlı simülatör kullanımından başka, bilgisayar simülasyonları ile liman operasyonlarının, limandaki teknolojilerin ve liman altyapılarının incelenmesi, analiz edilmesi ve performans ölçümünün yapılması mümkün olmaktadır. Limanların karmaşık dinamik bir yapıya sahip olması ve liman faaliyetlerinin iç içe geçmesi, simülasyon yönteminin liman performans ölçümlerinde yaygın olarak kullanılmasına neden olmaktadır (Esmer ve Tuna, 2007).

Yapılan literatür taramasına göre liman operasyonları, liman planlaması, liman kapasite analizleri vb. konularda yapılan çalışmalarda, çeşitli simülasyon programlarının kullanıldığı gözlemlenmiştir:

- | | |
|-----------|----------------------|
| - PORTSIM | - SIMPLE++ |
| - ARENA | - PROMODEL |
| - SIMAN | - SLAM II |
| - WITNESS | - GPSS |
| - EXTEND | - ROCKWELL ARENA vb. |

5. RO-RO TERMİNALLERİNİN SİMÜLASYON MODELLEMESİ YÖNTEMİ İLE KAPASİTE ANALİZLERİNE YÖNELİK BİR UYGULAMA

5.1 Araştırmanın Amacı

Ro-Ro işletmecilerinin karşılaştığı en büyük sorunlardan biri, yeterli terminal alanı bulmaktır. Ro-Ro yükleri üst üste istiflenemediğinden dolayı “terminal kapasitesi” faktörü, Ro-Ro terminalleri için büyük önem arz etmektedir ve araçlar için tahsis edilecek alanın sistematik bir şekilde incelenip hesaplanması gerekmektedir. Stokastik süreçlerden oluşan terminal sistemlerinin kapasite analizlerinde, simülasyon modellemesinin en etkili yöntem olduğu düşünülmektedir.

Ro-Ro taşımacılığı ile ilgili liman operasyonları, gerek literatürden gerekse sahada yapılan çalışmalar ile incelenmiştir. Ro-Ro terminallerinin bazı senaryolar eşliğinde simülasyon yöntemi kullanılarak kapasite analizlerinin yapılması, bu araştırmanın ana amacı olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada “terminal kapasitesi”nden ifade edilmek istenen; terminallerde biriken maksimum tır sayısıdır.

5.2 Araştırmanın Önemi

Kısa mesafeli denizyolu taşımacılığında karayoluna alternatif olarak Ro-Ro taşımacılığının kullanılmasının nakliyeciler açısından ve hatta çevresel olarak büyük avantajlar sağladığı bilinmektedir. Ülkemiz Ro-Ro taşımacılığı yurtdışı bağlantılı hatlarda gelişmiş olmakla birlikte, kabotaj taşımacılığı olarak düşünüldüğünde, Marmara Denizi’nde araba vapurları ya da feribotlarla yapılmaktadır.

Bu çalışmanın, Ro-Ro terminallerinde kapasite analizlerinin tespiti konusunda yatırımcılar için bir model oluşturabileceği düşünülmektedir. Ayrıca yapılan literatür taramasında gerek yerli, gerekse yabancı literatürde Ro-Ro terminallerinin kapasite

analizleri konusunda ayrıntılı olarak bir tez çalışmasının yapılmamış olması, tezin önemini daha da arttırmaktadır.

5.3 Araştırmanın Yöntemi

Bir Ro-Ro terminal sisteminde, belirli alt sistemlerin varlığından söz etmek mümkündür, bunlar sırasıyla: Kılavuz kaptanın gemiye çıkmasından geminin rıhtıma yanaşmasına kadar olan gemi yanaşma operasyonu, yük tahliyesi, yükleme ve kılavuz kaptanın gemiye binmesinden gemiden ayrılmasına kadar olan gemi kalkış operasyonu. Bu alt sistemlerin her biri, olasılıksal süreçlerdir. Olasılıksal süreçlerin analizinde ise, simülasyon tekniğinin etkili olduğu bilinmektedir.

Buradan hareketle, gerçek bir sistemden toplanan verilerin olasılık dağılımları, “Promodel 2011” simülasyon programında girdi verileri olarak kullanılmış ve farklı senaryolar eşliğinde simülasyon modeli çalıştırılıp elde edilen veriler ile, sistemin analizi yapılmıştır.

5.4 Araştırmanın Süreci

Araştırmada; Ro-Ro taşımacılığının geçmişi, dünyada, ülkemizde ve Avrupa’daki mevcut durumu, avantajları/dezavantajları, Ro-Ro gemi tipleri, Ro-Ro terminalleri, yükleme/boşaltma operasyonları, yük taşıyıcıları, sistem, model, simülasyon, modelleme kavramları, model kurma, denizcilikte simülasyon konularında literatür taraması yapılmıştır. Ayrıca deniz, kara, hava ve demiryolu olmak üzere bütün terminal tiplerinde yapılan kapasite analizlerine yaklaşımların literatür taraması yapılmış, bu çalışmalarda kullanılan yöntemler ve kullanılan programlar belirtilmiştir.

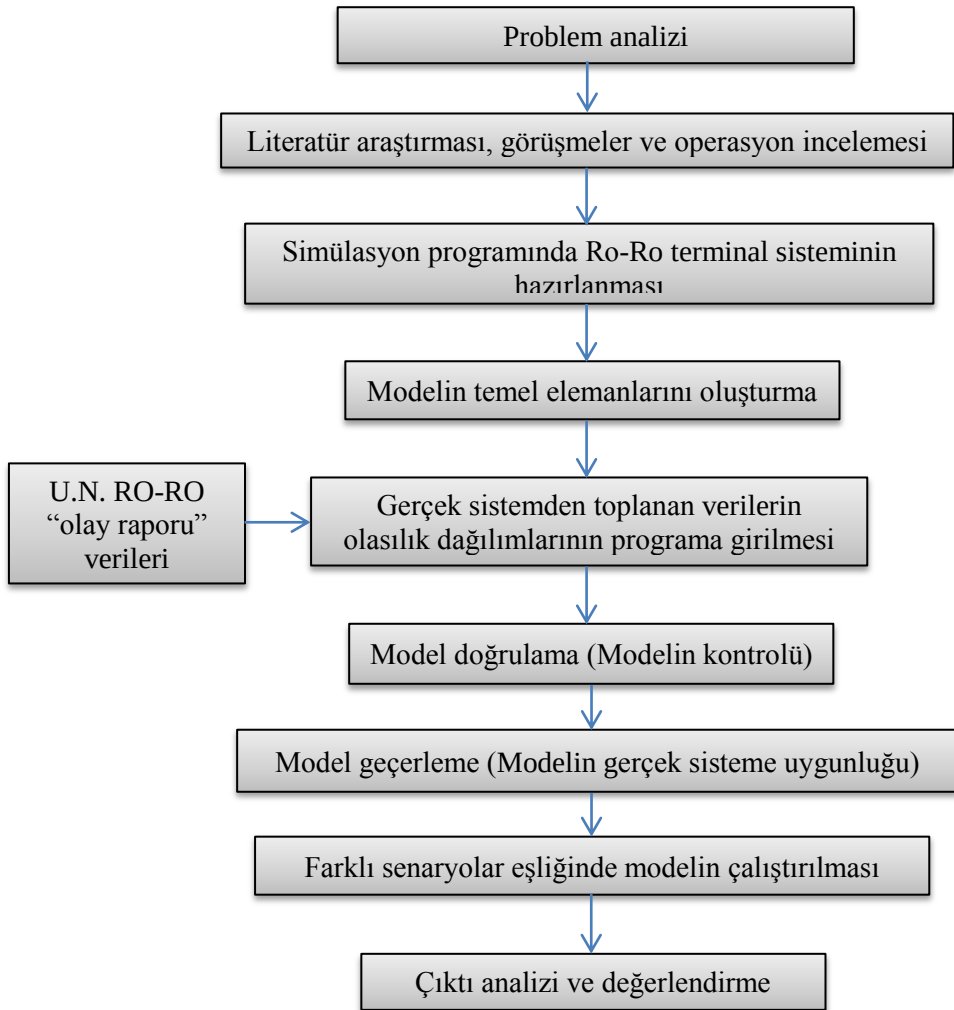
Araştırma süresince; Pendik ve Çeşme Ro-Ro terminallerinde yetkili kişilerle yüzyüze görüşmeler, ayrıca Çeşme Ro-Ro terminalinde operasyonel incelemeler yapılmıştır. Görüşmeler 03.02.2014, 05.02.2014 ve 25.02.2014 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir. Görüşmeler ve operasyon incelemesi için resmi başvurular yapılmıştır.

25/02/2014 tarihinde Çeşme terminalinde, Ulusoy – 14 isimli geminin boşaltma operasyonu incelenmiş, ardından geminin 2. ve 3. kaptanlarıyla yüzyüze görüşmeler yapılmıştır.

U.N. RO-RO İşletmeleri A.Ş.'den 1 yıllık Statement of Facts (olay raporu) verisi almak için, 27/02/2014 tarihinde işletmeye resmi yazı ile başvurulmuştur (olay raporu; bir terminal bölgesinde, terminale gelen gemilerle ilgili gerçekleşen bütün operasyonel faaliyetlerin tarih ve saatinin tutulduğu bir tutanaktır).

Sahada yapılan incelemelerde sistemin işleyişi ile ilgili bilgiler toplanmıştır. Bu bilgiler kullanılarak simülasyon programı üzerinde Ro-Ro terminal sistemi tasarlanmış ve daha sonra modelin temel elemanları oluşturulmuştur. U.N. RO-RO İşletmeleri A.Ş.'den alınan 1 yıllık olay raporu verilerinin dağılımı çıkarılmış ve bu dağılımlar, gemi yanaşma/kalkma ve tırların yükleme/boşaltma süreçleri için, simülasyon programında girdi verisi olarak kullanılmıştır. Model oluşturulduktan ve modelin doğrulanması sağlandıktan sonra çeşitli senaryolar eşliğinde simülasyon çalıştırılmış, analiz ve değerlendirmeler yapılmıştır.

Şekil 5.1’de, araştırma metodolojisi ile ilgili ana adımlar gösterilmektedir.



Şekil 5.1: Araştırma metodolojisinin ana adımları.

5.5 Ro-Ro Terminal Operasyonunun Modellenmesi

5.5.1 Sistemi tanımak

Ro-Ro terminal operasyon sistemi aşağıdaki alt sistemlerden meydana gelmektedir:

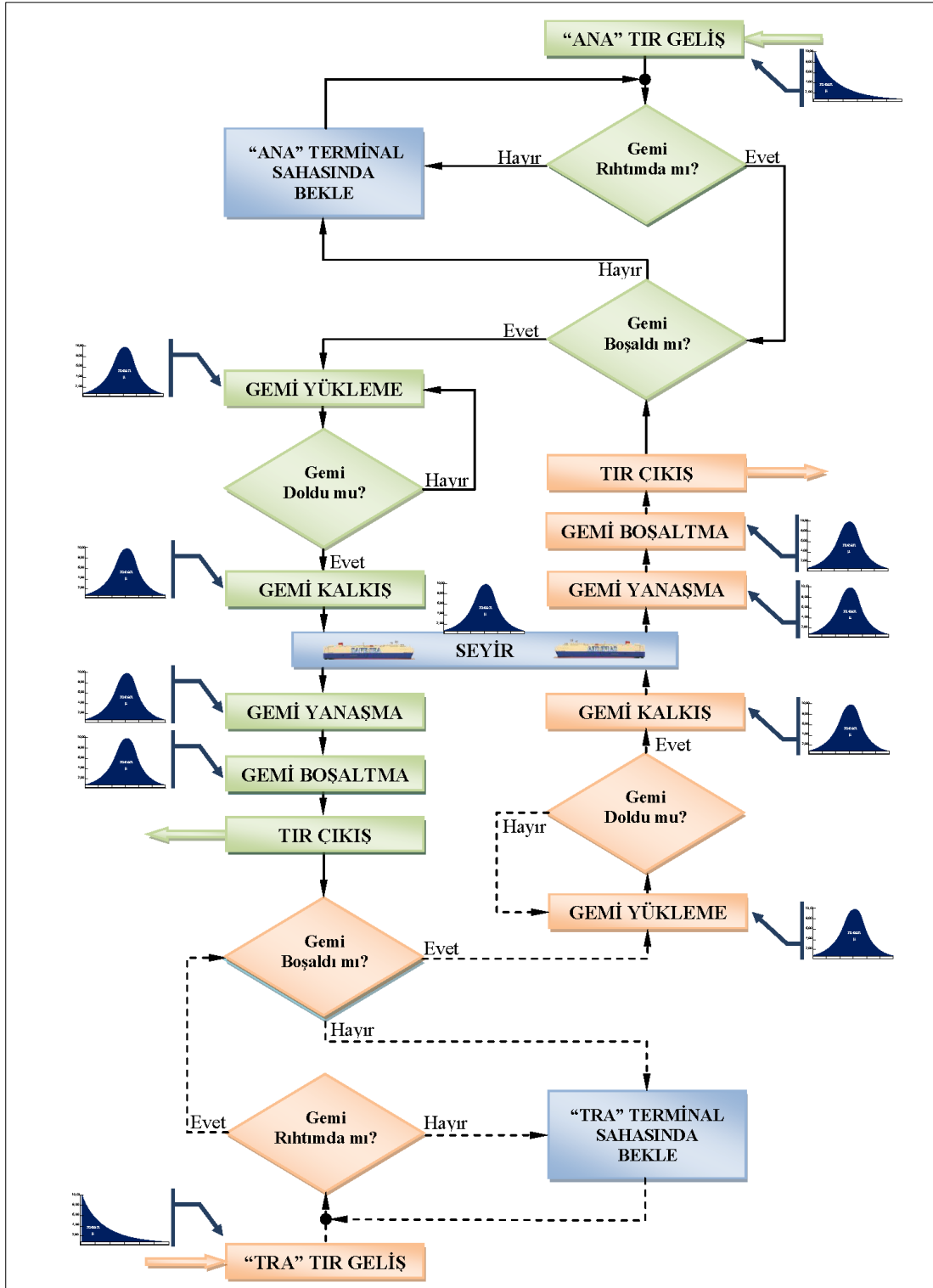
- Gemi yanaşma: Gemi seyir halinde iken kılavuz kaptanın gemiye binmesinden, geminin rıhtıma yanaştırılmasına kadar geçen süreçtir.
- Boşaltma: Gemi ile rıhtım arasında bağlantı kurulduktan sonra, lashing (çözülme) işlemi biten yüklerin tahliye işlemi başlamaktadır. Terminal çekicisi tarafından gemiden tahliye edilen bir semi-treyler terminal park alanına bırakılmakta ve her semi-treyler kendi çekicisi gelene kadar burada beklemektedir. Tırlar, kendi hareket kabiliyetleri ile gemiden çıkış yaparak limanı terk etmektedirler.
- Yükleme: Tahliye işleminin ardından başlamaktadır. Terminal park alanında bekleyen semi-treylerler terminal çekicileri ile gemiye yüklenmekte, tırlar ise kendi hareket kabiliyetleri ile gemiye giriş yapmaktadırlar. Yüklenen birimlerin lashing (sabitleme) işlemi başlamaktadır.
- Gemi kalkış: Gemi rıhtımda iken kılavuz kaptanın gemiye binmesinden, gemiden ayrılmasına kadar geçen süreçtir.
- Seyir: Geminin iki terminal arasında sefer yaptığı süreçtir.

Not: Eğer yurtdışı bağlantılı bir Ro-Ro terminalinde yükleme/boşaltma yapılıyorsa yük birimleri, gemiye yüklenmeden önce veya gemiden tahliye edildikten sonra, içindeki yükün muhteviyatı tespit edilmek üzere X-Ray cihazından geçirilmektedir.

Not: Yükleme/boşaltma işlemlerinin süresi gemide bulunan farklı tipteki yük sayısına göre değişmektedir. Gemide taşınan semi-treyler sayısı tır sayısından fazla ise, yükleme/boşaltma süresi daha uzun olmaktadır. Bunun nedeni, semi-treylerin çekicisi olmaması ve yükleme/tahliye işlemlerinin, terminale ait olan belirli sayıdaki terminal çekicisi (tug-master) tarafından yapılmasıdır. Tırlar ise çok daha kısa sürede yüklenip, tahliye edilebilmektedir. Terminal çekicisi tarafından gemiden tahliye edilen bir semi-treyler terminal park alanına bırakılmakta ve her semi-treyler kendi çekicisi gelene kadar burada beklemektedir.

5.5.2 Sistemin algoritması

Sistemin operasyonel mantığı, Ro-Ro terminal sistemindeki alt sistemler göz önüne alınarak simülasyon programı üzerinde, Şekil 5.2’de gösterilen akış diyagramındaki gibi oluşturulmuştur.



Şekil 5.2 : Sistemin algoritması.

Simülasyon programı üzerinde oluşturulan sistemin operasyonel mantığı, tezin “5.5.4 Modelleme yaklaşımı” kısmında anlatılmaktadır.

5.5.3 Simülasyon yazılımı

Sistem modelini geliştirmek üzere “Promodel 2011” simülasyon yazılımı kullanılmıştır. Promodel 2011, senaryo simülasyonuna imkan tanımaktadır ve iyi bir animasyon gücüne sahiptir. Bu imkanları sayesinde modelleme yapan araştırmacılar, farklı alt süreçler arasındaki etkileşimleri görebilmekte ve bu süreçlerin işleyişini anlayabilmektedirler.

Promodel 2011’de temel modelleme elemanları aşağıdaki gibidir:

- Entities (varlıklar): İşleme tabi tutulan öğeler.
- Locations (yer imleri) : İşlemlerin gerçekleştiği yerler.
- Resources (kaynaklar): Varlıkları işlemek veya taşımak için kullanılan elemanlar (personel, işçi, ekipman vb.).
- Path Networks (yol ağları): Varlıkların veya kaynakların izleyeceği yollar.
- Processes (işlemler): Malzeme hareketliliğinin veya işlemlerin mantığının tarif edildiği kısımlardır.

Promodel 2011 simülasyon yazılımında modelleme aşamaları şu şekildedir:

- Arkaplan grafiğinin oluşturulması, yerleşim planının belirlenmesi,
- Yer imlerinin tanımlanması,
- Varlıkların tanımlanması,
- Gelişlerin (arrivals) tanımlanması,
- Yol ağlarının tanımlanması,
- Kaynakların tanımlanması,
- İşlemlerin yani iş akışının modele yansıtılması.

Promodel simülasyon yazılımı kullanılarak yapılmış birkaç çalışmaya örnek verecek olursak;

- Ülkemizde denizcilik alanında Nas (2013), Promodel’i kullanarak “Teknik Seyir Hizmetlerinde Kaynakların Simülasyon Modellemesi Yöntemiyle Optimizasyonu: Römorkör Park Yeri Seçimi” adlı bir çalışma yapmıştır.

- Hong Kong konteyner terminalleri bölgesindeki gemi trafiğinin, konteyner terminal kapasitesi üzerindeki etkisinin değerlendirilmesine yönelik bir model geliştirilmiştir (Ng ve Wong, 2006).
- Mavna ve römorkör filosu tahsis edilmiş bir iç su yolu ağının modellenmesi yapılmıştır (Swedish, 1998).
- Endonezya'nın en büyük feribot terminalindeki operasyonların simülasyonu yapılmıştır (Dachyar, 2012).
- Hava kargo operasyonlarında, RFID (radyo frekansı ile tanımlama sistemi) uygulanmasına yönelik bir simülasyon çalışması yapılmıştır (Cao ve diğ., 2011).

5.5.4 Modelleme yaklaşımı

Bu çalışmada, Ro-Ro terminal operasyonu modellemesinde;

- Varlıklar: İşlem gören unsurlar olarak “tırlar” ve “Ro-Ro gemisi” tanımlanmıştır.
- Lokasyonlar: Operasyonun gerçekleştiği yerler olan “terminal sahaları” ve “rıhtımlar”dan başka, tırların geliş yaptığı yer olan “geliş konveyörleri” de lokasyon olarak tanımlanmıştır.
- Prosesin mantığı ise: İki ayrı terminal sahasındaki tırlar, simülasyon programına tanımlanan üssel dağılıma göre terminal kapısından giriş yapmaktadır. Gemi rıhtımda ise, tırlar normal dağılım süresine uygun olarak gemiye yüklenmekte ve gemi tam kapasite ile yükleninceye kadar yükleme işlemi devam etmektedir. Gemi rıhtımda değil ise tırlar terminal sahasında toplanmaktadır.

Gemi tam kapasite ile yüklendiğinde, diğer limana doğru hareket etmektedir. Geminin deniz seyri süresince üç süreç vardır: Gemi kalkış, seyir ve gemi yanaşma süreci. Bu süreçler normal dağılım süresine uygun olarak gerçekleşmektedir.

Diğer terminale varan gemi, tırları normal dağılım sürecine uygun olarak tahliye ettikten sonra, terminalde biriken tırların normal dağılım sürecine uygun olarak yükleme süreci başlamaktadır.

Sistemin operasyonel mantığı, yukarıda anlatılan süreçlerden meydana gelmekte ve iki terminal arasında bir döngü şeklinde çalışmaktadır. Şekil 5.2’de, sistemin operasyonel mantığı gösterilmektedir.

5.5.5 Varsayımlar

- Bu çalışmada “terminal kapasitesi”nden ifade edilmek istenen; terminallerde biriken maksimum tır sayısıdır.
- Sistemde işlem gören varlıklar, yalnızca tır olarak göz önüne alınmıştır. Mafi taşıması, semi-treylerler taşıması ve ağır proje yüklerinde kullanılan roll-treyler taşıması dikkate alınmamıştır.
- Sistemde karşılıklı iki terminal vardır.
- Terminaller arasında, iki geminin karşılıklı sefer yaptığı varsayılmıştır.
- Her iki terminale tır gelişleri, üssel dağılım olarak simülasyon programına girilmiştir.
- Yükleme/boşaltma, gemi yanaşma, gemi kalkış ve seyir süreçleri normal dağılım olarak simülasyon programına girilmiştir.
- Gemi tam kapasite ile yüklendikten sonra limanı terk etmektedir.
- Sistemde işlem gören varlıklar tır olup, hepsi aynı tiptir: 5 dingillidirler ve bir tırın kapladığı alan, Ligteringen (2000)’in belirtmiş olduğu 4 m en, 15 m uzunluk olmak üzere 60 m² olarak göz önüne alınmıştır.
- Terminal önündeki araç trafiği sıklığı ve trafik kapasitesi kapsam dışında bırakılmıştır.
- Şehir trafiğinin ve ulaşım bağlantılarının terminal kapasitesi üzerindeki kapsam dışında bırakılmıştır.
- Geminin yanaşma ve kalkması için, iskelenin devamlı olarak müsait olduğu kabul edilmiştir.
- Hava şartları ihmal edilmiştir.
- Liman formaliteleri ile ilgili yükleme ve boşaltmayı geciktirecek tüm işlemler ihmal edilmiştir.

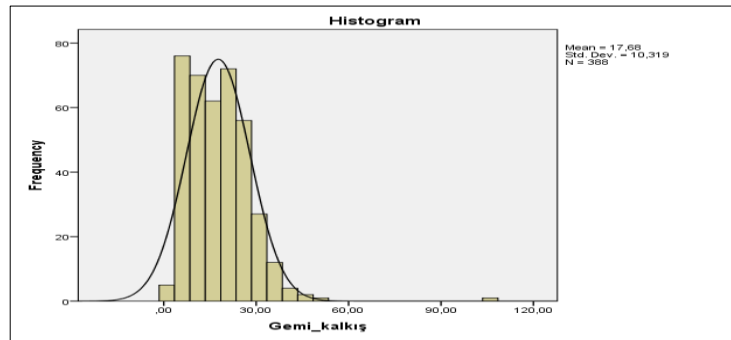
5.5.6 Sistem verilerinin tespit edilmesi

Gemi kalkış, gemi yanaşma ve yükleme/boşaltma operasyonları gibi stokastik süreçlerde geçen süreleri olasılık dağılımı olarak simülasyon programına girmek üzere, U.N. RO-RO İşletmeleri A.Ş.’den alınan 1 yıllık Statement of Facts (olay raporu) verileri kullanılmıştır.

Bu 1 yıllık (52 haftalık) olay raporu verilerinin bir haftasının örneği, tezin “ekler” bölümünde, “EK AL” kısmında gösterilmektedir.

5.5.6.1 Gemi kalkış ve gemi yanaşma operasyonları

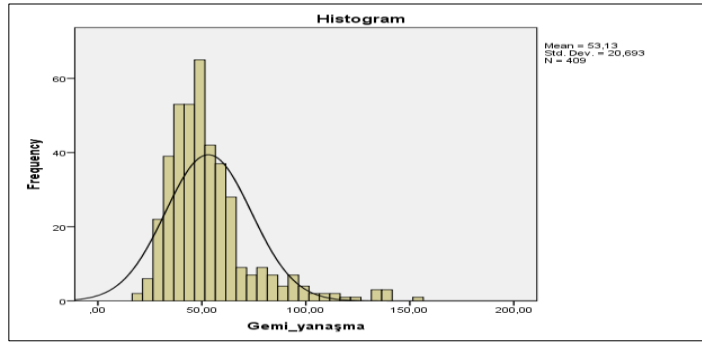
Gemi kalkış operasyonu; olay raporu verilerinde bulunan PILOT ON BOARD (kılavuz kaptanın gemi kalkışı için gemiye binmesi) ile VESSEL SAILED (kılavuz kaptanın gemiden inmesi) saatleri arasında geçen süredir. Her bir gemi için bu süreçte geçen süre hesaplanmıştır. Şekil 5.3’de gösterildiği gibi, hesaplanan bu sürelerin dağılımı çıkarılmıştır. Bu dağılımın SPSS 20 programında Kolmogorov – Smirnov testi yapılarak, normal olasılık dağılımına uygun olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5.3 : Gemi kalkış sürelerinin dağılımı (dakika).

Olay raporu verilerinden elde edilen gemi kalkış sürelerinin dağılımında, ortalama 17,68 dakika, standart sapma 10,319 dakika olarak bulunmuş ve bu değerler simülasyon programına girilmiştir. Simülasyon sürecinde gemilerin kalkış operasyonu süreci, bu dağılıma göre gerçekleşmektedir.

Gemi yanaşma operasyonu; olay raporu verilerinde bulunan ARRIVAL ON ROAD (kılavuz kaptanın gemiyi karşılamak üzere gemiye binmesi) ve VESSEL BERTHED (geminin rıhtıma yanaşması, emniyetinin sağlanması ve boşaltma sürecine hazır hale gelmesi) saatleri arasında geçen süredir. Her bir gemi için bu süreçte geçen süre hesaplanmıştır. Şekil 5.4’de gösterildiği gibi, hesaplanan bu sürelerin dağılımı çıkarılmıştır. Bu dağılımın SPSS 20 programında Kolmogorov – Smirnov testi yapılarak, normal olasılık dağılımına uygun olduğu tespit edilmiştir.

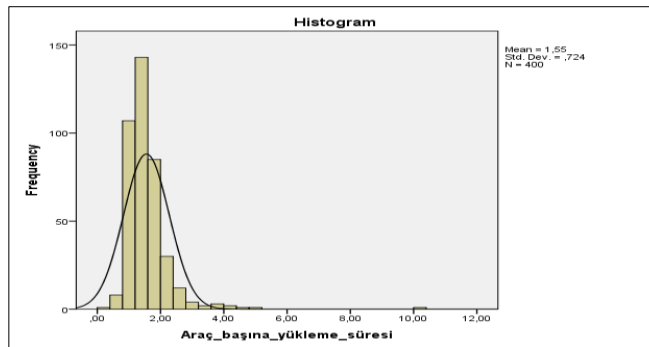


Şekil 5.4 : Gemi yanaşma sürelerinin dağılımı (dakika).

Olay raporu verilerinden elde edilen gemi yanaşma sürelerinin dağılımında, ortalama 53,13 dakika, standart sapma 20,693 dakika olarak bulunmuş ve bu değerler simülasyon programına girilmiştir. Simülasyon sürecinde gemilerin yanaşma operasyonu süreci, bu dağılıma göre gerçekleşmektedir.

5.5.6.2 Yükleme ve boşaltma operasyonları

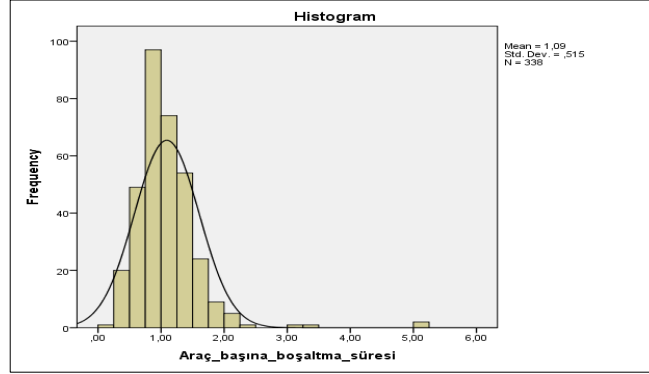
Yükleme operasyonu için, araç başına ortalama yükleme süresi hesaplanmıştır. Her bir gemi için, olay raporu verilerinde bulunan LOADING OPERATION TIME (toplam yükleme süresi), TOTAL LOADING CARGO (yüklemesi yapılan toplam araç sayısı)'ya bölünmüştür. Şekil 5.5'de gösterildiği gibi, hesaplanan bu sürelerin dağılımı çıkarılmıştır. Bu dağılımın SPSS 20 programında Kolmogorov – Smirnov testi yapılarak, normal olasılık dağılımına uygun olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5.5 : Araç başına yükleme sürelerinin dağılımı (dakika).

Olay raporu verilerinden elde edilen araç başına yükleme sürelerinin dağılımında, ortalama 1,55 dakika, standart sapma 0,724 dakika olarak bulunmuş ve bu değerler simülasyon programına girilmiştir. Simülasyon sürecinde tırların gemiye yüklenme süreci, bu dağılıma göre gerçekleşmektedir.

Boşaltma operasyonu için, araç başına ortalama boşaltma süresi hesaplanmıştır. Her bir gemi için, olay raporu verilerinde bulunan DISCHARGING OPERATION TIME (toplam boşaltma süresi), TOTAL DISCHARGING CARGO (toplam araç sayısı)'ya bölünmüştür. Şekil 5.6'da gösterildiği gibi, hesaplanan bu sürelerin dağılımı çıkarılmıştır. Bu dağılımın SPSS 20 programında Kolmogorov – Smirnov testi yapılarak, normal olasılık dağılımına uygun olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5.6 : Araç başına boşaltma sürelerinin dağılımı (dakika).

Olay raporu verilerinden elde edilen araç başına boşaltma sürelerinin dağılımında, ortalama 1,09 dakika, standart sapma 0,515 dakika olarak bulunmuş ve bu değerler simülasyon programına girilmiştir. Simülasyon sürecinde tırların gemiden tahliye süreci, bu dağılıma göre gerçekleşmektedir.

5.6 Modelin Doğrulanması

Model kurulumu tamamlandıktan sonra, modelin istenilen amaçlar doğrultusunda çalışıp çalışmadığının kontrolü yani modelin doğrulanması gerekmektedir. Model doğrulama, modelin doğru çalıştığından emin olunana kadar defalarca tekrarlanması gereken bir işlemdir.

Bu çalışmada modelin doğrulanması, simülasyonun çalıştırılarak işlemlerin gözlemlenmesiyle ve istenilen sonuçların bir göstergesi olarak gerekli yerlere sayaçlar konulmasıyla gerçekleştirilmiştir. Sistemdeki hareketlerin sağlıklı olarak görülebileceği bir hızda animasyon yavaşlatılarak modelin her adımı izlenmiş ve gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Her düzeltme sonrası model çalıştırılarak tekrar gözlemlenmiş ve bu işlem defalarca gerçekleştirilmiştir.

5.7 Simülasyonun Çalıştırılması ve Çıktı Analizi

Simülasyon çalıştırılmadan önce programa, belli bir ısınma süresi ve çalışma süresi tanımlanabilmektedir. Isınma süresi; programın, modeli çalıştırdıktan, istatistik tutmaya başlamasına kadar geçen süredir. Çalışma süresi; ısınma süresi bittikten sonra modelin ne kadar süre ile çalışacağını belirtmektedir.

Bu çalışmada; ısınma süresi 720 saat yani 1 aylık süre, çalışma süresi ise 8760 saat yani 1 yıllık süre olarak simülasyon programına tanımlanmıştır.

Modele olasılıksal değerler girildiğinden dolayı simülasyon programı rassal sayılar üretmektedir, fakat modelin her çalıştırılmasında program, aynı rassal sayı serisini kullanmaktadır. Bu nedenle, modelin birbirinden bağımsız olarak birçok defa çalıştırılması gerekmektedir. Bu çalışmada; model çalıştırılırken her bir senaryonun 20 defa tekrarlanması uygun görülmüştür.

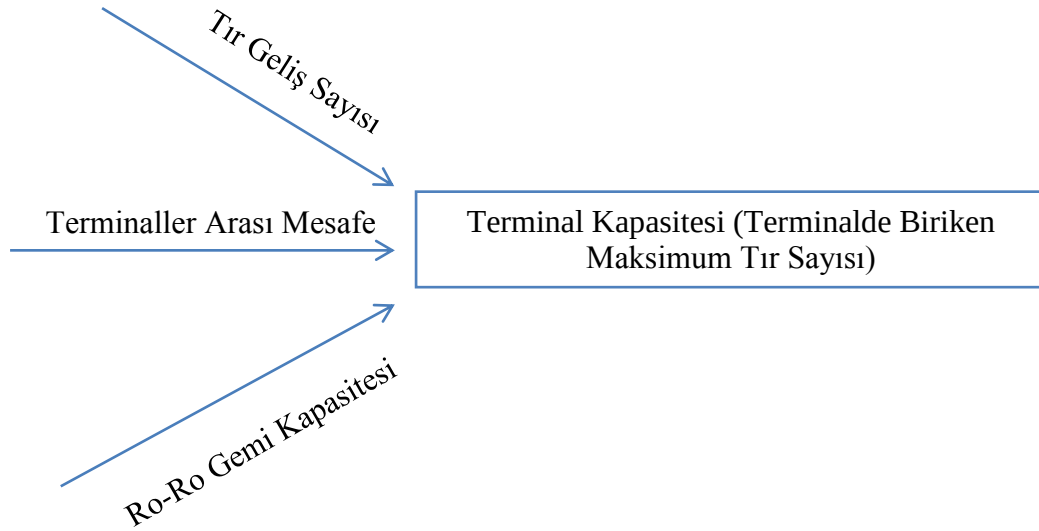
5.7.1 Değişkenlerin seçimi ve senaryoların üretilmesi

Çeşitli senaryolar eşliğinde simülasyon programı çalıştırılarak terminal kapasitesi, yani terminalde biriken maksimum tır sayısı incelenmeye çalışılmıştır. Senaryolar oluşturulurken üç değişkenin terminal kapasitesine etkisi incelenmiştir: Bir yılda terminallere gelen tır sayısı, terminaller arası mesafe ve Ro-Ro gemi kapasitesi. Bu değişkenlerin seçilmesinde; yapılan terminal operasyon incelemesi, Günay (2009) ve Fusco ve diğ. (2010)'nin yapmış oldukları çalışmalar referans alınmıştır.

Günay (2009) yapmış olduğu çalışmada; düzenli bir Ro-Ro hattı için olması gereken yük potansiyelinin varlığından bahsetmiştir. Ayrıca, detaylı yapılabilirlik çalışmalarında, kalkış ve varış limanları arasındaki mesafenin belirlenmesi, düzenli hat için uygun kapasite ve hızda bir veya daha fazla gemi seçimi yapılabileceğinden bahsetmiştir. Fusco ve diğ. (2010) Ro-Ro terminallerinin kapasite analizinde; geminin terminalde harcadığı toplam süre (bekleme + servis süresi) üzerinde durmuş, bu süreyi terminale varış düzeni ve terminal kullanıcı miktarının etkilediğinden bahsetmiştir.

Terminal operasyon incelemesi ve bu iki çalışmadan hareketle, Şekil 5.7'de gösterilen üç değişkenin terminal kapasitesine etkisi incelenmiştir:

- Bir yılda terminale gelen tır sayısı
- Terminaller arası mesafe
- Gemi kapasitesi



Şekil 5.7 : Terminal kapasitesinin incelenmesinde kullanılan değişkenler

Senaryolar; tır geliş sayısı, terminaller arası mesafe ve gemi kapasitesi değişkenlerinin miktarının, simülasyon programında arttırılması ile üretilmiştir. Simülasyon çalışmasında, bu üç değişkenden ikisi sabit tutulmuş, birinin değiştirilmesiyle, terminalde biriken maksimum tır sayısı incelenmeye çalışılmıştır.

5.7.1.1 Senaryo 1 : Tır gelişlerinin terminal kapasitesine etkisinin analizi

Bu kısımda, bir yılda terminale gelen tır sayısı Çizelge 5.1’de gösterildiği gibi simülasyon programında el ile girilerek terminallerde birikme yapan tır sayılarındaki değişimler incelenmiştir. Analizde, Ro-Ro gemi kapasitesi (200 tır) ve terminaller arası mesafe (160 deniz mili) değişkenleri sabit tutulup, tır geliş sayısı değiştirilmiştir. Tır gelişleri, ülkemizin yurtdışı bağlantılı düzenli Ro-Ro hatlarında, bir yılda taşınan araç sayıları referans alınarak belirlenmiştir. Her bir terminal için tır gelişi, 10.000 tırdan 28.000 tıra kadar çeşitli sayılarda el ile değiştirilerek simülasyon senaryoları üretilmiştir. Her bir senaryo 20 defa çalıştırılmıştır.

Her bir senaryonun 20 tekrarında, karşılıklı iki terminalde biriken tır sayılarına ait toplamda 40 çıktı elde edilmiştir. Öncelikle her bir çıktıda terminalde biriken tır sayılarının ortalama, standart sapma ve maksimum değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca

her bir çıktıda terminallerde biriken tır sayılarında oluşan maksimum değerler SPSS programına girilerek, bu değerlerin ortalaması, standart sapması, güven aralığı ve dağılım grafikleri oluşturulmuştur. Bu veriler tezin “ekler” bölümünde Çizelge A’ dan, Çizelge J’ ye kadar olan kısmında gösterilmektedir.

Terminal kapasitesini, yani terminalde biriken maksimum tır sayısını tespit etmek için, simülasyon tekrarlarından oluşan 40 adet çıktıdaki maksimum değerlerin ortalamasının alınması, istatistiksel açıdan anlamlı bir sonuç oluşturmayacaktır. Bu sebeple, tekrarlardan oluşan maksimum değerlerin güven aralığı incelenmiştir. Güven aralığı içerisinde oluşan maksimum değer, terminallerde biriken maksimum tır sayısı olarak kabul edilmiştir. Kabul edilen bu maksimum sayı ise terminal kapasitesinin belirlenmesini sağlamaktadır.

Çalışmada güven aralığının tanımı (Easton ve McColl, 1997); *“aynı anakütleden tekrarlanarak elde edilen birbirinden bağımsız örneklemelerin verileri kullanılarak, bir anakütlenin ortalama değeri hakkında çıkarım yapılmasına olanak sağlayan ve bir yüzde (güven düzeyi) ile gösterilen değerdir”* şeklinde kabul edilmiştir. Güven aralıkları genellikle %95, %90 veya %99 güven düzeyleriyle hesaplanmaktadır (Easton ve McColl, 1997) ve dağılımın “normal dağılım” olarak kabul edildiği, örneklem sayısının 30 adedi geçtiği durumlarda aşağıdaki formül kullanılır (Bowen ve Starr, 1982):

$$\bar{X} - Z_{\alpha/2} \left(\frac{\sigma_x}{\sqrt{n}} \right) < \mu_x < \bar{X} + Z_{\alpha/2} \left(\frac{\sigma_x}{\sqrt{n}} \right)$$

$\bar{X}$ = Örneklem ortalaması

σ_x = Örneklem standart sapması

n = Örneklem sayısı

$Z_{\alpha/2}$ = z tablosu değeri

$$\alpha = 1 - \left(\frac{\text{güven düzeyi}}{100} \right)$$

μ_x = Bilinmeyen ana kütle ortalaması

Güven aralığı analizinde SPSS 20 programı kullanılmıştır. Analizlerde her bir tekrarda biriken maksimum tır sayılarının ortalaması %95 güven düzeyinde hesaplanarak güven aralıkları tespit edilmiştir. Çizelge 5.1’de, terminallere gelen tır

sayılarında yapılan değişimlere göre terminallerde biriken maksimum tır sayılarının alt ve üst güven aralığı değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 5.1 : Tır geliş sayısına göre terminallerde biriken maksimum tır sayılarının %95 güven düzeyindeki güven aralığı değerleri.

Tır Geliş/Yıl	Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayısı	
	Güven Aralığı Alt Değer	Güven Aralığı Üst Değer
10000	116,23	178,76
12000	144,98	226,21
14000	160,70	246,74
16000	147,76	242,33
18000	173,21	248,33
20000	160,35	256,39
22000	178,94	288,15
24000	198,09	315,15
26000	208,49	329,00
28000	217,00	313,54

Çizelge 5.1’de gösterildiği gibi; 200 tır kapasiteli iki adet Ro-Ro gemisi ile aralarında 160 deniz mili mesafe bulunan iki terminalin her birine yılda 10.000 adet tır gelmesi durumunda; terminalde biriken maksimum tır sayısı %95 güven düzeyinde 116,23 ile 178,76 tır arasında oluşmaktadır. Bu güven aralığı değerleri, terminal kapasitesi hakkında bir kestirim yapmamıza olanak sağlamaktadır. Terminallere gelen tır sayısı ile terminalde biriken maksimum tır sayıları arasındaki ilişkinin ortaya konulabilmesi amacıyla korelasyon analizi yapılmıştır. Yapılan korelasyon analizinin sonuçları Çizelge 5.2’de gösterilmektedir. Buna göre terminallere gelen tır sayısı ile terminalde biriken maksimum tır sayıları arasında anlamlı, pozitif ve yüksek düzeyde bir ilişki tespit edilmiştir ($r = 0,959$).

Çizelge 5.2 : Terminallere gelen tır sayısı ile terminallerde biriken maksimum tır sayısı arasındaki ilişkinin tespitine yönelik yapılan korelasyon analizi.

		Terminalde biriken maksimum tır sayısı	Terminallere gelen tır sayısı
Terminalde biriken maksimum tır sayısı	Pearson Correlation	1	,959**
	Sig. (2-tailed)		,000
	N	10	10
Terminallere gelen tır Sayısı	Pearson Correlation	,959**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	
	N	10	10

Terminallere gelen tır sayısı ile terminalde biriken maksimum tır sayılarının üst ve alt güvenilirlik değerleri arasındaki ilişkileri gösterebilmek amacıyla Şekil 5.8'deki grafik oluşturulmuştur. Değerler arasında gerçekleştirilen regresyon analizlerinde elde edilen denklemler ve R^2 değerleri aşağıda gösterilmektedir.

Güven aralığı üst değerlerinin dağılım grafiği denklemi:

$$y = 1,6675x^{0,5153}$$

$$R^2 \text{ değeri} = 0,9073$$

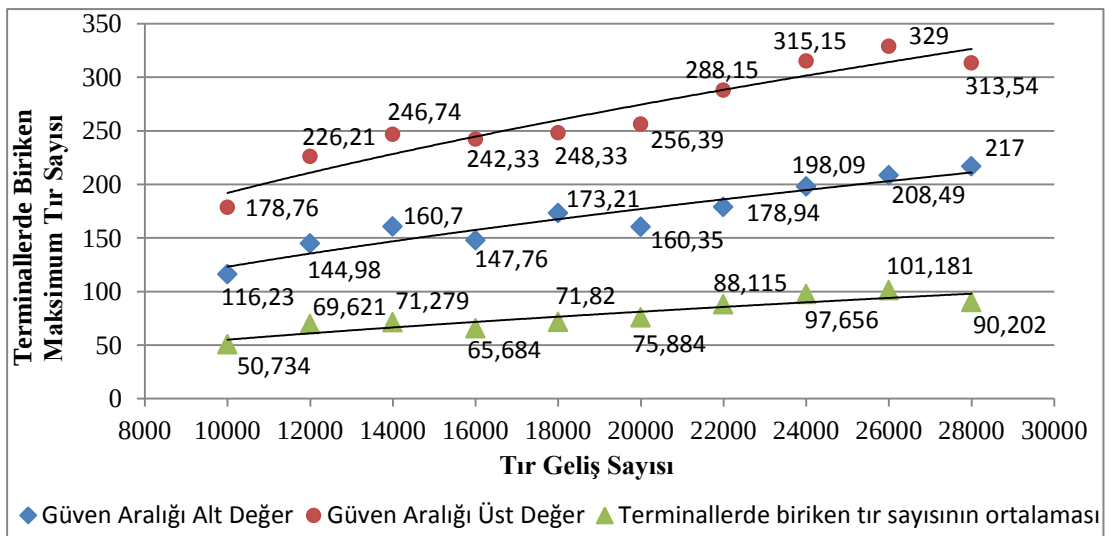
Güven aralığı alt değerlerinin dağılım grafiği denklemi:

$$y = 0,9934x^{0,5234}$$

$$R^2 \text{ değeri} = 0,8936$$

Regresyon denkleminin uyum iyiliği “belirleme katsayısı (R^2)” değeri ile ölçülmektedir. R^2 değeri, 0 ile 1 arasında bir değer almaktadır. Bu değer 1’e yakın olduğunda, gözlem değerleri doğrunun etrafında dağılıyor demektir (Url-25). Ayrıca R^2 değeri, bağımlı değişkendeki değişimin yüzde kaçının bağımsız değişken(ler) tarafından açıklandığını ifade etmektedir (Yüzer, 2006).

SPSS 20 programında, terminallerde biriken maksimum tır sayılarının güven aralığı üst ve alt değerlerinin “eğri uygunluğu” analizi yapılmıştır. R^2 değerinin 1’e en yakın olduğu değer, üssel bir eğride oluşmaktadır ($R^2 = 0,9073$, $R^2 = 0,8936$). Bu nedenle güven aralığı üst ve alt değerlerinin üssel bir dağılım gösterdiği tespit edilmiştir.



Şekil 5.8 : Tır geliş sayısına göre terminallerde biriken maksimum tır sayılarının güven aralığı değerlerinin dağılım grafiği.

Şekil 5.8’de görüldüğü gibi, terminaller arası mesafenin 160 deniz mili, Ro-Ro gemi kapasitesinin 200 tır kabul edildiği ve bir yılda terminallere 10.000 tır gelişinin olduğu durumda 178 tırlık (en az 10680 m²’lik) bir terminal alanı gerekmektedir. Yine aynı sabitlerle, 28.000 tır gelişinin olduğu durumda ise 313 tırlık (en az 18780 m²’lik) bir terminal alanı gerekmektedir.

Gerekli terminal alanı; tezin Şekil 3.1’de gösterildiği gibi Ligteringen (2000) referans alınarak, bir tırın 4 m en ve 15 m uzunluk olmak üzere 60 m²’lik alan kapladığı esas alınarak hesaplanmıştır.

5.7.1.2 Senaryo 2 : Terminaller arası mesafenin terminal kapasitesine etkisinin analizi

Bu kısımda, terminaller arası mesafe Çizelge 5.3’de gösterildiği gibi simülasyon programında el ile girilerek terminallerde birikme yapan tır sayılarındaki değişimler incelenmiştir. Analizde, Ro-Ro gemi kapasitesi (200 tır) ve bir yılda terminale gelen tır sayısı (20.000 tır) değişkenleri sabit tutulup, terminaller arası mesafe değiştirilmiştir. Terminaller arası mesafeler, Marmara Denizi’nde karşılıklı iki lokasyon arası mesafe (80 deniz mili) referans alınarak değişik sayılarda belirlenmiştir; 80 deniz milinden 1120 deniz miline kadar çeşitli sayılarda el ile değiştirilerek simülasyon senaryoları üretilmiştir. Geminin hızı; ortalaması 17 knot, standart sapması 2 knot olarak kabul edilip, terminaller arası mesafenin gemi hızına bölünmesiyle iki terminal arasında geçen süre dakikaya çevrilmiş; bu süreler, her bir senaryo için simülasyon programına girilmiştir. Her bir senaryo 20 defa çalıştırılmıştır.

Her bir senaryonun 20 tekrarında karşılıklı iki terminalde biriken tır sayılarına ait toplamda 40 çıktı elde edilmiştir. Öncelikle her bir çıktıda terminalde biriken tır sayılarının ortalama, standart sapma ve maksimum değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca her bir çıktıda terminallerde biriken tır sayılarında oluşan maksimum değerler SPSS programına girilerek, bu değerlerin ortalaması, standart sapması, güven aralığı ve dağılım grafikleri oluşturulmuştur. Bu veriler tezin “ekler” bölümünde Çizelge K’dan, Çizelge AB’ye kadar olan kısmında gösterilmektedir.

Terminal kapasitesini, yani terminalde biriken maksimum tır sayısını tespit etmek için, simülasyon tekrarlarından oluşan 40 adet çıktıdaki maksimum değerlerin ortalamasının alınması, istatistiksel açıdan anlamlı bir sonuç oluşturmayacaktır. Bu

sebeple, tekrarlardan oluşan maksimum değerlerin güven aralığı incelenmiştir. Güven aralığı içerisinde oluşan maksimum değer, terminallerde biriken maksimum tır sayısı olarak kabul edilmiştir. Kabul edilen bu maksimum sayı ise terminal kapasitesinin belirlenmesini sağlamaktadır.

Çizelge 5.3 : Terminaller arası mesafeye göre terminallerde biriken maksimum tır sayılarının %95 güven düzeyindeki güven aralığı değerleri.

Terminaller Arası Mesafe	Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayısı	
	Güven Aralığı Alt Değer	Güven Aralığı Üst Değer
80	174,88	278,66
120	174,06	276,28
160	193,98	276,56
210	180,92	282,17
240	177,91	268,28
320	192,01	293,13
400	195,18	276,56
480	196,82	293,77
560	188,51	264,18
640	195,27	252,42
720	227,84	311,95
800	214,62	282,37
960	252,80	309,89
1000	264,03	338,81
1120	288,83	355,31

Güven aralığı analizinde SPSS programı kullanılmıştır. Analizlerde, her bir tekrarda biriken maksimum tır sayılarının ortalaması %95 güven düzeyinde hesaplanarak güven aralıkları tespit edilmiştir. Çizelge 5.3’de, terminaller arası mesafelerde yapılan değişimlere göre terminallerde biriken maksimum tır sayılarının üst ve alt güven aralığı değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 5.3’de gösterildiği gibi; iki terminalin her birine yılda 20.000 adet tır gelişi ile 200 tır kapasiteli iki adet Ro-Ro gemisinin çalıştığı iki terminal arası mesafenin 80 deniz mili olması durumunda, terminalde biriken maksimum tır sayısı %95 güven düzeyinde 174,88 ile 278,66 tır arasında oluşmaktadır. Bu güven aralığı değerleri, terminal kapasitesi hakkında bir kestirim yapmamıza olanak sağlamaktadır. Terminaller arası mesafe ile terminalde biriken maksimum tır sayıları arasındaki ilişkinin ortaya konulabilmesi amacıyla korelasyon analizi yapılmıştır. Yapılan korelasyon analizinin sonuçları Çizelge 5.4’de gösterilmektedir. Buna göre terminaller arası mesafe ile terminalde biriken maksimum tır sayıları arasında anlamlı, pozitif ve yüksek düzeyde bir ilişki tespit edilmiştir ($r = 0,841$).

Çizelge 5.4 : Terminaller arası mesafe ile terminallerde biriken maksimum tır sayısı arasındaki ilişkinin tespitine yönelik yapılan korelasyon analizi.

		Terminalde biriken maksimum tır sayısı	Terminallar arası mesafe
Terminalde biriken maksimum tır sayısı	Pearson Correlation	1	,841**
	Sig. (2-tailed)		,000
	N	15	15
Terminallar arası mesafe	Pearson Correlation	,841**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	
	N	15	15

Terminaller arası mesafe ile terminalde biriken maksimum tır sayılarının üst ve alt güvenilirlik değerleri arasındaki ilişkileri gösterebilmek amacıyla Şekil 5.9'daki grafik oluşturulmuştur. Değerler arasında gerçekleştirilen regresyon analizlerinde elde edilen denklemler aşağıda gösterilmektedir.

Güven aralığı üst değerlerinin dağılım grafiği denklemi:

$$y = 0,0001x^2 - 0,1073x + 292,5$$

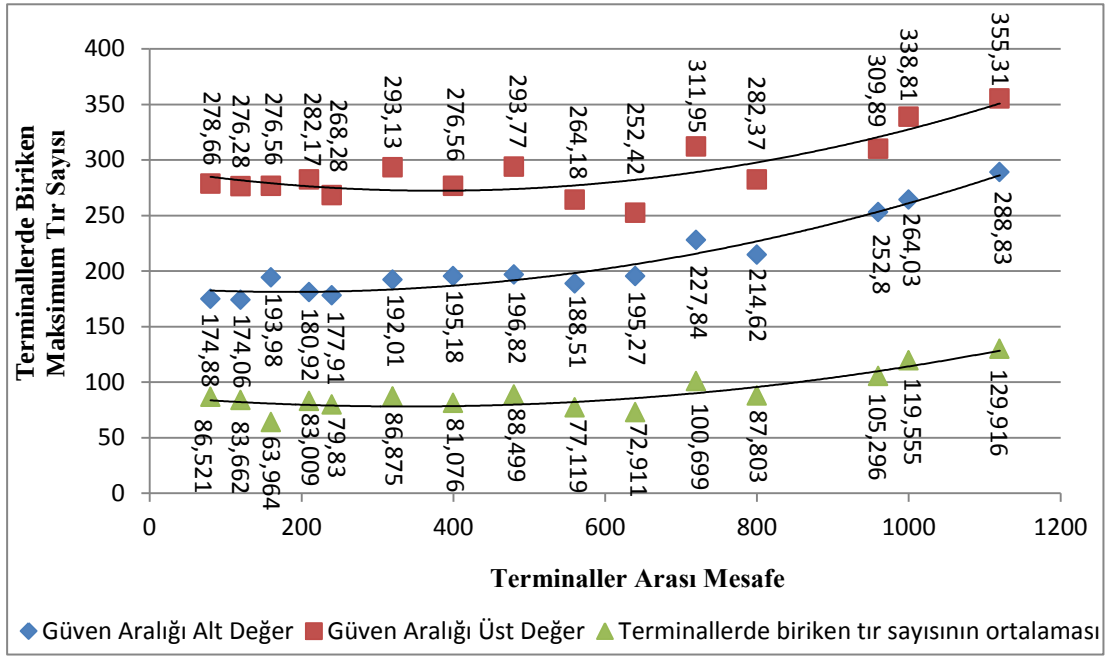
$$R^2 \text{ değeri} = 0,7192$$

Güven aralığı alt değerlerinin dağılım grafiği denklemi:

$$y = 0,0001x^2 - 0,0436x + 185,14$$

$$R^2 \text{ değeri} = 0,9431$$

SPSS 20 programında, terminallerde biriken maksimum tır sayılarının güven aralığı üst ve alt değerlerinin “eğri uygunluğu” analizi yapılmıştır. R^2 değerinin 1'e en yakın olduğu değer, polinomiyal bir eğride oluşmaktadır ($R^2 = 0,7192$, $R^2 = 0,9431$). Bu nedenle güven aralığı üst ve alt değerlerinin polinomiyal bir dağılım gösterdiği tespit edilmiştir.



Şekil 5.9 : Terminaller arası mesafeye göre terminallerde biriken maksimum tır sayılarının güven aralığı değerlerinin dağılım grafiği.

Şekil 5.9’da görüldüğü gibi, bir yılda terminallere gelen tır sayısının 20.000, Ro-Ro gemi kapasitesinin 200 tır kabul edildiği ve terminaller arası mesafenin 80 deniz mili olduğu durumda, 278 tırlık (en az 16680 m²’lik) bir terminal alanı gerekmektedir. Yine aynı sabitlerle, terminaller arası mesafenin 1120 deniz mili olduğu durumda ise 355 tırlık (en az 21300 m²’lik) bir terminal alanı gerekmektedir.

5.7.1.3 Senaryo 3 : Gemi kapasitesinin terminal kapasitesine etkisinin analizi

Bu kısımda, her iki gemi kapasitesi Çizelge 5.5’de gösterildiği gibi simülasyon programında el ile her iki gemi için de aynı miktarda girilerek terminallerde bekleme yapan tır sayılarındaki değişimler incelenmiştir. Analizde, terminaller arası mesafe (160 deniz mili) ve bir yılda terminale gelen tır sayısı (20.000 adet tır) değişkenleri sabit tutulup, gemi kapasitesi değiştirilmiştir. Ro-Ro gemi kapasiteleri, günümüz Ro-Ro gemilerinin taşıma kapasiteleri referans alınarak belirlenmiştir; 80 tırdan 240 tır kapasitesine kadar çeşitli sayılarda el ile değiştirilerek simülasyon senaryoları üretilmiştir. Her bir senaryo 20 defa çalıştırılmıştır.

Her bir senaryonun 20 tekrarında karşılıklı iki terminalde biriken tır sayılarına ait toplamda 40 çıktı elde edilmiştir. Öncelikle her bir çıktıda terminalde biriken tır sayılarının ortalama, standart sapma ve maksimum değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca her bir çıktıda terminallerde biriken tır sayılarında oluşan maksimum değerler SPSS programına girilerek, bu değerlerin ortalaması, standart sapması, güven aralığı ve

dağılım grafikleri oluşturulmuştur. Bu veriler tezin “ekler” bölümünde Çizelge AC’den, Çizelge AK’ye kadar olan kısmında gösterilmektedir.

Terminal kapasitesini, yani terminalde biriken maksimum tır sayısını tespit etmek için, simülasyon tekrarlarından oluşan 40 adet çıktıdaki maksimum değerlerin ortalamasının alınması, istatistiksel açıdan anlamlı bir sonuç oluşturmayacaktır. Bu sebeple tekrarlardan oluşan maksimum değerlerin güven aralığı incelenmiştir. Güven aralığı içerisinde oluşan maksimum değer, terminallerde biriken maksimum tır sayısı olarak kabul edilmiştir. Kabul edilen bu maksimum sayı ise terminal kapasitesinin belirlenmesini sağlamaktadır.

Güven aralığının analizinde SPSS programı kullanılmıştır. Analizlerde her bir tekrarda biriken maksimum tır sayılarının ortalaması %95 güven düzeyinde hesaplanarak güven aralıkları tespit edilmiştir. Çizelge 5.5’de, her iki gemi kapasitesinde aynı miktarda yapılan değişimlere göre terminallerde biriken maksimum tır sayılarının üst ve alt güven aralığı değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 5.5 : Gemi kapasitesine göre terminallerde biriken maksimum tır sayılarının %95 güven düzeyindeki güven aralığı değerleri.

Gemi Kapasitesi	Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayısı	
	Güven Aralığı Alt Değer	Güven Aralığı Üst Değer
80	151,02	245,72
100	165,55	265,09
120	156,27	255,07
140	155,47	254,27
160	169,68	264,86
180	187,20	292,09
200	193,98	276,56
220	172,30	270,09
240	172,40	275,54

Çizelge 5.5’de gösterildiği gibi; iki terminalin her birine yılda 20.000 tır gelişi ile terminaller arası mesafenin 160 mil, ayrıca her iki gemi kapasitesinin 80 tır olması durumunda; terminalde biriken maksimum tır sayısı %95 güven düzeyinde 151,02 ile 245,72 tır arasında oluşmaktadır. Bu güven aralığı değerleri, terminal kapasitesi hakkında bir kestirim yapmamıza olanak sağlamaktadır. Ro-Ro gemi kapasitesi ile terminalde biriken maksimum tır sayıları arasındaki ilişkinin ortaya konulabilmesi amacıyla korelasyon analizi yapılmıştır. Yapılan korelasyon analizinin sonuçları Çizelge 5.6’da gösterilmektedir. Buna Ro-Ro gemi kapasitesi ile terminalde biriken

maksimum tır sayıları arasında anlamlı, pozitif ve yüksek düzeyde bir ilişki tespit edilmiştir ($r = 0,706$).

Çizelge 5.6 : Gemi kapasitesi ile terminallerde biriken maksimum tır sayısı arasındaki ilişkinin tespitine yönelik yapılan korelasyon analizi.

		Terminalde biriken maksimum tır sayısı	Ro-Ro gemi kapasitesi
Terminalde biriken maksimum tır sayısı	Pearson Correlation	1	,706*
	Sig. (2-tailed)		,033
	N	9	9
Ro-Ro gemi kapasitesi	Pearson Correlation	,706*	1
	Sig. (2-tailed)	,033	
	N	9	9

Terminaller arası mesafe ile terminalde biriken maksimum tır sayılarının üst ve alt güvenilirlik değerleri arasındaki ilişkileri gösterebilmek amacıyla Şekil 5.10'daki grafik oluşturulmuştur. Değerler arasında gerçekleştirilen regresyon analizlerinde elde edilen denklemler aşağıda gösterilmektedir.

Güven aralığı üst değerlerinin dağılım grafiği denklemi:

$$y = 158,38x^{0,1035}$$

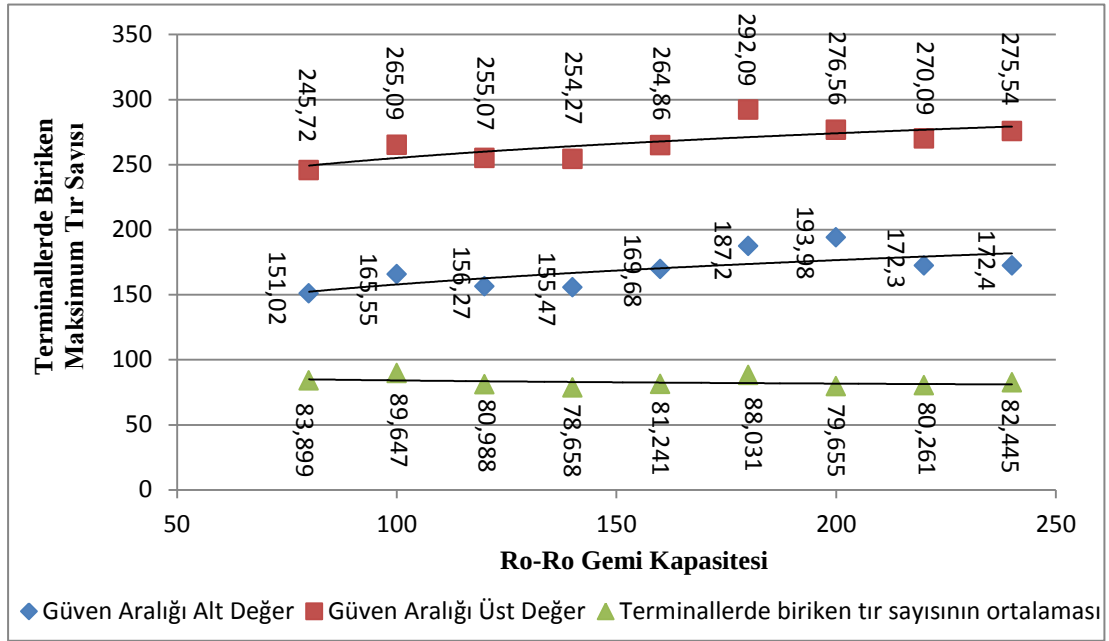
$$R^2 \text{ değeri} = 0,5404$$

Güven aralığı alt değerlerinin dağılım grafiği denklemi:

$$y = 75,118x^{0,1613}$$

$$R^2 \text{ değeri} = 0,5083$$

SPSS 20 programında, terminallerde biriken maksimum tır sayılarının güven aralığı üst ve alt değerlerinin “eğri uygunluğu” analizi yapılmıştır. R^2 değerinin 1'e en yakın olduğu değer, üssel bir eğride oluşmaktadır ($R^2 = 0,5404$, $R^2 = 0,5083$). Bu nedenle güven aralığı üst ve alt değerlerinin üssel bir dağılım gösterdiği tespit edilmiştir.



Şekil 5.10 : Gemi kapasitesine göre terminallerde biriken maksimum tır sayılarının güven aralığı değerlerinin dağılım grafiği.

Şekil 5.10’da görüldüğü gibi, bir yılda terminallere gelen tır sayısının 20.000, terminaller arası mesafenin 160 deniz mili kabul edildiği ve Ro-Ro gemi kapasitesinin 80 tır olduğu durumda 245 tırlık (en az 14700 m²’lik) bir terminal alanı gerekmektedir. Yine aynı sabitlerle, Ro-Ro gemi kapasitesinin 240 tır olduğu durumda ise 275 tırlık (en az 16500 m²’lik) bir terminal alanı gerekmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya çapında Ro-Ro trafiği artışı, Ro-Ro terminallerinde kapasite açısından bir büyüme gerektirmektedir. Terminal kapasitesi unsuru, özellikle Ro-Ro terminallerinde büyük bir önem taşımaktadır. Ro-Ro yüklerinin üst üste istiflenememesi, terminal sahasının yeterli kapasitede olmasını zorunlu kılmaktadır. Aksi takdirde, terminallere gelen araç sayılarının sıklıkları, terminaller arası mesafe, gemi kapasitesi, terminal giriş kapısı sayısı, gümrük kontrol birimleri vb. değişkenler terminal kapasitesi yetersizliği durumunda, terminal sahasında ve terminal girişinde sıkışıklıklara ve beklemelere yol açmaktadır. Bir Ro-Ro terminal işletmecisinin, yeni bir Ro-Ro terminali planlamadan veya var olan bir terminali büyütmeden önce, yapılacak performans iyileştirmesinin yeterli olup olmayacağını ve kapasitedeki artışın ne kadar olacağını belirlemesi önemlidir.

Liman tesislerinin planlanması, itinalı bir çalışma ve akademik bir yaklaşım gerektirmektedir. Stokastik süreçlerden oluşan liman operasyonlarının kapasite analizlerinde, simülasyon modellemesi en etkili yöntemdir. Bu çalışmada Promodel 2011 programı kullanılarak bir Ro-Ro terminal sistemi oluşturulmuş, çeşitli senaryolar eşliğinde terminal kapasite analizleri yapılmıştır. Çalışmada terminal kapasitesi, terminalde biriken maksimum tır sayısı olarak kabul edilmiştir.

Simülasyon deneylerinde kullanılacak verilerin güncel olması amacıyla; U.N. RO-RO A.Ş. firması yetkilileriyle görüşülmüş, bu firmaya ait Pendik Ro-Ro terminali incelenmiş ve Ulusoy Denizyolları A.Ş. firması yetkilileriyle görüşülmüş olup, bu firmaya ait Çeşme Ro-Ro terminalinde bir geminin tahliye operasyonu yerinde incelenmiştir.

Tezin uygulama kısmında Promodel 2011 simülasyon programında karşılıklı iki terminal sistemi tasarlanmıştır. Modelin temel elemanları oluşturulduktan sonraki aşamada, U.N. RO-RO A.Ş. firmasından alınan 1 yıllık Statement of Facts (olay raporu) verilerindeki gerekli kısımlar dakika olarak hesaplanmış ve Promodel 2011 simülasyon programında veri olarak kullanılmıştır. Model oluşturulduktan sonra, model doğrulama kısmına geçilerek, modeldeki hatalar düzeltilmiş, simülasyon tekrar tekrar çalıştırılarak model gözden geçirilmiştir. Model doğrulama işlemi, modelin istenen amaçlar doğrultusunda çalıştığından emin olunana kadar defalarca tekrarlanmıştır. Model doğrulama işleminin ardından simülasyon programında çeşitli senaryolar üretilerek, her bir senaryo bir yıl boyunca 20 tekrarda çalıştırılmıştır. Her bir senaryoda, karşılıklı iki terminal olduğundan dolayı, her biri bir yıl süresince çalıştırılan 40 adet simülasyon deneyi çıktısı elde edilmiştir. Elde edilen 40 deney çıktısından terminallerde biriken maksimum tır sayıları belirlenmiş, bu değerlerin güven aralığı hesaplanmıştır. Hesaplanan güven aralığı, terminalde biriken maksimum tır sayısı hakkında bir kestirim yapabilmemize olanak sağlamıştır.

Simülasyon çıktı analizlerinden elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

- “Terminal kapasitesi” ve “terminallere gelen tır sayısı” değişkenleri arasında yapılan korelasyon analizine göre; bir yılda terminallere gelen tır sayısı ile terminalde biriken maksimum tır sayısı arasında anlamlı, pozitif ve yüksek düzeyde bir ilişki tespit edilmiştir. Ayrıca terminaller arası mesafenin 160 deniz mili, Ro-Ro gemi kapasitesinin 200 tır kabul edildiği ve terminallere yılda 10.000 tır gelişinin olduğu bir durumda 178 tırlık (en az 10680 m²'lik) bir terminal alanı gerekmektedir. Yine aynı sabitlerle 28.000 tır gelişinin olduğu durumda ise, 313 tırlık (en az 18780 m²'lik) bir terminal alanı gerekmektedir. Bununla birlikte, SPSS 20 programında, terminallerde biriken maksimum tır sayılarının güven aralığı üst ve alt değerlerinin “eğri uygunluğu” analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucunda, güven aralığı üst ve alt değerlerinin üssel bir dağılım gösterdiği tespit edilmiştir.
- “Terminal kapasitesi” ve “terminaller arası mesafe” değişkenleri arasında yapılan korelasyon analizine göre; terminaller arası mesafe ile terminalde biriken maksimum tır sayısı arasında anlamlı, pozitif ve yüksek düzeyde bir ilişki tespit edilmiştir. Ayrıca bir yılda terminallere gelen tır sayısının 20.000, Ro-Ro gemi kapasitesinin 200 tır kabul edildiği ve terminaller arası

mesafenin 80 deniz mili olduğu durumda 278 tırlık (en az 16680 m²'lik) bir terminal alanı gerekmektedir. Yine aynı sabitlerle terminaller arası mesafenin 1120 deniz mili olduğu durumda ise, 355 tırlık (en az 21300 m²'lik) bir terminal alanı gerekmektedir. Bununla birlikte, SPSS 20 programında, terminallerde biriken maksimum tır sayılarının güven aralığı üst ve alt değerlerinin “eğri uygunluğu” analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucunda, güven aralığı üst ve alt değerlerinin polinomial bir dağılım gösterdiği tespit edilmiştir.

- “Terminal kapasitesi” ve “Ro-Ro gemi kapasitesi” değişkenleri arasında yapılan korelasyon analizine göre; Ro-Ro gemi kapasitesi ile terminalde biriken maksimum tır sayısı arasında anlamlı, pozitif ve yüksek düzeyde bir ilişki tespit edilmiştir. Bir yılda terminallere gelen tır sayısının 20.000, terminaller arası mesafenin 160 deniz mili kabul edildiği ve Ro-Ro gemi kapasitesinin 80 tır olduğu durumda, 245 tırlık (en az 14700 m²'lik) bir terminal alanı gerekmektedir. Yine aynı sabitlerle Ro-Ro gemi kapasitesinin 240 tır olduğu durumda ise, 275 tırlık (en az 16500 m²'lik) bir terminal alanı gerekmektedir. Bununla birlikte, SPSS 20 programında, terminallerde biriken maksimum tır sayılarının güven aralığı üst ve alt değerlerinin “eğri uygunluğu” analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucunda, güven aralığı üst ve alt değerlerinin üssel bir dağılım gösterdiği tespit edilmiştir.

Bu çalışmada tır taşıyan Ro-Ro gemilerinin taşıma kapasitesi, terminaller arası mesafe ve terminale gelen araç sayısı değişkenlerinin, terminallerde oluşturduğu bekleme yapan araç sayısına etkileri analiz edilmiştir. Bu çalışma esasen teorik bir çalışma olup, terminal kapasitesini etkileyen daha bir çok değişken tanımlanabilmektedir. Bunlardan, terminal kapısı, kara yolu trafiği, terminal içi trafik, güvenlik araması, yakıt ikmali, gümrükleme vb. süreç değişkenleri kapsam dışında bırakılmıştır.

Ro-Ro terminallerine gelen tır sayısının terminal kapasitesine etkileri ile ilgili olarak, Ro-Ro terminal işletmecileri açısından bir çıkarım yapılacak olursa; bir yılda terminale gelen tır sayısının 10.000 tırdan 28.000 tıra çıkması halinde, terminalde % 76 oranında daha fazla bir saha kapasitesine (8100 m²'lik bir terminal alanına daha) ihtiyaç duyulacaktır. Yani gelen tır sayısı % 180 artsa da terminal kapasitesindeki artış oranı % 76 olarak gerçekleşmektedir. Sonuç olarak; terminale gelen tır sayısındaki artış oranının, terminalde ihtiyaç duyulacak ek kapasiteyi birebir oranda etkilemediği, ihtiyaç duyulacak ek kapasite artışının azalan bir ivme ile yükseldiği tespit edilmiştir.

Deneylerde terminallere gelen tır sayısı 10.000 – 28.000 rakamları arasında değişirken, terminaller arası mesafe 160 deniz mili, Ro-Ro gemi kapasitesi ise 200 adet tır olarak sabitlenmiştir. Terminallere gelen tır sayısının terminal kapasitesi üzerindeki etkisinin terminaller arası farklı mesafelerde ve farklı Ro-Ro gemisi kapasitelerinde de incelenmesi, ileride yapılacak olan çalışmalar için tavsiye edilmektedir.

Ro-Ro terminalleri arasındaki mesafenin terminal kapasitesine etkileri ile ilgili olarak, Ro-Ro terminal işletmecileri açısından bir çıkarım yapılacak olursa; terminaller arası mesafenin 80 deniz milinden 1120 deniz miline çıkması halinde, terminalde % 28 oranında daha fazla bir saha kapasitesine (4620 m²'lik bir terminal alanına daha) ihtiyaç duyulacaktır. Yani terminaller arası mesafe % 1300 artsa da terminal kapasitesindeki artış oranı % 28 olarak gerçekleşmektedir. Sonuç olarak; terminaller arası mesafedeki artış oranının, terminalde ihtiyaç duyulacak ek kapasiteyi, seçilen mesafeler arasında birebir oranda etkilemediği tespit edilmiştir.

Deneylerde terminaller arası mesafe 80 – 1120 deniz mili arasında değişirken, terminallere gelen tır sayısı 20.000 adet tır, Ro-Ro gemi kapasitesi ise 200 adet tır olarak sabitlenmiştir. Terminaller arası mesafenin terminal kapasitesi üzerindeki etkisinin farklı tır geliş sayılarında ve farklı Ro-Ro gemi kapasitelerinde de incelenmesi, ileride yapılacak olan çalışmalarda tavsiye edilmektedir.

Ro-Ro gemi kapasitesinin terminal kapasitesine etkileri ile ilgili olarak, Ro-Ro terminal işletmecileri açısından bir çıkarım yapılacak olursa; geminin taşıyabileceği araç kapasitesinin 80 tırdan 240 tıra çıkması, terminalde % 12 oranında daha fazla bir saha kapasitesine (1800 m²'lik bir terminal alanına daha) ihtiyaç duyulacaktır. Yani geminin taşıyabileceği araç kapasitesi % 200 artsa da terminal kapasitesindeki artış oranı % 12 olarak gerçekleşmektedir. Sonuç olarak; Ro-Ro gemi kapasitesindeki artış oranının, terminalde ihtiyaç duyulacak ek kapasiteyi önemli derecede etkilemediği, ihtiyaç duyulacak ek kapasite artışının azalan bir ivme ile az bir miktarda yükseldiği tespit edilmiştir.

Deneylerde Ro-Ro gemi kapasitesi 80 – 240 adet tır arasında değişirken, terminaller arası mesafe 160 deniz mili, terminallere gelen tır sayısı ise 20.000 adet tır olarak sabitlenmiştir. Gemi kapasitesinin terminal kapasitesi üzerindeki etkisinin terminaller arası farklı mesafelerde ve farklı tır geliş sayılarında da incelenmesi, ileride yapılacak olan çalışmalarda tavsiye edilmektedir.

Yapılan bu analizler sonucunda terminal kapasitesini en fazla etkileyen değişkenin, terminale gelen tır sayısı değişkeni olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun bir sonucu olarak; bir Ro-Ro terminal işletmecisinin terminal sahası tespitinde, talep faktörünü ön planda tutması ve bu doğrultuda etkili bir talep tahmini yapması gerektiği düşünülmektedir.

Oluşturulan simülasyon modelinin ve yapılan analizlerin liman planlamacıları açısından teorik bir model oluşturabileceği ve Ro-Ro terminal sistemlerinde kapasite analizi ile ilgili bir fikir verebileceği düşünülmektedir.

Literatürde Ro-Ro terminalleri ile ilgili hemen hemen hiç yok denecek kadar az sayıda çalışmanın olması tezin önemini arttırmaktadır. Bu çalışma ile literatürdeki eksikliğin giderilmesine önemli ölçüde katkıda bulunulmuştur.

İleride yapılacak olan çalışmalarda; daha fazla değişkenin terminal kapasitesine etkisinin incelenebileceği ve terminal kapasitesinin optimizasyonu ile ilgili çalışmaların yapılabileceği düşünülmektedir. Şehir trafiği, ulaşım bağlantıları, terminal içi trafik, terminal giriş kapısı sayısı, gümrük kontrol birimleri de hesaba katılarak Ro-Ro terminalleri için kapasite analizi ve optimizasyon çalışmaları yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Altıok, T. ve Melamed, B.** (2007). *Simulation Modelling and Analysis with Arena*, Academic Press.
- Amerini, G.** (2009). In 2007, EU-27 Short Sea Shipping continued growing but at a slower rate. *Eurostat: Statistics in Focus*, 58/2009.
- Armbruster, B.** (2007). The Romance of Ro-Ro. *Shipping Digest*, February 12, 2007, s.4.
- Atılğan, C.** (2005). Short Sea Shipping and Combined Transport Between Turkey and Europe: An Innovative Approach for Sustainable Intermodal Transport. *2005 European Intermodal Association (EIA) Awards*.
- Balaban, M. ve Mastaglio, T.** (2013). *RoPax/RoRo: Exploring the Use of Simulation as Decision Support System*.
- Banks, J., Carson, J., Nelson, B. L., Nicol, D.** (2005). *Discrete – Event System Simulation*”, Prentice Hall, 4th edition.
- Barnard, B.** (2013). Ro-Ro: More Offs Than Ons. *The Journal of Commerce*, April 29, 2013, 64-70.
- Bowen, E. K. ve Starr M. K.** (1982). *Basic statistics for business and economics*, McGraw – Hill.
- Branch, A. E.** (1998). *Maritime Economics Management and Marketing*, Stenley Thorners (Publishers) Ltd., 3rd edition.
- Bugaric, U. ve Petrovic, D.** (2007). Increasing the capacity of terminal for bulk cargo unloading. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 15(10), 1366-1381.
- Burkolter, D. M.** (2005). *Capacity of Railways in Station Areas using Petri Nets*, Doktora Tezi, Swiss Federal Institute Of Technology, Zurich.
- Cao, Q., Good, B. S., DeRose, L. A.** (2011). RFID for Air Cargo Operations: Return on Investment Analysis Through Process Modelling and Simulation. *Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference*, 1566-1577.
- Carmichael, J.** (1999). The Global Change?. *International Ports Congress 1999*, s.132, Thomas Telford, ISBN: 0 7277 2828 8, United Kingdom.
- Casaka, A.P. ve Marlow, P.** (2007). The Impact of the Trans-European Transport Networks on the Development of Short Sea Shipping. *Transport and Shipping Research Group*, Cardiff.

- Checkland, P.** (1981). “*Systems Thinking, Systems Practice*”, John Wiley & Sons, ISBN: 0471279110.
- Chen, C. H., Chou, S. Y., Suryani, E.** (2010). Air passenger demand forecasting and passenger terminal capacity expansion: A system dynamics framework. *Expert Systems with Applications: An International Journal*, 37(3), 2324-2339.
- Chu, C. Y. ve Huang, W. C.** (2005). Determining container terminal capacity on the basis of an adopted yard handling system. *Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal*, 25(2), 181-199.
- Chung, C. A.** (2003). *Simulation Modelling Handbook: A Practical Approach*, CRC Press.
- Commission of the European Communities** (1999). *The Development of Short Sea Shipping in Europe: A Dynamic Alternative in a Sustainable Transport Chain ; Second Two-yearly Progress Report*, COM(99) 317 final, Brussels.
- Corina, P., Anastasia V., Ramona, T.** (2012). Maritime English Practice on Simulators. *Constanta Maritime University*, 13(18), 251-254.
- Çeşme Ulusoy Liman İşletmesi A.Ş.** (2014). Kişisel görüşme.
- Dachyar, M.** (2012). Simulation and Optimization of Services at Port in Indonesia. *International Journal of Advanced Science and Technology*, volume 44, 25-32.
- D.B. Deniz Nakliyatı T.A.Ş.** (1987). *Ro-Ro Gemileri Zabitan El Kitabı*, D.B. Deniz Nakliyatı, İstanbul.
- Dundara, D., Kuzmanovic, O., Zanic, V., Andric, J., Prebeg, P., Hadzic, N.** (2009). New Innovative ROPAX Vessel, *EU FP6 project IMPROVE - Final Conference*, 102-106, Dubrovnik, Croatia.
- Dupin, C.** (2001). Keeping an even keel. *Journal of Commerce, JoC Week*, 16 Temmuz, s.20.
- Easton, V. J. ve McColl, J. H.** (1997). *Statistics Glossary*, STEPS.
- Esmer, S. ve Tuna O.** (2007). Liman İşletmeciliğinde Bir Karar Destek Sistemi Olarak Simülasyon Yönteminin Analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9(4), 120-134, İzmir.
- Eyres, D. J. ve Bruce, G. J.** (2012). *Ship Construction*, 7th edition, Butterworth-Heinemann, ISBN: 978-0-08-097239-8, USA.
- Fusco, P. M., Sauri, S., De Melo, G.** (2013). Short Sea Shipping in Supply Chains: A Strategic Assessment. *Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal*, 33(4), 476-496.
- Fusco, P. M., Sauri, S., Spuch, B.** (2010). Quality indicators and capacity calculation for Ro-Ro terminals. *Transportation Planning and Technology*, 33(8), 695-717.
- Greasley, A.** (2004). *Simulation Modelling for Business*, ISBN: 0754632148.
- Guizzi, G., Murino, T., Romano, E.** (2009). A Discrete Event Simulation to model Passenger Flow in the Airport Terminal. *Proceedings of the APPLIED*

- Günay, M.** (2009). Türkiye'nin 2001 – 2005 Genel Dış Ticaret Gerçekleşmeleri ve Türkiye – Mısır Arasında Ro/Ro Konteyner Hattı Talep Analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Dergisi*, 1(1), 45-60,
- Hagemeister, C. ve Kristensen, H. O. H.** (2011). Environmental performance evaluation of RoPax ferries. *Ship & Offshore*, No.3, 10-14.
- Hall, P.V. ve Olivier, D.** (2005). Inter-firm relationships and shipping services: the case of car carriers and automobile importers to the United States. *Maritime Policy & Management*, July – September, 32(3), 279-295, Taylor & Francis, London.
- Harwood, D. W., Torbic, D. J., Richard, K. R., Glauz, W. D., Elefteriadou, L.** (2003). NCHRP Report 505: Review of Truck Characteristics as Factors in Roadway Design. *Transportation Research Board*, ISBN: 0-309-08779-1.
- Huang, S. Y., Hsu, W. J., Chen, C., Ye, R., Nautiyal, S.** (2008). Capacity analysis of container terminals using simulation techniques. *International Journal of Computer Applications in Technology*, 32(4), 246-253.
- IMO** (1985). Guidelines for Securing Arrangements for the Transport of Road Vehicles on Ro-Ro Ships. *IMO Resolution A.581(14)*, Adopted 20 November 1985, s.129.
- IMO** (1997). IMO and Ro-Ro Safety. *Focus on IMO*, January 1997, London, United Kingdom.
- Jim, H. K. ve Chang, Z. Y.** (1998). An Airport Passenger Terminal Simulator: A Planning and Design Tool. *Simulation Practice and Theory*, 6(4), 387-396.
- Johnson, E. L., Solak, Ş., Clarke, J. P. B.** (2009). Airport Terminal Capacity Planning. *Transportation Research Part B*, 43(6), 659-676.
- Jugovic, A., Debelic, B., Brdar, M.** (2011). Short Sea Shipping in Europe Factor of The Sustainable Development Transport System of Croatia. *Pomorstvo: Scientific Journal of Maritime Research*, 25(1), 109-124.
- Kang, M. H., Choi, H. R., Kim, H. S., Park, B. J.** (2012). Development of a maritime transportation planning support system for car carriers based on genetic algorithm. *Applied Intelligence*, 36(3), 585-604, April 2012.
- Kelton, W. D., Sadowski R. P., Sadowski, D. A** (2002). *Simulation with Arena*, 2nd edition, McGraw-Hill School Education Group.
- Kendall, L. C. ve Buckley, J. J.** (2001). *The Business of Shipping*, 7th edition, Cornell Maritime Press, ISBN 0-87033-526-X, Centreville, Maryland, USA.
- Kıran, A. S., Çetinkaya, T., Og., S.** (2000). Simulation Modelling and Analysis of a New International Terminal. *Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference*, volume 2, 1168- 1172, USA.

- Kia, M., Shayan, E., Ghotb, E.** (2002). Investigation of port capacity under a new approach by computer simulation. *Computers & Industrial Engineering*, 42(2-4), 533-540.
- Kumar, U. ve Gandhi, S.** (2013). Modelling and Simulation Paradigms. *Journal of Active and Passive Electronic Devices*, Old City Publishing, volume 8, 351-357, India.
- Kunaç, S.** (2007). *Türkiye’de Ro-Ro deniz taşımacılığı ve örnek bir hat incelemesi*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Denizcilik İşletmeleri Yönetimi Anabilim Dalı, İzmir.
- Leach, P. T.** (2007). Rising demand for Ro-Ro. *Ocean Services*, January 1, 2007, 58-59.
- Leach, P. T.** (2012). Car Carriers Rebound on Auto Industry Recovery. *The Journal of Commerce*, February 9, 2012.
- Levander, O.** (2002). Advance machinery with CRP propulsion for Fast RoPax vessels. *The Motorship Marine Conference*, April 2002, Copenhagen, Denmark.
- Ligteringen, H.** (1999). *Ports and Terminals*, Technische Universiteit Delft, Department of Hydraulic Engineering, Delft, The Netherlands.
- Ligteringen, H.** (2000). *Ports and Terminals*, Technische Universiteit Delft, The Netherlands.
- Llovio, L.** (2007). World's largest car carrier leaves Port of Baltimore on its maiden voyage. *The Baltimore Daily Record*.
- Maksimavicius, R.** (2004). Some Elements of Ro-Ro Terminals. *Transport-2004*, 19(2), 75-81.
- Marshall, J.** (1989). *The Guinness Railway Book*, 2nd edition, ISBN 0-85112-359-7, Guinness World Records Limited, Enfield.
- Morris, W. T.** (1967). On the Art of Modeling. *Management Science*, 13(12), 707-717.
- Nas, S.** (1999). *Denizcilikte Simülatör Destekli Eğitimin Rolü ve Önemi*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Deniz İşletmeciliği ve Yönetimi Anabilim Dalı, İzmir.
- Nas, S.** (2013). Teknik Seyir Hizmetlerinde Kaynakların Simülasyon Modellemesi Yöntemiyle Optimizasyonu: Römorkör Park Yeri Seçimi. *1.Ulusal Liman Kongresi: Küresel Rekabette Tedarik Zinciri Etkinliği*, Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi, İzmir.
- Ng, W. C. ve Wong, C. S.** (2006). Evaluating the Impact of Vessel-Traffic Interference on Container Terminal Capacity. *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, 132(2), 76-82.
- Osborn, S.** (2010). The design of ship-to-shore linkspans for ro-ro terminals. *Proceedings of the Institution of Civil Engineering*, volume 163, 34-40.
- Paixao, A. C. ve Marlow, P. B.** (2002). Strengths and Weaknesses of Short Sea Shipping. *Marine Policy*, 26(3), 167-178.

- Pajcin, M., Petrovic, Z., Petrovic, D., Bugaric, U., Petrovic, G. M.** (2011). Determining the Capacity of Unloading Bulk Cargo Terminal Using Queuing Theory. *Strojniški Vestnik: Journal of Mechanical Engineering*, 57(5), 405-416.
- Papadimitriou, S.** (2001). Short Sea Shipping in Europe: Experience and Prospects. *European Conference of Ministers of Transport*, 9-17, OECD Publications Service.
- Park, N. K., Dragovic, B., Zrnic, N., Moon, D. S. H.** (2012). Simulation Approach of Container Terminal Modelling. *7th Vienna International Conference on Mathematical Modelling*, Vienna, Austria.
- Pedgen, C. D., Shannon, R. E., Sadowski, R. P.** (1995). *Introduction to Simulation Using SIMAN*, McGraw-Hill, 2nd edition, ISBN:0070493200.
- Petitt, S. J., Marlow, P. B., Scorza, A. D.** (1997). Short Sea Shipping in Europe: Analysis of the UK and Italian Markets. *University of Wales College of Cardiff, Department of Maritime Studies and International Transport*, No. 47, Cardiff, United Kingdom.
- Pješčević, D., Vladislavljević, I., Vukadinović, K.** (2013). Analyzing the Efficiency of Dry Bulk Cargo Handling at the Inland Port Terminal Using Simulation and DEA. *1st Logistics International Conference*, 191-196, Belgrade, Serbia.
- Popular Mechanics** (1956). Roll-On Roll-Off Ship, April 1956, 105(4), Heart Magazines, s.87
- Rauch, R. ve Kljajic, M.** (2006). Discrete Event Passenger Flow Simulation Model for an Airport Terminal Capacity Analysis. *Organizacija: Journal of Management, Informatics and Human Resources*, 39(10), 652-660.
- Rowlett, R.** (2005). How Many? A Dictionary of Units of Measurement. University of North Carolina, Center for Mathematics and Science Education. Alındığı tarih: 18.12.2013, adres: <http://www.unc.edu/~rowlett/units/>.
- Sauri, S., Fusco, P. M., Martin, E.** (2012). An Empirical Analysis of the Resiliency of Ro/Ro and Ro/Pax Terminal Operations. *Transportation Research Board 2012 Annual Meeting*, 1-20, Washington, USA.
- Shabayek, A. A. ve Yeung, W. W.** (2002). A simulation model for the Kwai Chung container terminals in Hong Kong. *European Journal of Operational Research*, 140(1), 1-11.
- Swedish, J. A.** (1998). Simulation of an Inland Waterway Barge Fleet Distribution Network. *Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference*, volume 2, 1219-1221.
- T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Demiryolları, Limanlar ve Hava Meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü** (2010). *Ulaştırma Kıyı Yapıları Master Plan Çalışması Sonuç raporu*, Eylül 2010.
- Torbianelli, V. A.** (2000). When the road controls the sea: a case study of Ro-Ro transport in the Mediterranean. *Maritime Policy & Management: The flagship journal of international shipping and port research*, 27(4), 375-389.

- Uca, N.** (2011). *Ro-Ro Taşımacılığında Sistem Dinamiği Yaklaşımı*, Tezsiz Yüksek Lisans Bitirme Projesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lojistik Mühendisliği Bölümü Lojistik Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.
- Uçan, E.** (2013). *İstanbul Boğazı'nda kılavuzluk hizmeti veren kılavuz kaptan sayısının simülasyon yöntemiyle optimizasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.
- U.N. RO-RO İşletmeleri A.Ş.** (2012). *Faaliyet Raporu 2012: Annual Report*.
- U.S. Department of Defense** (2001). *System Engineering Fundamentals*, January 2001, Defense Acquisition University Press, Fort Belvoir, Virginia, USA.
- Ward, J.** (2013). Global Ro-Ro Shipping: Keep on Rolling on. *Finished Vehicle Logistics*, January-March 2013, 44-49.
- Wathne, E.** (2012). *Cargo Stowage Planning in Ro-Ro Shipping*, Yüksek Lisans Tezi, Norveç Bilim ve Teknik Üniversitesi Deniz Teknolojisi Bölümü, Trondheim.
- Wet, K. D.** (2010). *Airport capacity analysis and configuration*, Lisans Tezi, University of Pretoria, Faculty of Engineering, Built Environment and Information Technology, Pretoria, South Africa.
- Wilson, J. R. ve Corlett, E. N.** (1995). *Evaluation of Human Work: A Practical Ergonomics Methodology*, CRC Press, 2nd edition.
- Yaran, A.** (2009). *Marmara Bölgesi'nde Ro-Ro Taşımacılığı için Liman Yeri Seçimi ve Bir Uygulama*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Yeşilbağ, L.** (1999). Ro-Ro Taşımacılığının Ülkemiz Deniz Ulaştırma Sektöründeki Yeri. *Gemi İnşaatı ve Deniz Teknolojisi Teknik Kongresi 99 - Bildiri Kitabı*, 411-418, İstanbul.
- Yıldırım, S.** (2006). *Ro-Ro Taşımacılığında Yer Seçimi Problemine Yönelik Bir Çözüm Geliştirilmesi ve İstanbul İli İçin Uygulanması*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Yuan, J. ve Hansen, I. A.** (2007). Optimizing capacity utilization of stations by estimating knock-on train delays. *Transportation Research Part B: Methodological*, 41(2), 202-217.
- Yun, W. Y. ve Choi, Y. S.** (1999). A simulation model for container-terminal operation analysis using an object-oriented approach. *International Journal of Production Economics*, 59(1-3), 221-230.
- Yüksel, Y. ve Çevik, E. Ö.** (2010). *Liman Mühendisliği*, ISBN: 978-605-377-367-2, Beta Yayıncılık, 2.baskı, İstanbul.
- Yüzer, A. F.** (2006). *İstatistik*, Anadolu Üniversitesi, yayın no: 1448, ISBN: 975-06-0183-1.

Zeigler, B. P., Praehofer, H., Kim, T. G. (2000). *Theory of Modeling and Simulation: Integrating Discrete Event and Continuous Complex Dynamic Systems*, 2nd edition, Academic Press.

Zenzerovic, Z., Vilke, S., Jurjevic, M. (2011). Queuing Theory in Function of Planning the Capacity of the Container Terminal in Port of Rijeka. *Pomorstvo: Journal of Maritime Studies*, 25(1), 45-69.

Url-1 <<http://en.wikipedia.org/wiki/Roll-on/roll-off>>, alındığı tarih: 28.11.2013.

Url-2 <http://www.simplonpc.co.uk/BR_Dinard.html>, alındığı tarih: 29.11.2013.

Url-3 <http://www.sjofart.ax/files/henrik_tidblad_roro_market_from_a_brokers_perspective.pdf>, alındığı tarih: 03.12.2013.

Url-4 <<http://www.denizticareti.gov.tr>>, alındığı tarih: 08.12.2013.

Url-5 <<http://www.unroro.com.tr/TR/PORTS/samer.asp>>, alındığı tarih: 09.12.2013.

Url-6 <<http://www.unroro.com.tr/ADVANTAGES/kargo.asp>>, alındığı tarih: 09.12.2013.

Url-7 <<http://www.unroro.com.tr/TR/ADVANTAGES/cevre.asp>>, alındığı tarih: 09.12.2013.

Url-8 <<http://www.unroro.com.tr/TR/ADVANTAGES/default.asp>>, alındığı tarih: 09.12.2013.

Url-9 <<http://www.maritime-rh.com/roro-and-ferry-terminals-a-modern-roro-terminal.html>>, alındığı tarih: 10.12.2013.

Url-10 <https://www.bimco.org/en/Education/Seascapes/Maritime_Matters/2007_08_15_Ro-Ro_terminals.aspx>, alındığı tarih: 10.12.2013.

Url-11 <<http://epp.eurostat.ec.europa.eu>>, alındığı tarih: 12.12.2013

Url-12 <<http://www.unroro.com.tr/TR/LINES/default.asp>>, alındığı tarih: 14.12.2013.

Url-13 <<http://www.unroro.com.tr/TR/PORTS/default.asp>>, 14.12.2013.

Url-14 <<http://www.marineandcommerce.com/files/MC0608roroTR.pdf>>, alındığı tarih: 19.12.2013.

Url-15 <<https://www.portlandoregon.gov/bps/article/362214>>, alındığı tarih: 21.12.2013.

Url-16 <<http://www.mafi.eu>>, alındığı tarih: 24/12/2013.

Url-17 <<http://en.wikipedia.org/wiki/Semi-trailer>>, alındığı tarih: 24.12.2013.

- Url-18** <<http://www.mar.ist.utl.pt/mventura/Projecto-Navios-I/EN/SD-1.4.4-RO-RO%20Ships.pdf>>, alındığı tarih: 25.12.2013.
- Url-19** <http://www.maritimecenter.dk/public/dokumenter/EMUC/Konferencer/2010/Penge%20og%20Paragraffer/poul_RoRo%20Fleet%201003%20-%20Maritime.pdf>, alındığı tarih: 25.12.2013.
- Url-20** <<http://www.serendipity.li>>, alındığı tarih: 26.12.2013.
- Url-21** <http://en.wikipedia.org/wiki/Large,_Medium-Speed_Roll-on/Roll-off>, alındığı tarih: 30.12.2013.
- Url-22** <<http://www.pianc.org/downloads/marcom/tor%20167%20-20final%20-%20e.pdf>>, alındığı tarih: 16.02.2014.
- Url-23** <http://www.shortsea.fr/Brochure_RoRo-freightferry.html>, alındığı tarih: 17.02.2014.
- Url-24** <<http://www.ulsoycesmeport.com>>, alındığı tarih: 07.03.2014.
- Url-25** <http://www.baskent.edu.tr/~matemel/courses/deney_tasarimi.pdf>, alındığı tarih: 28.04.2014

EKLER

- EK A:** Yılda 10.000 adet tır gelişine göre terminal kapasitesinin belirlenmesi.
EK B: Yılda 12.000 adet tır gelişine göre terminal kapasitesinin belirlenmesi.
EK C: Yılda 14.000 adet tır gelişine göre terminal kapasitesinin belirlenmesi.
EK D: Yılda 16.000 adet tır gelişine göre terminal kapasitesinin belirlenmesi.
EK E: Yılda 18.000 adet tır gelişine göre terminal kapasitesinin belirlenmesi.
EK F: Yılda 20.000 adet tır gelişine göre terminal kapasitesinin belirlenmesi.
EK G: Yılda 22.000 adet tır gelişine göre terminal kapasitesinin belirlenmesi.
EK H: Yılda 24.000 adet tır gelişine göre terminal kapasitesinin belirlenmesi.
EK I: Yılda 26.000 adet tır gelişine göre terminal kapasitesinin belirlenmesi.
EK J: Yılda 28.000 adet tır gelişine göre terminal kapasitesinin belirlenmesi.
EK K: Terminaller arası mesafe 80 deniz mili iken terminal kapasite analizi.
EK L: Terminaller arası mesafe 120 deniz mili iken terminal kapasite analizi.
EK M: Terminaller arası mesafe 160 deniz mili iken terminal kapasite analizi.
EK N: Terminaller arası mesafe 210 deniz mili iken terminal kapasite analizi.
EK O: Terminaller arası mesafe 240 deniz mili iken terminal kapasite analizi.
EK P: Terminaller arası mesafe 320 deniz mili iken terminal kapasite analizi.
EK R: Terminaller arası mesafe 400 deniz mili iken terminal kapasite analizi.
EK S: Terminaller arası mesafe 480 deniz mili iken terminal kapasite analizi.
EK T: Terminaller arası mesafe 560 deniz mili iken terminal kapasite analizi.
EK U: Terminaller arası mesafe 640 deniz mili iken terminal kapasite analizi.
EK V: Terminaller arası mesafe 720 deniz mili iken terminal kapasite analizi.
EK Y: Terminaller arası mesafe 800 deniz mili iken terminal kapasite analizi.
EK Z: Terminaller arası mesafe 960 deniz mili iken terminal kapasite analizi.
EK AA: Terminaller arası mesafe 1000 deniz mili iken terminal kapasite analizi.
EK AB: Terminaller arası mesafe 1120 deniz mili iken terminal kapasite analizi.
EK AC: Ro-Ro gemi kapasitesi 80 tır iken terminal kapasite analizi.
EK AD: Ro-Ro gemi kapasitesi 100 tır iken terminal kapasite analizi.
EK AE: Ro-Ro gemi kapasitesi 120 tır iken terminal kapasite analizi.
EK AF: Ro-Ro gemi kapasitesi 140 tır iken terminal kapasite analizi.
EK AG: Ro-Ro gemi kapasitesi 160 tır iken terminal kapasite analizi.
EK AH: Ro-Ro gemi kapasitesi 180 tır iken terminal kapasite analizi.
EK AI: Ro-Ro gemi kapasitesi 200 tır iken terminal kapasite analizi.
EK AJ: Ro-Ro gemi kapasitesi 220 tır iken terminal kapasite analizi.
EK AK: Ro-Ro gemi kapasitesi 240 tır iken terminal kapasite analizi.

EK A

Çizelge A : Yılda 10.000 adet tır gelişine göre terminal kapasitesinin belirlenmesi.

Geliş Sayısı : 10.000 Tır/Yıl

RORO Gemi Kapasitesi : 200 Tır

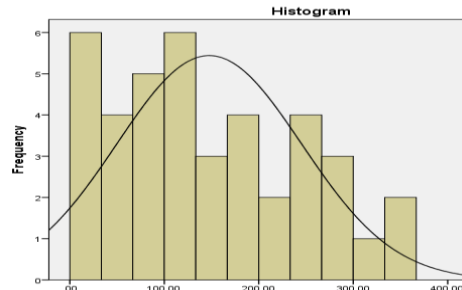
Terminaller Arası Mesafe: 160 NM (Hız = N 17, 2)

Terminallerde Biriken Tır Sayıları

ANA TERMINAL				TRA TERMINAL			
No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum	No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum
D1	14,50	11,841	60	D21	33,35	26,072	128
D2	18,24	13,382	61	D22	84,50	54,971	254
D3	100,28	65,238	274	D23	41,82	29,697	124
D4	22,18	21,064	85	D24	71,89	50,346	217
D5	67,57	46,968	208	D25	23,52	18,099	83
D6	15,40	13,616	62	D26	53,73	41,660	187
D7	94,48	59,667	269	D27	5,20	3,158	13
D8	21,08	17,174	79	D28	42,48	33,725	168
D9	61,24	38,697	156	D29	56,11	37,204	172
D10	38,50	28,573	116	D30	38,55	26,406	115
D11	33,00	26,291	123	D31	23,16	17,716	85
D12	153,20	80,488	344	D32	18,54	13,144	57
D13	11,22	8,587	33	D33	76,05	56,025	252
D14	111,94	62,273	275	D34	6,81	3,523	15
D15	82,42	54,542	248	D35	32,44	26,007	119
D16	29,06	21,786	93	D36	42,12	32,977	142
D17	64,24	46,461	176	D37	42,83	31,826	140
D18	9,49	5,299	20	D38	131,12	72,710	330
D19	2,00	0,000	2	D39	96,84	60,601	264
D20	5,32	3,020	12	D40	152,94	77,064	339

Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayılarının Analizi

Deneme Sayısı	20
Oluşan Maksimum Değer	40
Maks. Değerler Ortalaması	147,50
Maks Değerler St. Sapma	97,77
Güvenilirlik Düzeyi	%95
Güvenilirlik Aralığındaki Alt Değer	116,23
Güvenilirlik Aralığındaki Üst Değer	178,76



EK B

Çizelge B : Yılda adet 12.000 tır gelişine göre terminal kapasitesinin belirlenmesi.

Geliş Sayısı : 12.000 Tır/Yıl

RORO Gemi Kapasitesi : 200 Tır

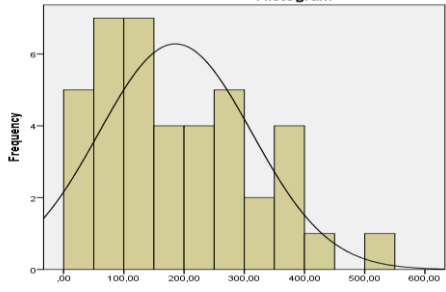
Terminaller Arası Mesafe: 160 NM (Hız = N 17, 2)

Terminallerde Biriken Tır Sayıları

ANA TERMINAL				TRA TERMİNAL			
No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum	No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum
D1	52,06	39,109	163	D21	131,56	82,219	385
D2	119,20	78,364	353	D22	5,62	3,288	14
D3	22,19	14,897	64	D23	54,11	39,158	157
D4	99,53	56,861	235	D24	43,53	30,943	129
D5	45,30	33,298	126	D25	50,92	34,197	147
D6	17,97	13,411	54	D26	152,75	83,229	378
D7	22,91	17,029	68	D27	210,66	100,668	418
D8	206,46	103,337	500	D28	6,61	3,792	17
D9	2,00	0,000	2	D29	163,37	73,865	369
D10	109,44	71,857	338	D30	10,03	6,915	29
D11	163,14	73,548	328	D31	15,33	10,720	39
D12	102,74	61,654	285	D32	20,47	15,853	62
D13	87,72	58,012	255	D33	33,09	24,704	106
D14	95,20	59,702	256	D34	42,29	28,231	120
D15	97,38	56,824	256	D35	45,81	35,096	166
D16	44,92	30,436	121	D36	83,25	52,455	223
D17	23,79	17,897	91	D37	109,35	66,114	266
D18	25,12	21,289	87	D38	44,08	32,721	153
D19	85,21	58,750	222	D39	21,76	19,328	86
D20	44,45	31,606	130	D40	73,55	50,807	226

Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayılarının Analizi

Deneme Sayısı	20
Oluşan Maksimum Değer	40
Maks. Değerler Ortalaması	185,60
Maks Değerler St. Sapma	126,99
Güvenilirlik Düzeyi	%95
Güvenilirlik Aralığındaki Alt Değer	144,98
Güvenilirlik Aralığındaki Üst Değer	226,21



EK C

Çizelge C : Yılda 14.000 adet tır gelişine göre terminal kapasitesinin belirlenmesi.

Geliş Sayısı : 14.000 Tır/Yıl

RORO Gemi Kapasitesi : 200 Tır

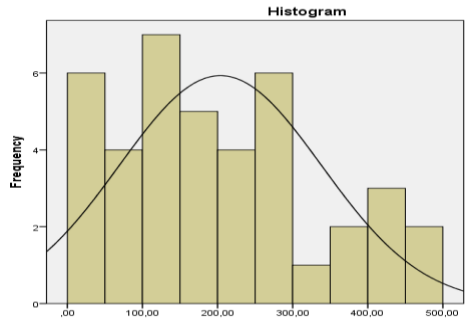
Terminaller Arası Mesafe: 160 NM (Hız = N 17, 2)

Terminallerde Biriken Tır Sayıları

ANA TERMINAL				TRA TERMINAL			
No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum	No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum
D1	34,68	30,367	127	D21	130,81	80,607	332
D2	15,95	10,764	48	D22	92,34	61,594	266
D3	47,10	37,961	155	D23	186,19	119,408	448
D4	213,53	118,776	489	D24	42,58	30,026	126
D5	85,48	59,814	279	D25	41,31	32,182	127
D6	90,28	62,694	270	D26	46,71	30,915	127
D7	63,63	45,237	187	D27	114,91	80,858	358
D8	11,83	7,672	35	D28	113,41	69,935	298
D9	42,94	31,596	163	D29	17,06	13,255	55
D10	34,40	24,883	101	D30	206,38	97,591	441
D11	33,52	28,001	114	D31	48,95	43,328	192
D12	158,95	87,883	383	D32	16,06	12,660	49
D13	12,26	9,568	46	D33	81,50	55,020	223
D14	46,21	39,670	194	D34	71,35	56,213	229
D15	62,62	47,959	213	D35	22,91	16,922	84
D16	13,52	8,786	37	D36	89,31	53,171	239
D17	126,36	106,687	476	D37	26,40	20,028	79
D18	150,80	82,572	426	D38	7,67	5,421	22
D19	90,77	58,721	251	D39	38,86	29,083	115
D20	95,90	59,753	256	D40	25,73	19,472	89

Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayılarının Analizi

Deneme Sayısı	20
Oluşan Maksimum Değer	40
Maks. Değerler Ortalaması	203,72
Maks Değerler St. Sapma	134,51
Güvenilirlik Düzeyi	%95
Güvenilirlik Aralığındaki Alt Değer	160,70
Güvenilirlik Aralığındaki Üst Değer	246,74



EK D

Çizelge D : Yılda 16.000 adet tır gelişine göre terminal kapasitesinin belirlenmesi.

Geliş Sayısı : 16.000 Tır/Yıl

RORO Gemi Kapasitesi : 200 Tır

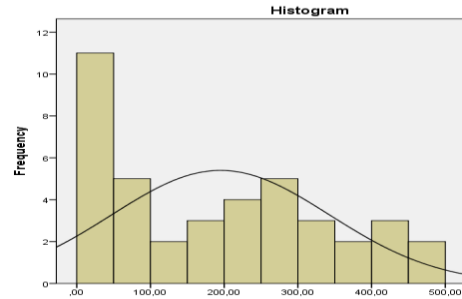
Terminaller Arası Mesafe: 160 NM (Hız = N 17, 2)

Terminallerde Biriken Tır Sayıları

ANA TERMINAL				TRA TERMINAL			
No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum	No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum
D1	84,12	57,609	238	D21	43,18	31,265	125
D2	148,60	74,206	434	D22	11,43	9,616	34
D3	127,81	65,747	318	D23	27,13	20,064	77
D4	12,65	10,410	45	D24	67,02	44,757	192
D5	139,42	72,570	342	D25	4,19	3,106	12
D6	61,93	51,231	266	D26	25,45	20,714	95
D7	24,45	21,504	99	D27	71,15	50,700	238
D8	135,02	91,106	378	D28	67,42	57,001	274
D9	14,28	10,193	47	D29	79,14	53,234	238
D10	65,58	50,698	254	D30	38,84	30,722	126
D11	191,79	94,456	453	D31	6,12	5,239	20
D12	6,63	4,732	17	D32	142,20	102,655	448
D13	65,97	51,013	244	D33	57,74	40,104	184
D14	154,01	93,476	426	D34	14,56	10,015	41
D15	88,94	56,352	257	D35	16,71	10,592	47
D16	14,25	11,683	51	D36	59,80	42,255	196
D17	96,62	65,393	348	D37	8,31	5,845	26
D18	20,34	15,320	54	D38	145,30	72,856	351
D19	14,76	10,823	42	D39	87,88	56,368	252
D20	6,66	4,783	23	D40	179,98	117,534	490

Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayılarının Analizi

Deneme Sayısı	20
Oluşan Maksimum Değer	40
Maks. Değerler Ortalaması	195,05
Maks Değerler St. Sapma	147,86
Güvenilirlik Düzeyi	%95
Güvenilirlik Aralığındaki Alt Değer	147,76
Güvenilirlik Aralığındaki Üst Değer	242,33



EK E

Çizelge E : Yılda 18.000 adet tır gelişine göre terminal kapasitesinin belirlenmesi.

Geliş Sayısı : 18.000 Tır/Yıl

RORO Gemi Kapasitesi : 200 Tır

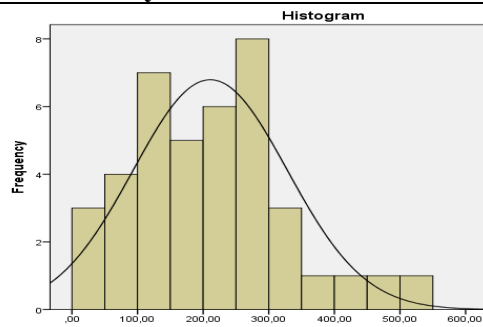
Terminaller Arası Mesafe: 160 NM (Hız = N 17, 2)

Terminallerde Biriken Tır Sayıları

ANA TERMINAL				TRA TERMİNAL			
No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum	No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum
D1	308,65	86,062	496	D21	2,03	,169	3
D2	31,29	26,631	144	D22	93,01	73,564	328
D3	35,90	32,759	141	D23	94,68	59,841	266
D4	87,84	58,678	279	D24	43,03	32,378	146
D5	32,16	27,381	141	D25	93,85	62,672	271
D6	51,08	37,189	176	D26	48,02	38,867	159
D7	32,34	29,868	135	D27	79,28	57,027	263
D8	57,7880	46,51538	207,00	D28	37,77	31,322	174
D9	25,95	20,630	93	D29	87,25	60,605	278
D10	11,85	9,647	36	D30	114,80	72,516	351
D11	58,73	45,270	223	D31	111,11	75,158	297
D12	52,43	41,070	166	D32	77,53	58,366	251
D13	166,01	80,918	407	D33	10,55	7,262	33
D14	29,37	25,634	119	D34	63,63	46,141	222
D15	65,71	44,724	220	D35	20,88	15,520	69
D16	79,54	51,879	233	D36	89,03	60,279	252
D17	93,59	67,531	324	D37	54,91	35,625	160
D18	24,05	20,661	98	D38	96,93	65,335	316
D19	262,68	92,522	535	D39	34,14	25,689	100
D20	91,39	57,226	242	D40	22,05	17,217	77

Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayılarının Analizi

Deneme Sayısı	20
Oluşan Maksimum Değer	40
Maks. Değerler Ortalaması	210,77
Maks Değerler St. Sapma	117,45
Güvenilirlik Düzeyi	%95
Güvenilirlik Aralığındaki Alt Değer	173,21
Güvenilirlik Aralığındaki Üst Değer	248,33



EK F

Çizelge F : Yılda 20.000 adet tır gelişine göre terminal kapasitesinin belirlenmesi.

Geliş Sayısı : 20.000 Tır/Yıl

RORO Gemi Kapasitesi : 200 Tır

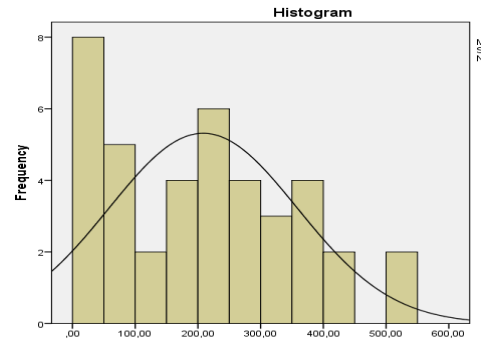
Terminaller Arası Mesafe: 160 NM (Hız = N 17, 2)

Terminallerde Biriken Tır Sayıları

ANA TERMINAL				TRA TERMİNAL			
No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum	No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum
D1	71,72	47,913	214	D21	86,18	52,156	218
D2	191,28	95,116	429	D22	47,27	38,444	162
D3	12,37	9,487	37	D23	154,85	78,434	399
D4	6,87	5,860	23	D24	271,82	95,167	508
D5	35,73	26,612	110	D25	135,64	82,433	381
D6	103,71	59,905	296	D26	8,70	6,727	29
D7	22,26	16,488	95	D27	100,57	66,289	284
D8	9,84	7,646	32	D28	122,07	68,575	302
D9	22,38	15,001	70	D29	50,85	43,368	221
D10	97,56	71,311	344	D30	17,95	15,612	78
D11	3,39	2,350	11	D31	107,77	61,182	294
D12	117,98	69,862	383	D32	65,94	44,682	177
D13	3,88	3,385	16	D33	179,32	81,232	390
D14	90,92	62,108	286	D34	32,42	24,107	105
D15	54,85	44,242	205	D35	70,39	51,324	231
D16	2,06	,245	3	D36	119,20	60,525	306
D17	16,68	12,927	56	D37	167,30	95,385	431
D18	25,36	18,712	86	D38	45,80	36,806	174
D19	6,02	5,747	24	D39	248,59	78,473	527
D20	43,44	36,353	151	D40	64,46	50,405	247

Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayılarının Analizi

Deneme Sayısı	20
Oluşan Maksimum Değer	40
Maks. Değerler Ortalaması	208,37
Maks Değerler St. Sapma	150,14
Güvenilirlik Düzeyi	% 95
Güvenilirlik Aralığındaki Alt Değer	160,35
Güvenilirlik Aralığındaki Üst Değer	256,39



EK G

Çizelge G : Yılda 22.000 adet tır gelişine göre terminal kapasitesinin belirlenmesi.

Geliş Sayısı : 22.000 Tır/Yıl

RORO Gemi Kapasitesi : 200 Tır

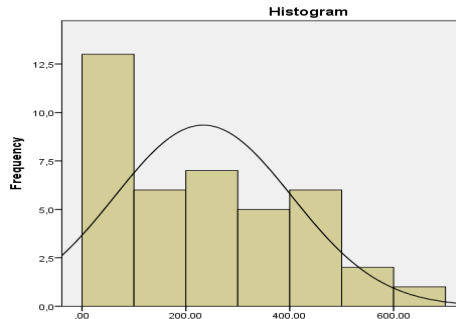
Terminaller Arası Mesafe: 160 NM (Hız = N 17, 2)

Terminallerde Biriken Tır Sayıları

ANA TERMINAL				TRA TERMINAL			
No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum	No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum
D1	37,55	29,920	118	D21	194,35	98,342	428
D2	29,55	23,123	98	D22	185,81	97,309	475
D3	88,15	57,923	263	D23	41,31	32,010	150
D4	79,14	62,077	289	D24	61,47	50,031	201
D5	6,54	5,975	27	D25	100,91	62,114	307
D6	27,34	21,894	93	D26	175,79	85,782	403
D7	159,06	74,754	365	D27	3,49	3,223	15
D8	120,87	63,250	299	D28	23,03	20,799	95
D9	18,81	16,151	63	D29	268,25	121,621	529
D10	194,46	121,340	511	D30	22,07	20,456	95
D11	212,56	87,418	457	D31	7,06	6,504	31
D12	150,24	86,666	401	D32	10,19	8,674	36
D13	23,98	19,358	84	D33	85,59	56,748	271
D14	36,62	26,434	118	D34	187,74	93,953	428
D15	32,34	25,586	124	D35	76,96	55,601	267
D16	133,99	72,888	342	D36	22,26	16,118	64
D17	15,06	13,295	58	D37	329,70	156,271	678
D18	17,63	13,254	52	D38	130,27	68,440	355
D19	60,93	43,622	224	D39	27,21	23,156	119
D20	99,74	60,516	309	D40	26,58	25,926	100

Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayılarının Analizi

Deneme Sayısı	20
Oluşan Maksimum Değer	40
Maks. Değerler Ortalaması	233,55
Maks Değerler St. Sapma	170,73
Güvenilirlik Düzeyi	%95
Güvenilirlik Aralığındaki Alt Değer	178,94
Güvenilirlik Aralığındaki Üst Değer	288,15



EK H

Çizelge H : Yılda 24.000 adet tır gelişine göre terminal kapasitesinin belirlenmesi.

Geliş Sayısı : 24.000 Tır/Yıl

RORO Gemi Kapasitesi : 200 Tır

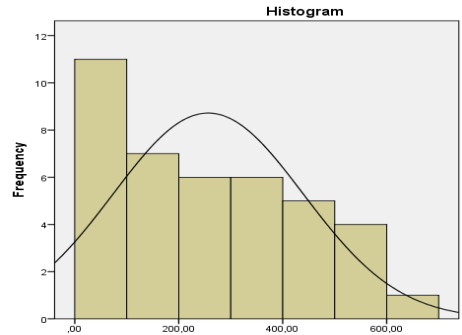
Terminaller Arası Mesafe: 160 NM (Hız = N 17, 2)

Terminallerde Biriken Tır Sayıları

ANA TERMINAL				TRA TERMİNAL			
No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum	No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum
D1	191,51	112,021	502	D21	9,69	8,686	42
D2	31,53	26,929	121	D22	152,73	92,422	448
D3	187,08	74,988	395	D23	3,92	3,548	18
D4	86,17	58,754	237	D24	147,16	94,783	409
D5	109,30	62,504	299	D25	17,16	13,482	57
D6	8,13	7,678	28	D26	283,63	134,062	588
D7	173,87	103,989	458	D27	67,98	50,054	210
D8	117,69	70,962	349	D28	27,69	22,655	93
D9	7,34	5,949	25	D29	256,63	97,944	493
D10	276,34	101,785	579	D30	8,13	6,550	26
D11	50,69	41,726	171	D31	83,02	60,320	284
D12	193,62	96,953	447	D32	26,51	19,453	73
D13	39,60	38,985	164	D33	127,87	70,155	349
D14	73,22	55,411	259	D34	44,95	36,062	162
D15	94,15	64,059	346	D35	8,79	8,585	37
D16	121,12	72,728	350	D36	18,81	14,554	66
D17	4,70	5,361	24	D37	194,81	96,255	501
D18	28,70	23,711	110	D38	145,50	72,689	347
D19	67,69	52,141	244	D39	41,84	33,085	182
D20	37,25	31,970	153	D40	339,75	144,623	619

Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayılarının Analizi

Deneme Sayısı	20
Oluşan Maksimum Değer	40
Maks. Değerler Ortalaması	256,62
Maks Değerler St. Sapma	182,99
Güvenilirlik Düzeyi	%95
Güvenilirlik Aralığındaki Alt Değer	198,09
Güvenilirlik Aralığındaki Üst Değer	315,15



EK I

Çizelge I : Yılda 26.000 adet tır gelişine göre terminal kapasitesinin belirlenmesi.

Geliş Sayısı : 26.000 Tır/Yıl

RORO Gemi Kapasitesi : 200 Tır

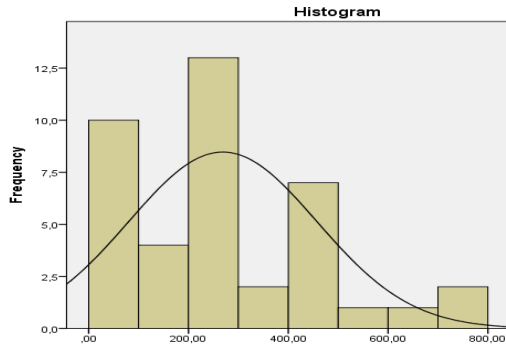
Terminaller Arası Mesafe: 160 NM (Hız = N 17, 2)

Terminallerde Biriken Tır Sayıları

ANA TERMINAL				TRA TERMINAL			
No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum	No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum
D1	168,05	92,734	464	D21	23,98	18,068	75
D2	75,25	56,858	268	D22	64,08	49,423	230
D3	78,78	62,238	268	D23	71,01	50,041	232
D4	171,18	88,903	410	D24	10,87	8,954	39
D5	29,03	21,688	97	D25	147,66	95,166	434
D6	52,89	44,412	205	D26	74,29	49,467	222
D7	7,68	6,509	28	D27	157,06	78,598	437
D8	27,48	22,921	91	D28	189,34	127,349	526
D9	71,95	53,043	275	D29	56,65	48,407	234
D10	100,92	61,466	307	D30	60,97	50,604	202
D11	119,20	64,689	314	D31	94,20	63,047	291
D12	374,65	180,113	769	D32	7,66	6,658	32
D13	43,04	31,421	137	D33	110,02	60,763	295
D14	42,64	34,792	136	D34	233,76	96,003	477
D15	83,15	59,593	259	D35	67,83	47,698	223
D16	7,11	8,561	39	D36	213,55	80,810	438
D17	42,24	31,969	182	D37	49,78	37,473	168
D18	283,22	145,703	613	D38	8,19	8,667	36
D19	10,80	10,004	43	D39	417,74	141,596	705
D20	22,17	16,554	80	D40	177,18	119,855	469

Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayılarının Analizi

Deneme Sayısı	20
Oluşan Maksimum Değer	40
Maks. Değerler Ortalaması	268,75
Maks Değerler St. Sapma	188,40
Güvenilirlik Düzeyi	%95
Güvenilirlik Aralığındaki Alt Değer	208,49
Güvenilirlik Aralığındaki Üst Değer	329



EK J

Çizelge J : Yılda 28.000 adet tır gelişine göre terminal kapasitesinin belirlenmesi.

Geliş Sayısı : 28.000 Tır/Yıl

RORO Gemi Kapasitesi : 200 Tır

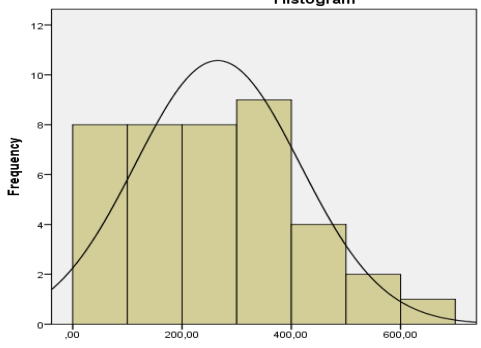
Terminaller Arası Mesafe: 160 NM (Hız = N 17, 2)

Terminallerde Biriken Tır Sayıları

ANA TERMINAL				TRA TERMİNAL			
No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum	No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum
D1	183,09	93,807	444	D21	77,66	56,935	243
D2	261,02	180,155	667	D22	43,09	36,318	161
D3	24,66	20,809	90	D23	109,62	64,267	321
D4	174,37	87,246	419	D24	24,91	19,173	92
D5	93,59	69,035	283	D25	66,25	53,706	274
D6	45,0941	35,40431	162,00	D26	114,79	78,581	388
D7	37,28	37,810	172	D27	184,41	108,022	479
D8	103,25	75,802	332	D28	46,24	33,933	176
D9	15,4824	14,21913	62,00	D29	214,70	101,672	466
D10	18,55	16,802	76	D30	136,57	80,794	349
D11	99,05	77,319	343	D31	41,12	32,459	172
D12	260,29	109,345	560	D32	28,69	32,344	121
D13	38,79	30,357	187	D33	96,53	77,282	317
D14	13,30	12,639	64	D34	116,56	67,887	359
D15	111,32	78,845	344	D35	19,52	15,787	74
D16	86,58	54,660	268	D36	62,24	53,436	222
D17	64,22	50,216	256	D37	46,26	34,317	183
D18	22,11	17,770	81	D38	131,35	82,201	374
D19	21,2349	17,92855	76,00	D39	69,39	45,439	205
D20	206,38	114,684	512	D40	98,53	62,442	237

Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayılarının Analizi

Deneme Sayısı	20
Oluşan Maksimum Değer	40
Maks. Değerler Ortalaması	265,27
Maks Değerler St. Sapma	150,93
Güvenilirlik Düzeyi	%95
Güvenilirlik Aralığındaki Alt Değer	217
Güvenilirlik Aralığındaki Üst Değer	313,54



EK K

Çizelge K : Terminaller arası mesafe 80 deniz mili iken terminal kapasite analizi.

Terminaller Arası Mesafe: 80 NM (Hız = N 17, 2)

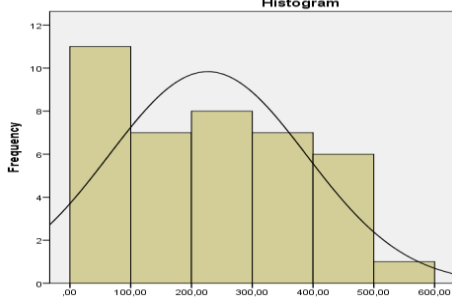
RORO Gemi Kapasitesi : 200 Tır

Geliş Sayısı : 20.000 Tır/Yıl

Terminallerde Biriken Tır Sayıları

ANA TERMINAL				TRA TERMINAL			
No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum	No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum
D1	2,05	,223	3	D21	94,15	55,875	256
D2	62,34	47,677	248	D22	56,94	43,909	180
D3	54,56	39,484	206	D23	107,69	72,586	294
D4	112,71	74,641	337	D24	17,93	16,799	75
D5	10,05	8,234	29	D25	209,38	90,589	456
D6	8,46	7,198	29	D26	159,25	87,202	422
D7	4,00	2,567	10	D27	210,47	87,318	451
D8	182,37	82,880	394	D28	145,93	70,156	312
D9	80,63	53,750	266	D29	44,24	33,434	149
D10	106,45	60,760	309	D30	2,06	,240	3
D11	65,64	46,405	203	D31	53,49	40,953	197
D12	2,05	,229	3	D32	147,42	90,982	436
D13	148,28	84,622	346	D33	67,83	47,347	195
D14	88,81	57,035	256	D34	22,23	16,746	82
D15	32,21	28,962	131	D35	116,94	66,800	272
D16	102,46	69,414	344	D36	114,54	72,494	309
D17	179,36	83,589	433	D37	2,45	1,084	7
D18	50,99	37,773	175	D38	36,90	33,811	144
D19	300,33	102,672	599	D39	3,89	3,162	14
D20	2,19	,590	5	D40	251,20	98,270	491

Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayılarının Analizi

Deneme Sayısı	20	
Oluşan Maksimum Değer	40	
Maks. Değerler Ortalaması	226,77	
Maks Değerler St. Sapma	162,25	
Güvenilirlik Düzeyi	%95	
Güvenilirlik Aralığındaki Alt Değer	174,88	
Güvenilirlik Aralığındaki Üst Değer	278,66	

EK L

Çizelge L : Terminaller arası mesafe 120 deniz mili iken terminal kapasite analizi.

Terminaller Arası Mesafe: 120 NM (Hız = N 17, 2)

RORO Gemi Kapasitesi : 200 Tır

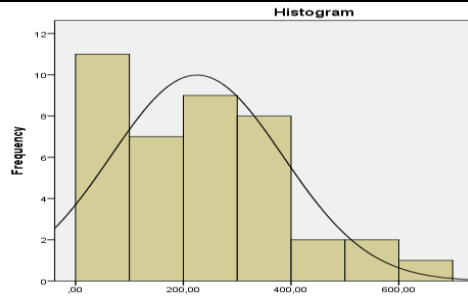
Geliş Sayısı : 20.000 Tır/Yıl

Terminallerde Biriken Tır Sayıları

ANA TERMINAL				TRA TERMİNAL			
No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum	No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum
D1	56,60	44,281	211	D21	93,81	70,266	296
D2	405,17	103,291	685	D22	8,15	8,088	33
D3	14,05	11,378	46	D23	101,83	60,701	269
D4	108,15	65,358	287	D24	61,88	42,646	161
D5	37,65	34,447	152	D25	106,66	65,529	302
D6	72,00	49,197	229	D26	90,98	54,864	235
D7	8,59	6,247	23	D27	272,38	87,384	512
D8	25,82	22,928	103	D28	104,07	73,043	334
D9	70,70	57,210	250	D29	39,51	32,263	163
D10	53,66	43,970	216	D30	38,11	29,472	133
D11	107,67	66,950	315	D31	3,73	2,633	13
D12	149,51	77,680	389	D32	12,82	10,138	38
D13	20,99	16,125	65	D33	97,15	57,882	265
D14	21,55	16,612	75	D34	206,13	124,298	505
D15	2,61	1,430	8	D35	182,74	81,172	457
D16	20,26	14,568	68	D36	90,89	67,640	330
D17	11,99	10,200	35	D37	189,91	99,116	457
D18	44,22	36,743	162	D38	51,02	36,092	162
D19	17,41	13,714	75	D39	99,19	75,681	346
D20	126,10	68,537	300	D40	120,85	65,255	302

Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayılarının Analizi

Deneme Sayısı	20
Oluşan Maksimum Değer	40
Maks. Değerler Ortalaması	225,17
Maks Değerler St. Sapma	159,81
Güvenilirlik Düzeyi	%95
Güvenilirlik Aralığındaki Alt Değer	174,06
Güvenilirlik Aralığındaki Üst Değer	276,28



EK M

Çizelge M : Terminaller arası mesafe 160 deniz mili iken terminal kapasite analizi.

Terminaller Arası Mesafe: 160 NM (Hız = N 17, 2)

RORO Gemi Kapasitesi : 200 Tır

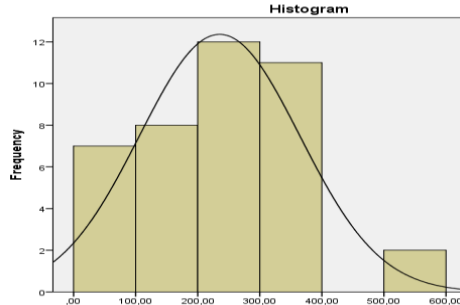
Geliş Sayısı : 20.000 Tır/Yıl

Terminallerde Biriken Tır Sayıları

ANA TERMINAL				TRA TERMINAL			
No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum	No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum
D1	73,35	50,786	245	D21	53,74	49,972	212
D2	39,49	61,843	292	D22	117,01	91,883	381
D3	111,32	92,989	376	D23	75,00	53,133	225
D4	25,54	50,440	244	D24	33,78	28,161	161
D5	,93	3,578	64	D25	111,75	70,236	357
D6	16,67	32,741	172	D26	39,93	36,770	184
D7	65,98	69,579	292	D27	36,04	29,874	136
D8	181,35	110,259	511	D28	9,89	7,568	30
D9	55,49	66,385	264	D29	22,21	16,605	76
D10	55,47	82,967	353	D30	77,89	53,340	227
D11	11,54	31,911	218	D31	54,63	42,178	189
D12	3,67	13,655	141	D32	101,31	73,413	323
D13	22,67	43,593	212	D33	66,89	49,587	213
D14	5,95	18,637	149	D34	104,09	76,226	306
D15	22,01	43,865	219	D35	288,31	131,302	581
D16	,51	,564	15	D36	122,39	62,898	309
D17	8,29	22,674	155	D37	117,12	88,107	353
D18	,58	1,288	36	D38	160,91	74,419	367
D19	97,96	70,747	321	D39	21,60	17,583	65
D20	,62	1,757	50	D40	144,70	78,241	387

Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayılarının Analizi

Deneme Sayısı	20
Oluşan Maksimum Değer	40
Maks. Değerler Ortalaması	235,27
Maks Değerler St. Sapma	129,10
Güvenilirlik Düzeyi	%95
Güvenilirlik Aralığındaki Alt Değer	193,98
Güvenilirlik Aralığındaki Üst Değer	276,56



EK N

Çizelge N : Terminaller arası mesafe 210 deniz mili iken terminal kapasite analizi.

Terminaller Arası Mesafe: 210 NM (Hız = N 17, 2)

RORO Gemi Kapasitesi : 200 Tır

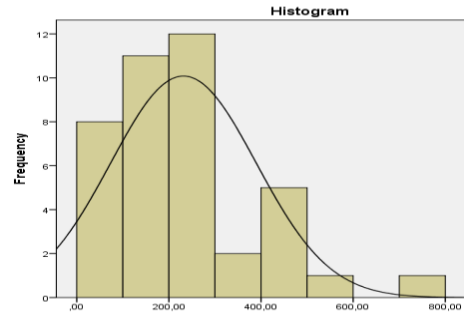
Geliş Sayısı : 20.000 Tır/Yıl

Terminallerde Biriken Tır Sayıları

ANA TERMINAL				TRA TERMINAL			
No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum	No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum
D1	67,99	46,367	197	D21	233,30	86,402	429
D2	52,86	39,277	196	D22	31,24	25,002	129
D3	35,43	30,616	152	D23	74,26	54,673	253
D4	9,11	8,591	33	D24	227,62	96,287	496
D5	178,55	76,079	406	D25	8,83	8,022	32
D6	91,49	58,258	259	D26	86,32	53,612	249
D7	6,90	5,416	26	D27	368,41	157,412	720
D8	35,38	27,349	121	D28	60,65	49,588	241
D9	102,97	71,379	307	D29	43,99	41,527	194
D10	85,49	62,987	291	D30	68,22	51,908	247
D11	202,96	74,526	403	D31	6,29	4,363	20
D12	12,35	10,401	44	D32	239,28	132,221	574
D13	23,55	21,016	99	D33	62,23	44,213	225
D14	122,43	60,391	290	D34	13,70	14,753	47
D15	58,26	47,230	245	D35	31,58	26,449	135
D16	33,09	26,914	120	D36	94,98	62,579	316
D17	88,27	63,052	289	D37	51,63	41,254	188
D18	35,81	25,782	122	D38	74,98	53,135	267
D19	40,43	35,013	167	D39	69,08	52,040	252
D20	4,61	3,717	17	D40	185,84	102,396	464

Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayılarının Analizi

Deneme Sayısı	20
Oluşan Maksimum Değer	40
Maks. Değerler Ortalaması	231,55
Maks Değerler St. Sapma	158,30
Güvenilirlik Düzeyi	%95
Güvenilirlik Aralığındaki Alt Değer	180,92
Güvenilirlik Aralığındaki Üst Değer	282,17



EK O

Çizelge O : Terminaller arası mesafe 240 deniz mili iken terminal kapasite analizi.

Terminaller Arası Mesafe: 240 NM (Hız = N 17, 2)

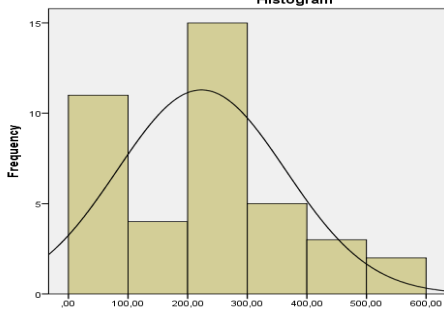
RORO Gemi Kapasitesi : 200 Tır

Geliş Sayısı : 20.000 Tır/Yıl

Terminallerde Biriken Tır Sayıları

ANA TERMINAL				TRA TERMINAL			
No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum	No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum
D1	65,46	49,645	218	D21	46,96	36,660	177
D2	28,97	22,500	97	D22	107,49	63,324	293
D3	15,78	12,933	56	D23	96,15	65,137	299
D4	59,05	47,921	222	D24	41,78	29,516	151
D5	4,09	3,519	16	D25	126,53	61,832	307
D6	111,41	67,689	321	D26	39,61	30,799	139
D7	28,31	22,315	95	D27	95,56	61,880	294
D8	65,78	49,825	226	D28	56,27	44,507	249
D9	200,16	82,253	424	D29	7,99	7,301	35
D10	47,93	39,288	216	D30	80,96	63,390	270
D11	21,03	16,663	66	D31	261,75	115,658	543
D12	6,39	4,740	20	D32	166,53	90,900	409
D13	31,61	23,738	121	D33	63,00	48,449	244
D14	126,32	73,484	308	D34	63,45	47,250	204
D15	109,09	68,947	278	D35	152,25	88,212	370
D16	192,66	85,228	461	D36	5,54	5,096	19
D17	120,56	74,707	305	D37	69,12	53,549	209
D18	244,58	150,134	572	D38	24,15	19,771	79
D19	10,69	8,547	34	D39	101,73	60,093	268
D20	74,54	49,331	223	D40	21,99	16,824	86

Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayılarının Analizi

Deneme Sayısı	20	
Oluşan Maksimum Değer	40	
Maks. Değerler Ortalaması	223,10	
Maks Değerler St. Sapma	141,29	
Güvenilirlik Düzeyi	%95	
Güvenilirlik Aralığındaki Alt Değer	177,91	
Güvenilirlik Aralığındaki Üst Değer	268,28	

EK P

Çizelge P : Terminaller arası mesafe 320 deniz mili iken terminal kapasite analizi.

Terminaller Arası Mesafe: 320 NM (Hız = N 17, 2)

RORO Gemi Kapasitesi : 200 Tır

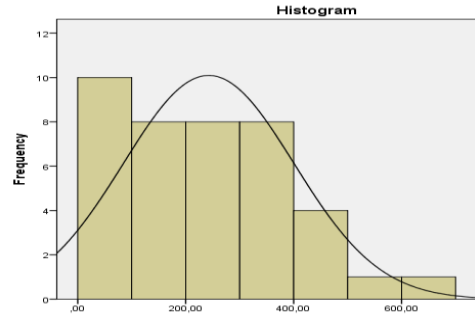
Geliş Sayısı : 20.000 Tır/Yıl

Terminallerde Biriken Tır Sayıları

ANA TERMINAL				TRA TERMINAL			
No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum	No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum
D1	167,60	95,463	443	D21	14,05	13,643	65
D2	131,44	78,815	389	D22	8,92	6,405	27
D3	73,73	55,184	275	D23	43,36	37,434	174
D4	50,96	38,531	194	D24	79,64	57,751	278
D5	94,37	59,710	293	D25	37,69	25,923	115
D6	75,57	47,134	201	D26	141,41	87,298	389
D7	112,59	74,893	342	D27	22,02	17,301	81
D8	22,48	16,965	65	D28	279,80	163,726	641
D9	10,31	9,074	39	D29	163,57	85,709	444
D10	77,56	52,239	248	D30	60,76	41,815	180
D11	14,48	13,479	58	D31	157,55	77,048	419
D12	12,12	10,247	44	D32	292,28	91,483	526
D13	211,71	98,015	492	D33	37,45	29,047	120
D14	10,58	9,408	39	D34	160,46	76,527	374
D15	159,42	74,057	376	D35	49,51	36,505	156
D16	59,22	42,351	205	D36	32,41	25,690	140
D17	109,14	74,935	348	D37	19,64	16,496	74
D18	108,64	76,243	335	D38	49,68	32,504	176
D19	82,64	58,116	261	D39	75,61	60,520	261
D20	153,04	82,459	378	D40	11,61	9,698	38

Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayılarının Analizi

Deneme Sayısı	20
Oluşan Maksimum Değer	40
Maks. Değerler Ortalaması	242,57
Maks Değerler St. Sapma	158,09
Güvenilirlik Düzeyi	%95
Güvenilirlik Aralığındaki Alt Değer	192,01
Güvenilirlik Aralığındaki Üst Değer	293,13



EK R

Çizelge R : Terminaller arası mesafe 400 deniz mili iken terminal kapasite analizi.

Terminaller Arası Mesafe: 400 NM (Hız = N 17, 2)

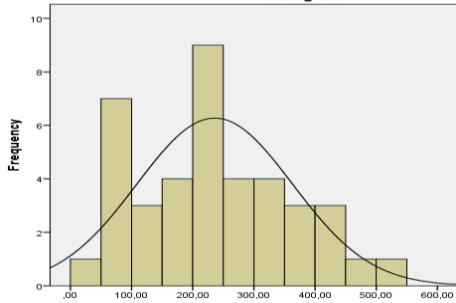
RORO Gemi Kapasitesi : 200 Tır

Geliş Sayısı : 20.000 Tır/Yıl

Terminallerde Biriken Tır Sayıları

ANA TERMINAL				TRA TERMINAL			
No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum	No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum
D1	110,91	76,676	322	D21	66,78	46,622	221
D2	156,69	112,010	442	D22	37,73	28,492	137
D3	36,70	24,782	108	D23	108,67	63,868	290
D4	52,14	42,361	203	D24	84,61	52,923	240
D5	121,06	75,312	342	D25	46,29	31,774	168
D6	88,90	59,708	259	D26	48,63	34,327	157
D7	58,20	43,627	221	D27	86,36	74,285	349
D8	28,13	20,659	94	D28	107,02	63,227	279
D9	10,98	8,897	39	D29	157,78	75,321	378
D10	75,58	69,485	295	D30	48,44	33,416	194
D11	163,99	74,746	363	D31	21,49	16,550	79
D12	173,81	79,802	427	D32	13,66	12,398	61
D13	56,02	41,232	206	D33	47,47	34,413	182
D14	22,65	15,498	67	D34	117,84	64,562	307
D15	68,62	45,295	204	D35	59,30	46,296	217
D16	31,63	22,905	92	D36	200,25	88,870	439
D17	135,97	83,995	370	D37	30,23	22,448	95
D18	28,11	23,264	103	D38	182,06	105,351	472
D19	16,64	16,055	64	D39	208,93	111,101	517
D20	64,15	51,765	215	D40	68,65	44,263	217

Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayılarının Analizi

Deneme Sayısı	20	
Oluşan Maksimum Değer	40	
Maks. Değerler Ortalaması	235,87	
Maks Değerler St. Sapma	127,23	
Güvenilirlik Düzeyi	%95	
Güvenilirlik Aralığındaki Alt Değer	195,18	
Güvenilirlik Aralığındaki Üst Değer	276,56	

EK S

Çizelge S : Terminaller arası mesafe 480 deniz mili iken terminal kapasite analizi.

Terminaller Arası Mesafe: 480 NM (Hız = N 17, 2)

RORO Gemi Kapasitesi : 200 Tır

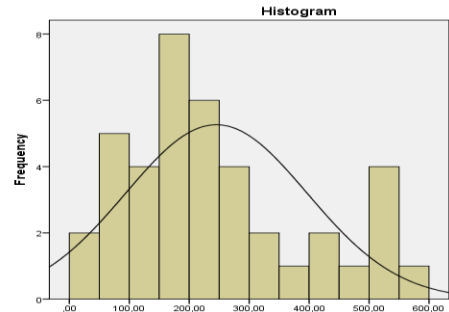
Geliş Sayısı : 20.000 Tır/Yıl

Terminallerde Biriken Tır Sayıları

ANA TERMINAL				TRA TERMİNAL			
No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum	No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum
D1	52,02	34,934	167	D21	44,97	33,614	168
D2	187,57	101,510	436	D22	11,40	9,071	39
D3	68,30	50,386	239	D23	47,60	34,016	151
D4	98,17	59,427	282	D24	29,00	25,670	133
D5	23,50	23,381	111	D25	165,96	80,846	369
D6	17,12	13,551	67	D26	266,79	110,011	550
D7	54,88	38,681	189	D27	89,18	71,684	345
D8	60,82	50,374	263	D28	60,47	43,631	218
D9	32,61	28,804	126	D29	107,02	59,883	283
D10	138,02	82,922	348	D30	64,10	42,131	191
D11	270,03	124,310	535	D31	10,67	9,621	51
D12	241,00	96,463	480	D32	19,68	15,680	75
D13	120,15	77,705	423	D33	29,50	21,526	97
D14	188,81	116,587	507	D34	32,58	27,009	126
D15	221,48	122,364	530	D35	19,81	16,633	76
D16	61,09	44,009	228	D36	50,10	35,208	190
D17	53,21	36,108	169	D37	87,58	65,666	298
D18	73,74	51,081	228	D38	62,65	42,298	209
D19	63,83	42,870	215	D39	40,42	29,988	157
D20	261,36	101,244	501	D40	12,79	10,022	42

Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayılarının Analizi

Deneme Sayısı	20
Oluşan Maksimum Değer	40
Maks. Değerler Ortalaması	245,30
Maks Değerler St. Sapma	151,57
Güvenilirlik Düzeyi	%95
Güvenilirlik Aralığındaki Alt Değer	196,82
Güvenilirlik Aralığındaki Üst Değer	293,77



EK T

Çizelge T : Terminaller arası mesafe 560 deniz mili iken terminal kapasite analizi.

Terminaller Arası Mesafe: 560 NM (Hız = N 17, 2)

RORO Gemi Kapasitesi : 200 Tır

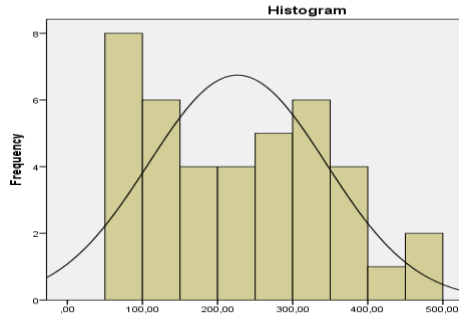
Geliş Sayısı : 20.000 Tır/Yıl

Terminallerde Biriken Tır Sayıları

ANA TERMINAL				TRA TERMINAL			
No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum	No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum
D1	140,12	83,623	381	D21	28,86	22,194	118
D2	51,79	39,072	203	D22	73,81	51,102	264
D3	52,16	38,078	169	D23	112,76	69,274	303
D4	19,12	16,547	90	D24	206,65	81,164	457
D5	127,73	81,322	378	D25	19,07	14,256	73
D6	225,24	102,900	496	D26	16,15	12,391	60
D7	123,67	72,015	319	D27	23,25	17,260	84
D8	44,51	30,288	140	D28	80,00	54,453	250
D9	70,32	44,619	207	D29	37,52	29,186	154
D10	28,54	21,146	92	D30	99,93	61,066	283
D11	44,56	33,886	160	D31	77,90	49,806	234
D12	79,18	56,530	257	D32	46,11	33,891	165
D13	118,40	62,374	286	D33	20,25	17,362	91
D14	96,43	66,343	316	D34	57,95	41,942	213
D15	40,85	28,561	128	D35	104,19	66,284	314
D16	145,89	94,504	422	D36	35,12	28,557	135
D17	24,38	20,436	99	D37	127,20	65,212	335
D18	123,48	73,792	356	D38	32,85	25,206	115
D19	29,46	21,675	99	D39	102,62	65,053	339
D20	146,02	77,434	351	D40	50,74	37,100	118

Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayılarının Analizi

Deneme Sayısı	20
Oluşan Maksimum Değer	40
Maks. Değerler Ortalaması	226,35
Maks Değerler St. Sapma	118,30
Güvenilirlik Düzeyi	%95
Güvenilirlik Aralığındaki Alt Değer	188,51
Güvenilirlik Aralığındaki Üst Değer	264,18



EK U

Çizelge U : Terminaller arası mesafe 640 deniz mili iken terminal kapasite analizi.

Terminaller Arası Mesafe: 640 NM (Hız = N 17, 2)

RORO Gemi Kapasitesi : 200 Tır

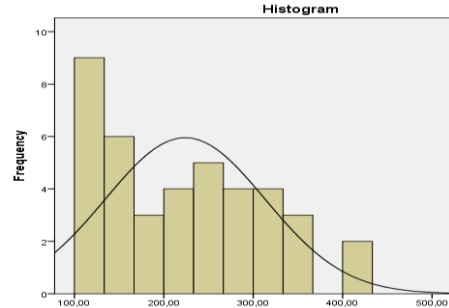
Geliş Sayısı : 20.000 Tır/Yıl

Terminallerde Biriken Tır Sayıları

ANA TERMINAL				TRA TERMINAL			
No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum	No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum
D1	54,04	35,346	154	D21	63,66	44,586	201
D2	34,00	26,568	124	D22	141,79	72,923	333
D3	34,25	25,153	125	D23	86,18	52,795	260
D4	37,96	33,270	163	D24	129,94	74,910	333
D5	43,15	31,469	160	D25	89,23	62,052	297
D6	28,20	20,443	103	D26	114,63	66,407	338
D7	44,56	34,508	161	D27	148,43	100,424	422
D8	34,54	23,967	119	D28	88,54	52,889	269
D9	83,64	59,816	307	D29	54,63	38,856	178
D10	27,22	22,568	124	D30	117,79	66,025	359
D11	74,73	48,138	240	D31	50,28	37,661	184
D12	151,72	68,547	338	D32	28,65	22,767	113
D13	66,80	44,290	233	D33	51,88	36,059	168
D14	34,81	25,111	126	D34	87,13	53,416	284
D15	90,12	55,181	258	D35	44,75	35,887	161
D16	58,85	36,963	165	D36	56,98	42,028	218
D17	86,19	68,187	311	D37	71,59	48,372	224
D18	193,10	87,749	419	D38	25,15	19,940	102
D19	73,43	66,611	270	D39	94,25	54,507	239
D20	32,60	23,473	119	D40	87,05	51,383	252

Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayılarının Analizi

Deneme Sayısı	20
Oluşan Maksimum Değer	40
Maks. Değerler Ortalaması	223,85
Maks Değerler St. Sapma	89,35
Güvenilirlik Düzeyi	%95
Güvenilirlik Aralığındaki Alt Değer	195,27
Güvenilirlik Aralığındaki Üst Değer	252,42



EK V

Çizelge V : Terminaller arası mesafe 720 deniz mili iken terminal kapasite analizi.

Terminaller Arası Mesafe: 720 NM (Hız = N 17, 2)

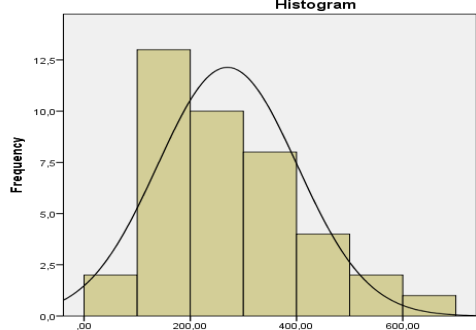
RORO Gemi Kapasitesi : 200 Tır

Geliş Sayısı : 20.000 Tır/Yıl

Terminallerde Biriken Tır Sayıları

ANA TERMINAL				TRA TERMINAL			
No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum	No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum
D1	26,01	18,928	114	D21	252,93	109,753	520
D2	99,50	67,847	305	D22	48,98	34,509	168
D3	54,00	34,416	172	D23	67,95	43,604	228
D4	59,90	39,922	188	D24	65,63	43,270	205
D5	315,97	86,268	516	D25	23,07	15,695	84
D6	41,94	33,449	169	D26	176,84	76,961	376
D7	47,94	41,236	198	D27	296,30	148,668	634
D8	27,22	19,350	95	D28	144,23	84,857	383
D9	30,89	25,575	148	D29	216,74	88,533	437
D10	119,83	79,849	336	D30	86,10	60,384	255
D11	115,86	73,579	376	D31	46,88	36,296	184
D12	39,52	30,012	163	D32	99,08	60,257	284
D13	134,92	59,020	298	D33	25,76	18,028	102
D14	36,55	25,178	136	D34	98,92	57,431	275
D15	211,46	94,451	436	D35	44,38	36,967	168
D16	117,04	72,330	309	D36	62,92	47,309	205
D17	31,72	23,891	132	D37	186,70	88,120	456
D18	111,95	72,465	314	D38	65,95	50,817	254
D19	160,92	105,226	428	D39	51,96	41,659	204
D20	119,19	66,270	305	D40	64,32	53,361	236

Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayılarının Analizi

Deneme Sayısı	20	
Oluşan Maksimum Değer	40	
Maks. Değerler Ortalaması	269,90	
Maks Değerler St. Sapma	131,48	
Güvenilirlik Düzeyi	%95	
Güvenilirlik Aralığındaki Alt Değer	227,84	
Güvenilirlik Aralığındaki Üst Değer	311,95	

EK Y

Çizelge Y : Terminaller arası mesafe 800 deniz mili iken terminal kapasite analizi.

Terminaller Arası Mesafe: 800 NM (Hız = N 17, 2)

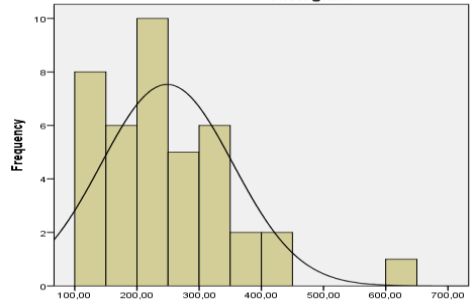
RORO Gemi Kapasitesi : 200 Tır

Geliş Sayısı : 20.000 Tır/Yıl

Terminallerde Biriken Tır Sayıları

ANA TERMINAL				TRA TERMINAL			
No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum	No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum
D1	37,70	24,196	115	D21	116,91	62,628	317
D2	108,05	68,451	297	D22	70,24	48,630	216
D3	37,40	24,415	119	D23	292,07	156,484	635
D4	37,70	24,726	131	D24	196,70	102,491	421
D5	118,39	65,409	342	D25	39,56	27,118	149
D6	37,10	25,196	130	D26	144,17	72,216	345
D7	97,30	57,889	263	D27	57,74	42,734	217
D8	111,47	65,600	299	D28	58,42	41,870	204
D9	36,04	23,583	129	D29	212,28	87,187	418
D10	40,23	29,238	164	D30	177,16	68,826	362
D11	62,82	43,683	245	D31	83,33	52,405	247
D12	77,93	52,836	242	D32	74,46	48,239	207
D13	56,61	37,321	181	D33	93,91	64,607	343
D14	77,34	46,840	225	D34	52,15	35,440	182
D15	59,42	45,462	248	D35	109,00	65,053	306
D16	92,47	55,797	253	D36	54,86	38,592	180
D17	118,65	64,452	366	D37	39,05	26,693	137
D18	104,40	63,264	330	D38	52,29	37,450	174
D19	86,43	50,422	232	D39	45,97	31,431	158
D20	40,16	26,379	127	D40	104,27	55,394	284

Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayılarının Analizi

Deneme Sayısı	20	
Oluşan Maksimum Değer	40	
Maks. Değerler Ortalaması	248,50	
Maks Değerler St. Sapma	105,92	
Güvenilirlik Düzeyi	%95	
Güvenilirlik Aralığındaki Alt Değer	214,62	
Güvenilirlik Aralığındaki Üst Değer	282,37	

EK Z

Çizelge Z : Terminaller arası mesafe 960 deniz mili iken terminal kapasite analizi.

Terminaller Arası Mesafe: 960 NM (Hız = N 17, 2)

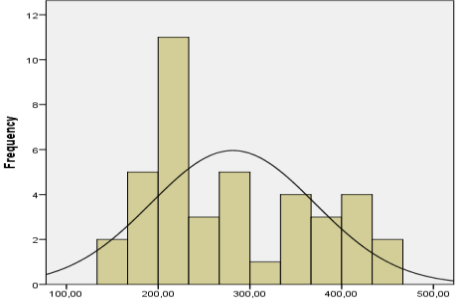
RORO Gemi Kapasitesi : 200 Tır

Geliş Sayısı : 20.000 Tır/Yıl

Terminallerde Biriken Tır Sayıları

ANA TERMINAL				TRA TERMINAL			
No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum	No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum
D1	95,20	56,657	285	D21	71,52	44,297	225
D2	141,77	73,950	348	D22	62,46	38,947	203
D3	247,97	74,785	425	D23	54,73	34,806	182
D4	108,56	70,903	359	D24	67,93	42,198	225
D5	102,10	57,326	261	D25	63,63	40,711	220
D6	117,53	75,489	371	D26	100,98	63,545	292
D7	56,12	34,352	163	D27	106,94	55,587	264
D8	66,77	42,064	190	D28	108,32	60,238	279
D9	54,83	33,838	156	D29	220,17	80,114	455
D10	59,27	38,576	212	D30	164,62	69,834	365
D11	199,93	82,112	389	D31	57,61	35,854	206
D12	61,87	37,419	184	D32	94,18	54,893	285
D13	100,89	71,324	315	D33	151,43	89,951	418
D14	184,93	97,129	453	D34	54,59	33,850	184
D15	192,59	89,722	423	D35	62,49	41,802	233
D16	74,12	45,984	204	D36	126,80	74,404	342
D17	94,70	57,911	283	D37	81,56	51,862	249
D18	77,67	47,363	228	D38	80,21	47,648	218
D19	55,19	34,564	177	D39	169,13	82,765	401
D20	155,71	83,387	374	D40	64,83	41,031	208

Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayılarının Analizi

Deneme Sayısı	20	
Oluşan Maksimum Değer	40	
Maks. Değerler Ortalaması	281,35	
Maks Değerler St. Sapma	89,26	
Güvenilirlik Düzeyi	%95	
Güvenilirlik Aralığındaki Alt Değer	252,80	
Güvenilirlik Aralığındaki Üst Değer	309,89	

EK AA

Çizelge AA : Terminaller arası mesafe 1000 deniz mili iken terminal kapasite analizi.

Terminaller Arası Mesafe: 1000 NM (Hız = N 17, 2)

RORO Gemi Kapasitesi : 200 Tır

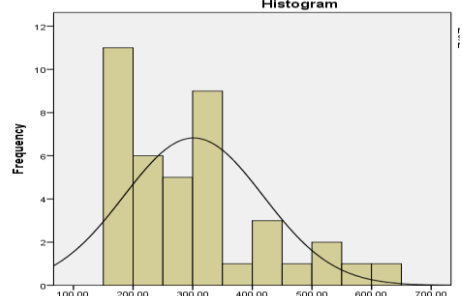
Geliş Sayısı : 20.000 Tır/Yıl

Terminallerde Biriken Tır Sayıları

ANA TERMINAL				TRA TERMİNAL			
No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum	No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum
D1	160,97	82,182	369	D21	66,37	41,340	192
D2	77,25	47,470	234	D22	109,44	66,082	322
D3	63,40	38,753	191	D23	137,82	70,310	341
D4	130,91	75,647	344	D24	73,12	46,412	233
D5	140,15	66,858	319	D25	64,02	39,416	191
D6	79,42	49,243	242	D26	115,99	66,792	313
D7	66,95	41,167	199	D27	121,25	65,752	310
D8	250,62	75,704	442	D28	61,07	37,973	171
D9	62,31	38,898	198	D29	186,04	92,023	456
D10	59,50	36,664	177	D30	288,00	100,805	540
D11	99,43	56,328	253	D31	79,22	51,378	274
D12	58,71	36,841	186	D32	254,35	115,042	514
D13	74,14	46,064	231	D33	103,43	61,529	289
D14	62,40	38,966	188	D34	211,24	95,764	444
D15	83,87	51,196	258	D35	91,38	54,022	258
D16	61,25	37,593	186	D36	197,33	84,536	406
D17	287,47	128,143	600	D37	60,75	38,224	186
D18	140,00	72,230	337	D38	72,93	46,511	223
D19	114,39	73,031	341	D39	108,42	73,369	328
D20	62,27	39,690	203	D40	244,62	109,276	568

Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayılarının Analizi

Deneme Sayısı	20
Oluşan Maksimum Değer	40
Maks. Değerler Ortalaması	301,42
Maks Değerler St. Sapma	116,91
Güvenilirlik Düzeyi	%95
Güvenilirlik Aralığındaki Alt Değer	264,03
Güvenilirlik Aralığındaki Üst Değer	338,81



EK AB

Çizelge AB : Terminaller arası mesafe 1120 deniz mili iken terminal kapasite analizi.

Terminaller Arası Mesafe: 1120 NM (Hız = N 17, 2)

RORO Gemi Kapasitesi : 200 Tır

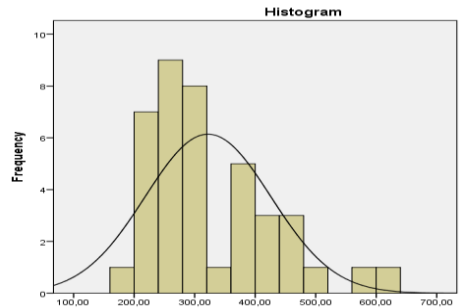
Geliş Sayısı : 20.000 Tır/Yıl

Terminallerde Biriken Tır Sayıları

ANA TERMINAL				TRA TERMINAL			
No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum	No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum
D1	79,17	46,437	204	D21	118,77	60,196	282
D2	93,36	52,687	245	D22	166,00	108,754	472
D3	139,48	76,887	377	D23	103,14	67,564	332
D4	83,42	49,909	262	D24	244,07	89,375	495
D5	80,75	47,438	219	D25	104,77	54,079	246
D6	80,17	48,132	238	D26	287,82	123,532	601
D7	83,06	49,181	266	D27	184,36	88,408	399
D8	94,60	54,628	259	D28	182,64	101,648	440
D9	82,78	49,320	241	D29	195,82	74,778	383
D10	170,45	93,730	428	D30	76,54	45,224	212
D11	149,74	69,755	368	D31	87,55	55,333	288
D12	222,47	83,270	455	D32	91,89	56,453	290
D13	78,30	46,813	219	D33	206,37	64,811	398
D14	102,50	58,916	289	D34	113,07	60,468	280
D15	88,74	51,231	249	D35	116,51	63,444	300
D16	198,60	86,649	426	D36	81,69	47,717	230
D17	237,92	118,249	575	D37	72,37	43,587	197
D18	102,97	56,472	256	D38	93,08	52,422	243
D19	79,73	46,756	211	D39	198,59	82,626	413
D20	119,30	63,958	314	D40	104,08	60,860	281

Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayılarının Analizi

Deneme Sayısı	20
Oluşan Maksimum Değer	40
Maks. Değerler Ortalaması	322,07
Maks Değerler St. Sapma	103,94
Güvenilirlik Düzeyi	%95
Güvenilirlik Aralığındaki Alt Değer	288,83
Güvenilirlik Aralığındaki Üst Değer	355,31



EK AC

Çizelge AC : Ro-Ro gemi kapasitesi 80 tır iken terminal kapasite analizi.

RORO Gemi Kapasitesi : 80 Tır

Terminaller Arası Mesafe: 160 NM (Hız = N 17, 2)

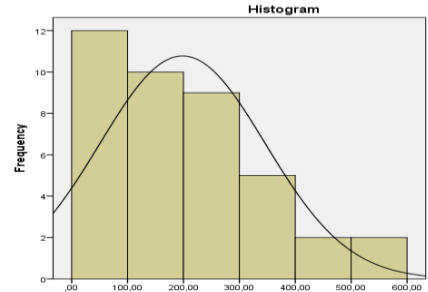
Geliş Sayısı : 20.000 Tır/Yıl

Terminallerde Biriken Tır Sayıları

ANA TERMINAL				TRA TERMİNAL			
No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum	No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum
D1	270,60	131,852	581	D21	8,78	6,974	34
D2	7,61	5,450	29	D22	182,50	98,460	422
D3	80,11	46,786	208	D23	65,09	38,175	170
D4	204,73	49,754	332	D24	7,72	5,581	25
D5	72,79	39,273	169	D25	56,29	33,069	153
D6	23,89	19,807	86	D26	321,09	146,129	555
D7	122,41	44,955	252	D27	8,62	6,838	33
D8	116,01	46,425	259	D28	6,88	4,532	22
D9	78,60	49,733	259	D29	30,36	27,748	134
D10	119,48	88,315	344	D30	32,07	25,189	120
D11	26,87	23,174	99	D31	65,37	42,034	192
D12	7,69	5,437	26	D32	210,70	66,214	357
D13	49,88	34,206	131	D33	91,61	50,498	229
D14	92,65	61,678	256	D34	52,29	32,110	151
D15	13,88	12,150	61	D35	105,23	51,596	236
D16	7,95	5,923	29	D36	135,27	48,185	255
D17	72,69	45,089	224	D37	38,40	29,069	114
D18	174,04	64,770	339	D38	7,83	5,821	29
D19	7,11	5,140	27	D39	155,65	96,528	453
D20	47,44	41,394	164	D40	177,78	94,204	376

Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayılarının Analizi

Deneme Sayısı	20
Oluşan Maksimum Değer	40
Maks. Değerler Ortalaması	198,37
Maks Değerler St. Sapma	148,06
Güvenilirlik Düzeyi	%95
Güvenilirlik Aralığındaki Alt Değer	151,02
Güvenilirlik Aralığındaki Üst Değer	245,72



EK AD

Çizelge AD : Ro-Ro gemi kapasitesi 100 tır iken terminal kapasite analizi.

RORO Gemi Kapasitesi : 100 Tır

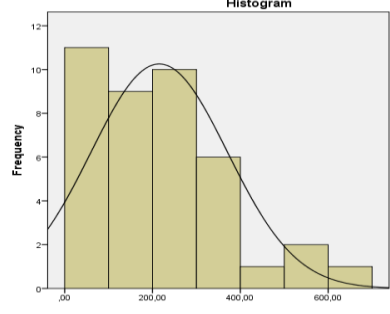
Terminaller Arası Mesafe: 160 NM (Hız = N 17, 2)

Geliş Sayısı : 20.000 Tır/Yıl

Terminallerde Biriken Tır Sayıları

ANA TERMINAL				TRA TERMINAL			
No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum	No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum
D1	139,78	97,343	350	D21	13,17	9,516	45
D2	83,55	45,419	223	D22	49,77	41,551	194
D3	157,60	101,008	384	D23	7,78	5,810	29
D4	15,28	10,464	49	D24	81,13	46,661	213
D5	372,32	127,726	641	D25	8,21	5,905	31
D6	7,60	5,525	27	D26	257,05	139,315	536
D7	63,97	37,645	196	D27	74,34	39,393	188
D8	46,65	31,275	147	D28	171,54	72,281	315
D9	90,41	56,746	265	D29	17,79	14,893	60
D10	56,20	35,494	176	D30	33,13	24,199	110
D11	4,42	3,311	18	D31	216,55	113,435	534
D12	211,25	120,677	418	D32	63,90	41,307	164
D13	131,49	68,077	273	D33	65,85	50,326	208
D14	40,45	33,193	135	D34	95,13	51,751	275
D15	21,56	18,988	84	D35	136,10	59,150	296
D16	163,30	106,634	373	D36	40,40	28,857	130
D17	106,63	53,983	278	D37	7,26	4,917	24
D18	98,19	53,046	245	D38	110,01	47,297	225
D19	8,45	6,524	31	D39	156,85	90,534	359
D20	151,63	67,134	333	D40	9,20	6,677	31

Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayılarının Analizi

Deneme Sayısı	20	
Oluşan Maksimum Değer	40	
Maks. Değerler Ortalaması	215,32	
Maks Değerler St. Sapma	155,61	
Güvenilirlik Düzeyi	%95	
Güvenilirlik Aralığındaki Alt Değer	165,55	
Güvenilirlik Aralığındaki Üst Değer	265,09	

EK AE

Çizelge AE : Ro-Ro gemi kapasitesi 120 tır iken terminal kapasite analizi.

RORO Gemi Kapasitesi : 120 Tır

Terminaller Arası Mesafe: 160 NM (Hız = N 17, 2)

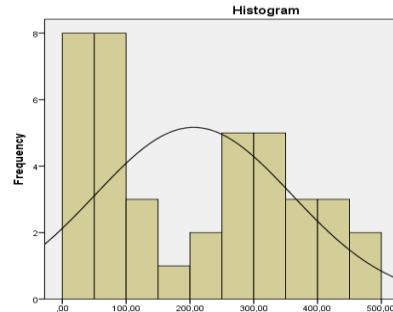
Geliş Sayısı : 20.000 Tır/Yıl

Terminallerde Biriken Tır Sayıları

ANA TERMINAL				TRA TERMİNAL			
No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum	No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum
D1	200,98	99,132	437	D21	7,75	5,775	27
D2	148,34	52,246	314	D22	6,52	4,980	23
D3	155,91	62,757	324	D23	8,04	5,949	27
D4	126,78	84,932	389	D24	13,10	10,632	54
D5	182,58	93,215	450	D25	8,40	6,891	33
D6	89,75	64,563	335	D26	26,34	22,340	112
D7	82,43	47,816	243	D27	20,52	13,943	58
D8	219,33	89,225	439	D28	8,07	6,082	25
D9	27,51	21,138	96	D29	117,66	72,009	327
D10	206,43	83,752	390	D30	3,87	2,660	14
D11	82,76	45,860	231	D31	33,93	33,613	137
D12	146,71	89,718	349	D32	13,71	10,836	51
D13	175,64	103,653	451	D33	19,16	15,249	76
D14	20,38	15,951	69	D34	116,47	56,955	279
D15	137,43	66,490	292	D35	13,58	11,065	50
D16	65,36	42,528	199	D36	189,23	104,038	382
D17	8,04	6,788	28	D37	171,09	100,924	444
D18	19,76	15,963	77	D38	91,50	56,877	270
D19	92,37	48,255	282	D39	8,66	7,263	34
D20	142,52	63,763	296	D40	30,93	23,821	113

Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayılarının Analizi

Deneme Sayısı	20
Oluşan Maksimum Değer	40
Maks. Değerler Ortalaması	205,67
Maks Değerler St. Sapma	154,47
Güvenilirlik Düzeyi	%95
Güvenilirlik Aralığındaki Alt Değer	156,27
Güvenilirlik Aralığındaki Üst Değer	255,07



EK AF

Çizelge AF : Ro-Ro gemi kapasitesi 140 tır iken terminal kapasite analizi.

RORO Gemi Kapasitesi : 140 Tır

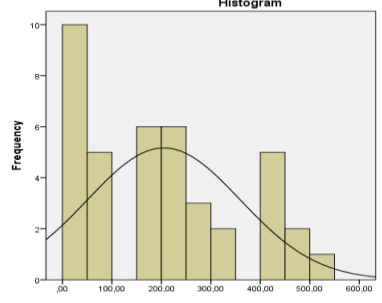
Terminaller Arası Mesafe: 160 NM (Hız = N 17, 2)

Geliş Sayısı : 20.000 Tır/Yıl

Terminallerde Biriken Tır Sayıları

ANA TERMINAL				TRA TERMINAL			
No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum	No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum
D1	70,04	46,094	227	D21	17,72	13,622	67
D2	46,84	38,719	171	D22	65,09	42,667	207
D3	227,78	85,839	437	D23	8,42	7,666	35
D4	76,86	50,422	218	D24	47,66	37,793	191
D5	206,91	91,045	410	D25	11,43	8,797	35
D6	107,17	57,887	274	D26	11,02	12,672	45
D7	159,32	102,764	414	D27	49,30	39,042	179
D8	21,97	21,051	96	D28	112,82	60,820	298
D9	9,54	6,986	36	D29	225,69	84,412	433
D10	13,69	11,136	52	D30	123,85	69,113	334
D11	241,01	111,520	470	D31	7,06	5,683	22
D12	6,49	6,163	29	D32	173,22	107,991	417
D13	6,93	5,992	27	D33	222,12	103,183	485
D14	46,65	34,996	160	D34	64,40	49,529	212
D15	23,61	17,724	92	D35	51,52	38,075	165
D16	96,46	52,135	292	D36	9,05	6,978	30
D17	8,03	6,993	35	D37	103,45	60,690	324
D18	239,43	147,818	530	D38	10,26	8,000	39
D19	59,97	41,698	200	D39	62,91	41,739	199
D20	16,19	13,096	70	D40	84,47	53,163	238

Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayılarının Analizi

Deneme Sayısı	20	
Oluşan Maksimum Değer	40	
Maks. Değerler Ortalaması	204,87	
Maks Değerler St. Sapma	154,46	
Güvenilirlik Düzeyi	%95	
Güvenilirlik Aralığındaki Alt Değer	155,47	
Güvenilirlik Aralığındaki Üst Değer	254,27	

EK AG

Çizelge AG : Ro-Ro gemi kapasitesi 160 tır iken terminal kapasite analizi.

RORO Gemi Kapasitesi : 160 Tır

Terminaller Arası Mesafe: 160 NM (Hız = N 17, 2)

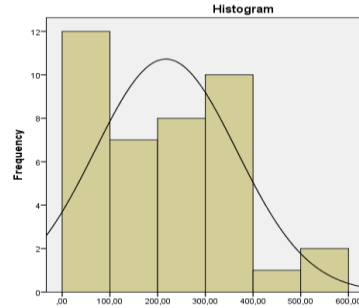
Geliş Sayısı : 20.000 Tır/Yıl

Terminallerde Biriken Tır Sayıları

ANA TERMINAL				TRA TERMİNAL			
No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum	No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum
D1	117,09	58,391	287	D21	3,97	2,527	11
D2	117,44	62,458	288	D22	41,13	30,318	127
D3	9,62	7,314	32	D23	137,42	92,684	397
D4	44,99	35,258	182	D24	34,87	29,358	155
D5	74,75	52,560	226	D25	123,68	66,503	303
D6	258,01	111,750	503	D26	5,13	3,286	14
D7	103,60	55,889	294	D27	25,69	22,825	90
D8	208,58	67,698	376	D28	5,08	3,534	15
D9	93,12	60,260	287	D29	41,38	44,510	222
D10	84,03	48,503	210	D30	139,22	91,346	413
D11	195,24	132,311	565	D31	29,45	21,648	81
D12	183,02	67,141	361	D32	3,58	2,175	11
D13	37,56	30,751	134	D33	131,59	91,019	350
D14	20,94	16,441	79	D34	38,53	27,984	171
D15	119,93	76,715	325	D35	23,33	16,324	77
D16	102,54	62,712	252	D36	110,18	61,841	304
D17	17,82	14,527	62	D37	166,24	81,583	367
D18	49,89	36,685	191	D38	37,62	30,619	132
D19	146,93	74,036	374	D39	6,32	4,908	21
D20	8,36	6,043	24	D40	151,77	76,670	378

Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayılarının Analizi

Deneme Sayısı	20
Oluşan Maksimum Değer	40
Maks. Değerler Ortalaması	217,27
Maks Değerler St. Sapma	148,79
Güvenilirlik Düzeyi	%95
Güvenilirlik Aralığındaki Alt Değer	169,68
Güvenilirlik Aralığındaki Üst Değer	264,86



EK AH

Çizelge AH : Ro-Ro gemi kapasitesi 180 tır iken terminal kapasite analizi.

RORO Gemi Kapasitesi : 180 Tır

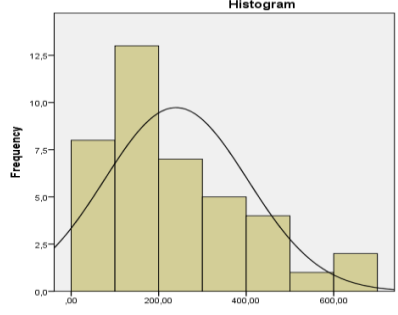
Terminaller Arası Mesafe: 160 NM (Hız = N 17, 2)

Geliş Sayısı : 20.000 Tır/Yıl

Terminallerde Biriken Tır Sayıları

ANA TERMINAL				TRA TERMINAL			
No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum	No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum
D1	200,10	106,070	474	D21	7,14	5,412	24
D2	14,83	11,257	47	D22	272,14	144,061	656
D3	9,43	8,552	39	D23	358,99	141,777	678
D4	192,75	95,111	414	D24	8,44	6,398	27
D5	14,87	12,025	56	D25	129,63	84,649	359
D6	38,24	32,320	192	D26	38,84	33,227	181
D7	59,65	43,404	185	D27	37,68	31,147	161
D8	42,15	35,562	157	D28	62,86	52,955	242
D9	26,40	21,276	98	D29	81,16	53,574	246
D10	89,47	56,332	248	D30	30,20	25,336	130
D11	169,50	89,899	407	D31	46,69	41,546	158
D12	56,26	40,485	191	D32	78,50	58,966	263
D13	96,74	71,873	329	D33	59,33	48,254	199
D14	98,42	55,044	269	D34	5,21	5,181	21
D15	230,67	115,331	521	D35	14,78	11,423	48
D16	43,65	36,474	138	D36	175,86	75,310	361
D17	138,19	65,255	315	D37	60,80	43,571	179
D18	108,66	60,783	293	D38	31,63	25,292	111
D19	162,97	120,557	460	D39	62,68	46,887	203
D20	103,65	67,433	327	D40	62,09	45,766	179

Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayılarının Analizi

Deneme Sayısı	20	
Oluşan Maksimum Değer	40	
Maks. Değerler Ortalaması	239,65	
Maks Değerler St. Sapma	163,97	
Güvenilirlik Düzeyi	%95	
Güvenilirlik Aralığındaki Alt Değer	187,20	
Güvenilirlik Aralığındaki Üst Değer	292,09	

EK AI

Çizelge AI : Ro-Ro gemi kapasitesi 200 tır iken terminal kapasite analizi.

RORO Gemi Kapasitesi : 200 Tır

Terminaller Arası Mesafe: 160 NM (Hız = N 17, 2)

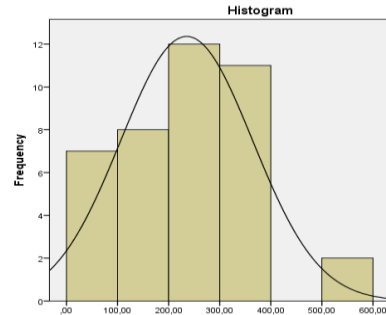
Geliş Sayısı : 20.000 Tır/Yıl

Terminallerde Biriken Tır Sayıları

ANA TERMINAL				TRA TERMİNAL			
No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum	No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum
D1	73,35	50,786	245	D21	53,74	49,972	212
D2	92,22	64,501	292	D22	117,01	91,883	381
D3	148,83	77,524	376	D23	75,00	53,133	225
D4	77,23	61,884	244	D24	33,78	28,161	161
D5	19,05	14,603	64	D25	111,75	70,236	357
D6	51,22	40,135	172	D26	39,93	36,770	184
D7	100,13	62,960	292	D27	36,04	29,874	136
D8	190,04	105,330	511	D28	9,89	7,568	30
D9	93,63	62,543	264	D29	22,21	16,605	76
D10	121,56	84,611	353	D30	77,89	53,340	227
D11	58,72	51,206	218	D31	54,63	42,178	189
D12	31,94	30,988	141	D32	101,31	73,413	323
D13	69,81	51,710	212	D33	66,89	49,587	213
D14	41,92	33,895	149	D34	104,09	76,226	306
D15	74,65	52,237	219	D35	288,31	131,302	581
D16	3,68	3,184	15	D36	122,39	62,898	309
D17	43,59	36,384	155	D37	117,12	88,107	353
D18	10,76	9,443	36	D38	160,91	74,419	367
D19	113,08	63,871	321	D39	21,60	17,583	65
D20	11,61	11,940	50	D40	144,70	78,241	387

Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayılarının Analizi

Deneme Sayısı	20
Oluşan Maksimum Değer	40
Maks. Değerler Ortalaması	235,27
Maks Değerler St. Sapma	129,10
Güvenilirlik Düzeyi	%95
Güvenilirlik Aralığındaki Alt Değer	193,98
Güvenilirlik Aralığındaki Üst Değer	276,56



EK AJ

Çizelge AJ : Ro-Ro gemi kapasitesi 220 tır iken terminal kapasite analizi.

RORO Gemi Kapasitesi : 220 Tır

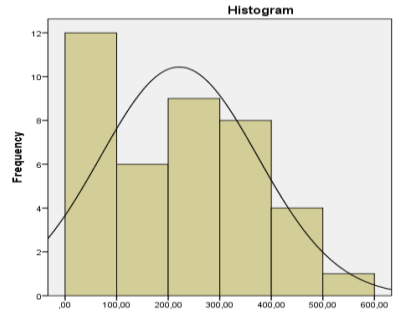
Terminaller Arası Mesafe: 160 NM (Hız = N 17, 2)

Geliş Sayısı : 20.000 Tır/Yıl

Terminallerde Biriken Tır Sayıları

ANA TERMINAL				TRA TERMINAL			
No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum	No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum
D1	158,38	91,664	408	D21	2,04	,196	3
D2	62,30	51,151	232	D22	71,76	55,267	295
D3	209,49	122,908	467	D23	39,98	29,721	132
D4	162,13	82,469	388	D24	2,04	,194	3
D5	162,96	84,030	379	D25	66,32	47,422	189
D6	122,37	71,665	313	D26	29,62	20,675	92
D7	142,97	69,821	323	D27	4,31	3,592	15
D8	97,74	60,293	282	D28	13,51	11,590	48
D9	9,83	8,388	33	D29	185,02	87,205	398
D10	138,78	89,325	409	D30	64,91	49,582	187
D11	14,40	12,910	50	D31	137,84	79,834	369
D12	41,81	32,231	162	D32	107,03	69,859	268
D13	20,42	20,720	85	D33	81,45	57,083	288
D14	23,90	19,002	102	D34	118,41	75,861	330
D15	41,07	31,442	171	D35	70,13	57,542	276
D16	10,21	9,228	37	D36	245,50	122,732	572
D17	62,61	47,144	228	D37	18,21	14,017	60
D18	62,95	46,033	225	D38	69,11	47,951	211
D19	7,48	6,283	23	D39	151,42	79,402	406
D20	2,61	1,340	8	D40	177,43	76,190	381

Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayılarının Analizi

Deneme Sayısı	20	
Oluşan Maksimum Değer	40	
Maks. Değerler Ortalaması	221,20	
Maks Değerler St. Sapma	152,88	
Güvenilirlik Düzeyi	%95	
Güvenilirlik Aralığındaki Alt Değer	172,30	
Güvenilirlik Aralığındaki Üst Değer	270,09	

EK AK

Çizelge AK : Ro-Ro gemi kapasitesi 240 tır iken terminal kapasite analizi.

RORO Gemi Kapasitesi : 240 Tır

Terminaller Arası Mesafe: 160 NM (Hız = N 17, 2)

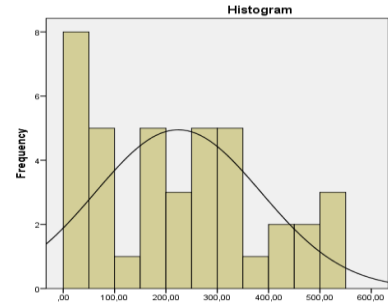
Geliş Sayısı : 20.000 Tır/Yıl

Terminallerde Biriken Tır Sayıları

ANA TERMINAL				TRA TERMINAL			
No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum	No	Ortalama	St. Sapma	Maksimum
D1	86,46	63,300	277	D21	95,14	58,509	236
D2	33,17	25,976	132	D22	48,42	37,660	191
D3	5,71	4,891	20	D23	95,78	61,062	292
D4	103,33	70,691	297	D24	58,51	41,563	179
D5	17,97	12,899	52	D25	92,85	62,724	290
D6	3,78	3,286	14	D26	106,49	64,278	311
D7	2,06	,241	3	D27	166,78	79,953	378
D8	5,85	4,863	21	D28	261,74	97,940	519
D9	96,12	62,436	297	D29	261,74	97,940	519
D10	30,76	22,802	93	D30	107,83	67,978	318
D11	123,87	72,484	316	D31	28,79	20,982	96
D12	101,00	68,759	340	D32	12,98	11,689	45
D13	151,66	82,514	407	D33	19,61	14,312	60
D14	2,04	,187	3	D34	196,49	100,486	455
D15	2,03	,177	3	D35	129,89	68,655	323
D16	7,76	6,113	26	D36	202,89	99,244	473
D17	148,88	93,796	404	D37	44,39	34,417	159
D18	16,39	13,795	63	D38	59,35	41,184	188
D19	45,17	34,671	181	D39	48,43	49,802	237
D20	71,59	48,743	226	D40	204,13	106,657	515

Terminallerde Biriken Maksimum Tır Sayılarının Analizi

Deneme Sayısı	20
Oluşan Maksimum Değer	40
Maks. Değerler Ortalaması	223,97
Maks Değerler St. Sapma	161,25
Güvenilirlik Düzeyi	%95
Güvenilirlik Aralığındaki Alt Değer	172,40
Güvenilirlik Aralığındaki Üst Değer	275,54



EK AL

Çizelge AL : U.N. RO-RO A.Ş. firmasından alınan 1 yıllık (52 haftalık) Statement of Facts (olay raporu) verilerinin bir haftasının örneği.

VESSEL'S NAME	WEEK	Arrival				
		Port	ARR.ON ROAD	VESSEL BERTHED	IFO 380	MGO
GEMİ 1	1	PENDİK	NIL	31.12.12 14:48	345,8	87
GEMİ 2	1	AMBARLI	10:06	02.01.13 10:44	702,2	101
	1	PENDİK	16:06	02.01.13 16:45	697,7	99,8
GEMİ 3	1	PENDİK	12:24	31.12.12 13:05	386,3	70
	1	AMBARLI	22:12	04.01.13 23:02	931,3	62,5
GEMİ 4	1	PENDİK	12:54	05.01.13 12:54	407,8	97,3
GEMİ 5	1	PENDİK	16:12	05.01.13 16:52	584,3	83,5
	1	AMBARLI	20:42	06.01.13 21:34	582	80

Çizelge AL : (Devamı) U.N. RO-RO A.Ş. firmasından alınan 1 yıllık (52 haftalık) Statement of Facts (olay raporu) verilerinin bir haftasının örneği.

SUPPLY		Departure						
IFO 380	MGO	DOCUMENTS ON BOARD	PILOT ON BOARD	VESSEL SAILED	IFO 380	MGO	STD	DELAY
		20:30	20:55	01.01.13 21:00	345,8	87	01.01.13 23:00	ON TIME
		13:05	14:20	02.01.13 14:42	701	99,8	NIL	NIL
		00:30	00:45	04.01.13 01:12	696,8	94,5	03.01.13 23:00	02:12
550		20:15	20:30	04.01.13 20:48	935,6	62,5	04.01.13 20:30	00:18
		01:30	02:00	05.01.13 02:18	930,6	61,5	05.01.13 01:00	01:18
500		02:15	02:33	06.01.13 02:54	907,8	94,2	06.01.13 02:00	00:54
		18:35	18:55	06.01.13 19:24	584,3	80	06.01.13 20:30	ON TIME
		00:25	01:14	07.01.13 01:36	580,9	79	07.01.13 01:00	00:36

Çizelge AL : (Devamı) U.N. RO-RO A.Ş. firmasından alınan 1 yıllık (52 haftalık) Statement of Facts (olay raporu) verilerinin bir haftasının örneği.

Time in port	Time at Sea	Average Speed	Consumption at operation		Consumption at sea		TOTAL CONSUMPTION	
			IFO 380	MGO	IFO 380	MGO	IFO 380	MGO
30:12:00	34,90	17,19	0	0	5,3	0	5,3	0
3:58:00	59,73	19,25	1,2	1,2	146,5	0,5	147,7	1,7
32:27:00	2,05	19,51	0,9	5,3	3,3	0	4,2	5,3
103:43:00	63,18	18,20	0,7	7,5	146,20	0	146,9	7,5
3:16:00	2,23	17,90	0,7	1	4,3	0	5	1
14:00:00	63,90	18,00	0	3,1	139,5	0,5	139,5	3,6
26:32:00	72,00	18,75	0	3,5	181,2	23,5	181,2	27
4:02:00	2,17	18,46	1,1	1	2,3	0	3,4	1

Çizelge AL : (Devamı) U.N. RO-RO A.Ş. firmasından alınan 1 yıllık (52 haftalık)
Statement of Facts (olay raporu) verilerinin bir haftasının örneği.

Discharged Cargo				Disc. Time Table				
CU	ST	others	Total	Disc. Commenced	Disc. Completed	Disc. Opr.time	Dic. Tug	Disch. Performans Ter.Trac./ Hrs
NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL
21	34	0	55	02.01.13 11:05	02.01.13 12:40	01:35	5	00:13
37	143	2	182	02.01.13 16:50	02.01.13 19:05	02:15	7	00:06
44	126	18	188	31.12.12 13:25	31.12.12 16:05	02:40	6	00:07
NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL
25	81	3	109	05.01.13 09:50	05.01.13 11:20	01:30	6	00:06
NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL
NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL

Çizelge AL : (Devamı) U.N. RO-RO A.Ş. firmasından alınan 1 yıllık (52 haftalık)
Statement of Facts (olay raporu) verilerinin bir haftasının örneği.

KPI for Ter. Trac. Disc. Compr.	Loading Cargo				Load. Time Table			Loading Tug Performans Ter.Trac./Hrs	
	CU	ST	others	Total	Load. Commenced	Load. Completed	Load. Opr.time		
NIL	54	183	1	238	01.01.13 15:55	01.01.13 20:15	04:20	7	00:09
#BAŞV!	NIL	NIL	NIL	NIL	NIL	NN	NIL	NIL	NIL
#BAŞV!	68	166	1	235	03.01.13 16:08	04.01.13 00:20	08:12	7	00:20
#BAŞV!	33	77	4	114	04.01.12 16:15	04.01.12 20:00	03:45	6	00:17
NIL	10	53	0	63	04.01.13 23:40	05.01.13 01:20	01:40	4	00:07
#BAŞV!	46	150	0	196	05.01.13 19:50	06.01.13 02:05	06:15	8	00:20
NIL	24	97	1	122	06.01.12 16:20	06.01.12 18:30	02:10	8	00:10
NIL	29	51	0	80	06.01.12 21:45	07.01.12 00:20	02:35	5	00:15

Çizelge AL : (Devamı) U.N. RO-RO A.Ş. firmasından alınan 1 yıllık (52 haftalık)
Statement of Facts (olay raporu) verilerinin bir haftasının örneği.

KPI for Ter. Trac. Load. Compr.	LM			KPI PORT OPERATIONS DISC. COMPR.	KPI PORT OPERATIONS LOAD. COMPR.	STD COMPR. (OPERATION TIME BASED)
	LM in Use	% LM Use	Free space			
#BAŞV!	3720	100%	15	NIL	#BAŞV!	16,67%
NIL	NIL	NIL	NIL	#BAŞV!	NIL	NIL
#BAŞV!	3705	99%	30	#BAŞV!	#BAŞV!	-18,33%
#BAŞV!	1905	59%	1309	#BAŞV!	#BAŞV!	-2,50%
#BAŞV!	2793	87%	421	NIL	#BAŞV!	-10,83%
#BAŞV!	3032	81%	703	#BAŞV!	#BAŞV!	-7,50%
#BAŞV!	1960,5	61%	1253,5	NIL	#BAŞV!	9,17%
#BAŞV!	3026	94%	188	NIL	#BAŞV!	-5,00%

Çizelge AL : (Devamı) U.N. RO-RO A.Ş. firmasından alınan 1 yıllık (52 haftalık)
Statement of Facts (olay raporu) verilerinin bir haftasının örneği.

ENTRANCE AMOUNT PER DAY					
DAYS	09:00 / 13:00	13:00 / 18:00	18:00 / 00:00	TOTAL	VARAGE PER DA
MONDAY	12	20	50	82	11,29%
TUESDAY	11	16	3	30	4,13%
WEDNESDAY	5	27	40	72	9,92%
THURSDAY	22	42	72	136	18,73%
FRIDAY	26	34	76	136	18,73%
SATURDAY	52	29	159	240	33,06%
SUNDAY	1	13	3	30	4,13%
TOTAL	129	181	403	726	100,00%
AVR. PER HOURS	17,77%	24,93%	55,51%		

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Emin Deniz ÖZKAN

Doğum Yeri ve Tarihi: Söke/AYDIN 10.10.1989

Adres: Dokuz Eylül Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Buca/İZMİR

E-Posta: deniz.ozkan@deu.edu.tr

Lisans: İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği (2012)