



T.C.
YALOVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KANAL İSTANBUL PROJESİNİN GEMİ TRAFİĞİ AÇISINDAN
SİMÜLASYON YÖNTEMİ İLE GEREKLİLİĞİNİN ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mustafa DURAK

165109008

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi İbrahim SABUNCU

OCAK 2020



T.C.
YALOVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KANAL İSTANBUL PROJESİNİN GEMİ TRAFİĞİ AÇISINDAN
SİMÜLASYON YÖNTEMİ İLE GEREKLİLİĞİNİN ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mustafa DURAK

165109008

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi İbrahim SABUNCU

OCAK 2020

Yalova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 165109008 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Mustafa DURAK**, ilgili yönetmeliklerin belirlendiği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**KANAL İSTANBUL PROJESİNİN GEMİ TRAFİĞİ AÇISINDAN SİMÜLASYON YÖNTEMİ İLE GEREKLİLİĞİNİN ANALİZİ**” başlıklı tezinin aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

İmza / Kanaati

(Kabul/Red)

Tez Danışmanı:

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim SABUNCU.....

Yalova Üniversitesi

Jüri Üyeleri:

Dr. Öğr. Üyesi Fuat KOSANOĞLU.....

Yalova Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Abit BALIN.....

İstanbul Üniversitesi

Teslim Tarihi: 26 Aralık 2019

Savunma Tarihi: 10 Ocak 2020



ÖNSÖZ

Bu araştırma süresince, çalışmalarımda yönlendirme ve destekleriyle bana yardımcı olan danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Sabuncu'ya, tez konusunun seçimi ve irdelenmesi konusunda desteklerinden dolayı Doç. Dr. Özkan Uğurlu'ya, Tez konusunun en önemli kaynağı olan İstanbul Boğazı gemi geçiş istatistikleri verilerini Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğünden temini için desteğini esirgemeyen dönem arkadaşım Kpt. Hünkâr Keskin'e, hayatımın her aşamasında fedakârlık ve dualarını esirgemeyen annem Ayşe Durak'a, çalışmalarım süresince en sıkıcı anlarımda bile desteğini her zaman hissettiğim sabırlı eşim H. İrem Durak ve sürekli bana moral ve enerji veren sevgili çocuklarım Çınar Eren ve Ayşe Duru'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Aralık 2019

Mustafa DURAK
Öğretim Görevlisi



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
	No
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER.....	v
KISALTMALAR.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET	xvii
ABSTRACT	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	2
1.2 Tezin Akış Şeması	2
1.3 Literatür Araştırması	3
2. İSTANBUL BOĞAZI VE KANAL İSTANBUL PROJESİ.....	9
2.1 İstanbul Boğazı ve Mevcut Deniz Trafiği	9
2.2. Kanal İstanbul.....	17
2.3 Yapay Kanallar ve Dünyadaki Örnekler	18
2.3.1 Süveyş Kanalı.....	18
2.3.3 Korint Kanalı.....	23
2.3.4 Kiel Kanalı.....	24
3.BENZETİM TEKNİĞİ (SİMÜLASYON).....	25
3.1 Simülasyon Tanımı ve Tarihçesi	25
3.2 Simülasyon Çeşitleri	27
3.2.1 Statik Simülasyon Modelleri.....	27
3.2.2. Dinamik Simülasyon Modelleri.....	27
3.2.3. Deterministik Simülasyon Modelleri.....	27
3.2.4 Stokastik simülasyon modelleri	27



3.2.5 Sürekli Modeller	28
3.2.6. Kesikli Modeller	28
3.3 Simülasyonun Kullanım Alanları	28
4. UYGULAMA.....	31
4.1 Simülasyon Modelinin Oluşturulması.....	31
4.1.1 Oluşturulan Modelin Doğrulanması ve Geçerliliğinin Test Edilmesi	34
4.1.1.1 Verilerin Derlenmesi ve Hazırlanması	34
4.1.2 İstanbul Boğazı ve Kanal İstanbul ile Birlikte Önerilen Simülasyon Modelinin Oluşturtulması	42
4.1.2.1 Senrayo-1.....	42
4.1.2.2 Senrayo-2.....	43
4.1.2.3 Senrayo-3.....	44
4.1.2.4 Senrayo-4.....	45
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	47
KAYNAKLAR.....	55



KISALTMALAR

AIS	: Automatic Identification System
IMO	: International Maritime Organisation
TBGTH	: Türk Boğazları Gemi Trafik Hizmetleri
SP1	: Sailing Plan 1
SP2	: Sailing Plan 2
VHF	: Very High Frequency
VTS	: Vessel Traffic Services
KEGM	: Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü
TBDTDY	: Türk Boğazları Deniz Trafik Düzenlemeleri Yönetmeliği
ENTITY	: Varlık
CREATE	: Varlıklar İçin Başlangıç Noktası
DISPOSE	: Varlıklar İçin Son Nokta
GRT	: Gross Tonnage

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 2.1	2004-2017 Yılları arasında İstanbul Boğazı Kaza İstatistikleri.....	11
Çizelge 2.2	İstanbul Boğazı Son On yıl Gemi Geçiş İstatistikleri.....	16
Çizelge 4.1	İstanbul Boğazı'ndan Geçen Gemi Sayısı ile Oluşturulan Simülasyon Modelinden Geçen Gemi Sayılarının 2018 Yılı Aylarına Göre Karşılaştırılması.....	38
Çizelge 4.2	2018 Yılı İstanbul Boğazı Gemi Trafiği İçin Oluşturulan Simülasyon Modelinde Gemilerin Demir Sahalarında Ortalama Bekleme Süreleri.....	39
Çizelge 4.3	2018 Yılı İstanbul Boğazı Gemi Trafiği İçin Oluşturulan Simülasyon Modelinde Geçiş Yapacak Olan Gemilerin Aynı Yönde Seyir Yapan Gemiler ile Oluşturdukları Trafik İçin Bekleme Süreleri.....	40
Çizelge 4.4	2018 Yılı İstanbul Boğazı Gemi Trafiği İçin Oluşturulan Simülasyon Modelinde Geçiş Yapan Gemilerin Bekleme Süreleri ve Bu Bekleme Sürelerinin Maliyetleri (15000 GRT'lik Bir Gemi İçin)	41
Çizelge 4.5	Gemilere ait Kira Bedelleri.....	41
Çizelge 4.6	Senaryo-1 İçin Oluşturulan Simülasyon Modelindeki Gemilerin Bekleme Süreleri ve Bu Bekleme Sürelerinin Maliyetleri (15000 GRT'lik Bir Gemi İçin)	43
Çizelge 4.7	Senaryo-2 İçin Oluşturulan Simülasyon Modelindeki Gemilerin Bekleme Süreleri ve Bu Bekleme Sürelerinin Maliyetleri (15000 GRT'lik Bir Gemi İçin)	44
Çizelge 4.8	Senaryo-3 İçin Oluşturulan Simülasyon Modelindeki Gemilerin Bekleme Süreleri ve Bu Bekleme Sürelerinin Maliyetleri (15000 GRT'lik Bir Gemi İçin)	45
Çizelge 4.9	Senaryo-4 İçin Oluşturulan Simülasyon Modelindeki Gemilerin Bekleme Süreleri ve Bu Bekleme Sürelerinin Maliyetleri (15000 GRT'lik Bir Gemi İçin)	46



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1	Tezin Akış Şeması.....	2
Şekil 2.1	İstanbul Boğazı Akıntı Haritası.....	10
Şekil 2.2	İstanbul Boğazı Trafik Ayırım Düzeni (TBGTH).....	13
Şekil 2.3	İstanbul Boğazı Kuzey Yaklaşması (TBGTH).....	14
Şekil 2.4	İstanbul Boğazı Güney Yaklaşması (TBGTH).....	14
Şekil 2.5	İstanbul Boğazı Gemi Trafik Hizmetleri Alanı ve Sektörler.....	15
Şekil 2.6	Kanal İstanbul Projesi.....	17
Şekil 2.7	Süveyş Kanalı.....	19
Şekil 2.8	Süveyş Kanalı'nın Dünya Haritasından Görünümü.....	20
Şekil 2.9	Panama Kanalı İnşaatı.....	21
Şekil 2.10	Panama Kanalı Havuzları.....	22
Şekil 2.11	Korint Kanalı Gemi Geçişi.....	23
Şekil 2.12	Kiel Kanalı.....	24
Şekil 3.1	Bir simülasyon modelinin çalışması.....	26
Şekil 4.1	Marinetraffic Live Map Ekran Görüntüsü.....	32
Şekil 4.2	Gemi Gelişleri Create Modülü.....	34
Şekil 4.3	Gemilerin Kuzey veya Güney Yönlü Olduğunun Kararını veren Decide Modülü.....	34
Şekil 4.4	Gemilerin Kuzey veya Güney Yönlü Özelliklerinin atandığı Assign modülü.....	35
Şekil 4.5	Gemilerin Kanal İstanbul Rotasını tercih ettiği Route Modülü.....	35
Şekil 4.6	Gemilerin Boğaz Geçişleri İçin Bekletildikleri Hold Modülü.....	35
Şekil 4.7	Gemilerin Boğaz Geçişleri Esnasında Aralarında Bırakmaları Gereken Zaman İçin Oluşturulan Delay Modülü.....	36
Şekil 4.8	Simülasyon Modeline Giren Gemilerin Modelden Çıkış Yaptığı Unstore Modülü.....	36



Şekil 4.9	Simülasyon Modelinden Çıkan Gemiler İçin Dispose Modülü....	36
Şekil 4.10	İstanbul Boğazı Gemi Trafığı İçin Oluşturulan Simülasyon Modeli Parçası.....	37
Şekil 5.1	İstanbul Boğazı Öncesi Gemilerin Bekleme Süreleri (Saat).....	49
Şekil 5.2	Senaryo -1 Kanal İstanbul ve İstanbul Boğazından Geçen Gemi Sayıları.....	50
Şekil 5.3	Senaryo -1 için Gemilerin Geçiş Öcesi Toplam Bekleme Süreleri.....	50
Şekil 5.4	Senaryo -2 Kanal İstanbul ve İstanbul Boğazından Geçen Gemi Sayıları.....	51
Şekil 5.5	Senaryo -2 için Gemilerin Geçiş Öcesi Toplam Bekleme Süreleri.....	51
Şekil 5.6	Senaryo -3 Kanal İstanbul ve İstanbul Boğazından Geçen Gemi Sayıları.....	52
Şekil 5.7	Senaryo -3 için Gemilerin Geçiş Öcesi Toplam Bekleme Süreleri.....	52
Şekil 5.8	Senaryo -4 Kanal İstanbul ve İstanbul Boğazından Geçen Gemi Sayıları.....	53
Şekil 5.9	Senaryo -4 için Gemilerin Geçiş Öcesi Toplam Bekleme Süreleri.....	53



KANAL İSTANBUL PROJESİNİN GEMİ TRAFİĞİ AÇISINDAN SİMÜLASYON YÖNTEMİ İLE GEREKLİLİĞİNİN ANALİZİ

ÖZET

İstanbul Boğazı, Karadeniz ve Marmara Denizi'ni birbirine bağlayan ve dünyanın gemi trafiği açısından en tehlikeli boğazları arasında olan bir su yoludur. Stratejik açıdan çok önemli bir konuma sahip olan İstanbul Boğazı'ndan günde kuzey ve güney yönlü toplam 115 gemi geçmektedir. Dünyada ve ülkemizde uluslararası ticaret hacminin artmasına bağlı olarak, İstanbul Boğazı'ndan geçen gemilerin boyutları artmaktadır. Çok büyük tonajlara sahip ve aynı zamanda tehlikeli yük taşıyan bu gemiler, ülkemizin en kalabalık ve tarihi olarak eşsiz olan ilimizin tam ortasından geçmektedirler. Bu çalışmanın hedefinde, İstanbul Boğazı'nın gemi trafiği açısından dünyada en tehlikeli su yolu olduğundan yola çıkarak, boğaza alternatif yapılması planlanan Kanal İstanbul projesinin gemi trafiği açısından gerekliliğini, oluşturulacak simülasyon modeli ile analiz etmektir. Bu amaçla, İstanbul Boğazı'ndaki gemi trafiği yoğunluğu, yapılması planlanan Kanal İstanbul ile birlikte Arena simülasyon programında simüle edilip oluşturulan modelin sonuçları yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Simülasyon; Gemi Trafiği; Analiz; Kanal İstanbul



ANALYSIS OF NECESSITY OF SHIP TRAFFIC OF KANAL ISTANBUL PROJECT WITH SIMULATION METHOD

ABSTRACT

The Bosphorus Strait is a waterway connecting the Black Sea and the Marmara Sea and is one of the most dangerous straits in terms of ship traffic in the world. It is a strategically important waterway in the Bosphorus, where a total of 115 vessels cross the north and south directions per day. Due to the increase in international trade volume in the world and our country, the dimensions of the ships passing through the Bosphorus Strait increase. These ships, which have huge tonnages and carry dangerous cargoes, pass through the middle of our city which is the most populous and unique in our history. The aim of this study is to analyze the necessity of the Kanal Istanbul project, which is planned to be an alternative to the Bosphorus Strait, with the simulation model to be created, considering that the Bosphorus Strait is the most dangerous waterway in the world in terms of ship traffic. For this purpose, the current ship traffic density in the Bosphorus Strait is simulated in the Arena simulation program together with the planned Kanal Istanbul and the results of the model are interpreted.

Keywords: Simulation; Ship Traffic; Analysis; Kanal Istanbul



1. GİRİŞ

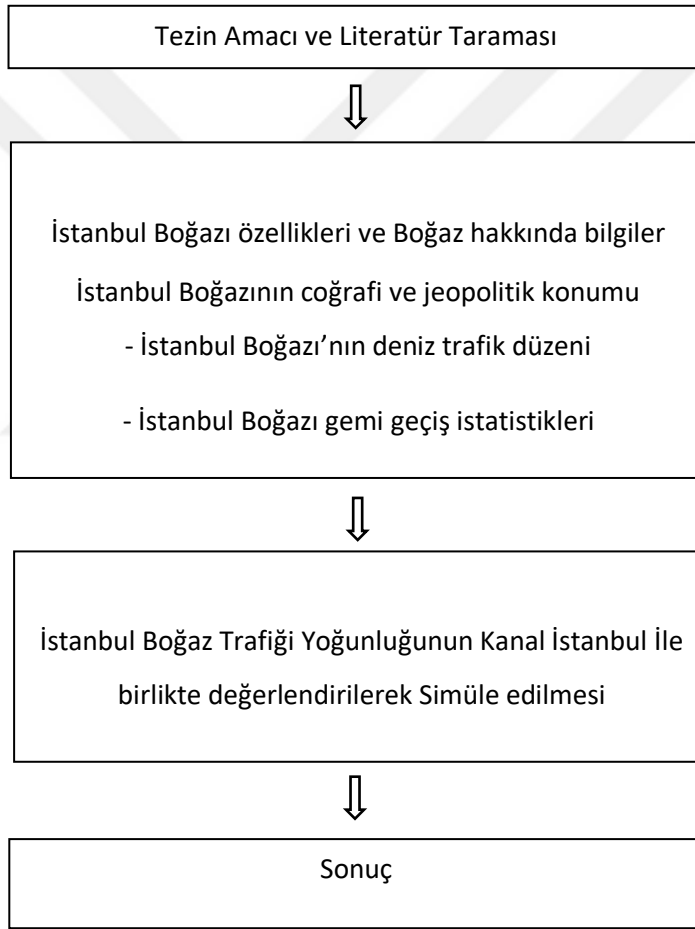
Deniz ulaştırması taşımacılık türleri içerisinde birim taşıma maliyetlerinin en düşük olduğu taşıma türüdür. Bu anlamda ülkemizde ve dünyada taşımacılık maliyetlerini minimize etmede en fazla kullanılan taşıma Şeklidir. Yapılan birçok araştırmada deniz ulaştırması hava yoluna oranla 22 kat, kara yoluna oranla 7 kat, demiryoluna oranla 3,5 kat daha ucuz olduğu nicel olarak belirlenmiştir. Ayrıca günümüzde dünya ticaretinin değer bazında %80 oranında deniz yolu ile gerçekleştirildiği tahmin edilmektedir. Dünya ticaret hacminin sürekli büyümesi dolayısıyla denizyolu ticaret hacminin artmasına sebep olmuştur. Ticarete yön veren denizyolu taşımacılığının kalbi  lkemizde Marmara Denizi'ni Karadeniz'e bağlayan İstanbul Boğazı'ndan atmaktadır. Ancak İstanbul Boğazı'ndaki yoğun deniz trafiği beraberinde geçiş yapan gemilerin taşıdığı yük muhteviyatı sebebi ile riskleri de barındırmaktadır. Bu riskleri ortadan kaldırmanın mümkün olmadığı bilinen gerçeğinin yanında İstanbul Boğazı'na alternatif bir su yolu olan Kanal İstanbul projesi yüzyıllardır zihinlerde canlı kalan bir projedir. İşte bu projenin ülkemiz için ekonomik ve siyasi olarak büyük riskler taşıması ve projenin bitirildiğinde getirilerinin beklentileri karşılayıp karşılamayacağı gibi sorulara cevap bulabilmek için bu tez çalışması yapılmıştır.

Tez çalışmasına konu olan Kanal İstanbul'un gemi trafiği açısından gerekliliği amacı doğrultusunda dinamik bir simülasyon modeli sunulmaya çalışılmıştır. Çalışma beş ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde tezin amacı ve literatürde benzer olan çalışmalar ve içeriklerinden kısaca bahsedilmektedir. İkinci bölümde ise, İstanbul Boğazı'nın yapısal özelliklerinden ve İstanbul Boğazı gemi trafiği detaylı bir Şekilde anlatılmaktadır. Ayıca bu bölümde dünyada daha önceden yapılmış olan yapay suyollarından ve bu su yollarının ülke ekonomilerine katkılardan detaylı bir Şekilde bahsedilmektedir. Çalışmanın   nc  bölümünde simülasyon (Benzetim) tekniğinin detayları anlatılmıştır. Dördüncü bölümü oluşturan kısmı ise, tezin temelini oluşturan simülasyon modelinin kurulmasıdır. Bu bölümde ayıca, simülasyon modeli için gerekli verilerin nasıl toplandığından ve modelin geçerliliği ve güvenilirliği gerçek veriler ile sınanmıştır. Son bölümde oluşturulan simülasyon modeli dört farklı senaryo ile belirli tekrar ve süreler ile çalıştırılarak sonuçları olarak analiz edilip ilerde yapılması muhtemel çalışmalar için tavsiyelerde bulunulmuştur.

1.1 Tezin Amacı

Bu çalışmanın amacı; yukarıda bahsedilen İstanbul Boğazı gemi trafiğinin yoğunluğu ve ülkemizin en önemli metropol şehri olan İstanbul'u ikiye ayıran İstanbul Boğazı'nı tehdit eden bazı unsurları ortadan kaldırması, muhtemel olan Kanal İstanbul projesinin gerekliliğini nicel yöntemler ile incelemektir. Çalışmada İstanbul Boğazı gemi trafiği ile planlanan Kanal İstanbul gemi trafiği Rockwell Arena simülasyon programında analiz edilecektir.

1.2 Tezin Akış Şeması



Şekil 1.1: Tezin Akış Şeması

1.3 Literatür Araştırması

Deniz ulaştırması bilindiği üzere en ekonomik taşıma şeklidir. Bu ekonomik ulaştırma şeklinin bazen riskli durumları mevcut olup bu risklerin başında dar su yollarında bu ulaştırma şeklinin taşıma araçları olan gemilerin geçebilmeleridir. Okyanusları veya denizleri birbirine bağlayan önemli su yolları ve bu su yollarında gemilerin seyir yapacakları bu dar kanallara ait birçok akademik çalışma mevcuttur. Bu çalışmalar yoğun olarak İstanbul Boğazı ve Çanakkale Boğazları gibi dar su kanallarından geçen gemi trafiği simülasyonu ile ilgili olan çalışmalardır. Bu çalışmaları; Marmara Denizi olası gemi trafiği geçiş rejimi, kaza ve risk analizleri ve çeşitli simülasyonlar sonucunda elde edilen metotlar olarak özetlemek mümkündür. Aşağıda geçmiş yıllara ait dar su kanallarına ait gemi trafiği analizleri, İstanbul ve Çanakkale Boğazı, Marmara Denizi ve gemi trafiği başlıklı çalışmalar kısaca özetlenmiştir.

2003 yılında hazırlanan “Simulation Of Marine Traffic In Istanbul Strait” adlı çalışmada dünya üzerinde eşsiz ve yoğun bir su yolu olan İstanbul Boğazı üzerindeki gemi trafiği simülasyon programı vasıtasıyla simüle edilerek ileriki yıllardaki deniz trafiği artışının yeni petrol güzergâhları ile değişeceğine vurgu yapılmaktadır. Çalışmada İstanbul Boğazı özellikleri ve boğaza ait gemi trafiği hakkında detaylı bilgiler verilmiştir. Yapısal özelliklerinin yanında İstanbul Boğazı gemi geçişi için belirlenmiş kurallar ve gemilerin uyması gereken ulusal ve uluslararası kurallardan bahsedilmektedir. 2000 yılında boğaz geçişi yapan gemilerin ay bazındaki gemi geçiş sayılarına ait sayısal veriler ile günlük ortalama gemi geçiş sayılarına ulaşılmıştır. Ayrıca çalışmada, İstanbul Boğazı seyri esnasında gemilerin yaşadıkları manevra zorlukları ve boğazın seyir trafiği açısından ne kadar zor bir boğaz olduğundan bahsedilmektedir. Bu zorluklar beraberinde trafik sıkışıklığına da sebep olacağı vurgulanmaktadır. Bu denli zor geçilen bir boğazda gemi trafiğini ancak simülasyon programları kullanarak analiz etmek mantıklı olduğundan bu çalışmada da bu yöntem kullanılmıştır. Altı farklı senaryoda gemilerin geçiş süreleri incelenmiştir[1].

2004 Yılında İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü bünyesinde “Marmara Bölgesi limanlarının çok kanallı kuyruk teorisiyle talep ve işletme yönetim modelinin geliştirilmesi” konulu doktora tezinde Marmara içerisindeki limanlara yanaşacak olan gemilerin yanaşma öncesindeki bekleme maliyetleri ile liman işletme maliyetleri optimize edilmeye çalışılmıştır[2].

2006 Yılında Özhan Alper ALMAZ tarafından “İstanbul Boğazı Transit Gemi Trafikinin Benzetim ve Senaryo Analizi ile İncelenmesi” konulu Yüksek Lisans tezinde İstanbul Boğazında geçiş yapmakta olan gemiler ile ilgili reel bilgiler ışığında mevcut kılavuz kaptan ihtiyacı, römorkör hizmet miktarı ve boğazdaki gemilerin takip mesafesi gibi değişkenler modelde canlandırılmıştır[3].

2007 Yılında AYDIN tarafından “İstanbul Deniz Otobüsü seferlerinin simülasyon yardımıyla planlanması” konulu Yüksek Lisans çalışmasında İstanbul’da kent içerisinde faaliyet gösteren deniz otobüs seferlerini ve iskeleler ile ilgili planlamalar simülasyon yardımıyla yapılmış ve bu düzenlemeyi yapacak olan karar vericilere destek olacak bir model kurulmuştur[4].

2008 Yılında Barış TOZAR tarafından “Türk Boğazlarında Tehlikeli Yük Taşıyan Gemi Trafik ve Denizsel Çevrenin Korunma Önlemlerinin İncelenmesi” konulu doktora tezinde İstanbul Boğazındaki gemi trafiği ve bu yoğun trafiğin meydana getirmiş olduğu riskler tespit edilmiştir. Ayrıca yaşanan gemi çatışmaları, alınan tedbir ve kurallar ışığında Türk Boğazlarında denizsel çevrenin korunma önlemleri için yapılması gereken öneriler sunulmuştur[5].

2008 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü bünyesinde “İstanbul Boğazında Yerel Trafik İncelenmesi” konulu Yüksek Lisans tezinde İstanbul Boğazı özelinde yerel trafiğin detaylı bir şekilde incelenerek bölgedeki mevcut sorunların çözümüne katkı sağlanmaya çalışılmıştır[6].

2010 yılında Binnur ÖZBAŞ tarafından hazırlanan “Risk Analysis Study of Maritime Traffic in the Strait of İstanbul” konulu doktora tezinde İstanbul Boğazında özellikle transit geçiş yapan gemilerin yaratmış olduğu riskleri incelemeye yönelik bir metodoloji kullanılmıştır. Bu modelde İstanbul Boğaz trafiği kurallarını, gemi profillerini, kılavuzluk ve römorkör hizmetlerini, gemi çizelgeleme uygulamasını, coğrafi ve meteorolojik şartları ve son olarak yerel trafik yoğunluğunu içeren bir benzetim modeli kurulmuştur[7].

Yine 2010 yılında Işıl BAŞ tarafından hazırlanan “Statistical Analysis of Maritime Activities And Accidents In The Strait of İstanbul” konulu doktora tez çalışmasında İstanbul Boğazı gemi trafiği yoğunluğuna neden olan tüm faktörler ışığında bir benzetim modeli kurulmuştur. Çalışmada aynı zamanda geçmiş yıllarda meydana gelen gemi kazaları incelenmiş ve bu veriler ile ilgili istatistiksel analizler yapılmıştır.

Çalışmanın son kısmında ise İstanbul Boğazı geçişi esnasında mevcut coğrafi koşullar, meteorolojik şartlar, gemilerin kılavuz kaptan alma durumları, gemilerin arızalanma ihtimalleri ve insan hatası faktörleri ele alınarak altı ayrı model ortaya konulmuştur [8].

2011 yılında Şirin ÖZLEM tarafından hazırlanan “Simulation of the Vessel Traffic in the Strait of Istanbul” konulu Yüksek Lisans tezinde çok yoğun ve kıvrımlı bir yapıya sahip olan İstanbul Boğazı gemi trafiği için bir simülasyon modeli kurulmuştur. Modelde taşıdıkları yüklere ve uzunluklarına göre sınıflandırılan gemiler genellikle boğaz geçişi için bir süre bekletildiği ve bu bekleme süre 2009 yılı İstanbul Boğazı gerçek geçiş verileri ile oluşturulan benzetim modeli verileri karşılaştırılmıştır[9].

2011 yılında C. ARANGO ve arkadaşları tarafından yapılan bu çalışma da Sevilla Limanı rıhtımlarının verimli bir şekilde planlanması ve kullanılmasına odaklanılmıştır. İspanya'nın Guadalquivir Nehir'i üzerinde yer alan tek iç limanı olan Sevilla Limanı'nın rıhtım problemleri Arena yazılımı ile simüle edilerek optimize edilmek istenmiştir. Rıhtım tahsis planlaması limana yanaşan her bir gemi için toplam hizmet süresini en aza indirmeyi amaçlanmıştır[10].

2011 yılında Nur Jale Ece tarafından hazırlanan “İstanbul Boğazında Meydana Gelen deniz Kazalarının İncelenmesi ve Analizi” adlı çalışmada ise; İstanbul Boğazının stratejik konum ve öneminin yanında 1982-2008 yılları arasında boğazda meydana gelen deniz kazalarına ilişkin frekans dağılımı ve ikili ilişki analizi yapılmıştır. Ayrıca çalışmanın sonunda yapılan genel değerlendirmenin yanında boğazdaki çatışmaları önleyici gerekli önlemlerden de bahsedilmiştir[11].

2013 yılında P. A. M. SILVEIRA ve arkadaşları tarafından “Use of AIS Data to Characterise Marine Traffic Patterns and Ship Collision Risk off the Coast of Portugal” adlı yapılan bu çalışmada Kuzey Avrupa ve Akdeniz kıyılarını birbirine bağlayan önemli bir deniz yolu olma özelliğini taşıyan Portekiz deniz kıyılılarının gemi trafiği analiz edilmiştir. Portekiz Gemi Trafik Hizmetleri Kontrol Merkezi tarafından kaydedilen AIS (Automatic Identification System (Otomatik Tanımlama Sistemi) verileri alınmış ve bu verilerden Portekiz kıyılarındaki gemi trafik yoğunluğunun görsel olarak ifade edebilen bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Ayrıca çalışmada Portekiz Limanlarına bağlantılı rotaların göreceli önemini değerlendirebilmek için bir algoritma geliştirilmiş ve bu sayede bölgedeki gemilerin geçmiş verilerden sağlanan

gemi hız ve pozisyon bilgilerinden yararlanarak çarpışma olasılıkları için bir yöntem önerilmiştir[12].

2014 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü bünyesinde hazırlanan “İstanbul Boğazı Yoğun Trafik Bölgesinin (Güney Bölgesi) Otomatik Tanımlama Sistemi Tabanlı Risk Haritasının Çıkarılması” konulu Yüksek Lisans tezinde İstanbul Boğazı Güney’i için Risk Değerlendirmesi için ES-Modeli (Çevresel Gerilim Modeli) kullanılmıştır. Kullanılan bu model sonucunda elde edilen risk haritasından deniz trafik yoğunluğunun İstanbul Boğazı Güney’inin muhtemel tehlikelere sahip en riskli bölge olduğu sonucuna varılmıştır[13].

2014 yılında Okan ARSLAN tarafından hazırlanan “İstanbul ve Çanakkale Boğaz’ından Geçiş Yapan Gemi Sayısının Trend Analizi ile Değerlendirilmesi” konulu Yüksek Lisans tezinde Türk Boğaz’larından geçen gemi sayılarının gelecekteki durumunun tahmin edilmesi için trend analizi yapılmıştır[14].

Yine 2014 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü bünyesinde Tunç ALTAN tarafından hazırlanan “Marmara Denizi Trafik Akışı ve Trafik Düzeninin Analizi” konulu Yüksek Lisans tezinde geçmişte yapılan çalışmaların aksine Marmara Denizi’nin genelinde oluşan gemi trafiği yoğunlukları incelenmiştir. Marmara Denizi genelinde trafiğin yoğunlaştığı bölgeler incelenmiş ve daralma gösteren bölgeler riskli bölgeler olarak tespit edilerek riskleri azaltıcı tavsiyelerde bulunulmuştur[15].

2015 yılında Ömer KESİCİ tarafından hazırlanan “İstanbul Boğazı’na Alternatif Bir Su Yolu Olarak Kanal İstanbul’un Montreux Sözleşmesi Bağlamında Değerlendirilmesi” konulu Yüksek Lisans tezinde İstanbul Boğazının Jeopolitik konumunun öneminden ve yapılması planlanan Kanal İstanbul projesinin birçok riski ortadan kaldıracağından ve aynı zamanda deniz ticaretinin de gelişimine sebep olacağından bahsedilmiştir [16].

2017 yılında Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü bünyesinde hazırlanmış olan “Analysis and Modeling of Maritime Traffic and Ship Collision in The Strait of Istanbul Based on Automatic Vessel Tracking System” konulu Doktora tez çalışmasında dar su yollarında kullanılması tavsiye edilen geometrik çatışma olasılığı modelini anlatılmıştır. Bu modelde rota temelli modeller yerine genişletilmiş ve alansal dağılımlı deniz trafiği kullanılmıştır. Yapılan çalışmalar ile geçmişte yaşanmış

olan kazaların eşleştiği gözlemlenmiştir. Ayrıca çalışılan bu model İstanbul Boğazı'nın olasılık haritasını alansal dağılım olarak vermektedir ve en yüksek çatışma olasılığı olan bölgeler belirlenerek risk haritası çıkarılmıştır[17].

Yine 2017 yılında Ali ŞAHİN tarafından hazırlanan “Kanal İstanbul Projesi ve Uluslararası Ticarete Etkisi” adlı yüksek lisan tezinde ülkemizin uluslararası ticaretin Asya ile Avrupa arasındaki en önemli düğüm noktası olduğundan bahsetmektedir. Ayrıca yapılması muhtemel Kanal İstanbul projesinin ekonomik ve sosyal yönden oluşturulmasının zorluklarından ve bu zorlukların yanında olumlu olabileceği siyasal, ekonomik katkılarından söz edilmektedir. Çalışmada Kanal İstanbul ile alakalı yukarıda verilen olumlu ve olumsuz örneklerin tümü SWOT analiz yöntemi ile irdelenerek ülkemizin bu projeden elde etmeye çalıştığı hedeflere ulaşım ulaşılamayacağına sonucuna ulaşılmıştır[18].

2018 yılında Meliha ÇINAR tarafından hazırlanan “Yapay Suyollarının Uluslararası Hukuk Bakımından İncelenmesi ve Kanal İstanbul Projesi” konulu Yüksek Lisans tezine İstanbul Boğazı'na alternatif planlanan Kanal İstanbul Projesi Montrö ve Tüzükler ile İstanbul Boğazı'nda geçiş sistemi ve Kanal İstanbul'un Uluslar arası hukuki boyutuna bakılmıştır[19].

2018 yılında B. RAHİMİKELARİJANI ve arkadaşları tarafından yapılan “Simulation Modeling of Houston Ship Channel Vessel Traffic For Optimal Closure Scheduling” adlı çalışmada Amerika Birleşik Devletleri'nde genel tonaj hacmi bakımından ilk sıralarda yer alan Houston Limanının çeşitli nedenler ile sık sık planlı kapanmalara maruz kaldığından bahsedilmiştir. Bu nedenler arasında; Limanının kanal, bakım, derinleşme, tarama, inşaat projeleri, petrol sızıntıları, sis ve gök gürültülü fırtınalar olarak sıralanmıştır. ABD için ticari önemi yüksek olan bu limanın bir yılda uzun süre kapalı olması ilgili otoritelerin gözünü olaya çevirmesine sebep olmuştur. Yapılan bu çalışmanın ana odağı da otoritelerin endişesini ortadan kaldırmak olup; 2017 yılında yapılacak olan Houston köprüsü inşaatı için en iyi kapanış programının hazırlanmasıdır. Bu çalışmanın inşaat süresince gecikmelere üç olumlu katkı sağlayacağından bahsedilmektedir; birincisi kanal boyunca gemi trafiği simüle edilecek, ikincisi limanlara gemilerin varış hızları ve operasyon süreçleri gerçek verilerden yola çıkılarak tahmin edilecek ve son olarak gemilerin kanala girmeden minimum bekleme süreleri optimize edilecektir. Uygulama olarak Houston Kanalı için

bir simülasyon modeli geliştirilmiş ve bu model Houston Kanalını farklı kapatma senaryolarına maruz bırakarak bu farklı senaryoların farklı bekleme süreleri statik olarak karşılaştırılmıştır. Ortalama bekleme sürelerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunan kapatma alternatifleri belirlenmiş ve en uygun kapatma alternatifinin %70 daha kısa toplam bekleme süresine neden olabileceğinin sonucuna varılmıştır. Ayrıca bu çalışmada yoğun kanallarda gemilerin bekleme sürelerini en aza indirmek için uygulanacak politikalarda belirleyici olacağı tavsiye edilmiştir[20].



2. İSTANBUL BOĞAZI VE KANAL İSTANBUL PROJESİ

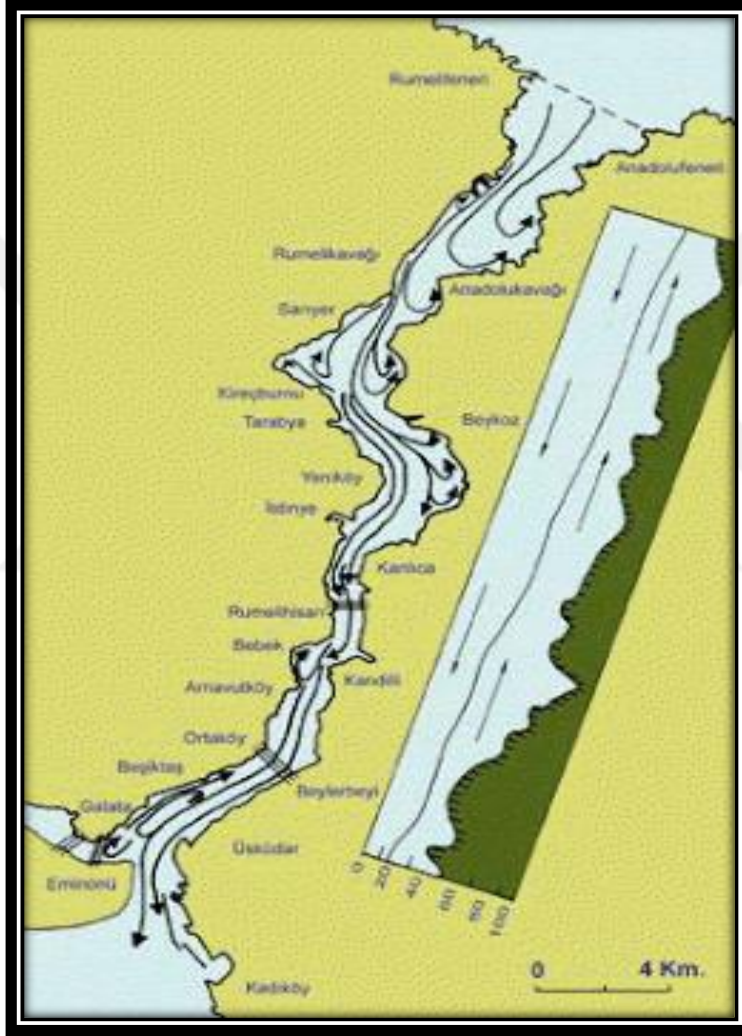
2.1 İstanbul Boğazı ve Mevcut Deniz Trafığı

İstanbul Boğazı tarih boyunca Karadeniz ve Akdeniz'in çevrelediği ülkeler için hep stratejik önem arz etmiştir. Tarih boyunca bu öneminden ötürü Anadolu ve Karadeniz çevresinde kurulan ülkeler tarafından sahip olma savaşları verilmiştir. Osmanlı İmparatorluğu döneminde Londra'da imzalanan Boğazlar Mukavelesi, Boğazların savunmasının Osmanlı'ya bırakılması gerektiğinden bahsetse de yabancı ülkeler Boğazlar üzerinden gözlerini hiçbir zaman çekmemiştir. 1936 yılında imzalanan Montreux Antlaşması ile sonunda boğazların egemenliği tamamen Türkiye Cumhuriyeti'nin egemenliğine geçmiştir. İstanbul Boğazı'ndan Transit gemi geçiş şartları 20 Temmuz 1936 yılında Montreux Antlaşması ile resmileştirilmiştir. Önemli maddelerinin biri de; "Bayrağı ve yükü ne olursa olsun ticari faaliyet gösteren tüm gemiler günün her vaktinde İstanbul Boğazı'ndan transit olarak geçmekte serbesttir." maddesidir [21].

İstanbul Boğazı, Karadeniz ile Akdeniz arasındaki tek su yolu olma özelliğinin yanında İstanbul Şehrini Kuzeyinde Anadolu Fenerini Türkeli Fenerine birleştiren hat ile Güneyinde Ahır kapı Fenerini Kadıköy İnce burun Fenerine birleştiren hat arasında 30 km uzunluğunda ve ortalama 1,6 km genişliğindedir. Aynı zamanda boğaz birbirinden çok keskin dönüş içerdiğinden Dünyada gemi seyri açısından en tehlikeli boğazlar arasında yer almaktadır. Dört tanesi 45°'den fazla olmak üzere çok kıvrımlı bir boğaz olan İstanbul Boğaz'ı mevsimsel olarak yüzeysel ve dip akıntılarının da bulunduğu bir boğazdır[22].

Dünyanın en kalabalık su yollarından olan İstanbul Boğazı petrol trafiğinde Dünyada önemli bir yere sahip. Yapılan araştırmalarda yılda İstanbul Boğazından yaklaşık 10 bin tankerin geçtiği bilinmektedir. Yakın tarihte yaşanan birkaç küçük çatışmada büyük felaketler ucuz atlatılmış ancak yaşanabilecek felaketin boyutunu anlamak için geçmişte yaşanan birkaç tane kazaya bakmak yeterli olacaktır. Bu kazaların başında 15 Kasım 1979 tarihli Romen Tankeri Independenta ile başlamak gerekir. Yunan Bandıralı kuru yük gemisi Evriyalı ile sabahın erken saatlerinde Haydarpaşa Limanı'nın 800 metre açıklarında çarpışmış ve Independenta adlı tankerden Boğaza 100 bin tona yakın ham petrol akmıştır. Can kaybı sayısının 43 olduğu kazada Kadıköy'de binlerce evin camlarının kırıldığı ve çatışma sonrası çıkan yangının 27

gün boyunca sürdüğü bilinmektedir. Boğaz akıntıları yüzeyde 0,5 – 1 mil iken Güney kısımlarda 1,3 mile kadar çıkabilmektedir. Ancak boğazın dar yerlerinde yüzey akıntı hızı artabilmektedir. Aynı zamanda yüzey akıntısı özellikle Karadeniz’de su seviyesinin yükseldiği (İlkbahar ayları ve haziran ayı) ve kuzey rüzgârların estiği dönemlerde 5 mile kadar ulaşabilmektedir. İstanbul Boğazında Kuzeyden Güneye olan bu yüzey akıntısının aksi yönünde bir dip akıntısı mevcuttur ve derinlere indikçe hızı artmaktadır [21]



Şekil 2.1: İstanbul Boğazı Akıntı Haritası [23]

İstanbul Boğazı gemi trafiği açısından yukarıda belirtilen coğrafi şartların oluşturduğu olumsuzlukların yanında gittikçe artan bir gemi trafiğine sahiptir. Artan gemi trafiği birçok olumsuzluğu da yanında barındırmakta olup bunlardan en tehlikelisi ve ülkemizin en gözde şehri olan İstanbul’u tehdit eden gemi kazalarıdır.

Çizelge 2.1: 2004 - 2017 Yılları arasında İstanbul Boğazı kaza İstatistikleri[24]

Yıllar	Kaza (Toplam)	Çatışma ve Kuma Oturma	Arıza (Toplam)	Makine ve Dümen Arızası	Tüzük İhlali
2004	23	11	126	97	117
2005	28	13	138	103	250
2006	27	8	163	126	145
2007	31	11	225	166	237
2008	32	9	229	164	206
2009	32	9	223	168	171
2010	36	11	238	163	113
2011	19	7	181	116	113
2012	12	5	132	88	67
2013	14	7	82	48	65
2014	9	1	109	55	39
2015	9	3	145	34	42
2016	21	6	141	25	79
2017	22	2	125	24	72
TOPLAM	315	103	2.257	1.377	1.716
Yıllık Ortalama	23	7	161	98	123

İstanbul Boğazında yılda ortalama 23 gemi kazası, 7 çatışma ve karaya oturma, 161 arıza, 98 makine ve dümen arızası, 123 Tüzük ihlali olmak üzere toplam 412 vaka oluşmuştur [24].

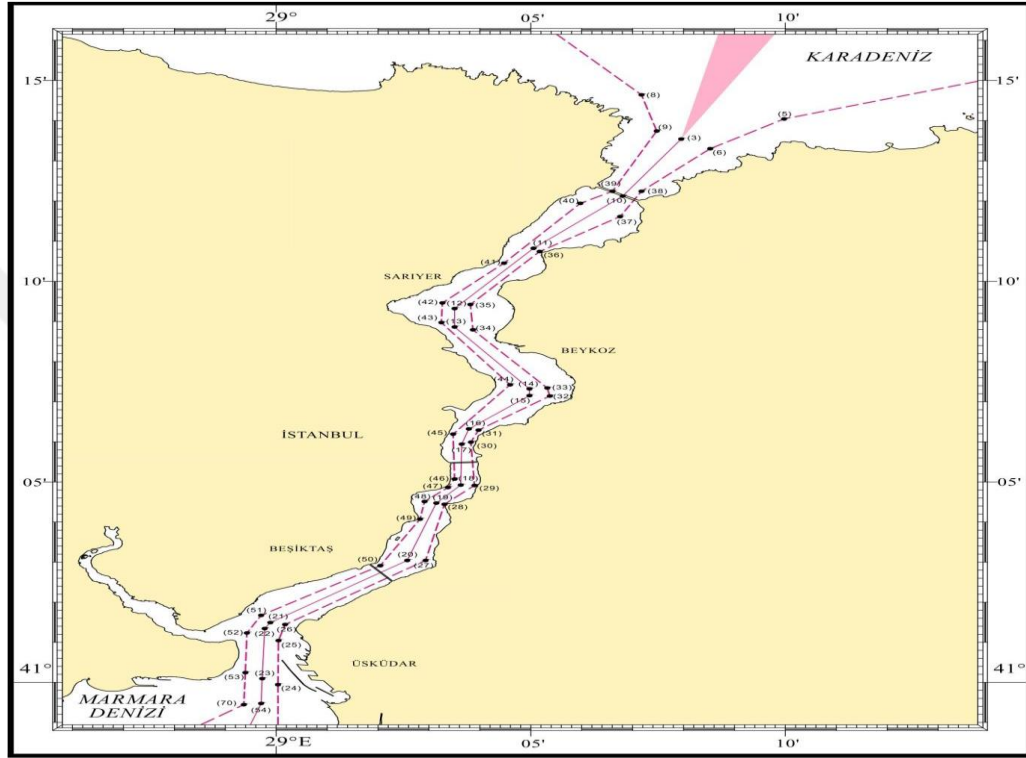
Tüm bu gemi trafiği ile alakalı İstanbul Boğazı'nı tehdit eden vakaları ortadan kaldırmak için uygulanması gereken kurallar son olarak 1 Temmuz 1994 Türk Boğazları Deniz Trafik Ayırım Tüzüğü ile yürürlüğe girmiştir. Bu kurallar gemi trafiği süresince IMO (International Maritime Organisation (Uluslararası Denizcilik Örgütü)) tavsiye kararlarına dayanılarak hazırlanmıştır. Bu çerçevede ışığında İstanbul Boğaz trafiğini ikiye ayırmak mümkündür; Bunlardan ilki uluslararası geçiş yapan gemiler, ikincisi ise yerel trafiktir. Her iki geçiş türü için Türk Boğazları Deniz Trafik Ayırım Tüzüğü'nün yanında İstanbul Liman Başkanlığı Yerel Deniz Trafik Rehberi ile

İstanbul Boğaz trafiği belirli bir çerçeveye de oturtulmuştur. Bu rehberin amacı; İstanbul Liman Başkanlığı İdari sınırları içerisindeki deniz trafik kurallarını uygulamak olup tez konusu ile ilgili olan İstanbul Boğazı Trafik ayırım düzeni kurallarını uygulamaktır.

Bu rehberde ayrıca İstanbul Boğazı gemi trafiğinin yerel ve transit olarak iki kısımdan oluştuğundan bahsedilmektedir. Yerel trafik İstanbul Liman Başkanlığı İdari sınırları içerisinde yolcu ve araç taşıyan şehir hatları vapurları, düzenli sefer yapan yolcu teknelerini, gemilere yakıt, su veya kumanya tedariki yapan ikmal gemilerini, atık alım ve toplama gemilerini, acente teknelerini kapsamaktadır. Transit geçiş yapan gemilere aynı zamanda Uğraksız Geçiş Yapan Gemi de denilmektedir. Transit gemiler ise; İstanbul Boğazı geçişi öncesi veya sonrasında Marmara Denizi'nde herhangi bir limana, iskeleye veya bir yere uğramadan seyirleri kaptanları tarafından planlanmış gemiler olarak tanımlanmaktadır. Ancak uğraksız geçiş yapacak olan gemi için İstanbul Boğazı'na girişten önce yine gemi kaptanı tarafından girişten önce bazı raporları TBGTH'ne (Türk Boğazları Gemi Trafik Hizmetleri) bildirmiş olma şartı da aranmaktadır [25].

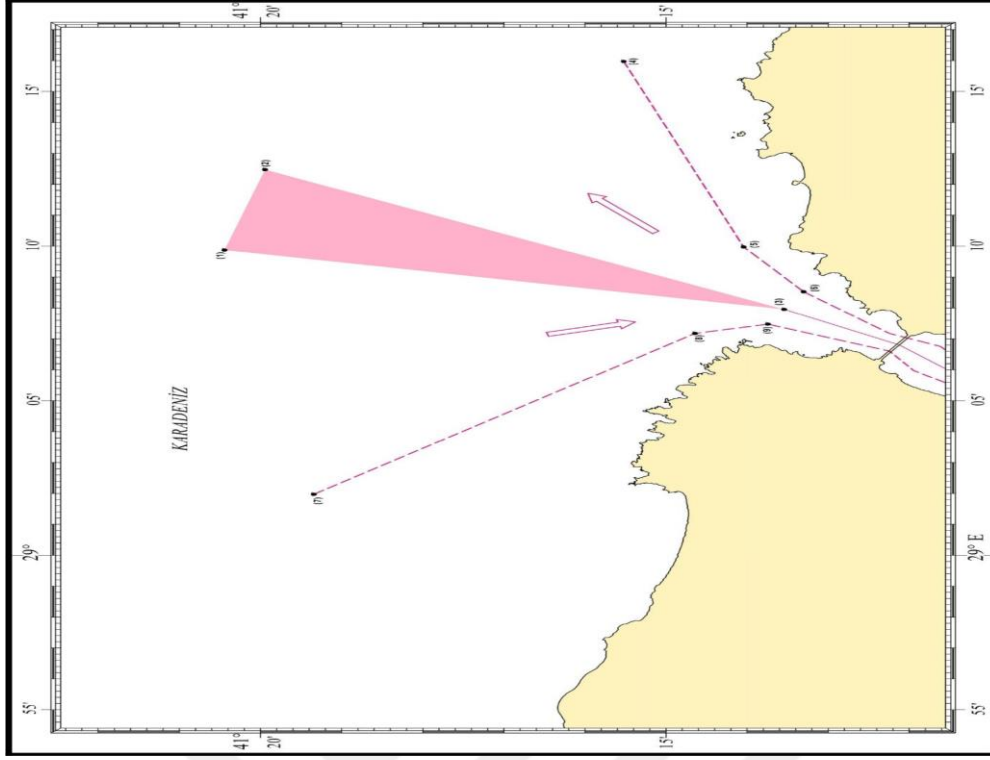
İstanbul Boğaz'ından uğraklı veya uğraksız geçiş yapacak olan gemiler TBGTH'ne gemileri hakkında birçok bilgiyi geçiş yapmadan önce bildirmeleri gerekmektedir. Bu bilgiler arasında; geçiş yapacak olan geminin makinesinin çalışır ve manevra yapmaya hazır, jeneratörlerinin hazır, dümen ve pusula gibi donanımlarının kullanılabilir olması, haberleşme ekipmanlarının çalışır durumda olması gibi birçok teknik donanımın çalışır olduğunun gemi kaptanı tarafından teyit edilmiş olması gerekmektedir. İstanbul Boğazı geçişi yapacak olan gemiler bu bilgileri iki adet rapor halinde bildirmeleri gerekli olup bu raporlardan ilki SP1(Sailing Plan 1) raporu olup geminin İstanbul Boğaz girişine 24 saat kala TBGTH merkezine IMO standartlarına göre yazılı olarak bildirmelidir. Boğaz geçişi yapacak olan geminin ikinci olarak göndermek zorunda olduğu rapor ise; SP2 (Sailing Plan 2) raporudur. SP2 raporu ise; SP1 raporu bilgilerinin doğruluğunu teyit eden ve İstanbul Boğaz girişine 2 saat veya 20 deniz mili kala (Bunlardan hangisi önce gerçekleşirse) VHF (Very High Frequency) ile ilgili TBGTH merkezine sözlü olarak bilgileri kapsamaktadır. Türk Boğazları Deniz Trafik Düzenleme Yönetmeliği Beşinci Bölümünde İstanbul Boğazı Deniz Trafik Ayırım Düzenine ilişkin önemli kurallar arasında trafik hattının Coğrafi mevkileri ile sınırları belirlenmiştir. Yerel deniz trafiğini ilgilendiren gemilerin uymaları gereken

kurallardan ve trafik ayırım hatlarından çapraz geçişlerinin hangi açılarla olması gerektiği ve transit geçiş yapacak olan gemilerin rotalarından çıkmaları gerekliliğinden bahsedilmiştir. Ayrıca akıntı şiddetinin artması durumunda boğaz geçişine kapanacak olan gemi tiplerinden bahsedilmiştir. Kısıtlı görüş durumlarında İstanbul Boğaz'ından geçiş yapan gemilerin uyması ve çalıştırması gereken cihazlardan bahsedilmiş ve hangi durumlarda boğaz trafiğinin kapatılacağından bahsedilmiştir [26].

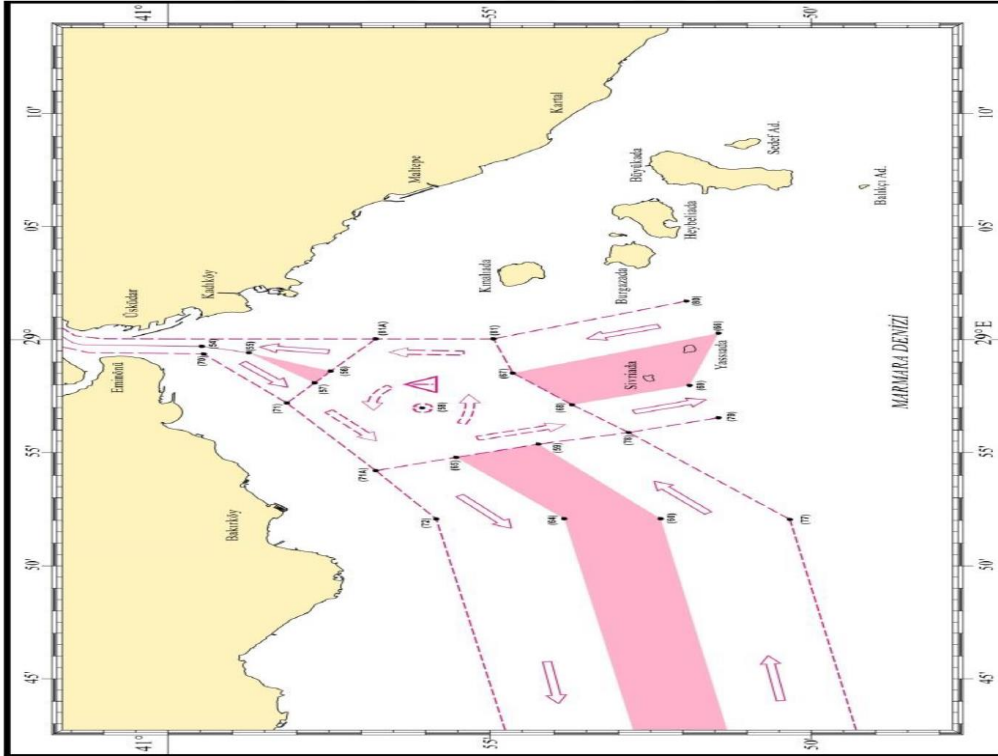


Şekil 2.2: İstanbul Boğazı Trafik Ayırım Düzeni (TBGTH) [26]

İstanbul Boğazı'nda iki yönlü trafiğin olduğu anlarda çarpışmalara mahal vermemek adına trafik hattı şeklinde ikiye ayrılmıştır. Ülkemizde kara trafiğinde olduğu gibi İstanbul Boğazı'nda da trafik sağdan ilerlemektedir. Boğazın Güneyinden Karadeniz'e seyretmek isteyen geminin Trafik ayırım hattında kendisine ayrılmış olan hattan (Anadolu Yakasına daha yakın olan) seyretmelidir. Aynı şekilde İstanbul Boğazı'na yaklaşmakta olan gemilerinde seperasyon hatları içerisinde hareket etmeleri gerekmektedir.



Şekil 2.3: İstanbul Boğazı Kuzey Yaklaşması (TBGTH) [26]



Şekil 2.4: İstanbul Boğazı Güney Yaklaşması (TBGTH) [26]

İstanbul Boğazı Kuzey ve Güney yönlü geçiş yapma niyetli uğraksız geçiş yapacak olan gemiler istedikleri anda geçişlerine boğaz trafiği dolayısı ile müsaade

edilmemektedir. Boğaz trafiğini düzenleyen Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü tarafından İstanbul Boğazı coğrafi bölgelere aşağıdaki gibi ayrılmıştır.



Şekil 2.5 : İstanbul Boğazı Gemi Trafik Hizmetleri Alanı ve Sektörler [25]

İstanbul Boğaz'ı geçişleri esnasında gemiler o anda buldukları Gemi Trafik Hizmetleri Alanındaki ilgili VHF kanalını dinlemek ve bu sektördeki trafik güvenliği talimatlarına TBGTH kuralları gereği uymak zorundadırlar.

Yukarıda belirtilen kurallar dâhilinde İstanbul Boğazı'nda yılda ortalama 40.000 ile 50.000 arasında gemi geçmektedir. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Denizcilik İstatistikleri verilerine göre son on yılda İstanbul Boğazı'ndan geçen gemi sayıları aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

Çizelge 2.2 : İstanbul Boğazı Son On yıl Gemi Geçiş İstatistikleri [24]

YILLAR	Gemi Adedi	Toplam Gros Ton	Uğraksız Gemi	Boyu 200 Metreden Büyük	500 GT'den Küçük
2008	54.396	513.636.000	31.762	3.833	1.213
2009	51.422	514.656.446	32.297	3.871	1.128
2010	50.871	505.615.881	28.668	3.623	1.377
2011	49.798	523.543.509	27.938	3.800	1.046
2012	48.329	550.526.579	27.345	3.866	1.064
2013	46.532	551.771.780	26.577	3.801	1.192
2014	45.529	582.468.334	26.212	4.295	928
2015	43.544	565.216.784	25.243	3.930	879
2016	42.553	565.282.287	26.050	3.873	522
2017	42.978	599.324.748	26.111	4.005	436
2018	41.103	613.088.166	25.884	4.106	508

Yukarıdaki veriler ışığında her ne kadar gemi sayısının son yıllarda küçük miktarda düştüğü gözükse de gemi boyutlarının büyümesi ile tonaj miktarlarının sürekli arttığı gözlemlenmektedir. Son yıllarda artan bu tonaj miktarının sonucu olarak gemi kazalarında da ciddi artışlar meydana gelmektedir. İstanbul Boğazı'nda oluşması muhtemel gemi kazalarının önlenmesi için alınan bütün önlemler beraberinde gemi geçişlerinde beklemelere neden olabilmektedir.

Dünyanın en önemli ve trafik yoğun su yollarından biri olan İstanbul Boğazı deniz trafiğinin güvenliği Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Gemi Trafik Hizmetleri Operasyon Amirliği'nin tecrübeli VTS (Vessel Traffic Services – Gemi Trafik Hizmetleri) operatörleri tarafından yönetilmektedir. VTS operatörleri günde ortalama 120 geminin geçtiği İstanbul Boğaz'ı gemi trafiğini düzenleyen ve geçiş öncesi organizasyonlarını yapan birim olarak tanımlanmaktadır. Operatörler ve dolayısıyla VTS'ler aynı zamanda günde yaklaşık üç milyon insanın kullandığı İstanbul yerel gemi trafiğini de yönetmektedirler [27].

2.2. Kanal İstanbul

Türk Boğazlarının üçüncüsü olma yolunda ilerleyen Kanal İstanbul projesi kamuoyu zihninde Çılgın Proje olarak giriş yapmış ve farklı bilimsel alanları ilgilendiren önemli bir girişim örneğidir. 2011 yılında dönemin Başbakanı Recep Tayyip ERDOĞAN tarafından tanıtılan Kanal İstanbul Projesi'nin fiziksel özellikleri şu şekildedir; uzunluğu 42,5 km olan kanal Avcılar, Küçükçekmece, Sazlıdere ve Durusu arasını kapsamakta ve Küçükçekmece Gölü'nden başlamaktadır. Kanalın genişliği ise yüzeyde 145-150 metre, tabanda ise 125 metre olarak planlanmaktadır. Kanaldaki su derinliği 25 metre olarak düşünülmektedir. Kanalın gerekliliği ise şu şekilde açıklanabilir; Montreux Boğazlar Antlaşmasının imzalandığı 1936 yılında boğazlarımızdan yılda sadece 3000 gemi geçmekteydi. Uluslararası ticaretin hızla artması, Boğazlarımızdan geçen gemi sayısının da artmasını beraberinde getirdi ve bu artış yaklaşık 1936'dan bu yana çok ciddi boyutlara ulaşarak yılda 50.000 gemi seviyesine ulaşmıştır. Gemi sayısının artmasının yanında boğazlarımızda geçen gemi boyutları ve taşınan yüklerin yarattıkları tehlikelerin de çok ciddi attığını söylemek mümkündür [28].



Şekil 2.6: Kanal İstanbul Projesi [29]

Kanal İstanbul için 2018 yılı başında bir basın toplantısı yapılmış ve yapılan açıklamalar ile bu proje için beş farklı hat üzerinden araştırma yapıldığı ifade edilmiştir. Yapılan araştırmalar neticesinde; Küçükçekmece-Sazlıdere-Durusu koridorunun, Kanal İstanbul için en doğru güzergâh olacağının kararı verildiği açıklanmıştır. Yaklaşık 35 kurumun incelemeleri sonucunda oluşturulan güzergâh, çevresel faktörler, fauna ve flora durumları da incelenerek tespit edilmiştir. Proje oluşturulması esnasında ayrıca; maden alanları, sit alanlar, denizcilik ve ulaştırma ağına olan etkisi gibi faktörler de göz önünde bulundurulmuştur[30].

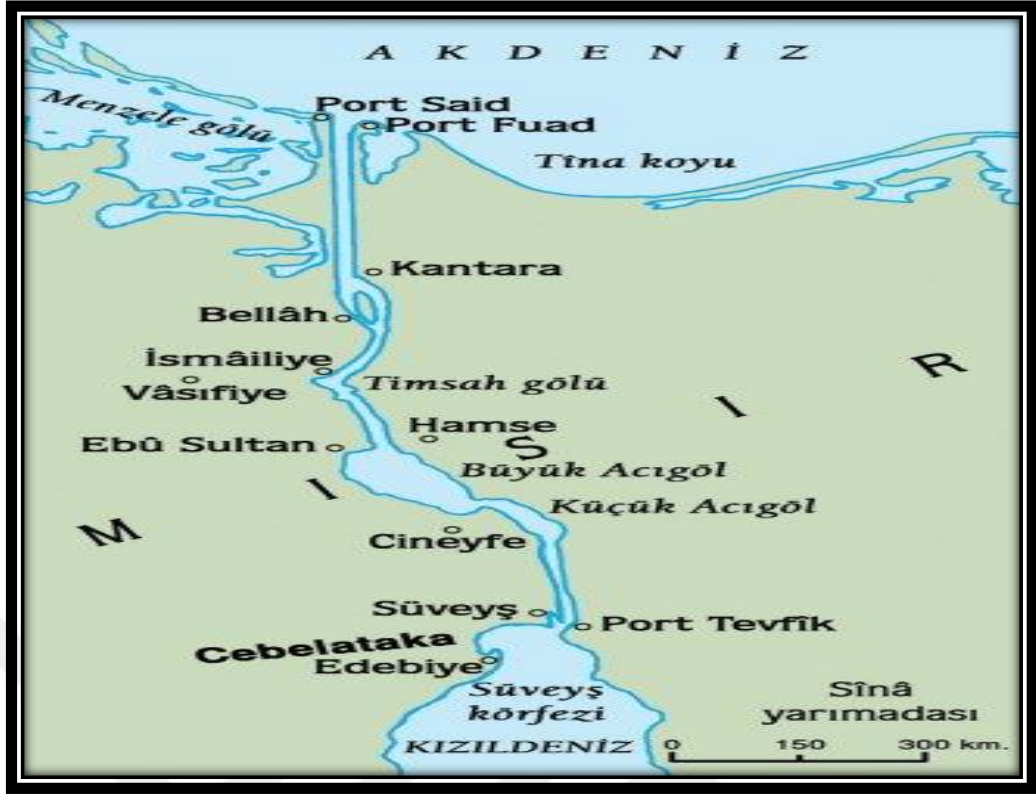
Dünyada Cebelitarık Boğazı ile Atlas Okyanusu'nu, Süveyş Kanalı ile Arap Yarımadası'nı ve ardından Hint Okyanusu'nu, ülkemizde ise Karadeniz'i Akdeniz'e bağlayan İstanbul ve Çanakkale Boğazları stratejik öneme sahiptir. Bu boğazların yanına eklenecek olan ve Çılgın Proje olarak adlandırılan Kanal İstanbul Projesinden; yeni bir uluslararası su yolu olması bakımından günde ortalama 100-120 arasında geminin geçiş yapacağı tahmin edilmektedir. Dünyadaki yapay kanallardaki sayılar ile kıyaslandığında Panama Kanalında günde 40, Süveyş kanalında 54 geminin geçtiği bilinmektedir. Bu gemi sayılarının paralelinde ülke ekonomilerine kattığı ekonomik kazancın ise yıllık ortalama Panama Kanalı için 1,5 milyar dolar, Süveyş Kanalı için 5 milyar dolar olduğu bilinmektedir. Yukarıda sayılan iki yapay kanalın aksine Kanal İstanbul çok büyük gemilerin geçebileceği boyutlarda yapılacağı bilinmektedir. Kanal İstanbul'dan geçiş yapacak olan gemilerin Montreux Boğazlar sözleşmesine tabi olmayacakları için Türkiye Cumhuriyeti Devletine geçiş ücreti ödeyeceklerdir. Ödeyecekleri ücret miktarı ve yılda geçecek gemi sayıları doğru belirlendiğinde ülkemiz ekonomisine çok ciddi bir katkı sağlayacağı tahmin edilmektedir[31].

2.3 Yapay Kanallar ve Dünyadaki Örnekler

Dünya üzerindeki yapay ya da doğal kanal veya boğazlar jeopolitik, jeoekonomik ve jeostratejik olarak önemli rollere sahipleridir. Önemli olduğu bu hususları destekleyen taraflarından birisi ekonomi iken bir diğeri ise askeri açıdan katkı sağlamasıdır [32].

2.3.1 Süveyş Kanalı

Asya ile Afrika'yı birbirine bağlayan, Menzele gölünün güneyindeki Kantara ile Süveyş arasında 120, Süveyş ile Port Said arasında 140 km. genişliğindedir. Kanal çok çeşitli coğrafyaları birbirine bağladığından dolayı Kuzeyinde Akdeniz, ortasında Nil ve Güneyinde Kızıldeniz özelliklerini taşıyan su yapılarına sahiptir [33].

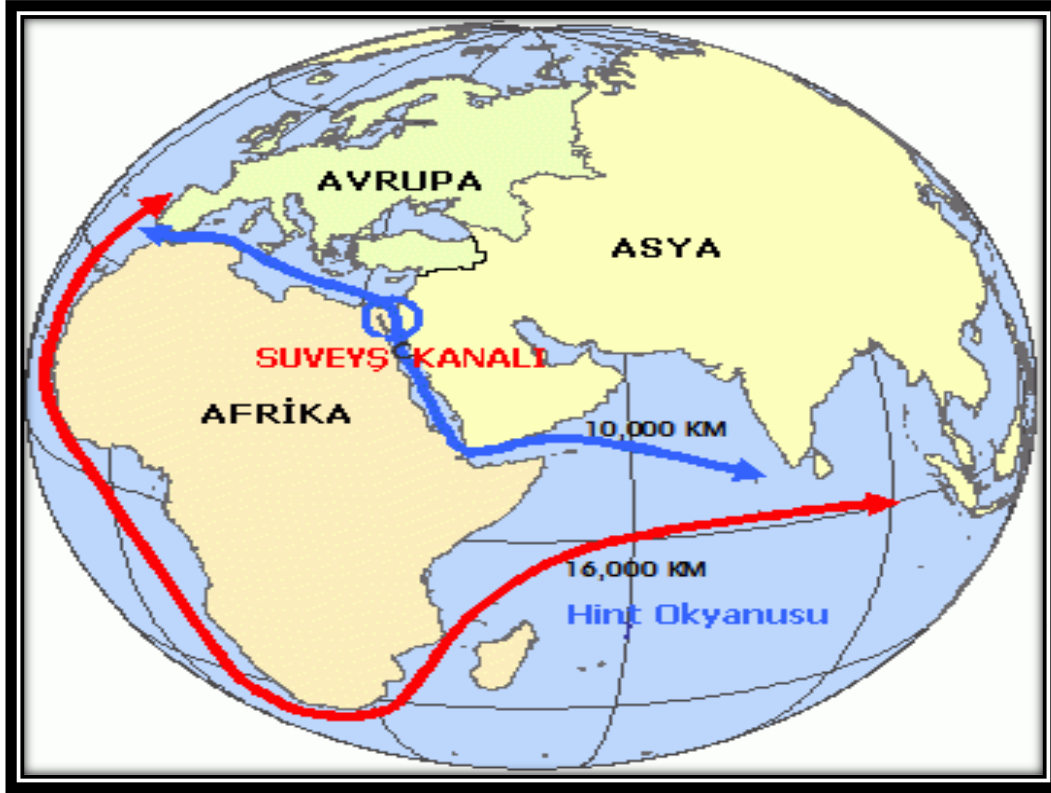


Şekil 2.7: Süveys Kanalı [34]

Tarih boyunca kanal çeşitli milletlerce yapılması planlanmış hatta girişimlerde bulunulmuştur. İlk olarak Napoléon Bonaparte tarafından 1798 yılında Mısır'ı işgal ettiğinde emrinde olan mühendislerini kanal projesi için görevlendirilmiştir. Ancak mühendisler Akdeniz ve Kızıldeniz arasında deniz seviyesi farkının olduğunu beyan ederek kanalın açılmasının mümkün olmadığını duyurmuşlardır. Devam eden savaşlar sebebiyle Napolyon'un bu kanal açma girişimi sonuçsuz kalmıştır.

Kanal açılması ile ilgili bir diğer girişim Kavalalı Mehmet Paşa'nın Mısır valiliği yaparken Fransızların yoğun talebi ile başlamıştır. Fakat Kavalalı'nın İngiltere'nin Akdeniz politikalarını tamamen aykırı olduğu için açıktan kanalın açılmaması gerektiğini söylemek yerine "Boğazlar Osmanlı Devleti'nin felaket sebebi oldu ve bende Mısır'da bir Boğazlar meselesi yaratmak istemem" cümlesini kullanmıştır. Kavalalı ardından Mısır valisi olarak atanan Abbas Paşa'da Süveys Kanalı ile ilgili aynı politikayı izleyerek kanalın açılmasını ertelemiştir. Yıllar boyu ertelenmesini büyük bir hırsıyla izleyen Fransa'nın İskenderiye Başkonsolosu ve aynı zamanda mühendis Ferdinand de Lesseps'in eline 1854 yılında bir fırsat geçmiştir. Mısır Valisi Abbas Paşa ölmüş ve yerine egzersiz dersleri verdiği eski öğrencisi ve dostu Said Paşa vali olmuştu. Durumdan derhal istifade eden Lesseps, dönemin valisi Said Paşa

tarafından çok iyi karşılanmış ve 30 Kasım 1854'te Said Paşa tarafından Süveyş Kanalı Şirketinin kurulmasına ilişkin kararı resmi olarak açıklamıştır. Kanal inşaatı Osmanlı Padişahı izni olmadan ve İngiltere'nin baskılarına rağmen Lesseps tarafından başlatılmış ve son olumsuz hadise ise Lesseps'in koruyucusu olan Said Paşa'nın ölümü olmuştur. Ancak yıllar boyunca birbirini izleyen olumsuzluklara rağmen kanal 1869 yılında bitirilmiştir[35].



Şekil 2.8: Süveyş Kanalı'nın Dünya Haritasından Görünümü [34]

Tüm bu olumsuzluklar nihayetinde kanal açılmış ve günümüzde de uluslararası ticarete yön veren bir kanal haline almıştır. Kanal için Akdeniz havzasını Kızıldeniz ve dolayısıyla Hint Okyanusu'na bağlayan kısa bir yol tanımı da yapılabilir. Yukarıda da anlatıldığı üzere Fransız bir mühendisin ısrarı, Osmanlı'nın kabulü ve İngiltere'nin açılışını yapması ile hayata geçirilmiş, bir su yolu özelliğindedir. Dünya üzerinde en önemli yapay kanalları arasında ilk sıralarda olan bu kanalın özelliklerini şöyle sıralamak mümkündür; derinliği 11-12 metre, uzunluğu yaklaşık 163 km ve en dar yeri yaklaşık 300 metre civarındadır. Kanal'a 1951 yılında trafiği kolaylaştırabilmek adına El-Kantara ile El-Fidan arasına 13,5 km'lik bir yan geçit eklenmiştir. Kanaldan su çekimi 10,36 metrenin üzerinde gemilerin girebilmesi yasaktır. Ayrıca kanal Dünya üzerinde kapakları olmayan en uzun kanal olma özelliğindedir [35].

2.3.2 Panama Kanalı

Kanal Orta Amerika'nın en güney ülkesi olan Panama'dan adını alır. Panama Kanalı Atlas Okyanusu ile Büyük Okyanusu birbirine bağlayan ve gemiler için bu iki okyanus arasında çok ciddi mesafeleri kısaltan bir yapay su yolu özelliğine sahiptir. Kanal inşaatı için ilk girişim yine Fransız asıllı mühendis Ferdinand de Lesseps ile başlamış ancak 1881 yılındaki bu başlangıca inşaat sırasında ortaya çıkan hafriyatın nakliyesi için araç sayısının azlığı nedeniyle durma noktasına gelmiştir. 1880'li yıllarda inşaatına hızla devam edilirken yaşanan en büyük sorun; toprak kaymaları ve sonucunda insan hayatlarının kaybedilmesi olmuştur. Yapılan araştırmalar sonucunda Panama Kanalı inşaatında yaklaşık 22.000 insanın kaza ve hastalık sonucunda hayatını kaybettiği bilinmektedir. Çevre şartları, oluşan maliyet ve en önemlisi kaybedilen hayatlar neticesinde Fransızların liderliğindeki kanal inşaatına daha fazla devam edilememiştir. 1889 yılında Panama Skandalı olarak bilinen bu olayda Charles de Lesseps (Ferdinand de Lesseps'in oğlu) suçlu bulunarak beş yıl hapse mahkûm edilmiş olmasına rağmen, karar daha sonra iptal edilmiştir [36].



Şekil 2.9: Panama Kanalı İnşaatı [37]

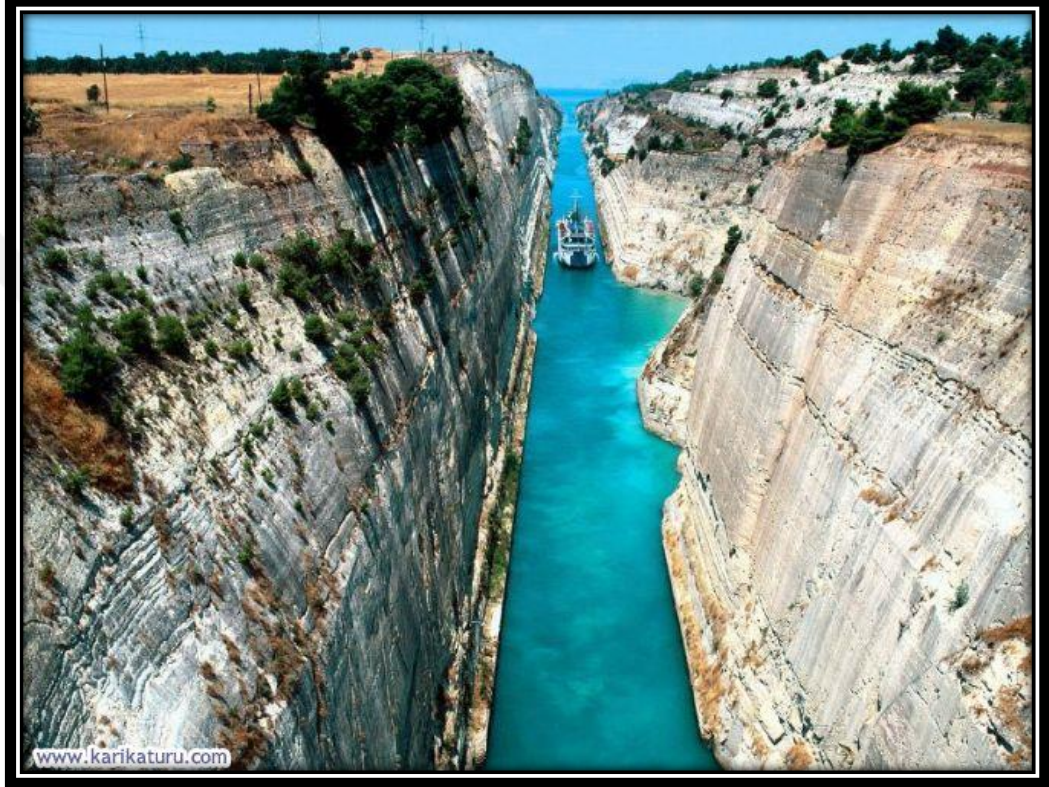
1940 yılında kanalın yapımında başarısız olan Fransa kanalın yapımını tamamen Amerika Birleşik Devletleri'ne bırakmıştır. Kanal projesinden tamamen harabe halini almış bir inşaat alan ABD tüm zorluklara rağmen kanal inşaatını Panama Devleti ile yaptığı anlaşmalar ile devam ettirmiştir. ABD projenin geçmişinde yaşanan sıkıntılardan aldığı derslerden yola çıkarak çalışmalara başlamış ve binlerce kişinin çalıştığı kanaldan ilk gemi 3 Ağustos 1914 tarihinde bir açık deniz gemisi olmuştur. Panama Kanalında geçen gemi tonajı Dünya deniz ticaret hacminin yaklaşık %5'lik bir kısmını oluşturduğu düşünülmektedir. Uluslararası ticaret miktarının ciddi bir hacminin iki okyanus arasındaki transferine ev sahipliği yapan çok önemli bir kanal olan Panama Kanalı; 77 km uzunluğunda ve yaklaşık 90 metre genişliğindedir. Kanaldan geçiş yapacak olan gemiler, iki okyanus arasındaki yükseklik farkından dolayı geçişlerini havuzlar yardımıyla yaparlar. İki deniz arasındaki yükseklik farkını gidermeye yardımcı olan bu havuzlar denizler arası yükseklik farkı kadar olan yükselme veya alçalma görevini yaparken kuvvet harcanmadan, iki havuz arasındaki kapakların açılması ve su seviyelerini eşitlenmesi prensibi ile yaparlar[37].



Şekil 2.10: Panama Kanalı Havuzları [38]

2.3.3 Korint Kanalı

Yaklaşık 6,5 kilometre uzunluğunda olan ve Ege ve İyon Denizini birbirine bağlarken denizcilerin 700 kilometrelik bir tasarruf yapabilmelerine olanak sağlayan yapay bir kanaldır. Bu kanaldan günde 30 gemiye ev sahipliği yapan kanalın derinliği sadece 8 metre ve genişliği ise 21 metre civarındadır. Bu ölçülerden dolayı her geminin kolaylıkla geçemeyeceği bir yapıya sahiptir.



Şekil 2.11: Korint Kanalı Gemi Geçişi [39]

İlk olarak Yunanlılar tarafından Korint Kanalı için girişimler başlanmış, fakat maliyetinin çok yüksek oluşu sebebi ile vazgeçilmiştir. Daha sonra 1869 yılında Süveyş Kanalı'nın da açılmasından etkilenilerek dönemin Yunanistan Başbakanı Thrasyvoulos Zaimis hükümeti tarafından girişimler bir yıl sonra başlamıştır. Kanal yapımını için Macar asıllı mühendisler olan Istvan Türr ve Bela Gerster görevlendirilmiştir. Kanalın tamamlanması ardından ilk gemi geçişi 28 Ekim 1893 yılında gerçekleşmiştir[40].

2.3.4 Kiel Kanalı

Kanal Almanya'nın Schleswig-Holstein eyaletinde bulunan ve Kuzey Denizi ile Baltık Denizi'ni birbirine bağlayan 98 kilometre uzunluğunda, 103 metre genişliğinde ve 8 metre derinliğinde olan bir yapay su yoludur. Kanal aynı zamanda Süveyş Kanalından sonra Dünyanın yapay olan ikinci uzun su yolu olma özelliğine sahiptir. Kanalın yapılma sebebi 1887-1895 yılları arasında Baltık Denizi'ne geçecek olan Alman savaş gemilerinin daha kısa bir yoldan gitmelerini sağlamaktır. Böylece savaş gemileri Danimarka etrafını dolaşarak vakit kaybetmeyecekti. Daha sonrasında 1. Dünya savaşı öncesinde kanal genişletilmiştir[40].



Şekil 2.12: Kiel Kanalı [41]

3.BENZETİM TEKNIĞİ (SİMÜLASYON)

3.1 Simülasyon Tanımı ve Tarihçesi

Simülasyon geçmişten günümüze birçok tanım ile anlamlandırılmaya çalışılmıştır. Genel olarak, geliştirilmeye çalışılan bir sistemin benzer bir model veya tahmin edilen girdilerle, gerçek verilerden faydalanarak sistem süreçlerini optimize etmek ve hataları öngörmek için oluşturulan temsili modeldir, diye tanımlanır. Simülasyon aynı zamanda gerçek verilerin modeller vasıtasıyla taklit edilerek gerçekte karşılaşılabilecek sonuçların önceden tahmin edilebilmesine imkân veren bir yöntem olarak da tanımlanabilir [42].

Bir diğer tanım ile simülasyon ve bir diğer adı ile benzetim; gerçek bir sistemin elektronik bir ortamda modellenerek sistemin işletilmesi esnasında göstereceği tepkileri öngörmek veya sistemin işlevini farklı yöntemler ile sınamak için kullanılan bir tekniktir. Simülasyon tekniği genellikle bilgisayar ortamında oluşturulan ve çoğu alanda kullanılan bir tekniktir. Gerçekte işleyen süreçlerin işletilmesi için yapay bir ortam oluşturularak düzenin taklit edilmesi aslında en etkileyici tanımıdır. Simülasyon tekniğinin en önemli hedefleri ise; insan emeğinden tasarruf, kaza ve oluşabilecek felaketlerin önüne geçmek, ekonomik tasarruf, üretim maliyeti yüksek ürünler için yeni yöntemler olarak sıralanabilir [43].

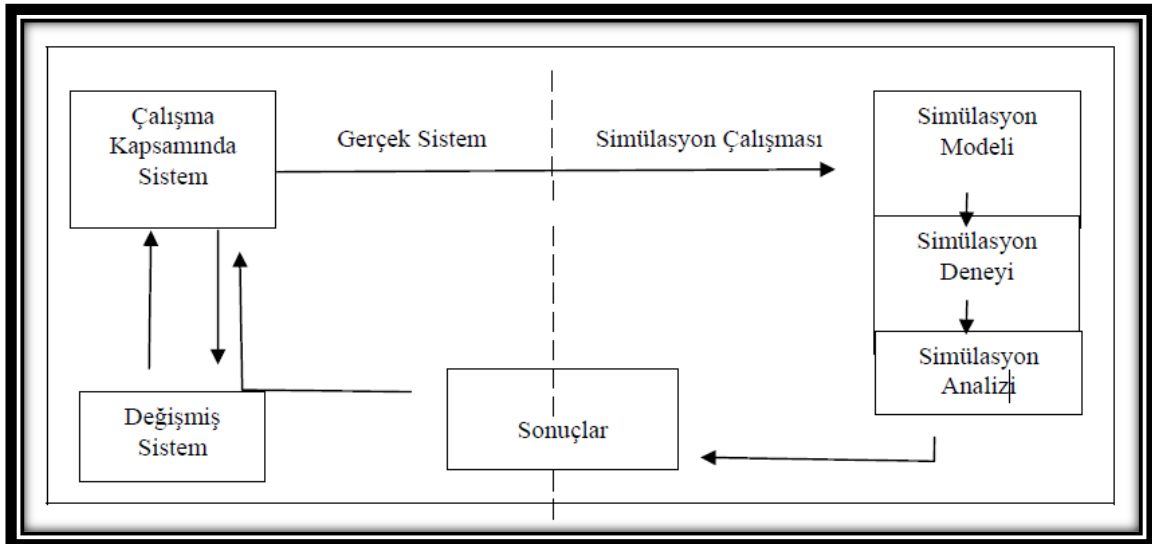
Simülasyon yöntemleri son zamanlarda hemen hemen birçok alanda sıkça kullanılan bir optimizasyon yöntemidir. Yöntemin, M.Ö 5000 yıllarında “WEICH” diye adlandırılan Çin savaş oyunları ile ortaya çıktığı düşünülmektedir. 17. Yüzyıldan itibaren de askeri komutanların, stratejilerini belirlemek ve test etmek için, benzetim yapılmış koşullar altında savaş oyunlarını kullandıkları bilinmektedir. Simülasyon kullanımı tarihte ikinci kez 1949 yılında Edward Link tarafından geliştirilen ilk uçak simülatörü ile devam etmiştir. Edward ilk olarak tasarladığı simülatörü eğlence amaçlı kullanmış fakat daha sonraları ticari ve savaş pilotların yetiştirilmesi için kullanımının daha faydalı olduğunu tespit etmiştir. 1940’ların başında ünlü matematikçi Jhon Van Neumann tarafından II. Dünya savaşı sırasında yaşanan önemli gelişmeler neticesinde askeri oyunlardan yararlanarak Monte Carlo Simülasyon Tekniği geliştirilmiştir. Bu tekniğin o dönemde kullanıldığı en çarpıcı örneği; Hidrojen bombası tasarımı için kurulan bir simülasyon modellemesidir. 1950 yıllarından

itibaren iş hayatında yaşanan yoğun gelişmeler sebebi ile simülasyon programları iş bilgisayarlarında şirket yöneticileri için bir yönetim aracı olmuştur [42].

Karışık sistemlerin incelenmesinde veya yeniden düzenlenmesinde (dizaynında) en etkili yöntem benzetim (simülasyon) yöntemidir. Simülasyon yöntemi karmaşık bir sistemin çeşitli karar değişkenlerini analiz etmek amacıyla kurulmuş olan matematiksel bir süreç olmanın yanında karışık olan sistemlerin davranışlarını inceleme ve tanımlamalıdır. Ayrıca karmaşık olan bu sistemin tüm davranışlarını inceleyen ve aynı zamanda sistem içerisindeki değişimlerin etkilerini tahmin etmenin üzerinde, deneysel olarak uygulama metodudur. Bu uygulama metodun düzgün işleyebilmesi için aşağıdaki aşamaların doğrulanması gereklidir;

- Sistemin davranışlarının incelenmesi
- Sistem modelinin kurulması
- Modelin doğrulanıp geçerliliğinin ispatlanması
- Sistemin çeşitli senaryolar ile denenmesi

Oluşturulan simülasyon modeli yukarıda belirtilen aşamalardan geçirildikten sonra sistemin sonuçlarının analizine geçilir ve başlangıçta belirlenen amaçları karşılayıp karşılamadığı konusunda karara varılır.[44]



Şekil 3.1: Bir simülasyon modelinin çalışması [45]

Simülasyon bugün kullanılan halini ise 1970'li yılların sonuna doğru almıştır. Bilgisayar teknolojisinin hızla gelişmesi simülasyon yazılımlarının işlevselliğini arttırmıştır. 1990'lı yılların başında ise birçok işletme karar almadan önce bu yazılımlara başvurmuş, ve üretim hatlarının sorunlarını giderme yolunda etkin bir şekilde simülasyon yöntemlerine başvurmuşlardır [46].

3.2 Simülasyon Çeşitleri

Simülasyon tekniği geçmişten günümüze karmaşık sistemlerin analiz edilmesi veya sistemlerin oluşturulması için kullanılan başarılı ve net sonuçlar veren bir analiz aracıdır. Bu tekniğin birçok alanda başarılı sonuçlar vermektedir ve kurulan sistem değişkenlerinin zaman değişkenine iki tür yöntem vardır. Bu yöntemler kesikli ve sürekli simülasyon yöntemleridir.

3.2.1 Statik Simülasyon Modelleri

Zaman boyutunun sisteme katılmadığı veya belli bir dönemdeki durumunun söz konusu olduğu modellerdir. Monte-Carlo ismi de hemen hemen statik simülasyon ile özdeşleşmiştir. Ayrıca statik simülasyon da problem sabittir [47].

3.2.2. Dinamik Simülasyon Modelleri

Zaman üzerinden işleyen modellerdir ve zaman değişimi ile birebir etkilenen simülasyon modelleri olarak adlandırılabilir. Mesela bir devlet dairesinde çalışma süresi 8 saat üzerinden yapıldığı için model önerisi de 8 saat sürmektedir [47].

3.2.3. Deterministik Simülasyon Modelleri

Sonuçlarının daha önceden tahmin edilmesi mümkün olan veya sistemin ne tür refleksler ile karşılaşabileceğinin önceden kestirilebilen simülasyon modelleri olarak bilinir. Veya değişkenleri rassal olmayan modeller olarak adlandırılabilir [48].

3.2.4 Stokastik simülasyon modelleri

Davranışları ve refleksleri önceden kesinlikle kestirilemeyen sistemler üzerinde oluşturulan modellerdir. Ancak bu tip modellemelerde girdiler ve süreç, olasılık dağılımları ile belirlenebilmektedir. Stokastik modeller deterministik modellere nazaran sonuçlarının anlamlı olması veya kesin sonuçlar verebilmesi ihtimali düşük modellerdir.

3.2.5 Sürekli Modeller

Bu tür modellerde değişkenlerin zaman içerisinde sürekli dağılımları söz konusudur ve bu dağılımlar sistem üzerinden izlenerek elde edilebilen modellemelerdir. Bu değişkenler sistem işlediği müddetçe sürekli farklılaşacağından bu yönüyle kesikli simülasyon modellerinden tamamen ayrılmaktadır.

3.2.6. Kesikli Modeller

Model kurulacak olan sistem üzerinden sadece belirli anlarda, belirli noktalarda ya da sayılabilmeye imkân veren anlarda sistem değişkenleri farklı sonuçlar doğuruyor ise bu sistemlere uygulanabilen modellerdir

3.3 Simülasyonun Kullanım Alanları

Benzetim tekniği adı altında da sık sık karşımıza çıkan simülasyon kavramı karmaşık proseslerin veya problemlerin çözümünde çok etkili bir teknolojidir. Latince kökenli olan bu sözcüğü basitçe bilgisayar ortamında taklit etmek olarak dilimize çevrilmesi mümkündür. Aynı zamanda planlanan bir sistemin gerçekte nelerle yüzleşebileceğini ya da verimli olup olmayacağını sanal ortamda görebilmemize imkân sağlayan etkili bir sınaama aracıdır. Çoğu zaman bu teknik sayesinde sanal olarak modelleme yapılan bir sistem davranışlarını çok kolay bir şekilde izleyerek değişkenlere çok ucuz maliyetlerle müdahale edebilmemize olanak sağlar. İşte bu denli etkili olan bu teknolojinin kullanım alanları ise aşağıda sıralanmaktadır [49].

- Araştırma ve Geliştirme; Maliyeti yüksek olan yeni tasarımların piyasaya sürülmeden evvel sanal ortamda modellenmesi prensibine dayanır. Yeni oluşturulan tasarım modelin diğer sistemler ile etkileşimini sanal olarak izlenebilir.
- Tasarım; Yeni tasarımların bilgisayar ortamında görüntülenmesine imkân sağlar.
- Eğitim; Özellikle bir sistemi kullanacak olan öğrencilere kullanım öncesi sistem ile birebir aynı özelliklere sahip bir simülasyon merkezi oluşturularak eğitilmeleri sağlanır. Örneğin helikopter veya uçak simülasyonları.
- Karar destek; Tedarik, süreç iyileştirme veya strateji geliştirme gibi süreçleri geliştirebilmek için sık sık kullanılan bir sistemdir.

Yukarıda verilen ana başlıklar altında günümüzde simülasyon yönteminden çok etkin bir şekilde faydalanılmaktadır. Literatürde ise birçok örneği inceleyebilmek mümkündür. Genel olarak simülasyon, sistemlerin tepkilerini önceden belirlemeye yarayan ya da görmeye yarayan bir araçtır. Örneğin Buchan vd. 2015 tarafından hazırlanan bir radyasyon kalkanına yansıyan radyasyonun yoğunluğunu belirlemek için, bakım operasyonu adlı bu çalışma sadece ve sadece simülasyon yöntemi ile yapılabilir. Radyasyon temelli deneylerin mümkün olmadığı gerçeğinden yola çıkılarak insan sağlığını çok ciddi oranda tehdit edebilecek bu olay için deneme yanılma yapılamaz ve bu da simülasyon yöntemi vazgeçilmez kılmaktadır [50].





4. UYGULAMA

Bu başlık altında Kanal İstanbul Projesinin İstanbul Boğazı ile birlikte gemi trafiğinin nasıl modellendiği detaylı bir şekilde anlatılmaktadır.

4.1 Simülasyon Modelinin Oluşturulması

Modelin oluşturulmasında kullanılan temel verileri Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü Basın Tanıtım ve Halkla İlişkiler Müdürlüğü'nden alınan 2018 yılı İstanbul Boğazı gemi geçişi istatistik bilgileri oluşturmaktadır. Ayrıca KEGM resmî web sitesinden alınan geçmiş yıllara ait İstanbul Boğazı gemi geçiş istatistik verileri modelin oluşturulmasında kullanılan temel verilerin başında gelmektedir. Modelin temelini oluşturan veri tabanı içinde İstanbul Boğaz geçişi yapan gemilere ait aşağıdaki bilgilerden oluşmaktadır;

- Geçiş yapacak olan geminin İstanbul Boğazı'ndan hangi yönlü geçiş yapacağı
- Geçiş yapacak olan gemi tipi
- Geçiş yapacak olan geminin boyu
- Geçiş yapacak olan geminin pilot talebinin olup olmadığı bilgisi
- Geçiş yapacak olan geminin Römorkör talebinin olup olmadığı bilgisi
- Geçiş yapacak olan geminin boğaz geçiş için hazır olduğunu belirttiği zaman bilgisi
- Geçiş yapacak olan geminin İstanbul Boğazı'na giriş yaptığı zaman bilgisi
- Geçiş yapacak olan geminin İstanbul Boğazı'ndan çıkış yaptığı zaman bilgisi

Model oluşturulurken gemilerin İstanbul Boğazı'ndan geçiş sıklıkları, gemilerin geliş aralıkları ve boğaz trafiği için bütün düzenlemeler en son 15.08.2019 tarihli Resmî Gazete'de yayımlanan TBDDY (Türk Boğazları Deniz Trafik Düzenlemeleri Yönetmeliği) kurallarına göre yapılmıştır. Model oluşturulurken ilk olarak mevcut İstanbul Boğazı'nın gemi trafiği modellenmiştir ve daha sonra modele Kanal İstanbul seçeneği dâhil edilmiştir. Gemilerin demir bölgelerinde bekleme süreleri, boğazdan geçiş sıklıkları, boğaz geçiş süreleri ve boğazdan geçerken aralarındaki mesafeler gibi değişkenler simülasyon modeline entegre edilmiş ve model oluşturulurken aşağıdaki kısıtlar göz ardı edilmiştir.

- Boğazdan geçiş yapma niyetinde olan gemilerin maksimum manevra süratlerinin farklılığı
- Boğaz trafiğini etkileyebilecek olan meteorolojik koşullar (Yoğun sis, Fırtına)
- Boğaz geçişi esnasında gemilerin Pilot Kaptan alıp almadığı
- Gemilerden kaynaklanabilecek arıza durumları
- Gemi kazalarından kaynaklanabilecek boğaz kapanabilmesi

İstanbul Boğazı Kuzey-Güney yönlü transit gemi trafiği simülasyon modeli kurulmadan önce KEGM'den 2018 yılı tüm verileri ve geçmiş yıllara ait gemi geçiş istatistik verilerinin yanında www.marinetraffic.com ve www.kiyemniyeti.gov.tr adlı internet sitelerinden de canlı olarak İstanbul Boğazı gemi trafiği gözlemlenmiştir. İstanbul Boğazı gemi trafiği KEGM'nün kontrolünde bölgelere ayrılmış ve boğazdan geçecek olan gemileri ile ilgili düzenlemeleri yapılan gözlemler sonucunda TBDDY (Türk Boğazları Deniz Trafik Düzenlemeleri Yönetmeliği) kurallarına göre yürütüldüğü sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.1: Marinetráfico Live Map Ekran Görüntüsü

Tüm Dünya denizlerindeki gemi trafiğini gözlemleyeceğimiz www.marinetraffic.com yukarıda da ekran görüntüsü bulunan web sitesi vasıtasıyla İstanbul Boğaz'ı gemi trafiği anlık olarak takip edilebilmektedir. Kurulan simülasyon modeline önemli katkı sağlayan bu sitenin şekil 4.1'deki bu ekran görüntüsünde boğaz trafiğinin Güney yönlü olduğu ve İstanbul Boğazı Kuzey ve Güney demir sahalarında da gemilerin bulunduğu gözükmektedir.

Mevcut İstanbul Boğaz Trafiği yukarıdaki bahsedilen web siteler aracılığıyla incelendiğinde Marmara Denizi'nden Karadeniz'e veya Karadeniz'den Marmara Denizi'ne geçiş yapma niyetinde olan ticari gemiler ve boğaz geçişlerini düzenleyen otoriteler için aşağıdaki olumsuz durumların yaşandığı sonucuna varılmaktadır;

- Gemilerin bekleme süreleri paydası altında düşünüldüğünde gemilerin ciddi süreler demir sahasında beklemek zorunda kaldığı görülmektedir.
- Oluşan bekleme sürelerinin sonucu olarak gemi işletme firmaları ciddi finansal kayıplarla karşı karşıya kalacaktır
- Çok büyük ve tehlikeli yük taşıyan ticari gemilerin ülkemizin gözbebeği olan İstanbul'un tam ortasında tehlikeler ile dolu olan su yolundan geçişi
- İstanbul Boğazından Kuzey-Güney yönlü geçiş yapan gemilerin, ulusal deniz yolu (Boğazdaki Yatay hareket eden şehir hatları vapurları) trafiğini de önemli ölçüde tehlikeye sokmaktadır
- İstanbul Boğazından geçiş yapma niyetinde olan ve Kuzey veya Güney demirleme sahalarında beklemekte olan gemilerin deniz çevresini sürekli kirletme riski

Yukarıda sayılan olumsuz durumlar Kanal İstanbul'un dahil edildiği simülasyon modelinde giderilip giderilemeyeceği hedeflenmektedir. Ayrıca boğazı geçme niyetinde olan gemilerin ikinci bir alternatif yol olacak olan Kanal İstanbul'u ne sıklıkla kullanabileceği, Kanal İstanbul'un ücretli olması halinde ne kadar ücret ile geçiş yapılabileceği ve en önemlisi bu gemilerin ne kadar daha az bekleyeceği değişkenlerine oluşturulan bu simülasyon modeli sayesinde ulaşılabacaktır.

4.1.1 Oluşturulan Modelin Doğrulanması ve Geçerliliğinin Test Edilmesi

Bu başlık altında oluşturulan simülasyon modelinin İstanbul Boğazı gemi trafiği mevcut veriler ile bire bir örtüşüp örtüşmediği açıklanmıştır. Modelde yer alan Entitiy'lerin (Varlık), Create (Varlıklar için başlangıç noktası) Modülü ile sisteme dahil olmasından en son DISPOSE (Varlıklar için son nokta) modülünde sistemden çıkışına kadar olan bütün akışlar adım adım izlenmiştir.

4.1.1.1 Verilerin Derlenmesi ve Hazırlanması

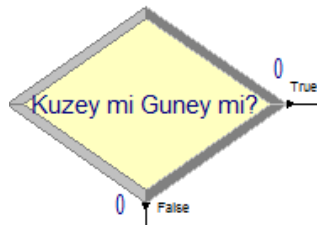
Simülasyon modelinde kullanılan modüller aşağıda sıralanmıştır:

- Create Modülü: Sisteme veya İstanbul Boğazı'nın Kuzey'ine veya Güney'ine gelen gemileri temsil eden bir modül olarak belirlenmiştir. Bu modül sistemin başlangıcı yani sisteme gelen gemilerin simülasyon modeline girdiği başlangıç noktası olarak da adlandırılabilir.



Şekil 4.2: Gemi Gelişleri Create Modülü

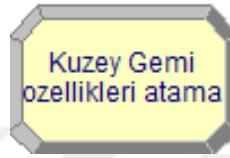
- Decide Modülü: Simülasyon modelinde birçok aşamada kullanılan bu modül sayesinde sitemde ilk olarak giriş yapan gemilerin Kuzey veya Güney yönlü olup olmadıklarının ayırımını yapan modüldür. KEGM 2018 verilerine göre bir yılda İstanbul Boğazı'ndan geçiş yapan gemilerin yarısının Kuzey diğer yarısının Güney yönlü olduğu sonucundan yola çıkılarak ilk Decide modülü boğaza giriş yapan gemiler için oluşturulan Create modülünden hemen sonra konulmuştur.



Şekil 4.3: Gemilerin Kuzey veya Güney Yönlü Olduğunun Kararını veren Decide Modülü

Bu modülde yukarıda da ifade edildiği üzere %50 oranında gemilerin Kuzey, %50 oranında gemilerin Güney yönlerine yönlendirmektedir. Bu modülde iki çıkış noktası yer aldığından doğru olarak kabul edilen yön kurulan simülasyon modelinde Kuzeyden gemilerin geldiğini ifade ederken, yanlış olarak kabul edilen yön ise Güneyden gemilerin geldiğini kabul etmektedir.

- Assign Modülü: Gemilerin geliş yönlerine göre atandığı modüldür ve sitemde iki şekilde belirlenmiştir. Bunlardan ilki Güney yönlü gemi özellikleri atama, ikincisi ise Kuzey gemi özellikleri atama olarak sistemde yer almaktadır.



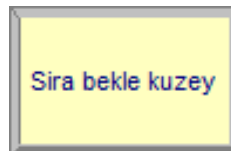
Şekil 4.4: Gemilerin Kuzey veya Güney Yönlü Özelliklerinin atandığı Assign modülü

- Route Modülü: Oluşturulan simülasyon modelinde Route Modülü 'nün ilk kullanıldığı kısım sisteme giriş yapan gemilerin Kanal İstanbul'u mu? Yoksa İstanbul Boğazını mı? Tercih ettiği iki rotadan birini tercih ettiği kısımdır.



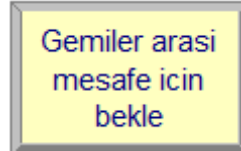
Şekil 4.5: Gemilerin Kanal İstanbul Rotasını tercih ettiği Route Modülü

- Hold Modülü: Bu modül gemilerin İstanbul Boğazı'ndan geçebilmeleri için boğazın karşı yönündeki trafiğin bitmiş olması veya mevcut yöndeki gemilerin sayılarının TBDDY (Türk Boğazları Deniz Trafik Düzenlemeleri Yönetmeliği) kurallarına uygun sayıda olması için bir bekletme modülüdür.



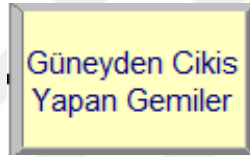
Şekil 4.6: Gemilerin Boğaz Geçişleri İçin Bekletildikleri Hold Modülü

- Delay Modülü: Bu modülde kurulan simülasyonda İstanbul Boğazının her iki yönünde geçiş yapan gemiler arasındaki zaman diliminin belirlendiği bir modüldür. Simülasyon modelinde yine TBDDY (Türk Boğazları Deniz Trafik Düzenlemeleri Yönetmeliği) kurallarına göre yaklaşık on dakikalık bir zaman olmalıdır.



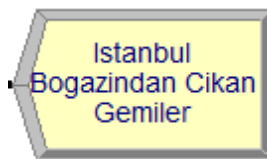
Şekil 4.7: Gemilerin Boğaz Geçişleri Esnasında Aralarında Bırakmaları Gereken Zaman İçin Oluşturulan Delay Modülü

- Unstore Modülü: Bu modülde simülasyon modeline giriş yapan gemilerin herhangi bir yerden (Boğazın Kuzeyi veya Güneyi ya da Kanal İstanbul'un Kuzeyi veya Güneyinden) çıkış yaptığı modüldür.

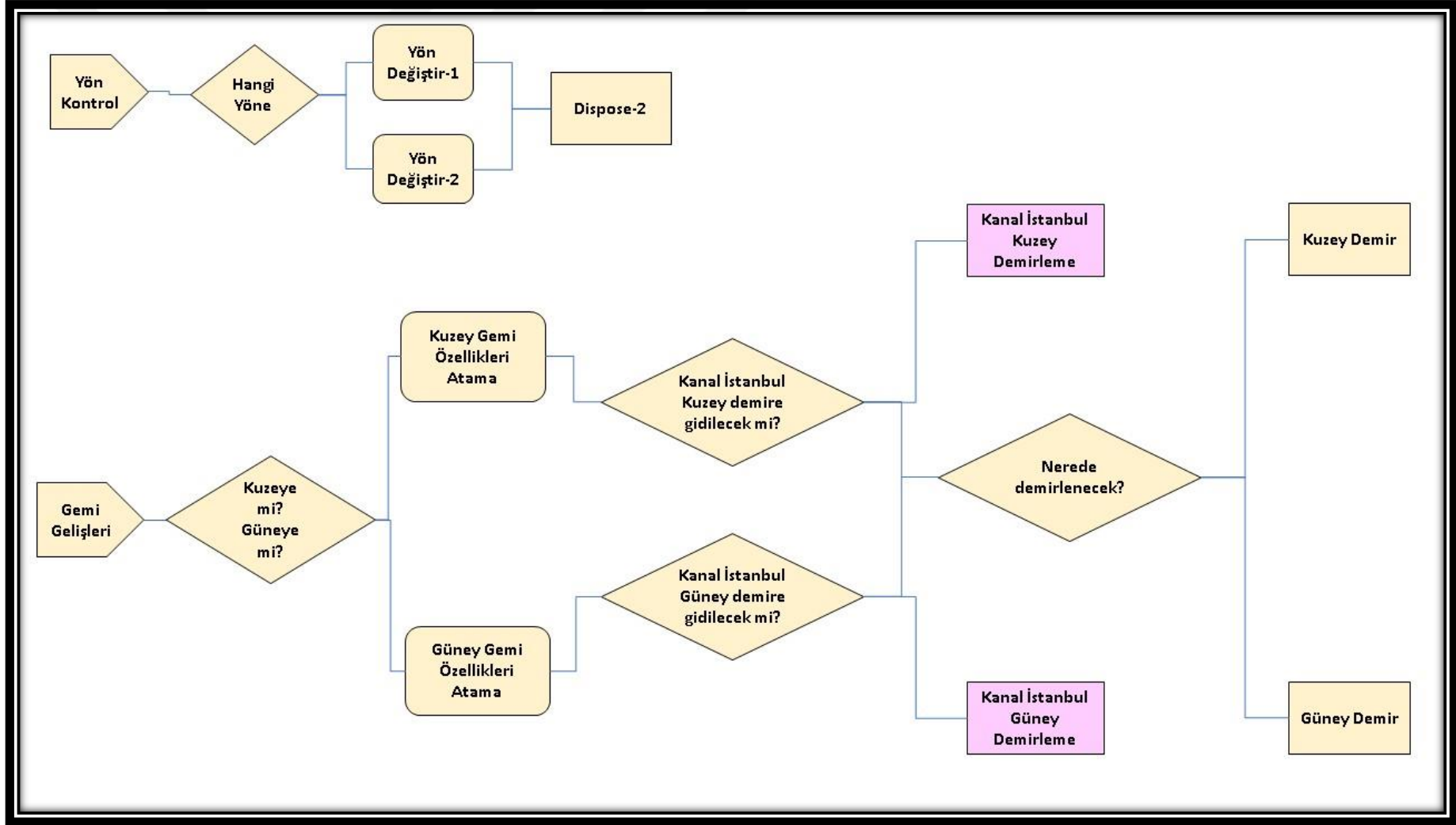


Şekil 4.8 Simülasyon Modeline Giren Gemilerin Modelden Çıkış Yaptığı Unstore Modülü

- Dispose Modülü: Bu modülde simülasyon modelinin son aşamasında yani sistemden çıkan gemilerin sayılarının tutulduğu modüldür.



Şekil 4.9: Simülasyon Modelinden Çıkan Gemiler İçin Dispose Modülü



Şekil 4.10: İstanbul Boğazı Gemi Trafığı İçin Oluşturulan Simülasyon Modeli Parçası

Şekil 4.10’da verilen simülasyon modeli çalıştırılarak gemilerin sistemden geçişleri, Kuzey ve Güney demir sahalarındaki bekleyen gemi sayıları, Boğazda anlık gemi sayısı, gemilerin boğaz geçiş sürelerine kadar bütün girdi ve çıktılar kontrol edilmiştir. Ayrıca oluşturulan simülasyon modelinin çıktıları gerçek veriler ile t-testi yapılarak test edilmiş ve simülasyon modeli sonuçları ile gerçek veriler arasında anlamlı bir fark olmadığı sonucuna varılarak sistemin geçerliliği 2018 yılı ay bazında sınanmıştır.

Çizelge 4.1: İstanbul Boğazı’ndan geçen gemi sayısı ile oluşturulan simülasyon modelinden geçen gemi sayılarının 2018 yılı aylarına göre karşılaştırılması

YIL / AY	İstanbul Boğazından Geçen Gemi Sayısı (Gerçek Veri)	Oluşturulan Simülasyon Modelinden Geçiş Yapan Gemi Sayısı
2018 / OCAK	3545	3543
2018 / ŞUBAT	3436	3488
2018 / MART	3829	3875
2018 / NİSAN	3795	3743
2018 / MAYIS	3807	3778
2018 / HAZİRAN	3653	3679
2018 / TEMMUZ	3751	3759
2018 / AĞUSTOS	3634	3693
2018 / EYLÜL	3566	3518
2018 / EKİM	3833	3847
2018 / KASIM	3526	3518
2018 / ARALIK	3624	3628

Bu noktada verilerin normal dağılıma sahip olup olmadığı Ki-kare uygunluk testi yapılmıştır;

H0: Veriler normal dağılıma uygunluk göstermektedir

H1: Veriler normal dağılıma uygunluk göstermemektedir

Ki-Kare test istatistiği $X^2 = 4.1392$ olarak hesaplanmıştır. Ve bu sistemde serbestlik derecesi $v=k-1-m$ şeklinde olup $v=12-1-2=9$ olarak bulunacaktır. 9 serbestlik derecesi ve $\alpha=0.05$ anlamlılık düzeyi için χ^2 tablo değeri $\chi^2_{\alpha, v} = 16.919$ şeklindedir. Ki-kare testi için bizim hesaplamış olduğumuz X^2 değerimiz 4.1392 olup 16.919 olan tablo

değerinden küçük çıkmıştır.H0 hipotezi kabul edilmiş ve verilerin normal dağılım gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Oluşturulan simülasyon modelinin geçerliliği testi aşamasında performans ölçütü olarak İstanbul Boğazı'na Kuzey-Güney yönlü giren ve çıkan gemi sayıları göz önünde bulundurulmuş ve model çalıştırılırken;

- Tekrar uzunluğu (replication length) 365 gün,
- Tekrar sayısı (number of replication) 10
- Isınma süresi (warm-up period) 24 saat olarak belirlenmiştir.

Oluşturulan bu simülasyon modeli sonuçları aşağıda sıralanmış olup Güney veya Kuzey yönlü sisteme dahil olacak olan bir gemiye demir sahalarında ortalama bekleme süreleri aşağıda verilmektedir.

Çizelge 4.2: 2018 Yılı İstanbul Boğazı Gemi Trafiki İçin Oluşturulan Simülasyon Modelinde Gemilerin Demir Sahalarında Ortalama Bekleme Süreleri

2018 Yılı İstanbul Boğazı Geçişleri İçin Oluşturulan Simülasyon Modeli Verileri	Gemilerin Boğaz Geçişleri İçin Ortalama Bekleme Süreleri (Saat)	Gemilerin Sistemde Harcadığı Ortalama Süre için %95 Yarı Güven Uzunluğu (Saat)	Boğaz	
			Geçiş İçin Gemilerin En Az Bekleme Süresi (Saat)	Sistemde En Fazla Bekleme Süresi (Saat)
Güneyden Kuzeye Geçen Gemiler İçin	17.2629	1.34161	0.00	108.00
Kuzeyden Güneye Geçen Gemiler İçin	20.3075	1.88194	0.00	110.00

Oluşturulan Simülasyon modelinde olumsuz hava koşulları, Marmaray veya köprü inşaatı çalışmaları, LPG (Sıvılaştırılmış Petrol Gazı) ve LNG (Sıvılaştırılmış Doğal Gaz) tankerlerinin boğaz geçişleri, pilot kaptan bekleme süreleri gibi gemilerin boğaz geçişlerini geciktirecek hususlar göz ardı edilmiştir. Ayrıca KEGM verileri içerisinde

geçme niyetini bildiren ancak günlerce hatta aylarca demir bölgelerinde bekleyen gemilerin varlığı da tespit edilmiş olup bu istisnai durumlar dışında oluşturulan simülasyon modelinin İstanbul Boğazı'ndan geçme niyetinde olan gemilerin demir bölgelerinde bekleme sürelerine ait sonuçlar Çizelge 4.2'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Yukarıdaki verilerden yola çıkılarak İstanbul Boğazından Güney veya Kuzey yönlü geçiş yapacak olan gemiler çok uzun süreler boğaz geçişi için beklemek zorunda kalmaktadırlar. Örneğin Boğaz Kuzey yönlü trafiğinin henüz bittiği bir vakit Boğazın Kuzeyine ulaşmış olan bir gemi sadece Boğazın güney yönü trafiğinin bitmesi için minimum 12 saat beklemek zorundadır. Bu bekleme süresine ek olarak ayrıca bir sıra oluşturularak bulunduğu yönde de bir zaman kaybının da olduğu varsayılmalıdır. Bulunduğu trafik yönünde oluşan sıra ile ilgili oluşturulan simülasyon modelinde aşağıdaki verilere ulaşılmıştır;

Çizelge 4.3: 2018 Yılı İstanbul Boğazı Gemi Trafiği İçin Oluşturulan Simülasyon Modelinde Geçiş Yapacak Olan Gemilerin Aynı Yönde Seyir Yapan Gemiler ile Oluşturdukları Trafik İçin Bekleme Süreleri

2018 Yılı İstanbul Boğazı Geçişleri İçin Oluşturulan Simülasyon Modeli Verileri	Gemilerin Boğaz Geçişleri İçin Ortalama Bekleme Süreleri (Saat)	Gemilerin Sistemde Harcadığı Ortalama Süre için %95 Yarı Güven Uzunluğu (Saat)	Boğaz	
			Geçişi İçin Gemilerin En Az Bekleme Süresi (Saat)	Sistemde En Fazla Bekleme Süresi (Saat)
Güneyden Kuzeye				
Geçen Gemiler İçin	2.2676	0.247855958	0.00017047	124.729
Kuzeyden Güneye				
Geçen Gemiler İçin	2.3196	0.183951699	0.00590893	134.651

Simülasyon modeli sonuçlarından en önemli çıktılardan biri olan gemilerin boğaz geçişi için bekleme süreleri ve gemilere bu bekleme sürelerinin maliyetleri Çizelge 4.4'te ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.4: 2018 Yılı İstanbul Boğazı Gemi Trafığı İçin Oluşturulan Simülasyon Modelinde Geçiş Yapan Gemilerin Bekleme Süreleri ve Bu Bekleme Sürelerinin Maliyetleri (15.000 GRT'lik Bir Gemi İçin)

2018 Yılı İstanbul Boğazı Geçişleri İçin Oluşturulan Simülasyon Modeli Verileri	Gemilerin Boğaz Geçişleri İçin Ortalama Bekleme Süreleri (Saat)	Gemilerin Boğaz Geçişleri İçin Ortalama Bekleme Süreleri Sonucu Oluşan Maliyet (USD)
Güneyden Kuzeye Geçen Gemiler İçin	17.2629	10789
Kuzeyden Güneye Geçen Gemiler İçin	20.3075	12692

Çizelge 4.4'te gemilerin bekleme süreleri maliyetleri hesabı günlük kira bedelleri üzerinden hesaplanabilmektedir. Boğazlardan geçebilecek olan gemilere ait 18 Eylül 2019 kiralama bedelleri Çizelge 4.5 'te verilmiştir.

Çizelge 4.5: Gemilere ait Kira Bedelleri [51]

Gemi Tipi ve T/C (Time Charter) Bedeli	USD / Gün
40.000 DWT Tanker	13.200
Suez Tanker	23.500
VCCC Tanker	30.000
32.000 DWT Kuru Yük Gemisi	8.500-9.000
PANAMAX Kuru Yük Gemisi	12.000-13.000

Yukarıdaki tabloda anlaşılacağı üzere İstanbul Boğazı'ndan hem gemi tipi hem de büyüklük olarak çok çeşitli gemiler geçiş yapmaktadır. Simülasyon sonuçları ve bu sonuçlara göre gemilerin bekleme maliyetlerinin hesaplanması konusunda yukarıdaki

tablodan faydalanılarak tek tip ve tek boyutta bir gemi belirlenerek maliyet hesaplanmaya çalışılmıştır. İstanbul Boğazından 2018 yılında toplamda 41103 adet gemi geçmiş ve bu gemiler toplamda 613.088.166 ton yük taşıdığı KEGM verilerinden yola çıkılarak boğazlarımızdan geçen bir geminin ortalama tonajı yaklaşık 15.000 GRT (Bir geminin tüm kapalı yerlerinin hacminin, bazı istisnalar hariç olmak üzere kadem küp olarak toplamının 100'e bölünmesiyle elde edilen hacim ölçüsüdür) olarak hesaplanmış ve günlük kira bedeli ise 15.000 USD olarak hesaplanmıştır.

4.1.2 İstanbul Boğazı ve Kanal İstanbul ile Birlikte Önerilen Simülasyon Modelinin Oluşturulması

Bu simülasyon modeli oluşturulurken İstanbul Boğazı'ndan geçmiş yıllardan geçen gemi sayıları ve İstanbul Boğazı'nın mevcut durumu için oluşturulan simülasyon modeli verilerinden faydalanılmıştır. Ayrıca Kanal İstanbul Projesinin 2023 yılında bitmiş olacağı kabul edilerek oluşturulan 4 farklı simülasyon modeli ile kanaldan geçebilecek gemi sayıları, ülke ekonomisine katkısı ve geçiş yapacak olan gemilere ne kadar zaman kazandırabileceği analiz edilecektir.

4.1.2.1 Senaryo-1

Bu senaryoda Kanal İstanbul'u tercih edecek olan gemilerin İstanbul Boğazına Kuzey veya Güney yönden yaklaştıklarında İstanbul Boğazı geçişi için demir sahalarında bekleyen gemi sayısının ondan fazla (Minimum on bir) olduğunda Kanal İstanbul'u tercih edeceği düşünülmüştür. Boğazın her iki yönlü trafiği için yaklaşan gemilerin ilgili demir sahasında ondan daha fazla gemi olduğunun bilgisini aldığı anda VTS Operatörleri tarafından Kanal İstanbul'a yani ücretli kanala yönlendirileceği düşünülmektedir. Yukarıda varsayımı düşünülen şartlar altında 2023 yılı İstanbul ve Kanal İstanbul gemi geçişleri için bir simülasyon modeli oluşturularak 365 gün süre ile 10 tekrar çalıştırılarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiş olup maliyet hesaplamaları yine 15000 GRT'lik bir gemi ölçüsüne göre hesaplanmıştır. Oluşturulan bu senaryoda ayrıca mevcut TBDDY uygun olarak İstanbul Boğaz trafiği her 12 saatte bir değiştirilerek trafik akışı sağlanmıştır.

Çizelge 4.6: Senaryo-1 İçin Oluşturulan Simülasyon Modelindeki Gemilerin Bekleme Süreleri ve Bu Bekleme Sürelerinin Maliyetleri (15000 GRT'lik Bir Gemi İçin)

2023 Yılı	Gemilerin	Gemilerin	Boğaz	Boğaz Geçişi	Sistemde En
İstanbul Boğazı	Boğaz	Geçişleri İçin	Geçişleri İçin	İçin Gemilerin	Fazla Bekleme
Geçişleri İçin	Geçişleri İçin	Ortalama	Ortalama	En Az	Süresi (Saat)
Oluşturulan	Ortalama	Bekleme	Bekleme	Bekleme Süresi	
Simülasyon	Bekleme	Süreleri	Süreleri	(Saat)	
Modeli Verileri	Süreleri (Saat)	Sonucu Oluşan	Sonucu Oluşan		
		Maliyet (USD)	Maliyet (USD)		
Güneyden					
Kuzeye Geçen	5.9131	3695	3695	5.8238	6.0198
Gemiler İçin					
Kuzeyden					
Güneye Geçen	6.4122	4007	4007	6.2985	6.4624
Gemiler İçin					

Bu simülasyon modeli sonuçlarından bir diğeri ise; sistemde 2023 yılında geçiş yapan toplam 41308 adet geminin 22653 adedi İstanbul Boğazı'nı tercih ederken 18655 adedi Kanal İstanbul'u tercih etmiştir.

4.1.2.2 Senaryo-2

Oluşturulan bu senaryoda ise Kanal İstanbul'u tercih edecek olan gemilerin İstanbul Boğazı'na Kuzey veya Güney yönden yaklaştıklarında İstanbul Boğazı geçişi için demir sahalarında bekleyen gemi sayısının yirmiden fazla olduğunda (minimum yirmi bir) Kanal İstanbul'u tercih edeceği düşünülmüştür. Boğazın her iki yönlü trafiği için yaklaşan gemilerin ilgili demir sahasında yirmiden daha fazla gemi olduğunun bilgisini aldığı VTS Operatörleri tarafından Kanal İstanbul'a yani ücretli kanala yönlendirileceği düşünülmektedir. Yukarıda varsayımı düşünülen şartlar altında 2023 yılı İstanbul ve Kanal İstanbul gemi geçişleri için bir simülasyon modeli oluşturularak 365 gün süre ile 10 tekrar çalıştırılarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiş olup maliyet hesaplamaları yine 15000 GRT'lik bir gemi ölçüsüne göre hesaplanmıştır. Oluşturulan

bu senaryoda yine TBDDTY'ne uygun olarak İstanbul Boğazı gemi trafik yönü her 12 saatte bir Kuzey-Güney yönlü değiştirildiği düşünülmüştür.

Çizelge 4.7: Senaryo-2 İçin Oluşturulan Simülasyon Modelindeki Gemilerin Bekleme Süreleri ve Bu Bekleme Sürelerinin Maliyetleri (15000 GRT'lik Bir Gemi İçin)

2023 Yılı İstanbul Boğazı Geçişleri İçin Oluşturulan Simülasyon Modeli Verileri	Gemilerin Boğaz Geçişleri İçin Ortalama Bekleme Süreleri (Saat)	Gemilerin Boğaz Geçişleri İçin Ortalama Bekleme Süreleri Sonucu Oluşan Maliyet (USD)	Boğaz Geçiş İçin Gemilerin En Az Bekleme Süresi (Saat)	Sistemde En Fazla Bekleme Süresi (Saat)
Güneyden Kuzeye Geçen Gemiler İçin	9.7204	6075	9.4915	9.9418
Kuzeyden Güneye Geçen Gemiler İçin	10.6102	6631	10.3937	10.7165

Bu senaryonun sonuçları arasında 2023 yılında yukarıdaki kriterler eşliğinde İstanbul Boğazı ve Kanal İstanbul'dan toplam geçen gemi sayısı 41308 iken bu gemilerden 29701 adedi İstanbul Boğazı'nı tercih ederken 11607 adedi Kanal İstanbul'u tercih etmiştir.

4.1.2.3 Senaryo-3

Oluşturulan üçüncü senaryoda ise Kanal İstanbul'u tercih edecek olan gemilerin İstanbul Boğazına Kuzey veya Güney yönden yaklaştıklarında İstanbul Boğazı geçişi için demir sahalarında bekleyen gemi sayısının yine yirmiden fazla olduğu kabul edilmiştir. Senaryo-2'den farklı olarak İstanbul Boğaz trafiği için bağlayıcı olan Boğaz trafik yönünün her 12 saatte bir yön değiştirme kuralı 6 saate indirildiği varsayılarak simülasyon modeli oluşturulmuştur. Yine bu model de 2023 yılı 1 Ocak tarihli olarak 356 gün süre ile 10 tekrar çalıştırılarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Çizelge 4.8: Senaryo-3 İçin Oluşturulan Simülasyon Modelindeki Gemilerin Bekleme Süreleri ve Bu Bekleme Sürelerinin Maliyetleri (15000 GRT'lik Bir Gemi İçin)

2023 Yılı İstanbul Boğazı Geçişleri İçin Oluşturulan Simülasyon Modeli Verileri	Gemilerin			
	Gemilerin Boğaz Geçişleri İçin Ortalama Bekleme Süreleri (Saat)	Boğaz Geçişleri İçin Ortalama Bekleme Süreleri Sonucu Oluşan Maliyet (USD)	Boğaz Geçışı İçin Gemilerin En Az Bekleme Süresi (Saat)	Sistemde En Fazla Bekleme Süresi (Saat)
Güneyden Kuzeye Geçen Gemiler İçin	9.2613	5788	8.9783	9.5916
Kuzeyden Güneye Geçen Gemiler İçin	12.3461	7716	12.0953	12.6497

Senaryo sonuçları incelendiğinde bir yıl içerisinde senaryo şartları doğrultusunda 2023 yılında toplam iki su yolundan geçen gemi sayısı 42040 iken bu gemilerden 31170 adedi İstanbul Boğazı'nı tercih ederken 10870 gemi Kanal İstanbul'u tercih etmiştir.

4.1.2.4 Senaryo-4

Oluşturulan son senaryoda ise Kanal İstanbul'u tercih edecek olan gemilerin İstanbul Boğazına Kuzey veya Güney yönden yaklaştıklarında İstanbul Boğazı geçişi için demir sahalarında bekleyen gemi sayısının beşten fazla olduğunda (minimum altı) gemilerin Kanal İstanbul'u tercih edecekleri düşünülmüştür. Ayrıca yine İstanbul Boğaz trafiği için bağlayıcı olan Boğaz trafik yönünün her 12 saatte bir yön değiştirme kuralı geçerli kılınarak simülasyon modeli diğer tüm şartların aynı olduğu farz edilerek çalıştırılmış ve aşağıda sonuçların yer aldığı tabloya ulaşılmıştır.

Çizelge 4.9: Senaryo-4 İçin Oluşturulan Simülasyon Modelindeki Gemilerin Bekleme Süreleri ve Bu Bekleme Sürelerinin Maliyetleri (15000 GRT'lik Bir Gemi İçin)

2023 Yılı İstanbul Boğazı Geçişleri İçin Oluşturulan Simülasyon Modeli Verileri	Gemilerin Boğaz Geçişleri İçin Ortalama Bekleme Süreleri (Saat)	Gemilerin Boğaz			Sistemde En Fazla Bekleme Süresi (Saat)
		Geçişleri İçin Ortalama Bekleme Süreleri Sonucu Oluşan Maliyet (USD)	Boğaz Geçiş İçin Gemilerin En Az Bekleme Süresi (Saat)	Boğaz Geçiş İçin Gemilerin En Az Bekleme Süresi (Saat)	
Güneyden Kuzeye Geçen Gemiler İçin	3.5466	2216	3.5063	3.6023	
Kuzeyden Güneye Geçen Gemiler İçin	3.8108	2381	3.7463	3.8402	

Oluşturulan bu modelde İstanbul Boğazı'ndan geçen toplam gemi sayısı 19096 iken Kanal İstanbul'dan geçen gemi sayısı 22213 olarak hesaplanmıştır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Dünyadaki bütün sektörlerin gelişimine paralel olarak denizcilik ve yük taşıyan gemilerin de gelişen teknoloji ile gelişmelere uğradığı bir gerçektir. Hatta uzaktan kumanda edilebilen akıllı gemilerin denizcilik sektörüne dahil olması on yıllar bile almayacağı tahmin edilmektedir. Bu teknolojik yeniliklerin yanında İstanbul Boğazı gemi trafiğinin ve gemi sayısının yıllara oranla düşmesine rağmen gün geçtikçe daha tehlikeli olduğu bilinen bir gerçektir. Bu tehlikenin ilk sebebi İstanbul Boğazı'ndan geçen gemilerin boyutlarının her geçen yıl artma eğiliminde olmasıdır. Boğaz ve boğaza kıyısı olan yalılarının da içinde yer aldığı gemi kaza haberleri hemen hemen her yıl ana haber bültenlerine konu olmaktadır. İstanbul Boğazı'ndan geçiş yapan ultra ölçekteki gemilerin bu eşsiz ilimizin tarihi yapısını tehdidi her geçen gün artarak devam etmektedir. Ayrıca İstanbul Boğazı'ndan geçen gemilerin boyutlarının paralelinde taşıdıkları yük miktarları ve bu yüklerin tehlike dereceleri de her geçen gün artma eğilimindedir.

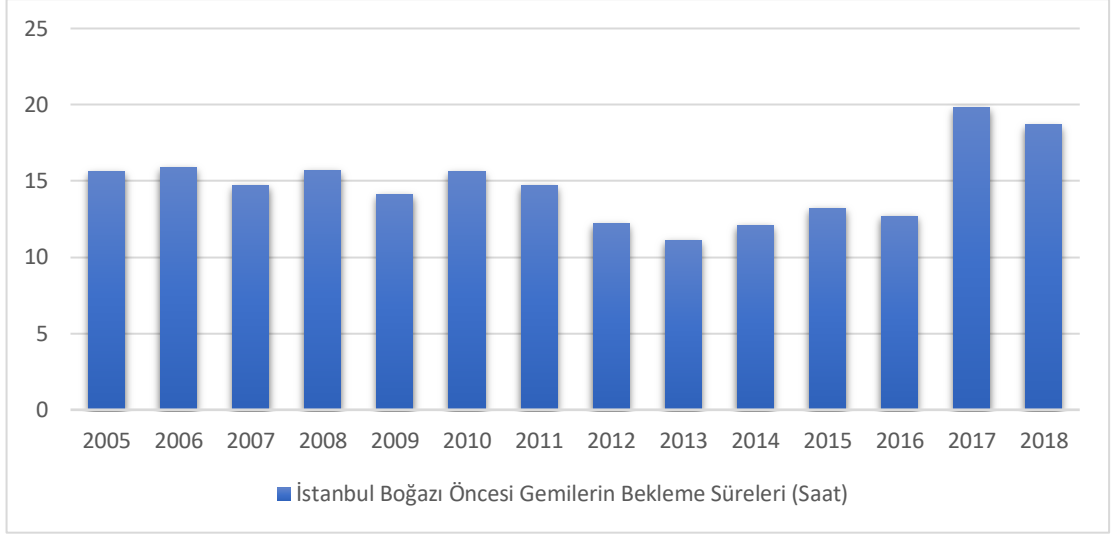
İstanbul Boğazı'nın Kuzey-Güney yönlü trafiğini oluşturan yukarıda sayılan olumsuzlukların yanında bir de yerel trafik olarak adlandırılan Doğu-Batı yönlü bir trafiğin varlığından söz etmek gerekir. Yaklaşık 15 milyon insanın yaşadığı bu metropol şehrin kent içi ulaşımını sırtlayan şehir hatları seferleri yukarıda bahsedilen Doğu-Batı yönlü trafiğin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Bu yatay trafik dikey olan ve bu teze konu olan Kuzey-Güney yönlü transit uluslararası gemi trafiğine tarihin her döneminde engel olmakta ve ciddi gemi kazalarının yaşanmasına sebebiyet vermektedir. Yatay trafiğin tek kaynağı İstanbul şehir hatları değildir, boğazda çalışan gezi tekneleri, balıkçı gemileri, römorkörler, hizmet gemileri, yelkenliler de bu trafik türüne dahil edilmektedir. Gemi trafiği İstanbul Boğazı'nı yatay ve dikey olarak meşgul eden ve gece gündüz sürekli dinamik bir yapıya sahip bir su yoludur. Ayrıca Asya ve Avrupa kıtalarını birleştiren ve Karadeniz'e kıyısı olan ülkelerin Akdeniz'e bağlayan tek geçiş güzergâhıdır.

Stratejik ve jeopolitik konumunun değeri tarihin hiçbir döneminde önemini yitirmeyecek olan bu doğal su yoluna alternatif bir kanal gerekliliği bu tez çalışmasına konu olmuştur. Bu konunun hedefinde ise ülkemizin en önemli şehri olan İstanbul'un tam ortasından geçen ve dünyanın da en önemli suyollarından biri konumunda olan İstanbul Boğazı'na alternatif yapılması planlanan Kanal İstanbul projesi ve projenin

gerekliliği yer almaktadır. Ayrıca Kanal İstanbul'un gemi trafiği açısından gerekliliği deneyimsel olarak değil nicel bir yöntem olan simülasyon programı ile modellenerek ispatlanmaya akışılacaktır.

Bu amaç doğrultusunda Rockwell Arena programı kullanılarak Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü'nden alınan İstanbul Boğazı gemi geçiş istatistik verileri ile simülasyon modelleri oluşturulmuştur. Oluşturulan ve Kanal İstanbul'un dahil edileceği diğer senaryo modellerinde sistemdeki ihmal edilen birçok faktörün varlığı unutulmamalıdır. Örneğin simülasyon modeline dahil edilmeyen ve gerçek sonuçları kesinlikle değiştirecek olan bazı durumlar ihmal edilmiştir. İhmal edilen durumlar arasında; Meteorolojik koşullar sebebi ile boğaz gemi trafiğinin kapatılma vakitleri, gemilerin manevra kabiliyeti açısından boğaz geçiş sürelerinin farklılığı, Kılavuz Kaptan alan gemileri için boğaz geçiş sürelerinin farklılığı, boğazdan geçen yüzer platformlar ve büyük tonajlı tehlikeli yük taşıyan gemiler için boğaz trafiğinin kapatılması vb. gibi. Oluşturulan ilk model 2018 yılı İstanbul Boğazı'ndan geçiş yapan gemilere ait verilerden faydalanılarak tasarlanmıştır. Bu modelin amacı; 2018 yılında İstanbul Boğazı'ndan geçiş yapan gemi sayısı ve yoğunluğunu simülasyon modeli sonuçları ile doğrulayabilmek ve yapılması planlanan Kanal İstanbul Projesi ile İstanbul Boğazı gemi trafiğini yine aynı program vasıtasıyla modellemeyebilmektir. 2018 yılı İstanbul Boğazı için oluşturulan ve Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü verilerinin işlendiği ilk model 365 gün süre ile 10 tekrar çalıştırılmış ve sonuçların doğruluğu güvenilirlik ve geçerlilik testleri ile ispatlanmıştır.

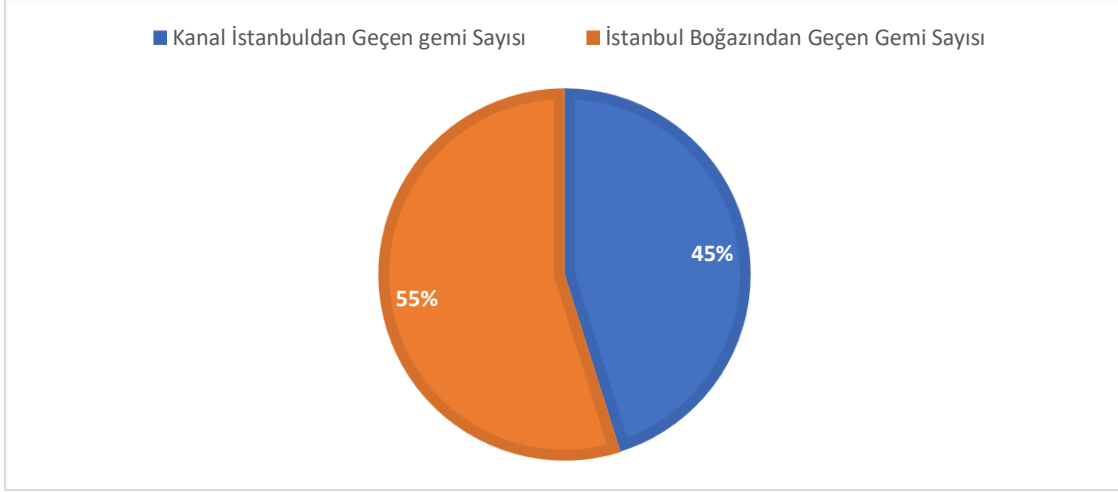
Model oluşturulurken güvenilirlik testi olarak İstanbul Boğazı'na giren gemilerin sistemden çıktığı ve geçiş sayılarının ve sürelerinin gerçek değerler ile bire bir örtüştüğü görülmüş ve sistemin doğru çalıştığının tespiti yapılmıştır. Oluşturulan bu simülasyon modelinden elde edilen ve asıl ulaşılmaya çalışılan sonuç ise gemilerin İstanbul Boğazı geçişi öncesi bekleme sürelerinin değişimidir. Simülasyon modeli sonuçlarına göre 2018 yılında İstanbul Boğazından geçmek için gemilerin ortalama bekleme süreleri ve Ulaştırma Bakanlığı 2007-2017 yılları arasındaki Boğaz geçişi için ortalama bekleme süreler Şekil 5.1'de belirtilmiştir.



Şekil 5.1: İstanbul Boğazı Öncesi Gemilerin Bekleme Süreleri (Saat)

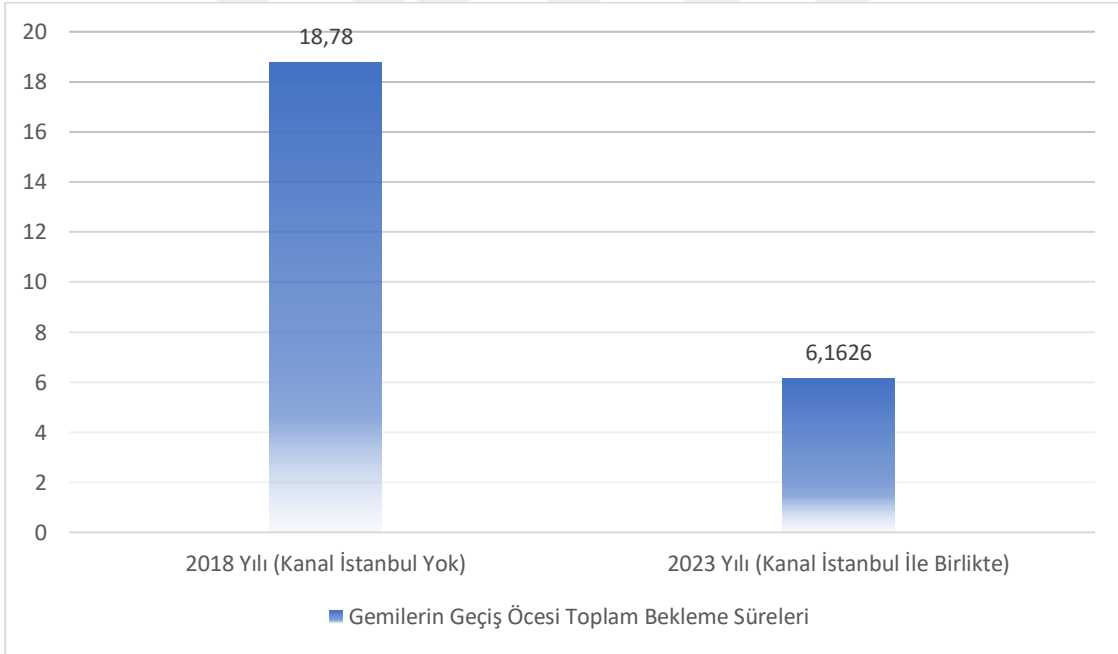
Doğruluğu ve geçerliliği test edilen bu ilk simülasyon modelinin ana hatları kullanılarak planlanan Kanal İstanbul Projesini modele dahil eden dört farklı senaryo oluşturulmuştur. Tasarlanan senaryolarda 2023 yılında Kanal İstanbul'un gemi trafiği için hizmete açılmış olduğu kabul edilmektedir. Oluşturulan bu senaryolarda ve bu tezin asıl amacı olan; Kanal İstanbul'un İstanbul Boğazı gemi trafiğini ne ölçüde etkileyeceği? Aynı zamanda Kanal İstanbul'un ülke ekonomisine ne oranda fayda sağlayacağı? Sorularının cevaplarına ulaşılmaya çalışılmıştır. Kuzey veya Güney yönlü geçiş yapma niyetinde olan gemilerin hangi durumlarda ücretli olan Kanal İstanbul'u tercih edecekleri değişkenlerinin analiz edildiği bu senaryolar ve sonuçları aşağıda sıralanmıştır;

Oluşturulan ilk senaryoda Karadeniz'den Marmara Denizi'ne ve Marmara Denizi'nden Karadeniz'e geçiş yapma niyetinde olan gemilerin Kanal İstanbul'u tercih edebilme kriteri olarak geçiş yapmak için sıra bekleyen gemi sayısının 10'dan fazla (Minimum on bir) olması durumu ile sınırlandırılmıştır. Yani Kuzeye veya Güneye transit geçiş niyetinde olan gemiler her iki yönde de on birden fazla gemi olması durumunda ücretli olan kanal İstanbul'u tercih edeceği düşünülmüştür. 2018 yılı verileri ile hazırlanan simülasyon modeline Kanal İstanbul alternatifi ve yukarıda belirlenen kısıt dahil edilerek bu senaryo için bir simülasyon modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan bu model Kanal İstanbul için bitirilmiş olması planlanan 01.01.2023 – 31.12.2023 tarihleri arasında 10 tekrar olarak çalıştırılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;



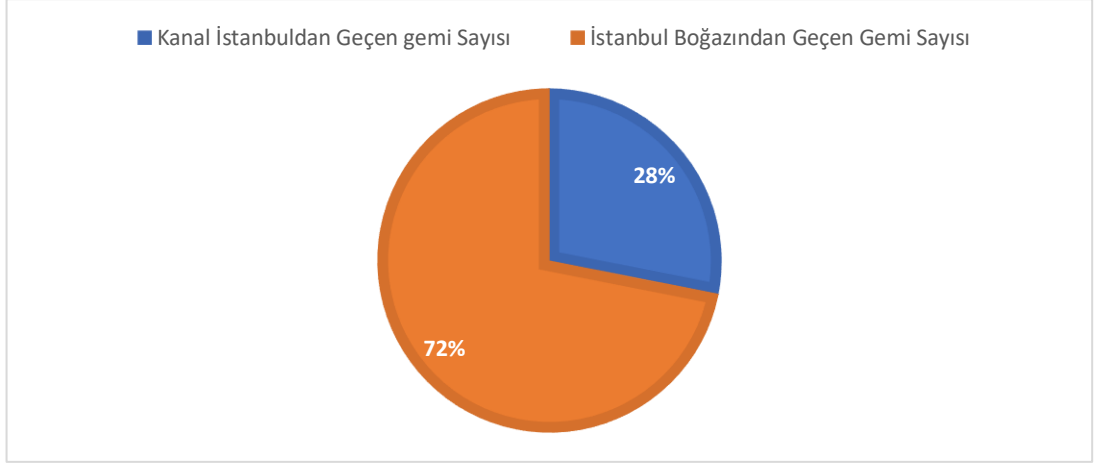
Şekil 5.2: Senaryo -1 Kanal İstanbul ve İstanbul Boğazından Geçen Gemi Sayıları

Ayrıca hedeflenen ikinci sonuç olan boğaz geçişi için ortalama bekleme sürelerinin ise Şekil 5.3'teki gibi sonuçlandığı görülmüştür.



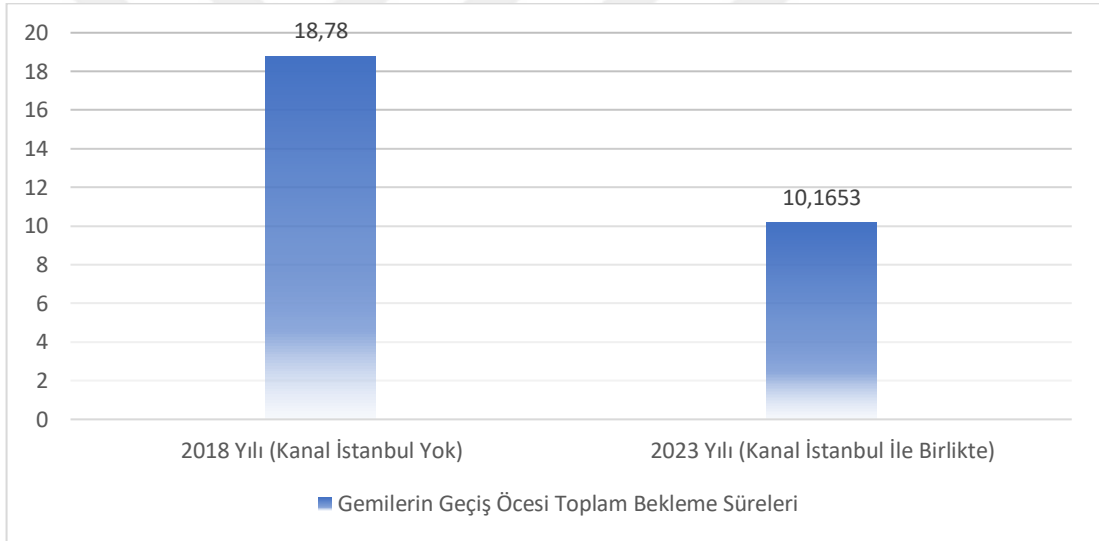
Şekil 5.3: Senaryo -1 için Gemilerin Geçiş Öcesi Toplam Bekleme Süreleri

İkinci senaryoda ise değişkenin aynı kriter seçildiği bir yol izlenmiş ve bu defa Kanal İstanbul'dan geçiş şartı olarak boğaz geçiş niyetinde olan Kuzey ve Güney yönlü gemilerin İstanbul Boğazı veya Kanal İstanbul'dan geçiş için bekleyen gemi sayısının yirmi olduğu kabul edilmiştir. Diğer bütün şartların aynı olduğu model yine aynı tarih aralığında çalıştırılarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.



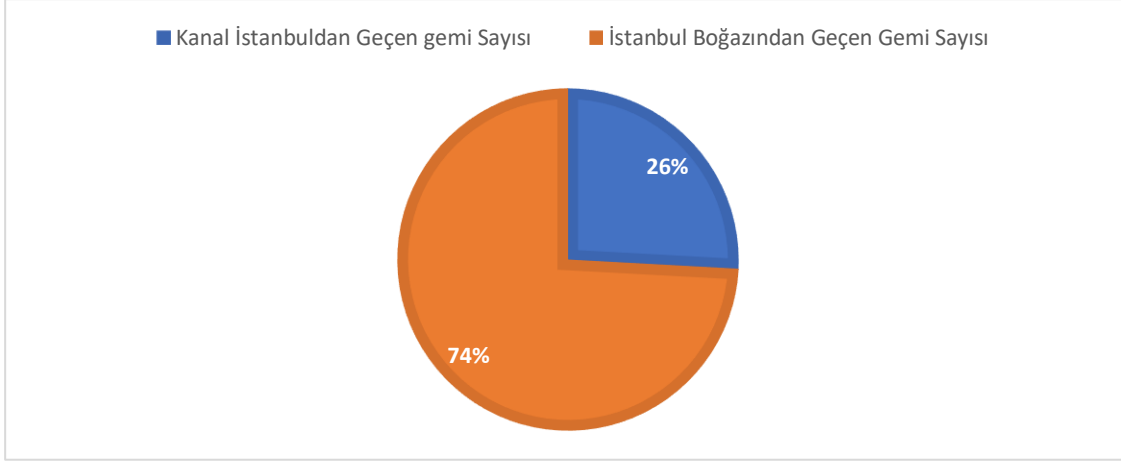
Şekil 5.4: Senaryo -2 Kanal İstanbul ve İstanbul Boğazından Geçen Gemi Sayıları

Ayrıca model gemilerin Kanal İstanbul ve İstanbul Boğazlarından geçebilmek için ortalama bekleme süreleri ise Şekil 5.5'te belirtilmektedir.



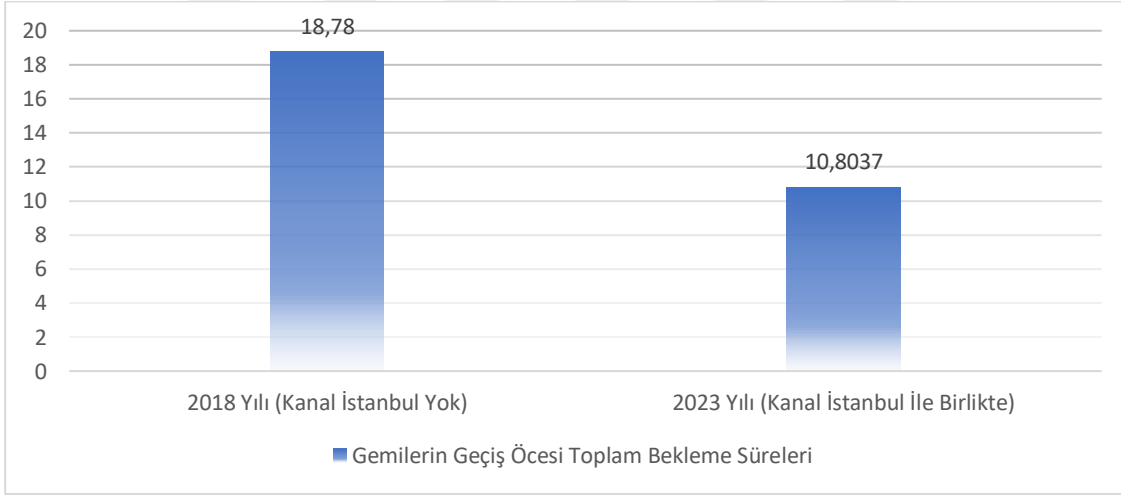
Şekil 5.5: Senaryo -2 için Gemilerin Geçiş Öcesi Toplam Bekleme Süreleri

Bir sonraki senaryoda ikinci senaryo için kriter olarak belirlenen, Boğaz geçiş niyetinde olan Kuzey ve Güney yönlü gemilerin İstanbul Boğazı veya Kanal İstanbul'dan geçiş için bekleyen gemi sayısının yirmi olduğu kısıntısına ek olarak Türk Boğazları Deniz Trafik Düzenlemeleri Yönetmeliği'nde belirtilen ve uygulanmakta olan İstanbul Boğazı gemi akış yönünün her 12 saatte bir değiştirilmesi kuralı 6 saat olarak belirlenmiştir. Bu senaryo için oluşturulan simülasyon modeli yine 01.01.2023 tarihinde başlatılarak 365 gün ve 10 tekrar olarak çalıştırılarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;



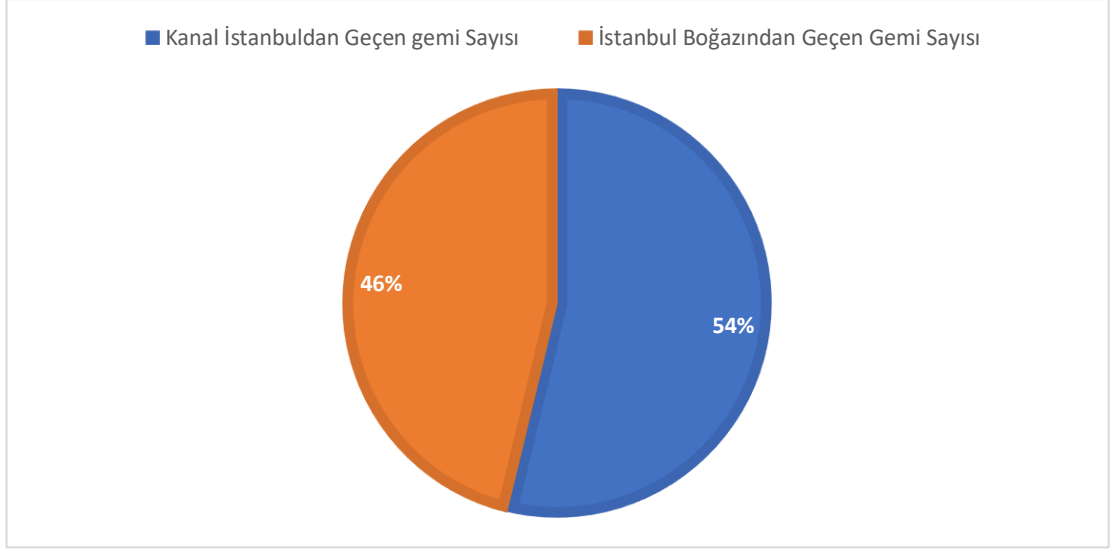
Şekil 5.6: Senaryo -3 Kanal İstanbul ve İstanbul Boğazından Geçen Gemi Sayıları

Geçiş yapma niyetinde olan gemilerin her iki su yolundan geçmek için bekleme süreleri ise Şekil 5.7’de verilmektedir.

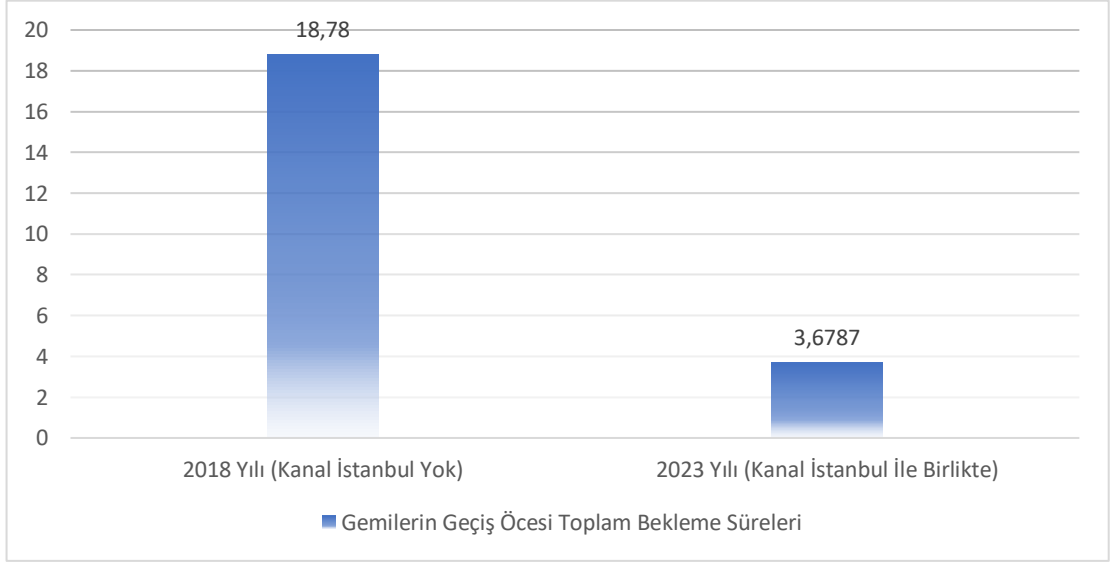


Şekil 5.7: Senaryo -3 için Gemilerin Geçiş Öcesi Toplam Bekleme Süreleri

Dördüncü ve en son kurgulanan simülasyon modelinde ise her iki su yolundan geçiş yapma niyetinde olan gemilerin Kuzey veya Güney bekleme sahalarındaki gemi sayısının beşten fazla (Minimum altı) olduğu durumlarda Kanal İstanbul’u tercih edeceği düşünülmüştür. Ancak gemi akış yönünün olağan değeri 12 saat sabit bırakılarak senaryo kurgulanmıştır. 2023 yılı boyunca 365 gün 10 tekrar ile bu modelde çalıştırılmış ve Şekil 5.8 ve Şekil 5.9’daki sonuçlara ulaşılmıştır.



Şekil 5.8: Senaryo -4 Kanal İstanbul ve İstanbul Boğazından Geçen Gemi Sayıları



Şekil 5.9: Senaryo-4 için Gemilerin Geçiş Öcesi Toplam Bekleme Süreleri

Oluşturulan bu senaryo sonuçlarına göre; İstanbul Boğazı gemi trafiğinin en az olduğu ve Kanal İstanbul trafiğinin en yoğun olduğu modelin dördüncü model olduğu görülmektedir. Dördüncü model için bir finansal hesap yapmak gerekir ise; 2023 yılında Kanal İstanbul'u tercih eden 22213 geminin Türkiye Cumhuriyeti Devleti'ne getirisi;

(Gemilerin ortalama bekleme süresi) * (Saatlik Maliyet) * (Yılda Geçen gemi sayısı)

Gemilerin 2023 yılında ödeyeceği ücret = (18,78 – 3,67) * (625) *(22213)

Gemilerin 2023 yılında ödeyeceği ücret = 209.774.018 USD olarak hesaplanmıştır.

Yapılan analizler sonucunda Kanal İstanbul Projesi'nin Gemi trafiği açısından değerlendirilmiş ve projenin İstanbul Boğazı gemi trafiğini çok ciddi ölçüde azaltacağı ve bunun paralelinde İstanbul Boğazı'ndaki geçmiş yıllardaki yaşanmış gemi kazalarının ve ciddi evre felaketlerinin önemli ölçüde azaltabileceği sonucuna varılmıştır. Ancak Dünya üzerinde çalışmanın ikinci bölümünde detaylı bir şekilde incelenen diğer yapay su yolları ile Kanal İstanbul projesinin finansal getirisi kıyaslandığında ülke ekonomisine diğer yapay su yollarının katkısı kadar katkı sağlayamayacağı sonucuna ulaşılmıştır.



KAYNAKLAR

- [1] E. Köse, E. Başar, E. Demirci, A. Güneroğlu, and Ş. Erkebay, Simulation of marine traffic in Istanbul Strait, *Simul. Model. Pract. Theory*, vol. 11, (2003) 597–608.
- [2] E. Gül Emecen, Marmara Bölgesi Limanlarının Çok Kanallı Kuyru Teorisiyle Talep Ve İşletme Yönetim Modelin Geliştirilmesi, İstanbul Üniversitesi, Doktora Tezi, (2004) 57-78.
- [3] A.A. Özhan, Investigation of the transit maritime traffic in the strait of Istanbul through simulation modeling and scenario analysis, Boğaziçi Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, (2006) 85-114.
- [4] K. Aydın, İstanbul Deniz Otobüsü Seferlerinin Simülasyon Yardımıyla Planlanması, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, (2007) 70-83.
- [5] B. Tozar, Türk Boğazlarında Tehlikeli Yük Taşıyan Gemi Trafığı ve Denizel Çevrenin Korunma Önlemlerinin İncelenmesi, İstanbul Üniversitesi, Doktora Tezi, (2008) 83-136.
- [6] C. Atasoy, İstanbul Boğazında yerel trafiğin incelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, (2008) 10-44.
- [7] B.Özbaş, Risk analysis study of maritime traffic in the strait of İstanbul, Boğaziçi Üniversitesi, Doktora Tezi, (2010) 31-58.
- [8] I. Baş, Statistical Analysis of maritime activities and accidents in the strait of İstanbul, Boğaziçi Üniversitesi, Doktora Tezi, (2010) 23-41.
- [9] Ş. Özlem, Simulation of the vessel traffic in the strait of İstanbul, Boğaziçi Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, (2008) 10-35.
- [10] C. Arango, P. Cortés, J. Muñuzuri, and L. Onieva, Berth allocation planning in Seville inland port by simulation and optimisation, *Adv. Eng. Informatics*, vol. 25, (2011) 452–461.
- [11] N. J. Ece, İstanbul Bogazi'nda Meydana Gelen Deniz Kazalarının İncelenmesi ve Analizi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Derg.*, vol. 3, no. 2, pp. , (2011) 37–59.

- [12] P. A. M. Silveira, A. P. Teixeira, and C. G. Soares, Use of AIS data to characterise marine traffic patterns and ship collision risk off the coast of Portugal, *J. Navig.*, vol. 66, no. 6, pp. , (2013) 879–898.
- [13] A. Viran, İstanbul Boğazı Yoğun Trafik Bölgesinin (Güney Bölgesi) otomatik tanımlama sistemi tabanlı risk haritasının çıkarılması, İstanbul Tek. Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, (2014) 15-38.
- [14] O. Arslan , İstanbul ve Çanakkale Boğazı ’ndan geçiş yapan gemi sayısının trend analizi ile değerlendirilmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, (2014) 34-75.
- [15] T. Altan, Marmara Denizi trafik akışı ve trafik düzeninin analizi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, (2014) 44-72.
- [16] Ö. Kesici, İstanbul Boğazına alternatif bir su yolu olarak Kanal İstanbulun Montreux Sözleşmesi bağlamında değerlendirilmesi, Yalova Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, (2015) 76-89.
- [17] Y. C. Altan, Analysis and modeling of maritime traffic and ship collision in the strait of İstanbul based on automatic vessel tracking system, Boğaziçi Üniversitesi, Doktora Tezi, (2017) 23-39.
- [18] A. Şahin, Kanal İstanbul projesi ve uluslararası ticarete etkisi, İstanbul Gedik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, (2017) 39-70.
- [19] M. Çınar, Yapay suyollarının uluslararası hukuk bakımından incelenmesi ve Kanal İstanbul projesi, Dumlupınar Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, (2018) 87-111.
- [20] B. Rahimikelarijani, A. Abedi, M. Hamidi, and J. Cho, Simulation modeling of Houston Ship Channel vessel traffic for optimal closure scheduling, *Simul. Model. Pract. Theory*, vol. 80, no. June, pp. , (2018) 89–103.
- [21] N. Taşlıgil, İstanbul Boğazının ulaşım coğrafyası açısından önemi, *Marmara Coğrafyası Derg.*, vol. 10, (2004).
- [22] B. Koldemir, İstanbul Boğaz trafiğinde seyir güvenliği sorunu olan bölgeleri belirlenmesi için bir yöntem, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilim. Derg., vol. 12, no. 1, pp. (2004) 51–57.

- [23] İstanbulBoğazı akıntıları, <http://www.denizcigunlugu.com/2016/07/istanbul-bogazi-akintilari.html>, 2019.
- [24] DTGM, Deniz Ticareti 2017 İstatistikleri, pp. (2017) 1–114.
- [25] İstanbul L. Başkanlığı, “İstanbul Liman Başkanlığı Yerel Deniz Trafığı Rehberi. <http://www.vts.org.tr/wp-content/uploads/yereltrafikrehberi.pdf>, 2019
- [26] TBGTH Yönetmeliği, Türk Boğazları Deniz Trafik Düzeni Yönetmeliği, <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/21.5.1426.pdf>, 2019.
- [27] Türk boğazlarının görünmez kahramanları, <https://denizkartali.com/turk-bogazlarinin-gorunmez-kahramanlari.html>, 2019.
- [28] Kanal İstanbul nedir ve Kanal İstanbul Projesi hakkında bilmeniz gereken 5 şey, <https://onedio.com/haber/kanal-istanbul-nedir-kanal-istanbul-projesi-hakkinda-bilmeniz-gereken-tum-detaylar-809002>, 2019
- [29] Kanal İstanbul 2019 Yılında Başlayacak, <http://haber.tuvimer.com/kanal-istanbul-2019-yilinda-baslayacak/>, 2019.
- [30] I. Haber, Kanal İstanbul haritasına bakın güzergahında dikkat çeken 2 yer, <https://www.internethaber.com/kanal-istanbul-haritasina-bakin-guzergahinda-dikkat-ceken-2-yer-foto-galerisi-1839224.htm>, 2018.
- [31] Çılgın Proje’den yılda 8 milyar dolar gelir elde edilecek, <https://www.turkiyegazetesi.com.tr/ekonomi/536696.aspx>., 2019
- [32] Z. Koday, Dünyadaki Bazı Önemli Boğazlar ile Kanalların Coğrafi Özellikleri ve Jeopolitik Önemleri The Important Canals and Straits Around The World, vol. 21, no. 3, pp. (2017) 879–910.
- [33] D. Bediz, Süveyş Kanalının Önemi, Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Derg., 2018.
- [34] Süveyş Kanalı, https://www.turkcebilgi.com/süveyş_kanalı, 2019.
- [35] Korint, Süveyş, Panama, <http://www.mimdap.org/?p=58503>, 2019.
- [36] Panama Kanalı, <https://www.biyografi.info/bilgi/panama-kanali>, 2019.

- [37] Başarısız proje örneği Panama Kanalı, <https://www.insaatofis.com/basarisiz-proje-ornegi-panama-kanali.html>, 2019.
- [38] Mühendislik harikası Panama Kanalı, <http://www.belgetv.com/bir-muhendislik-harikasi-panama-kanali-video487.html>, 2019.
- [39] Gemilerin Korint Kanalı'ndan geçişi yasaklandı, <https://www.virahaber.com/gemilerin-korint-kanalindan-gecisi-yasaklandi-47333h.htm>, 2019.
- [40] Korint Kanalı Nerede, Özellikleri, Kim Yaptı, <https://gezirehberin.net/yunanistan/korint-kanali/>, 2019.
- [41] Kiel Kanalı Nerededir, Bilgiustam, <https://www.bilgiustam.com/kiel-kanali-nerededir/>, 2019.
- [42] B. Polat, Monte Carlo simülasyon analizinin güç fonksiyonları ile belirlenmesi ve BİST-100 üzerine bir uygulama, Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, (2015)
- [43] Simülasyon Nedir, <https://www.birendustrimuhendisi.com/simulasyon-nedir/>, 2019.
- [44] H. Sarıaslan, Sıra bekleme sistemlerinde simülasyon tekniği, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Fakültesi ve Basın- Yayın ve Yüksekokulu Basımevi, Ankara, (1986).
- [45] A. Maria, Introduction to modeling and simulation, Winter Simul. Conf. Proc., pp. (1997) 7–13.
- [46] A. Sözen, Hız kesicilerin trafik yüklemesi altındaki dinamik simülasyonu, Süleyman Demirel Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 2007 (38-46).
- [47] Simülasyon'da Sistem, <https://blog.industryolog.com/simulasyonda-sistem/>, 2019.
- [48] J. E. R. and S. Leavengood, Simulating a Manufacturing System: An Introduction, Simulation, no. October, 2003.

- [49] Simülasyon Teknolojilerinin Günlük Hayattaki Kullanım Alanları, [https://magg4.com/simulasyon-teknolojilerinin-gunluk-hayattaki-kullanim-
alanlari/](https://magg4.com/simulasyon-teknolojilerinin-gunluk-hayattaki-kullanim-alanlari/),2019.
- [50] M. E. Bağ, Bir tekstil fabrikasında simülasyon uygulaması, J. Int. Manag. Educ. Econ. Perspect., vol. 4, no. 1, pp. (2016) 31–37.
- [51] Gemilerin zaman esaslı kiralama bedellerinin güncel olarak hesaplanması, [https://www.hellenicshippingnews.com/category/report-analysis/weekly-
tanker-time-charter-estimates/page/3/](https://www.hellenicshippingnews.com/category/report-analysis/weekly-tanker-time-charter-estimates/page/3/), 2019.





ÖZGEÇMİŞ



Adı Soyadı : Mustafa DURAK
Doğum Yeri ve Tarihi : Akçadağ / 22.07.1983
E-Posta : mustafa.durak@yaloa.edu.tr
Lisans : Karadeniz Teknik Üniversitesi
Deniz Bilimleri Fakültesi Deniz Ulaştırma
İşletme Mühendisliği

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR

Durak M., Sabuncu İ., “Kanal İstanbul Projesinin Ülkemiz İçin Önemi ve İstanbul Boğazı Gemi Trafikine Etkisinin Simülasyon Yöntemi ile Analizi”. 3. Ulaştırma ve Lojistik Ulusal Kongresi, Gaziantep-Türkiye, 28-29 Kasım 2019.