



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ULUSLARARASI TİCARET VE LOJİSTİK ANABİLİM DALI

**TÜRKİYE-FRANSA MERMER İHRACATINDA OPTİMAL ROTANIN
ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Melih ÇELİK

TEZ DANIŞMANI
DR. ÖĞR. ÜYESİ YASİN GÜLTEKİN

Çanakkale – 2022



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ULUSLARARASI TİCARET VE LOJİSTİK ANABİLİM DALI

**TÜRKİYE-FRANSA MERMER İHRACATINDA OPTİMAL ROTANIN ÇOK
KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MELİH ÇELİK

Tez Danışmanı

DR. ÖĞR. ÜYESİ YASİN GÜLTEKİN

ÇANAKKALE-2022



T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



Melih ÇELİK tarafından Dr.Öğr.Üyesi Yasin GÜLTEKİN yönetiminde hazırlanan ve **26/08/2022** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Türkiye-Fransa Mermer İhracatında Optimal Rotanın Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Belirlenmesi**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Dr.Öğr.Üyesi Yasin GÜLTEKİN

.....

(Danışman)

Dr.Öğr.Üyesi Burcu MESTAV

.....

Dr.Öğr.Üyesi Serkan ÖZTÜRK

.....

Tez No : 10490080

Tez Savunma Tarihi : 26/08/2022

.....

Doç. Dr. Yener PAZARCIK

Enstitü Müdürü

26/08/2022

ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

Melih ÇELİK

26/08/2022

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve tez sürecinde her zaman yanımda olan desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, bilgi birikimi ve manevi desteğiyle çalışmama büyük katkılar sağlayan başta danışmanım hocam Sayın Dr.Öğr.Üyesi Yasin GÜLTEKİN'e, tezimin geliştirilmesinde yönlendirmeleriyle destek olan değerli jüri üyeleri Dr.Öğr.Üyesi Burcu MESTAV ve Dr.Öğr.Üyesi Serkan ÖZTÜRK'e saha uygulama aşamasında verilerin toplanabilmesi için gerekli yardımları sağlayan şirket yöneticilerine ve akademisyenlere içten dileklerle teşekkür ederim.

Tanıştığımız günden bu yana her daim aldığım kararlara saygı duyarak tüm inancıyla beni destekleyen, sürekli yanımda olan sevgili eşim Meryem Gülce ÇELİK'e ve aileme teşekkürlerimi sunarım.

Melih Çelik
Çanakkale,Ağustos2022

ÖZET

TÜRKİYE-FRANSA MERMER İHRACATINDA OPTİMAL ROTANIN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ

Melih ÇELİK

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Yasin GÜLTEKİN

26/08/2022, 150

Küreselleşmenin etkisi ve tüketicilerin tercihleri doğrultusunda talep edilen ürünlerdeki artış ticaret hacimlerini arttırmış ve küresel ticaretin olmazsa olmazı taşımacılık sektörü üzerinden yük oluşturmuştur. Artan talebe karşılık vermek amacıyla taşımacılık sektörü sürekli kendini geliştirmeye, yeni çözümler üretmeye ve verimliliğini arttırmaya odaklanmıştır. Optimal taşıma rotaları üzerinden taşımacılık operasyonlarını gerçekleştirmek bu anlamda büyük öneme sahiptir.

Bu çalışmada, Türkiye-Fransa mermer ihracatında optimal rota Analitik Hiyerarşi Prosesi (Analytical Hierarchy Process-AHP) ve İdeal Çözüme Benzerlik Bakımından Sıralama Performansı Tekniği (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution-TOPSIS) çok kriterli karar verme yöntemleri bütünleşik kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır.

İlk olarak literatür taranarak rota seçimini etkileyen kriterlerden en çok üzerinde durulan ve üzerine bilimsel çalışmalar gerçekleştirilen 6 ana ve 18 alt olmak üzere 24 kriter belirlenmiştir. Belirlenen kriterler lojistik sektöründe taşımacılık hizmeti sağlayan şirket yöneticileri, operasyon uzmanları ve alanında uzman akademisyenlerin oluşturduğu gruba sunulmuş ve kriterler son haline getirilmiştir. AHP temelinde kullanılacak ikili karar matrisleri

yine aynı grup üzerinde uygulanmıştır. Super Decision programı kullanılarak hiyerarşik yapı oluşturulmuş ve kriter ağırlıkları elde edilmiştir.

Sektörde Afyon-Lyon noktaları arasında taşımacılık hizmeti sağlayan işletmelerden günümüzde de kullanılan 5 farklı rotanın maliyet ve transit süre bilgileri elde edilmiştir. EcoTransIT emisyon hesaplama aracıyla rotaların emisyon analizi yapılmıştır. TOPSIS yöntemiyle yine aynı lojistik uzmanlarınca değerlendirilen 5 rota AHP yöntemiyle elde edilen kriter ağırlıklarıyla beraber analiz edilmiş ve söz konusu iki nokta arasında optimal taşıma rotası belirlenmeye çalışılmıştır.

Analizler sonucunda denizyolu+iç su yolu intermodal taşımacılık rotası diğer alternatiflere göre sahip olduğu düşük maliyetin yanı sıra kısmen transit süre ve düşük emisyon değerleri avantajıyla Afyon-Lyon plaka mermer taşınmasında optimal rota olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Taşımacılık, Mod Seçimi, Optimal Rota

ABSTRACT

DETERMINATION OF OPTIMAL TRANSPORT ROUTE AT EXPORT OF MARBLE OF TURKEY TO FRANCE THROUGH MULTI-CRITERIA DECISION MAKING METHODS

Melih ÇELİK

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Department of International Trade and Logistics Master Thesis

Advisor: Dr. Öğr. Üyesi Yasin GÜLTEKİN

26/08/2022, 150

Because of the globalization and consumer behaviour, rising demanded products have increased trade volume and this situation put a pressure on transportation sector which is indispensable part of global trade. In order to meet the constantly rising demand, transportation sector has concentrate on improving itself and its efficiency as well as trying to find a novel solution. In this sense, operating a transport operations through optimal transportation routes has great importance.

In this study, the optimal transportation route at export of marble From Turkey to France has been tried to determine through combination of Analytical Hierarchy Process (AHP) and Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) multi criteria decision making methods.

Firstly, by reviewing the literature, 6 main and 18 sub-criteria which are mentioned most and take part in most of the studies has been determined. To get expert opinions, these criterias was submit to the groups consisting of logistics companies manager, operation executives and scholar. Paired comparisons matrixs which are used on the basis of AHP method was filled out by the same group. By using Super Decision program, hierarchy structure of the decision has been made and criterias weight was calculated.

5 different transportation routes' cost and transit time information- which are still used- has been collected from the companies providing service between Afyon and Lyon. Analyze of these 5 routes emission has been done with tools of emission calculator named EcoTransIT. By using criterias weight found in the AHP method, 5 transportation routes which was assessed with the same group has been analyzed with TOPSIS method to determine the most appropriate one.

After the analysis, when the compared the other alternatives, sea+ inland water way intermodal transportation routes was selected the optimal transportation route thanks to its cost and a little transit time and emission values.

Key Words: Transportation, Determination of Transportation Route, Optimal Route

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
JÜRİ ONAY SAYFASI	i
ETİK BEYAN	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
TABLolar DİZİNİ.....	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xv
GRAFİKLER DİZİNİ	xvi

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

İKİNCİ BÖLÜM

KURAMSAL ÇERÇEVE VE ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Lojistik Kavramı.....	3
2.2.1. Karayolu Taşımacılığı	6
2.2.2. Denizyolu Taşımacılığı	7
2.2.3. Havayolu Taşımacılığı.....	8
2.2.4. Demiryolu Taşımacılığı.....	8
2.2.5. İç suyolu Taşımacılığı	10
2.2.6. Boru Hattı Taşımacılığı	10
2.2.7. Çokmodlu (Multimodal) Taşımacılık.....	11
2.2.8. Modlarası (İntermodal) Taşımacılık.....	11
2.2.9. Kombine (Combine) Taşımacılık.....	12

2.2. Optimal Taşıma Modu Belirlemenin Önemi	13
2.3. Optimal Taşıma Modu Seçimini Etkileyen Faktörler	15
2.3.1. Maliyet Faktörü	16
2.3.2. Taşıma Süresi	19
2.3.3. Çevre Faktörü	19
2.3.4. Güvenilirlik Faktörü	21
2.3.5. Güvenlik Faktörü	21
2.3.6. Ürün Özellikleri Faktörü	22
2.3.7. Esneklik Faktörü	23
2.4. Dünyada Taşımacılık	23
2.5. Türkiye’de Taşımacılık	37
2.6. Fransa’da Taşımacılık	50
2.7. Mermer	53
2.7.1. Dünya’da Mermer	55
2.7.2. Türkiye’de Mermer	58
2.7.3. Fransa’da Mermer	61
2.8. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi	62
2.8.1. Çok Kriterli Karar Verme Yönteminin Kullanıldığı Alanlar	62
2.8.2. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri	63
2.9. Yeşil Lojistik ve Rota Emisyon Analizi	72
2.9.1. Yeşil Lojistik	72
2.9.2. Rota Emisyon Analizi	75
2.10. Önceki Çalışmalar	88

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA METODOLOJİSİ

3.1. Amaç	97
3.2. Yöntem	98
3.3. Veri Toplama Süreci ve Verilerin Analizi	99

3.4. Kapsam ve Varsayımlar.....	100
3.5. Kriter ve Rotaların Belirlenmesi.....	102
3.5.1. Kriterlerin Belirlenmesi.....	102
3.5.2. Rotaların Belirlenmesi.....	105
3.5.3. Rotaların Maliyet ve Transit Süre Analizi.....	109
3.5.4. Rotaların Emisyon Analizi.....	110

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. AHP Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi.....	114
4.2. TOPSİS Yöntemi ile Optimal Rotanın Belirlenmesi.....	127

BEŞİNCİ BÖLÜM TARTIŞMA VE YORUM

5.1. Sonuç ve Öneriler.....	133
-----------------------------	-----

KAYNAKÇA.....	137
---------------	-----

EKLER.....	I
------------	---

SİMGELER VE KISALTMALAR

Co2	Karbondioksit
EUROSTAT	Avrupa Birliği İstatistik Kurumu
INSEEFR	Fransa İstatistik Kurumu
T	TON
MTON	Metrik Ton
TEU	Twenty Equivalent Unit
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UNCTAD	Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı
OECD	Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
FIATA	Uluslararası Taşıma İşleri Organizatörleri Dernekleri Federasyonu
GSYH	Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
AHP	Analitik Hiyerarşı Prosesi
TOPSIS	İdeal Çözüme Benzerlikle Tercih Düzeni Tekniği

TABLULAR DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1	Taşıma modlarının karşılaştırılması	6
Tablo 2	Lojistik maliyetler	17
Tablo 3	Taşımacılık modlarına göre sabit ve değişken maliyetler	18
Tablo 4	2016-2021 yılları arasında ABD'nin taşımacılık modlarına göre uluslararası ticareti (milyar \$)	27
Tablo 5	2013-2021 yılları arasında Türkiye'nin yıllara göre dış ticareti	40
Tablo 6	2013-2021 yılları arasında Taşıma şekillerine göre Türkiye ihracatı (bin \$)	41
Tablo 7	2013-2021 yılları arasında Taşıma şekillerine göre Türkiye ithalatı	41
Tablo 8	2007-2018 yılları arasında Türkiye'nin lojistik performans endeksi	47
Tablo 9	2017-2021 yılları arasında Fransa'nın ihracat-ithalat değerleri (milyon euro)	50
Tablo 10	2017-2021 yılları arasında Taşıma modlarına göre AB Dışı Fransa ihracatı (milyon euro)	50
Tablo 11	2017-2021 yılları arasında Taşıma modlarına göre AB Dışı Fransa ithalatı (milyon euro)	51
Tablo 12	2007-2018 yılları arasında Fransa'nın lojistik performans endeksi	52
Tablo 13	2017-2021 yılları arasında Dünya blok mermer ihracatı (bin/ton) (GTIP 251512)	55
Tablo 14	2017-2021 yılları arasında Dünya blok mermer ithalatı (bin/ton)	55
Tablo 15	2017-2021 yılları arasında Dünya plaka mermer ihracatı (bin \$) (GTIP 680221)	56
Tablo 16	2017-2021 yılları arasında Dünya plaka mermer ithalatı (bin\$)	57

Tablo 17	2010-2020 yılları arasında madencilik ve taş ocakçılığının GSYH içindeki payı	58
Tablo 18	2016-2020 yılları arasında Türkiye'nin blok mermer ihraç ettiği 5 ülke (bin\$)	58
Tablo 19	2017-2021 yılları arasında Türkiye'nin plaka mermer ihraç ettiği 5 ülke (bin\$)	59
Tablo 20	2017-2021 yılları arasında Fransa'nın plaka mermer ithal ettiği 5 ülke (bin \$)	60
Tablo 21	İkili karşılaştırmada yönteminde kullanılan önem ölçeği	65
Tablo 22	Rassallık değer indeksi tablosu	67
Tablo 23	Karayolu sürtünme katsayıları	79
Tablo 24	Tır çeşitlerinin ölçüleri ve ağırlıkları	80
Tablo 25	Yük tiplerine göre istif, boş tur ve kapasite kullanım oranları	80
Tablo 26	Demiryolu sürtünme katsayıları	81
Tablo 27	Tren çeşitlerinin ölçüleri ve ağırlıkları	82
Tablo 28	Konteyner istif, boş tur ve kapasite kullanım oranları	83
Tablo 29	Havaalanı boyutlarına göre mesafeler	83
Tablo 30	Uçak tipleri ve özellikleri	84
Tablo 31	Veri hesaplamak için taşıma türü varsayımları	87
Tablo 32	Önceki çalışmalar	93
Tablo 33	Ana ve alt kriterler	102
Tablo 34	Rotaların maliyet, transit süre ve emisyon rakamları	107
Tablo 35	Rota 1 Afyon-Lyon Karayolu emisyon Analizi	108
Tablo 36	Rota 2 Ro-Ro + Karayolu emisyon analizi	108
Tablo 37	Rota 3 Ro-Ro+Demiryolu emisyon analizi	109
Tablo 38	Rota 4 Denizyolu+Karayolu emisyon analizi	110

Tablo 39	Rota 5 Denizyolu + İçsuyolu emisyon Analizi	110
Tablo 40	Ana kriterlerin karar matrisi	113
Tablo 41	Ana ve alt kriterlerin kriter ağırlıkları ve tutarlılık oranı	113
Tablo 42	Maliyet alt kriteri karar matrisi	115
Tablo 43	Maliyet alt kriterlerinin kriter ağırlıkları ve tutarlılık oranı	115
Tablo 44	Hız alt kriterlerinin karar matrisi	117
Tablo 45	Hız alt kriterlerinin kriter ağırlıkları ve tutarlılık oranı	117
Tablo 46	Çevre alt kriterlerinin karar matrisi	118
Tablo 47	Çevre alt kriterlerinin kriter ağırlıkları ve tutarlılık oranı	118
Tablo 48	Güvenilirlik alt kriterlerinin karar matrisi	120
Tablo 49	Güvenilirlik alt kriterlerinin kriter ağırlıkları ve tutarlılık oranı	120
Tablo 50	Ürün özellikleri alt kriterlerinin karar matrisi	121
Tablo 51	Ürün özellikleri alt kriterlerinin ağırlıkları ve tutarlılık oranı	122
Tablo 52	Esneklik alt kriterlerinin karar matrisi	123
Tablo 53	Esneklik alt kriterlerinin kriter ağırlıkları ve tutarlılık oranı	123
Tablo 54	Nitel ifadeleri sayısal ifadelere dönüştürme ölçeği	124
Tablo 55	TOPSİS karar matrisi	125
Tablo 56	Normalize edilmiş TOPSİS matrisi	126
Tablo 57	Ağırlıklandırılmış normalize edilmiş TOPSİS matrisi	128
Tablo 58	İdeal pozitif ve negatif çözüm değerleri	128
Tablo 59	En iyi ve en kötüye göre alternatiflerin sıralanması	128

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	Taşımacılık sistemleri kavramları	13
Şekil 2	Plaka mermer ve konteyner dolumu	54
Şekil 3	AHP hiyerarşik yapısı	63
Şekil 4	Emisyon ölçüm metodolojileri	74
Şekil 5	EcoTransIT standart arayüzü	83
Şekil 6	EcoTransIT gelişmiş arayüzü	84
Şekil 7	AHP-TOPSIS yöntemi akış şeması	96
Şekil 8	Afyon-Lyon ihracat aşamaları	97
Şekil 9	Rota 1 Afyon-Lyon karayolu taşımacılığı	101
Şekil 10	Rota 2 Afyon-Lyon Ro-Ro+Karayolu Taşımacılığı	102
Şekil 11	Rota 3 Afyon-Lyon Ro-Ro+Demiryolu Taşımacılığı	102
Şekil 12	Rota 4 Afyon-Lyon Denizyolu+Karayolu Taşımacılığı	103
Şekil 13	Rota 5 Afyon-Lyon Denizyolu+İç Suyolu Taşımacılığı	103

GRAFİKLER DİZİNİ

Grafik No	Grafik Adı	Sayfa No
Grafik 1	2017-2021 arasında Küresel ürün ve hizmet ticaretinin değişimi	24
Grafik 2	2017-2021 arasında Türkiye-Fransa küresel GSYH değişimi	25
Grafik 3	Ekonomi gruplarına göre ürün ticareti yıllık büyüme oranları	26
Grafik 4	2021 yılı ABD ihracat ve ithalat ticaret partnerleri (milyar \$)	28
Grafik 5	2019-2021 yılları arasında Avrupa Birliği'nin taşıma modlarına göre ihracatı (milyar €)	29
Grafik 6	2019-2021 yılları arasında Avrupa Birliği'nin taşıma modlarına göre ithalatı (milyar €)	30
Grafik 7	2019-2021 yılları arasında Avrupa Birliği'nin taşıma modlarına göre ihracatı (ton)	31
Grafik 8	2019-2021 yılları arasında Avrupa Birliği'nin taşıma modlarına göre ithalatı (ton)	32
Grafik 9	2002 ve 2020 yılları Avrupa Birliği ihracat partnerleri	33
Grafik 10	2002 ve 2020 yılları Avrupa Birliği ithalat partnerleri	34
Grafik 11	2002 ve 2020 yılları Avrupa Birliği ülkeleri ticaret dengesi	35
Grafik 12	2011-2021 yılları arasında Avrupa Birliği ihracat- ithalat değerleri	36
Grafik 13	2021 yılı Avrupa Birliği ithalat-ihracat ürün grupları	37
Grafik 14	2010-2020 yılları arasında Ulaştırma ve depolama sektörü-GSYH değişim oranları	38
Grafik 15	2010-2020 yılları arasında Ulaştırma ve depolama sektörünün GSYH içindeki payı	39
Grafik 16	2021 yılı Türkiye'nin bölgelere göre ihracat ve ithalatı	42
Grafik 17	2019-2021 yılları arasında Türk limanlarındaki yük elleçleme istatistikleri (ton)	43

Grafik 18	2019-2021 yılları arasında Türk limanlarındaki Ro-Ro istatistikleri (adet)	44
Grafik 19	2019-2021 yılları arasında Türk limanlarında elleçlenen konteyner sayıları (TEU)	45
Grafik 20	2015-2021 yılları arasında Fransa'nın yıllara göre GSYH değişimi	49
Grafik 21	Sektörlere göre emisyon dağılımı (mt co2)	71



BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Taşımacılık operasyonlarında taşımanın hangi rota üzerinden gerçekleştirileceği büyük bir öneme sahiptir. Verimli bir rota üzerinden ürünün taşınması operasyonel maliyetlerde en büyük paya sahip taşıma maliyetlerinin düşürülmesine, zamanında teslimat yapılarak müşteri memnuniyetinin artırılmasına ve rekabet içerisinde olduğu diğer rakipleri üzerinde rekabet avantajı elde etmesine olanak verir. Bu tez kapsamında çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP ve TOPSİS yöntemi beraber kullanılarak Afyon ve Lyon noktaları arasında optimal taşıma rotası belirlenmeye çalışılmıştır.

Çalışmanın ilk bölümü olan giriş kısmında genel olarak tezin hangi bölümler altında oluşturulduğuna değinilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde lojistik, taşımacılık, taşıma modları kavramlarıyla ilgili bilgiler verilmiştir. Optimal taşıma rotasının belirlenmesi önemi hakkında ve taşıma modunun verimini etkileyen faktörlere değinilmiştir. Küresel taşımacılık sektörü, Türkiye ve Fransa'da taşımacılık hakkında genel bilgilere yer verilmiştir. Küresel ve söz konusu iki ülke özelinde yapılan ithalat ve ihracat partnerlerinin yanı sıra bu operasyonlarında hangi taşıma modlarının daha çok kullanıldığı, ton ve değer bazında gösterilmiştir. Çalışmada taşınacak ürün olan plaka mermerin ticaret hacimlerinden hangi ülkelerin ihraç ve ithal ettiği konusunda değerlendirmelerde bulunulmuştur. Çok kriterli karar verme yöntemlerinden bahsedilmiştir. Literatürde kullanılan ÇKKV yöntemlerinde hakkında genel, tez çalışmasında kullanılacak AHP ve TOPSİS yöntemleri hakkında ise detaylı bilgiler verilmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde tezin amacı, yöntemi, veri toplama süreci ve verilerin analizi, tezin kapsam ve varsayımlarından söz edilmiştir. AHP ve TOPSİS yöntemleri için gerekli olan ve literatür taranarak elde edilen daha sonra uzmanların görüşüne sunulmuş son halini alan ana ve alt kriterler belirlenmiştir. Söz konusu hedef iki nokta arasında optimal rotanın belirlenebilmesi için oluşturulan ve hali hazırda bu rotalar üzerinde taşımacılık operasyonlarının gerçekleştirildiği 5 rota sektördeki şirketlerle yapılan görüşmeler sonrasında son şeklini almıştır. Sektörde bu rotalar özelinde lojistik hizmet sağlayan şirketlerin yönetici ve operasyon

uzmanlarına kriterlerin ağırlıklandırılması için anket yapılmış, AHP yöntemi kullanılarak ağırlıklar belirlenmiş TOPSİS yöntemiyle 5 farklı alternatif arasından Afyon-Lyon noktaları arasında optimal taşımacılık rotası belirlenmiştir. .

Çalışmanın beşinci bölümü olan tartışma ve yorum kısmında gerçekleştirilen analizler sonucunda denizyolu+iç su yolu intermodal taşımacılık rotası diğer alternatifler ile kıyaslandığında sahip olduğu düşük maliyetin yanı sıra kısmen transit süre ve düşük emisyon değerleri avantajıyla Afyon-Lyon plaka mermer taşınmasında optimal rota olarak belirlenmiştir. Ayrıca çalışmanın kısıtlarından bahsedilmiş ve ileriki çalışmalar hakkında önerilere yer verilmiştir.

İKİNCİ BÖLÜM

KURAMSAL ÇERÇEVE VE ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çalışmanın bu bölümünde konu hakkında daha önce yapılmış çalışmalar ve lojistik kavramı üzerine tanımlamalar yer almaktadır. Taşımacılık modlarının tanımları üzerinde durulmuş ve her bir taşıma moduna değinilmiştir. Taşımacılık modlarının avantajları ve dezavantajlarından bahsedilmiş, dünya taşımacılığının önemini arttıran intermodal ve kombine taşımacılık terimlerinden bahsedilmiştir. Ayrıca optimal taşıma modunun önemine dair açıklamalar yapılmıştır.

2.1. Lojistik Kavramı

Lojistik, tüketicilerin talep ettiği ürün ve hizmetleri karşılamak amacıyla hammadde tedarikinden başlayarak üretim safhası ve sonrasında son kullanıcıya teslim edilmesi sürecinin planlanması, depolanması ve taşınması faaliyetlerinin hepsini içeren faaliyetler toplamı olarak tanımlanabilir (Kurtlar, 2018: 7).

Lojistik sektörü insanlığın geçmişiyle başlamış ve gelişme göstermiştir. Ürünlerin belirli bir yerden başka yere taşınması olarak kısaca açıklansa da insanlığın barınma ihtiyacıyla ortaya çıktığı düşünülmektedir. Bir farklı görüşe göre ise coğrafi keşifler, kavimler göçü de lojistik sistemindeki ulaşım ağlarının değişmesine bir örnek oluşturmaktadır (Tabak, 2018: 3). Lojistik kavramı bugün insanların gereksinimlerini ulaştırmak, bu faaliyeti yerine getirmek için yapılan işlemleri tanımlamak için kullanılmaktadır. Bunun haricinde ise yine işletmeler açısından da üretim için ihtiyaç duydukları ham madde, yedek parça vb. ürünlerin tedarik süreci de lojistik kavramı içerisinde tanımlanmaktadır.

İlk olarak askeri bir terim olarak literatüre girmiş olan lojistik kavramı 1960'lı yıllarında ticaret literatürüne girerek yeni bir kimlik kazanmıştır. Dünyanın hızla geliştiği iklimde temeli olan taşımacılık kapsamını planlama, depolama, müşteri hizmetleri ile genişleterek günümüzdeki lojistik kavramını oluşturmuştur (Konuk, 2009: 5). Dar anlamda lojistik hammadde ve bilginin tüketildiği son noktaya kadar taşınması ve dağıtılmasını içeren faaliyetler

olarak tanımlanmıştır (Rodrigue, 2012: 11). Bir diğer tanıma göre lojistik taşıma, depolama, paketleme, elleçleme gibi süreçleri kapsayan ürün, hizmet ve bilgi akışının üretildiği nokta ile talep edildiği nokta arasındaki hareketlerini düzenleyen işletmelerin yanı sıra ülkeler için de hayati olan bir aktivitedir (Navickas vd., 2011: 231). Bunların arasından en çok kabul göreni Lojistik Yönetim Konseyi'nin 1991 yılında yaptığı lojistik terimi müşteri isteklerini karşılamak üzere, hammaddenin başlangıç noktasından, ürünün tüketildiği son noktaya kadar olan tedarik zinciri içindeki malzemelerin, servis hizmetlerinin ve bilgi akışının etkili ve verimli bir şekilde, her iki yöne doğru hareketinin ve depolanmasının, planlanması, uygulaması ve kontrol edilmesi süreci olarak tanımlanan lojistik kavramıdır (www.cmosp.org).

1900'lü yıllarda küreselleşmenin ivmelenmesiyle beraber dünya ticaret hacimlerinde sıçramalar görülmüştür. Ülkeler arasındaki etkileşimlerin artması ve ticaret yapmadaki kolaylıklarla beraber artan rekabet ortamında işletmeler maliyetleri düşürmek amacıyla üretim sahalarında yeni planlamalara gitmiştir. Küresel ölçekte üretilen noktada ve son nihai kullanıcı arasındaki mesafelerin artması lojistiğin rekabet etmede önemli bir araç olduğunu göstermiştir.

Küreselleşmeye bağlı olarak uluslararası ticaret hacimlerindeki artışa ayak uydurabilmek adına mikro ölçekte işletmelerde lojistik faaliyetler, makro ölçekte ise ülkelerde lojistik altyapı konularında kapasite ve yetkinliklerini arttırmak zorunda kalmışlardır. Lojistik konusunda atılan atılımlar ürünlerin, hizmetlerin ve bilgi akışının süreç içinde hızlı ve verimli bir şekilde döngüsünü kolaylaştırarak uluslararası konjonktürde rekabet avantajı sağlamasına olanak kılmıştır (Sezer ve Abasız, 2017: 12).

Lojistik faaliyetlerdeki kalitesizlik ve verimsizlik uluslararası rekabette geri kalmanın en önemli nedenlerinden bir tanesidir. Ürünlerin ithalatı ve ihracatı noktasında gümrük işlemlerindeki yolsuzluk, kırtasiye işlerinin fazla olmasının yanı sıra kurumlar arası uyumsuzluğun yol açtığı gecikmeler, altyapıya bağlı olarak limanlarda verilen hizmetlerin kısıtlı olması ve buna bağlı olarak verilen teslimat sürelerinde sapmalar, liman içinde bulunan depoların yetersiz olması maliyetleri arttırarak rekabette geri kalmanın nedenlerini açıklamaktadır (Gani, 2017: 280). Lojistik endüstrisinin küresel ölçekte büyüklüğü kesin olarak bilinmemesine rağmen 45 ülkenin lojistik verilerinin analizini yaparak ortalama olarak lojistik GSYH'nin %5ini oluşturduğu saptamıştır (Shepherd, 2011: 5).

2.2. Taşımacılık Kavramı ve Taşıma Modları

Lojistik faaliyetlerin en önemlisi olan taşımacılık herhangi bir ürünün bir noktadan bir noktaya nakliyesi olarak tanımlanabilir. Bir diğer tanımlama ise tüketicilerin talepleri doğrultusunda üretimin gerçekleşmesini takiben ürünün talep edildiği destinasyona farklı şekillerde ulaştırılabilmesini sağlayan bir sistemdir (Görçün, 2009: 3). Taşımacılık sistemi, ürünlerin üretildiği ilk noktadan müşterilerin talep ettiği noktaya kadar motorlu veya motorsuz taşıtlar yoluyla belirli bir taşıma kabının içinde iki tarafında önceden belirlemiş olduğu şartlar ve zaman konusu göz önünde bulundurularak belirli iki nokta arasındaki hareketlerin oluşturduğu organizasyondur (Khoban vd., 2011: 108)

Taşımacılık sisteminin içinde birçok taşıma şekli yer almaktadır ve zaman, maliyet, miktar, elverişlilik durumlarına göre birbirleri üzerinde avantaj ve dezavantaja sahiptirler. Bu modlar karayolu, denizyolu, havayolu, demiryolu, iç su yolu ve boru hattıdır.

Lojistik faaliyetlerin temelini oluşturan taşımacılık operasyonlarının ucuz maliyet yüksek verim ekseninde yürütülmesi, işletmelere küresel pazardaki rekabet ortamında öne geçmelerine, üretim noktasında ölçek ekonomisinin uygulanabilmesine, taşımacılık maliyetlerinin minimize edilerek ürün fiyatlarının düşmesini olanak vermektedir (Ballou, 1992). Dolayısıyla düşük maliyet ve yüksek verimlilik çerçevesinde planlanan lojistik süreçler firmaların ekonomik büyümelerine ve rekabet edebilirliğinin artmasına fırsat vermektedir.

Her bir taşımacılık modunun diğer taşımacılık modu üzerinde maliyet, hız, güvenilirlik, kapasite anlamında avantaj ve dezavantajlara sahip olmasından dolayı farklı modlarının bir arada planlandığı taşımacılık sistemleri mevcuttur (Ruijgrog, 2008: 40). Birbirine yakın anlamlar ifade etmelerine karşı sahip olduğu detaylar dolayısıyla multimodal, intermodal ve kombine taşımacılık olarak ayrılmıştır.

Tablo 1

Taşıma modlarının karşılaştırılması

Taşıma Türü	Maliyet	Hız	Hizmet Alanı	Tarifeli Seferlerin Sıklığı	Tarifelerin Uygulama Güvenirliği
Karayolu	Fazla	Hızlı	Çok Geniş	Yüksek	Yüksek
Denizyolu	Çok az	Yavaş	Sınırlı	Çok Düşük	Orta
Havayolu	Çok fazla	Çok Hızlı	Geniş	Yüksek	Yüksek
Demiryolu	Orta	Orta	Orta	Düşük	Çok Yüksek
İç su yolu	Az	Yavaş	Sınırlı	Düşük	Orta
Boru Hattı	Az	Yavaş	Çok Sınırlı	Orta	Yüksek

Kaynak: (Taha vd., 2016: 46)

2.2.1. Karayolu Taşımacılığı

Karayolu taşımacılığı özellikle deniz yolu gibi havayolu, demiryolu taşıma modlarının olmadığı, daha çok karasal özelliği bulunan bölgelerde karşımıza çıkmaktadır. Gelişimine baktığımız zaman ise II. Dünya Savaşı sonrası hızlı bir gelişme içerisine girdiği gözlemlenmektedir (Başlangıç, 2015: 10).

Uluslararası ticarete en çok kullanılan mod olan karayolu taşımacılığı, ürünün karayolu üzerinde motorlu taşıtlar vasıtasıyla bir noktadan başka bir noktaya taşınması sistemidir. Karayolu bağlantısının olduğu her noktaya ulaşabilmesi bu sistemin esnekliğini artırırken ithalatçı ve ihracatçının beklentilerini de karşılamaktadır (Karacan ve Kaya, 2011: 19).

Diğer taşıma modlarıyla kıyaslandığında esnek yapıya sahip oluşu, kapıdan kapıya teslimat olanağı sunması, kısa ve orta mesafedeki düşük maliyeti avantaj sağlarken, hava koşullarından kolay etkilenmesi, taşıma esnasında kullanılan araçların yakıt giderlerinin fazla olması, taşıma limiti (tonaj) sınırı, bakım ve yol masraflarının fazla olması üstelik yürürlükte olan gümrük tarifelerinden kaynaklanan yüksek maliyet dezavantaj yaratmaktadır (Tuzkaya ve Önüt, 2008: 3139).

2.2.2. Denizyolu Taşımacılığı

Lojistiğin her alanında olduğu gibi belli bir noktadan başlayarak başka bir noktaya yapılan taşıma işlemlerine denmektedir. Deniz yolunda bu taşıma işlemleri, su üzerinde ulaşım için kullanılan ulaşım araçları vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir. Ülkemiz de ve dünya da en çok tercih edilen taşıma modudur. Bunun da en büyük sebebi maliyetlerin az olması ve tek seferde birden fazla ürünün taşınması, hacim olarak çok büyük ürünlerin de kolayca taşınabiliyor olması bu ulaşım modunun tercih edilmesinin bir başka sebebidir (Başlangıç, 2015: 16).

Denizyolu taşımacılığı, ürünün deniz araçlarıyla yükleme limanı ve boşaltma limanını da kapsayan rota içerisindeki hareketleri olarak tanımlanabilir. Yüksek tonaj, hacim ve mesafe arttıca tercih edilebilecek en düşük maliyetli taşımacılık modlarından biri olan denizyolu taşımacılığı uluslararası ticarete büyük öneme sahiptir. Dünya gayrisafi yurt içi hasılası (GSYH) uluslararası deniz ticareti oranı %1.5'tir. Başka bir deyişle dünya taşınan malların yaklaşık %80'i denizyolu ile gerçekleşmektedir (UNCTAD, 2021: 5).

Uzun yıllar öncesinde karayolu ve demiryolu altyapısının yetersiz olmasından dolayı denizyolu taşımacılığı önde gelen seçenek olmuştur. Günümüzde hala en çok ölçek ekonomisinin uygulanabilirliğini denizyolu taşımacılığında mevcuttur (Long, 2012: 143).

Ro-Ro Taşımacılığı

Yakın mesafe deniz taşımacılığının önemli bir çeşidi olan Ro-Ro taşımacılığı, tır ve/veya dorselerin bu taşıma için özel üretilmiş gemilere yüklenmesi, iki liman arasında taşınması sistemi olarak düşünülebilir (Tanır, 2009: 34)

Geleneksel uzun mesafe denizyolu taşımacılığında uğrak yapılan limanlarda yapılan ellelemelerden dolayı limanda geçirilen zaman fazladır. Ro-Ro taşımacılığı limanlarda geçirilen zamanı verimli kullanmayı ve yalnızca bir nakliye aracıyla hedef noktadaki limana ulaşmayı hedeflemesi bu taşımacılığın ne çıkan yönü olarak söylenebilir (oban ve Turan, 2018: 65).

Çevreci olmasının yanı sıra Ro-Ro taşımacılığı karayolu araçlarının denizyolu ile taşınmasına olanak sağlar. Buna ek olarak birbirine paralel karayolu rotalarında daha ucuz ve hızlı bir taşıma fırsatı sunar. Belirli limanlar arasında sabit gün ve saatlerde taşımacılık gerçekleştirilmesinden dolayı bu taşımacılık sistemi düzenli hat taşımacılığı olarak da sayılabilir (Maksimavicius, 2004: 75).

2.2.3. Havayolu Taşımacılığı

Havayolu taşımacılığı, terminaller arasında yapılan hız ve zaman konusunda diğer taşıma modlarına göre avantaja sahip, günümüzde sürekli gelişen ve daha fazla tercih edilmeye başlanan bir taşıma yöntemidir. Birim olarak fazla yer kaplamayan ancak değer bazında yüksek ve zamanında teslim edilmesi gereken ürünlerde havayolu taşımacılığı tercih edilmektedir (Lambert ve Stock, 1999: 93).

Hız faktörü havayolu taşımacılığının tercih edilmesindeki en önemli faktördür. Diğer taşıma modları ile karşılaştırma yapıldığında hız konusunda avantaja sahip olmasına karşın maliyet bazında dezavantajlı konumdadır (Taha vd., 2016: 46). Günümüzde tüketicilerin kısa teslimat sürelerini tercih etmesinden dolayı hız kavramı daha fazla önem kazanmıştır. Gelişen havalimanı altyapıları, kapasitesi ve işlevselliği arttırılmış depolar havayolu taşımacılığın yaygınlaşmasına olanak sağlamıştır.

2.2.4. Demiryolu Taşımacılığı

Demiryolu ağını kurmak ne kadar maliyetli olsa da verimlilik anlamında yük ve yolcu taşımacılığı için önemli bir taşıma taşımacılık yöntemidir. Demiryolu ile uzun mesafeler arasında hacimli ve tonajlı yükler düşük maliyetli ve çevreye duyarlı bir şekilde taşınmasına olanak verir (AlbayrakKaradağ, 2021: 139).

Demiryolu diğer taşıma modlarına göre sahip olduğu ekonomik avantaj sebebiyle ülkelerin ekonomik kalkınması için önemlidir. Demiryolu-liman bağlantılarının yanı sıra verimli bir demiryolu ağına sahip ülkeler diğer ülkeler ile kıyaslandığında rekabet edebilirlik

anlamında avantajlıdır. Dünya demiryolu ağının yaklaşık yarısı gelişmekte olan ekonomilerde bulunmaktadır. Ancak istatistiklere bakıldığında demiryolunun yük taşımacılığında verimli bir şekilde kullanılmadığı görülmektedir (Aritua, 2019: 1).

İlk olarak konteynerleşme daha sonrasında da küreselleşmeye paralel olarak artan ticaret hacmi iç taşımada karayolu ve demiryolunun üzerine daha fazla yük bindirmiştir. Karayolunun demiryoluna kıyasla daha maliyetli ve düşük kapasiteli olmasından dolayı demiryolunun verimli bir şekilde kullanılması taşımacılık operasyonlarının daha verimli yapılmasına olanak vermektedir (Rodrigue, 2008: 1). Taşımacılıkta verimliliğin sağlanması tedarik zincirlerinin verimini bu da ülkenin lojistik performansını arttırmaktadır. Buradan hareketle demiryolunun verimli olduğu bir taşımacılık ağı ülkenin ekonomik kalkınması, bölgesel aktifliği ve rekabet edebilirliği üzerinde pay sahibidir (Khan, 2020: 1).

Güvenlik, düşük maliyet, daha az enerji sarfiyatı, iklim koşullarından etkilenmemesi demiryolu taşımacılığının avantajlı noktaları iken, hizmet alanının sınırlı olması, yüksek maliyetli altyapı kurulumu, tarife sıklığının azlığı, elleçleme imkânlarının her noktada değişkenlik göstermesi, ulaştırma hızının düşük olması gibi durumlar dezavantajlı yönleri arasındadır (Long, 2012: 143).

Ro-La Taşımacılığı

Birinci Dünya Savaşı boyunca zırhlı kara yolu araçlarının vagonlar üzerine bindirilerek uzak mesafelere taşınması fikri daha sonra sivil hayata geçirilerek Ro-La sistemi ortaya çıkarılmış oldu. Batı Alman Demiryollarının 1954'te ilk Ro-La seferini gerçekleştirmiştir (Girtan vd. 2021: 249).

Karayoluna alternatif, daha çevreci, yüksek kapasiteye sahip Ro-La taşımacılığı, tır ve kamyonların raylar üzerindeki vagonların üzerine yüklenmesi konseptine sahiptir. Ayrıca tır ve kamyonların dahil olmadığı sadece ve sadece üzerindeki treyler veya konteynerlerin vagonlara yüklendiği durumlar da olabilir. Bu taşımacılık sistemi, demiryolları ağının geniş olduğu Avrupa bölgesinde çok kullanılmaktadır. Özellikle ağır tonajlı kara araçlarının karayolu

üzerinde uzun süreli kullanımını kısıtlayan Avusturya, Macaristan, Slovenya ve İsviçre gibi ülkelerde intermodal taşımacılık için önemli bir taşımacılık modudur (Patan, 2010: 1).

2.2.5. İç su yolu Taşımacılığı

İç su yolu taşımacılığı nehirlerde, göllerde ve kanallarda operasyon gerçekleştirdiği bölgeye göre farklı kapasite ve kalitede özel üretilmiş deniz araçlarıyla ürünlerin bir noktadan diğer bir noktaya ulaştırıldığı taşımacılık türüdür. Rusya, Panama, Süveyş, İsveç ve özellikle Avrupa'da çok tercih edilen bir sistemdir (Long, 2012: 138-139).

Büyük göller ve nehirlerde yaşanabilecek seyir problemleri, mevsimsel değişikliklerden dolayı su yüksekliğinin artıp azalması, nehir ve göllerde yapılabildiği için esnek yapıda olmaması bu taşımacılık sisteminin dezavantajları arasındadır. Personel ihtiyacının fazla olmaması bu sisteme maliyet avantajı sağlamaktadır. Ayrıca enerji tüketiminin az olması, güvenliğin yüksek, kitle taşımalarına elverişli olması iç su yolu taşımacılığının avantajlı yönleridir (Ergün, 1985: 52).

2.2.6. Boru Hattı Taşımacılığı

Dünya nüfusundaki artış ve insanların tüketim odaklı hayat sürmelerine bağlı olarak ihtiyaçları karşılamak adına üretim hacimleri artmaktadır. Bu bağlamda üretim noktasındaki enerji ihtiyacını karşılamak önemli bir hal almaktadır. Bundan dolayı ülkeler arası enerji ihtiyacının karşılanması için boru hattı taşımacılığı geliştirilmiştir. Bugün birçok ülke enerji ve daha birçok ihtiyacını boru hattı taşımacılığı yöntemi ile karşılamaktadır (Ünlü, 2017: 46).

Boru hattı taşımacılığı, genel olarak doğalgaz, petrol, su, bio yakıtlar gibi sıvı ürünlerin taşınması amacıyla kullanılan yer altı ve yer üstü olmak üzere iki farklı tasarımda gerçekleştirilebilen yüksek kapasite imkânı sağlayan bir taşımacılık sistemidir (Keskin, 2011: 406-407).

Bu sistemde taşınabilecek ürünlerin sınırlı olması, ilk yatırım maliyetlerinin çok yüksek olması, esnek yapıda olmaması ve tekelleşmeye müsait durumu dezavantajlı noktaları

arasındadır. Yüksek hacimlerin taşınmasına elverişliliği, iklim şartlarından etkilenmemesi, güvenli, çevreye duyarlı ve değişken maliyetlerin düşük olması, avantajlı yönlerindedir (Battal, 2010: 136).

2.2.7. Çokmodlu (Multimodal) Taşımacılık

UNCTAD (1994) çoklu taşımacılığı, bir ülkede belirli bir çıkış yerinden malın, başka bir ülkede teslim yeri olarak belirtilen yere, çoklu taşıma kontratı ile çoklu taşıma operatörü sorumluluğunda, en az iki farklı taşıma modu kullanılarak önceden anlaşılan tek bir fiyat ve fatura kapsamında taşınması olarak tanımlanmaktadır.

Parçalı üretim anlayışının benimsemesi dolayısıyla ortaya çıkan hammadde, üretim ve nihai kullanıcılar arasındaki mesafe en uygun taşıma modları kullanılarak hızlı, güvenli, çevreye duyarlı ve müşteri memnuniyetini en üst düzeye çıkaran multimodal taşımacılığı zorunlu hale getirmiştir. Bu noktada multimodal taşımacılık sürdürülebilir taşımacılığında temelini oluşturmaktadır (Deveci, 2010: 14).

Dünya ticaretinin en önemli yapı taşlarından olan çok modlu taşımacılık iş yapma şekillerini de değiştirmiştir. Çokmodlu taşımacılık müşterilerin hızlı, güvenilir, daha verimli bir teslimat istemelerinin sonucu olarak ortaya çıkmıştır (Banomyong ve Beresford, 2001: 681).

2.2.8. Modlarası (İntermodal) Taşımacılık

Konteyner içine yüklenen ürünün alıcısına ulaştırılana kadar en az iki farklı taşıma modunun kullanıldığı ve taşıma modları arasında geçiş yapılırken ürünün kendisinin değil sadece ve sadece ürünün kabının elleçlendiği taşımacılık türüdür. Lojistik endüstrisinde de en çok kabul gören tanımı konteynerin çokmodlu taşımacılık ile taşınması işlemidir (Crainic ve Kim, 2007: 467). Başka bir deyişle üreticinin fabrikasında ürünün konteyner, swap body ya da semi treylerin içine yüklenip mühürlenip kapatıldıktan sonra alıcının istediği noktaya en az iki farklı taşıma operatörüyle tek bir sözleşme yapılarak taşınmasına intermodal taşımacılık denir.

İntermodal taşımacılık sahip olduğu kolaylıklar sayesinde lojistik sürecin verimli bir şekilde tamamlanmasında hayati bir öneme sahiptir. Door-to-door diye bilinen sistemin gerçekleşmesine olanak veren bu taşımacılığın en önemli özelliği taşıma ekipmanının serbest değişimidir. Örneklendirmek gerekirse çekicinin arkasında treyler, tren üzerine bindirilebilir. Aynı şekilde bir demiryolu aracı denizyolu aracına yüklenebilir. Dahası teslimat süresinin önem arzettiği bir operasyonda bir konteyner hava aracına yüklenerek teslimat gerçekleştirilebilir (Ergin ve Çekerol, 2008: 2).

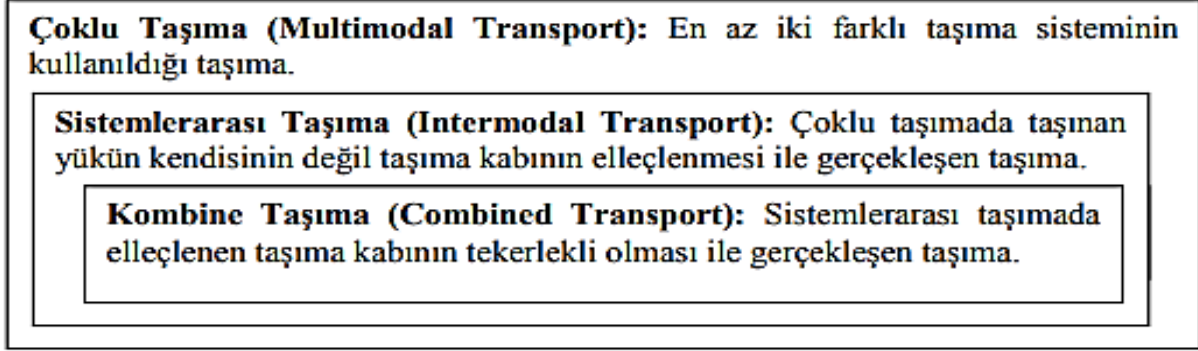
İntermodal taşımacılıkta ana taşımada tek bir taşıma modu kullanılabilir. Örnek vermek gerekirse, teslimat zamanının öncelikli olmadığı, düşük maliyetli ve hacimli kargoların taşınacağı durumlarda sadece denizyolu tercih edilebilir. Kargo değerinin yüksek, hızlı teslimat ve düşük hacimli taşımalarda ise navlun fiyatları çok yüksek olmasına rağmen havayolu tercih edilebilir. Tüm bunlar göz önüne alındığında, tüm taşımacılık senaryolarında intermodal taşımacılık diğer taşımacılık modlarına göre zaman ve maliyet açısından daha avantajlıdır (Choi vd., 2010: 531).

2.2.9. Kombine (Combine) Taşımacılık

Kombine taşımacılık, ürünün aynı taşıma kabının içinde başlangıç ve bitiş noktaları arasında karayolunun kullanıldığı, uzun mesafe taşımının ise demiryolu ve denizyolu ile gerçekleştiği ve modlar arasında elleçlenmeye ihtiyaç duyulmadığı taşımacılık sistemidir (Lowe, 2005: 87). Kombine taşımacılık sisteminde karayolu+demiryolu, karayolu+denizyolu kombinasyonu uygulanabilir. Bu kombinasyonlarda taşıma süreci çekiciler üzerindeki taşıma kaplarıyla beraber tekerlekli araç taşımacılığına olanak veren Ro-Ro ve piggy-back denilen özel üretim vagon sisteminin üzerine çekicinin binmesi ya da sadece taşıma kabının yüklenmesine fırsat tanıyan Ro-La sistemleriyle gerçekleşir (Çancı ve Erdal, 2003: 278).

Sonuç olarak tüm taşıma sistemleri ürünlerin üreticilerden tüketicilere en uygun maliyet, güvenilir, hızlı ve sürdürülebilir bir şekilde taşınmasını amaçlar. Bahsedilen multimodal, intermodal ve kombine taşımacılık sistemleri aslında birbirlerinin yerine kullanılacak

terimlerdir. Aşağıda verilen şekilde Değirmenci (2010)'ye göre multimodal taşımacılığın diğer taşımacılık sistemlerini kapsadığı Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Taşımacılık sistemleri kavramları

Kaynak: (Değirmenci, 2012: 65)

2.2. Optimal Taşıma Modu Belirlemenin Önemi

Küreselleşmenin getirdiği yoğun rekabet ortamında işletmelere katma değer üretebilmesine olanak sağlayan lojistik faaliyetler büyük öneme sahiptir. Hem taşıma noktasında elde edebilecekleri maliyet avantajı hem de müşteri memnuniyetini üst düzeyde tutmak isteyen firmalar her bir taşıma modunun avantajlarını tek bir potada eritip ürünün başlangıcından son dağıtım noktasına kadar olan lojistik süreci en optimal şekilde planlamalıdır. Uluslararası lojistik maliyetlerinin toplam üretim maliyetlerinin %30-%50'sini oluşturduğu düşünüldüğünde (Cho vd., 2010: 529) lojistik kaynakları ve zamanı en iyi şekilde kullanan işletmeler rekabet edebilirlik noktasında öne geçmektedir (Eşiyok ve Demircioğlu, 2020: 256). Ayrıca taşımacılık modlarının verimli kullanıldığı bir lojistik sistem işletmelere ölçek ekonomisi avantajını sağlamaktadır (Banomyong ve Beresford, 2001: 680).

Taşıma modu seçimi ve farklı taşıma modları ile yapılan kombinasyonlar lojistik yönetiminin verimini doğrudan etkileyen en önemli kararlardan biridir. Buna paralel olarak kolektif tedarik zinciri verimi tercih edilen taşımacılık modundan etkilenecektir (Banomyong, 2001: 1). Eğer bir modun verimsizliği söz konusuyla bu tüm kombinasyonu dolayısıyla da tedarik zinciri verimini etkilemektedir (Seo vd., 2017: 157). Belirli iki nokta arasında her bir

taşımacılık modunun kendine özgü avantajları olduğu düşünülürse, her bir modun avantajını kullanacak şekilde bir optimal rota belirlemek güvenilir, zamanında ve ucuz bir navlun talep eden yükleyiciler için önemlidir (Yang vd., 2011: 516). Başka bir deyişle, her bir taşıma modunun verimli olduğu noktaları kullanarak ekonomik ve çevreye duyarlı sürdürülebilir çoklu taşıma rotası oluşturmak son dönemde karar vericilerin üzerinde durduğu önemli noktalardan birisidir (Çetinkaya ve Deveci, 2020: 27).

Lojistik maliyetlerde göze çarpan en önemli kalem taşıma maliyetidir. Taşımacılık için belirlenen rota ve mod seçimi taşıma maliyetini ve zamanını doğrudan etkilemektedir. Özellikle çokmodlu taşımacılık rotasının belirlenmesi maliyetleri ve riskleri minimize etmesi ve zamanında teslimat yapılmasına olanak vermesi açısından da önemlidir. Verimli bir şekilde planlanan ve yürütülen bu taşımalar küresel ticareti kolaylaştırmakta ve uluslararası ticaret zincirinin verimini arttırmaktadır (Seo vd., 2017: 155).

Lojistik süreci tasarlayan yöneticilerin odaklandığı noktalar taşıma süreleri ve maliyettir. Bu süreç iki parametreden oluşan basit bir süreç değildir aksine tam anlamıyla sınıflandırılmayan, sektörlere ve taşınan ürünlere göre farklılık gösteren ilave faktörleri barındıran bir süreçtir (Meixell ve Norbis, 2008: 183). Dolayısıyla optimal bir taşıma modunun belirlenmesinden dikkat edilmesi gereken birçok farklı değişken vardır. Bilinmelidir ki etkin bir şekilde tasarlanmayan lojistik süreç işletmeye ek taşıma maliyeti, uzayan teslimat süreleri ve hedeflenenden düşük müşteri memnuniyeti olarak geri döner.

Üretim süreçlerindeki sorunlar birçok araştırmaya konu olmuştur. Bu alanlardaki çıkmazları aşmak firmalara rekabet ve maliyet avantajının yanında sürdürülebilirlik de sağlayacağı farkındadırlar. Lojistik süreçlerdeki sorunları çözmek ve taşıma modlarının optimizasyonun sağlamak, ülkelerin aynı zamanda firmaların giderek artan küresel rekabet ortamındaki konumlarını korumalarını hatta daha ileriye gitmelerine olanak sağlamaktadır (Lehman vd., 2006: 632).

Beresford (2001) çok modlu taşıma sisteminin verimliliği seçilen taşımacılık moduna göre değiştiğini ortaya koymuştur. Başka bir deyişle seçilen rota taşıma maliyetini, taşıma süresini, çevreye gösterilen hassasiyeti etkilemektedir. Karayolu taşımacılığı diğer taşıma modlarına göre daha pahalıdır ve çevreye daha fazla zarar vermektedir. Demiryolu

taşımacılığının ise esnekliği azdır. Havayolunun taşıma maliyetleri ise çok yüksektir. Çok modlu taşımacılığın önemli parçalarından biri olan iç su yolu taşımacılığı taşıma maliyetlerini düşürmesinin yanı sıra iç bölgelerdeki son limanlara ulaşabilmesi sayesinde rekabet avantajı da kazandırmaktadır. Coğrafi şartlara bağlı olarak gelişmişlik gösteren iç su yolu taşımacılığı Avrupa'da, özellikle Kuzey Avrupa'da taşıma operatörlerinin seçenekleri arasındadır (Maras, 2008: 50). Büyük tarifeli deniz taşımacılığı yapan firmalar "hub-spoke" taşıma sistemi olarak da bilinen bu sistemleri tercih ederek devasa büyüklükteki gemilerini gelişmiş elleçleme teknolojilerine sahip limanlara uğrak yaptırarak zaman ve maliyet avantajı kazanmaktadır. Buradan elleçlenen konteynerler iç taşıma ile son dağıtım noktasına kadar taşınmakta dolayısıyla firmalar müşteri memnuniyeti ve rekabet avantajı sağlamaktadır (Chen vd., 2007: 40).

Taşıma modu seçimi belirlenen rotaya etki edebilecek çeşitli faktörlerin değerlendirilmesini, bu kriterlere bağlı olarak alternatifler geliştirilmesini ve en uygun taşıma modlarını bir araya getirerek optimal taşıma rotasının belirlenmesini içeren kompleks bir yapıdan oluşmaktadır. Lojistik maliyetlerin ürünün toplam maliyeti içindeki payının yüksek olması sebebiyle de lojistik süreç üretimden dağıtıma kadar düzgün ve verimli planlanmalıdır. Dolayısıyla taşıtanlar ve lojistik servis sağlayıcıları en kısa yoldan, en hızlı ve en güvenilir şekilde taşıma gerçekleştirerek müşteri memnuniyetlerini arttırmalıdır (Arslanhan ve Tosun, 2021: 14).

Özetlemek gerekirse küreselleşme ve taşımacılık sektöründe serbestleşme politikaları üretim ve dağıtım kanallarında bir takım radikal değişiklikler yaratmıştır. Bu alandaki işletmeler sahip oldukları lojistik anlayış ve sistemlerden vazgeçerek söz konusu radikal değişikliklere adapte olmak zorunda kalmışlardır. İşletmeler ürettikleri ürünlerin hızlı, güvenli ve rekabetçi fiyat ile pazara ulaşmasını istedikleri için taşıma operatörleri üreticilere en optimal taşıma rotasını sunma gibi yeni bir misyon kazanmışlardır (Bolis ve Maggi, 2003: 491).

2.3. Optimal Taşıma Modu Seçimini Etkileyen Faktörler

Hedeflenen iki nokta arasında gerçekleştirilecek taşıma modu ve rotasının belirlenmesinde literatürde en çok yer verilen iki kriter taşıma süreleri (hız) ve maliyettir. Bu süreç iki parametreden oluşan basit bir süreç değildir aksine tam anlamıyla sınıflandırılmayan, sektörlere ve taşınan ürünlere göre farklılık gösteren ilave faktörleri barındıran bir süreçtir (Meixell ve Norbis, 2008: 183). Dolayısıyla optimal bir taşıma modunun belirlenmesinden dikkat edilmesi gereken birçok farklı değişken vardır.

İki nokta arasında genellikle alternatif rotalar oluşturmak mümkündür. Optimal taşıma modu seçimi karmaşık bir problemdir. Bu problemi çözerken maliyet, zaman, mesafe, çevre, kapasite gibi faktörleri düşünerek en uygun taşıma modunu ve rotayı belirlemek hedeflenir (Kasilingam, 2012: 168).

2.3.1. Maliyet Faktörü

Teknolojinin gelişmesi sayesinde üretim maliyetlerini azaltan işletmeler bir sonraki adım olarak büyük bir gider kalemi olan lojistik maliyetleri minimize etmeye çalışmaktadırlar. Lojistik maliyetlerde en fazla paya sahip olan taşıma maliyetinin düşürülmesi lojistik maliyetleri düşürmek, dolayısıyla karlılığı arttırmak anlamına gelmektedir (Jung vd., 2019: 56). Ancak lojistik maliyetler müşteri memnuniyeti ve lojistik performans konularıyla doğrudan ilişkili olduğu için taşıtanlar ve lojistik servis sağlayıcıları söz konusu lojistik maliyetlerini maliyet noktası olarak görmemelidirler. Kısacası, lojistik maliyetler ile hizmet-performans ölçülü bir şekilde olmalıdır. Aksi takdirde azalan lojistik maliyet müşterini memnuniyetinde düşüşler meydana getirir (Bowersox ve Closs, 1996: 20)

Küreselleşmeye bağlı olarak Dünya ticaretinin artması işletmelerin lojistik faaliyetlerinin de artmasına neden olmuştur. Lojistik faaliyetler hakkında yapılan çalışmalarda, lojistik maliyetlerin ürün fiyatının yaklaşık %30'una tekabül ettiğini belirtilmiştir. Bu sebeple, lojistik faaliyetler ve bu faaliyetleri gerçekleştirirken ortaya çıkan maliyetlerin iyi yönetilmesi, minimize edilmesi rekabet etme konusunda seçenekten ziyade zorunluluk haline gelmiştir (Şen, 2014: 84).

Tablo 2

Lojistik maliyetler

Lojistik Maliyetler	Oran (%)
Taşıma Maliyetleri (Fabrika Yükleme- Varış Noktası)	50-65
Depolama, Elleçleme Maliyetleri(Liman vs)	20-35
İşletme Yerleşim Tasarım Maliyetleri	10
İletişim ve Bilgi Maliyeti	5

Kaynak: (Çancı ve Erdal, 2003: 31)

Tablo 2’de görüleceği üzere her bir lojistik maliyet farklı bir orana sahiptir. Bu maliyetler arasında en büyük orana sahip olan ise ana taşıma maliyetidir. Bu maliyet fabrikadan taşıma kabına yüklenen bir ürünün iç ve ana taşıma maliyetlerini ifade eder. Depolama maliyetleri ise üründen ürüne göre değişebilmektedir. Hem depo içinde hem de limanda elleçleme maliyetleri ortaya çıkmaktadır. Gelişen bilgi ve iletişim teknolojileri sayesinde lojistik süreçte eş zamanlı bir iletişimden söz etmek mümkündür. Bunun da maliyeti %5 olarak gösterilmiştir.

Lojistik yönetiminin en önemli parçası olan taşımacılık, işletmelerin lojistik maliyetleri oluşturan bileşenler arasında en önemli paya sahiptir. Toplam lojistik maliyetler içerisinde taşıma maliyetinin %40’dan fazla olduğu belirtilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri’nde yapılan bir araştırmada, lojistik maliyetlerde meydana gelen %5’lik bir düşüşün getireceği tasarrufun, işletmenin satışlarını %20 arttırabildiğinde elde edeceği kara eşit olduğu çıkarımı yapılmıştır. İşletmeler lojistik maliyetleri oluşturan her bir kalemi tek tek azaltmaya çalışmaktansa bu maliyetleri bir bütün olarak değerlendirip toplam lojistik maliyet tasarrufuna gitmelidirler (Köfteci ve Gerçek, 2010: 5092).

Ürünlerin taşınma ve depolama süreçlerinde elleçleme gerektirecek durumlar söz konusu olabilir. Bu durumlarda oluşan maliyetler elleçleme maliyetleri olarak tanımlanmaktadır. Elleçleme operasyonlarının planlı ve özenli bir şekilde yapılması gerekmektedir. Özellikle çok modlu taşıma gerçekleştirilen rotalarda elleçleme sayılarının arttığı buna bağlı olarak da maliyetlerin yükseldiği söylenebilir. Elleçleme miktarlarının taşıma moduna göre artıp azaldığı görülmektedir. Örnek vermek gerekirse sadece karayolu ile giden bir ürün sadece fabrikada dolum, nihai noktada boşaltım olmak üzere 2 defa elleçlenir. Öte yandan intermodal bir taşıma senaryosunda en az 4 defa elleçleme gerekmektedir (Gürdal, 2006: 34).

Taşıma maliyetleri kullanılan taşıma moduna göre değişebilmektedir. Aşağıda verilen tabloda her bir taşımacılık moduna göre değişen maliyetler gösterilmiştir.

Tablo 3

Taşımacılık modlarına göre sabit ve değişken maliyetler

Taşıma Modu	Değişken Maliyetler (Navlun, Elleçleme)	Sabit Maliyetler (Terminal, Altyapı, Bakım)
Demiryolu	Düşük	Çok Yüksek
Karayolu	Yüksek	Orta Yüksek
Denizyolu	Çok Düşük	Yüksek
Havayolu	Çok Yüksek	Çok Yüksek
Boru Hattı	En Düşük	En Yüksek

Kaynak: (Küçük, 2011: 92)

2.3.2. Taşıma Süresi

Taşıma süresi genel olarak arz ve talep noktaları arasında tüm lojistik faaliyetleri içeren toplam süreyi ifade etmektedir. Taşıma süresi lojistik servis sağlayıcıların rekabet avantajını doğrudan etkileyebilmektedir. Taşıtanların lojistik hizmet alırken kriter olarak gördüğü taşıma hızı lojistik servis sağlayıcılarının bu konuya önem vermesi gerektiğini doğrular niteliktedir. Daha kısa taşıma süreleri sunabilmek lojistik işletmelerinin rekabetini arttırırken Planlamayan gecikmeler de aynı oranda zarar verebilir. Benzer şekilde taşıma sürelerini kısaltmak için lojistik maliyetlerin arttığı durumlarda mevcuttur. Ayrıca arz ve talep noktaları arasında planlanan rotaların optimizasyonu ile taşıma süreleri kısaltılarak depolama ve stok maliyetlerinden tasarruf edilebilmektedir (Sambracos ve Ramfou, 2014: 25).

Taşıma süresi özellikle demiryolu taşımacılığında taşıtanlar ve lojistik servis sağlayıcıları açısından büyük önem arz etmektedir. Taşıma süresinde anlamlı azalmalar taşımanın aktörlerini bu taşımacılık modunu kullanması açısından cezbetmektedir. Taşıma süresinde meydana gelen azalmalar demiryolu taşımacılığının diğer modlar üzerindeki rekabet edebilirliğini arttırmaktadır (Brooks vd., 2012: 294).

Talep ve arz edilen noktalar arası olarak belirtilen taşıma mesafesi, taşıma maliyetiyle ilişki olduğu için taşıma modu ve rota seçiminde önemli bir rol oynamaktadır. İntermodal taşımalarda, taşıtan ile ana taşımanın gerçekleşeceği denizyolu ya da demiryolu terminali arasında mesafenin kısa olmasına rağmen total taşıma maliyetinin %25-40 arasında olması intermodal taşıma modunun dolayısıyla da taşıma rotasının verimliliğini etkilemektedir (Zgonc vd., 2019: 3).

2.3.3. Çevre Faktörü

Düzenli ve doğru şekilde planlanan ve yönetilen taşımacılık sistemleri, taşıtanlar ve lojistik servis sağlayıcıları gibi lojistik sisteminin bileşenlerine karlılık, üretkenlik, verimlilik aynı zamanda çevreye dolayısıyla insan hayatına duyarlı bir yapıya sahip olmalarına olanak verir. Bu görüşten hareketle günümüzde daha fazla bir karmaşık yapıya bürünen taşımacılık

sistemlerini şekillendirmek adına devasa yatırımlar yapılmaktadır. Genel olarak taşıma modu ve rotası seçilirken en önemli kriterler maliyet ve hız iken, günümüzde çevreye olan duyarlılığın artması ve ülkelerin taşımacılık yoluyla çevreye verilen zararı azaltmak adına kısıtlamalara gitmesiyle çevresel etkenler de önem kazanmaya başlamıştır (Tuzkaya, 2009: 277).

Geçtiğimiz son on yılda üretim anlayışında ve küresel tedarik zincirinde meydana gelen değişimler taşımacılık talebini önemli ölçüde arttırmıştır. Taşımacılığa olan talebin artması, taşımacılık dolayısıyla ortaya çıkan karbondioksit salımı neticesinde oluşan kirliliğin de artmasına neden olmuştur. 1990 yılından günümüze kadar sürekli yükselen taşımacılık endüstrisi, küresel çapta meydana gelen emisyonun %25'ini oluşturmaktadır (Navarro, 2014: 1545). Ulusal ve Uluslararası kuruluşlar bu etkiyi uzun dönemde azaltmak ve tersine çevirmek için sürdürülebilir bir taşımacılık sistemi oluşturmak için politikalar yürütmektedir.

Avrupa Birliği ve uluslararası komiteler küresel ısınmanın en temel sebebi olan sera gazının taşımacılık sektöründe çok fazla salımın yapıldığını ve bu yüzden bu etkinin azaltılması için fikir birliğinde olduklarını söylemişlerdir. Bu anlamda çevreye duyarlı sürdürülebilir bir taşımacılık oluşturmak adına daha az salınım gerçekleşen taşımacılık modlarına, özellikle de intermodal taşımaya destek vermişlerdir. Avrupa sınırları içinde çevre hassasiyeti en düşük olan karayolu ve havayolu taşımacılığı en çok kullanılan taşımacılık modlarıdır. Bunun önüne geçebilmek için 300km'den fazla olan taşımaların demiryolu ve iç su yoluna geçişlerinin sağlanması hedeflenmektedir (Reis, 2014: 101). Karayolu taşımacılığının çevreye verdiği zarar indirgemek adına teknolojik girişimler de yapılmıştır. Li ve Yu (2017) çalışmalarında tırların teslimatlarını gerçekleştirdikten sonra boş olarak geri lojistik etmelerini engelleyecek, boş olan tırlara yük bulacak kısaca en hızlı şekilde arz ve talebi bir araya getirecek bir yazılım ile karayolu taşımacılığının veriminin arttırıldığı saptanmıştır.

Bask ve Rajahonka (2017) çalışmalarında taşımacılık hizmeti alımında karar vericilerin, çevre faktörünü en önemli kriterler arasında görmediklerini, taşıtan ve lojistik servis sağlayıcıları açısından bakıldığında ise taşıma maliyeti, taşıma sıklığı, güvenilirliğin çevresel faktörlerden çok daha önemli olduğunu belirtmiştir.

2.3.4. Güvenilirlik Faktörü

Günümüzde tüketiciler talep ettiklerini en kısa sürede elde etmek istemektedirler. Bu anlamda ürünlerini müşterilere ulaştırmak isteyen üreticiler satın alacakları lojistik hizmetlerinde zamanında ve eksiksiz teslimatı, maliyet ve hız faktörleri gibi önemli görmeye başlamışlardır. Dolayısıyla taşıtanlar ve lojistik servis sağlayıcıları arz ve talep noktaları arasında belirleyecekleri rotalarda teslimat süresini uzatacak ve ürüne zarar gelme olasılığını arttıracak noktaların analizini gerçekleştirmek durumundadırlar. Rakiplerinden farklılaşma noktasında teslimatta güvenilirlik önemli bir stratejik araç olarak da öne çıkmaktadır. Belirlenen teslimat süreleri içinde gerçekleştirilemeyen taşıma lojistik maliyetler üzerinde olumsuz etki yaratmaktadır. Bir ürünün taşınması noktasında taşıtan, lojistik servis sağlayıcı, alıcı gibi aktörlerin olması zamanında taşımanın gerçekleşmesini zorlaştırmaktadır (Gümüş, 2009: 98).

Zamanında gerçekleştirilemeyen taşımalar, işletmelerin olması gerekenden daha fazla maliyete katlanmasına yol açmaktadır. Örnek vermek gerekirse personel ve yakıt giderleri geciken taşımalarda daha da artmaktadır. De Jong vd. (2004) çalışmasında karayolu taşımacılığında teslimat sürelerinde %10-11 oranındaki artışın, taşıma maliyetlerini yaklaşık %3 oranında yükselttiğini saptamıştır. Bu sebeple zamanında teslimat faktörü taşımacılık modu ve rota seçiminde dikkat edilmesi gereken noktalar arasına girmiştir.

2.3.5. Güvenlik Faktörü

Uluslararası taşımacılık planlaması yapılırken göz önünde bulundurululan kriterlerden bir tanesi de güvenlik faktörüdür. İngilizce literatürde ilk başlarda “safety” daha sonra “security” olarak yerini alan güvenlik faktörü taşımacılık performansını doğrudan etkilemektedir. Terör ya da farklı eylem tipleri için yük trenlerinin, kargo uçaklarının ya da boru hatlarının sabote edilmesi bu konu özelinde örnek olarak gösterilebilir. Lagos’da boru hattına yapılan saldırganı sonucunda meydana gelen patlamada 250 insan hayatını kaybetmiştir.

Güvenli olmayan bölgelere yapılan taşımalarda kargonun başına gelebilecekler riskler karar verme aşamasında önemli bir rol oynamaktadır. Güney Afrika karayolu ve demiryolu

taşımacılığında kargoların yağmalanması %30 oranında artış gözlemlendiğini belirtmiştir (Konstantinus ve Zuidgeest, 2019: 7). Taşımacılık rotaları üzerinden taşımanın güvenli bir şekilde yapılması siyasilerin, sanayicilerin ve lojistik şirketlerinin ortak hareket etmesine, kararlı bir şekilde konunun üzerine gitmesine bağlıdır (Reniers ve Dullaert, 2013: 104).

Uluslararası taşımacılığı etkileyen bir diğer güvenlik açığı ise kargo hırsızlığıdır. 1998 yılında Amerika’da kargo hırsızlığın maddi kaybı 10 milyar \$ civarındadır. Avrupa genelinde bu rakam 8.2 milyar € olmuştur. Taşımacılığın gerçekleştiği rota üzerinde hırsızlığa olanak verecek güvenlik açıklarının bulunması kargonun tedarik zincirinden çıkarılıp alınmasına neden olabilir (Ekwall, 2009: 48). Bu noktada var olan güvenlik açıklarını ortadan kaldırmak taşımacılığının verimliliği açısından önemlidir. Başka bir deyişle risk barındıran rotalardan kaçınmak karar vericilerin göz önünde bulundurduğu noktalardandır.

2.3.6. Ürün Özellikleri Faktörü

Ürün karakteristiği, ürünlerin taşınması, depolanması, paketlenmesi, elleçlenmesi ve etiketlenmesi gibi kısaca tüm lojistik faaliyetlerin nasıl planlanmasını gerektiğini göstermesi açısından önemlidir. Literatür tarandığında ürün karakteristiğinin fiziksel, değer, ikame ve risk olmak üzere 4 ayrı grupta toplandığı görülmektedir. Lojistik açısından değerlendirildiğinde fiziksel karakter öne çıkmaktadır. Bunlar ağırlık, bozulabilirlik, yanıcılıktır. Tüm bu özellikler ürünlerin son tüketiciye ulaştırılırken kullanılan taşıma modu ve rotasını doğrudan etkilemektedir (Stefanov, 2018: 42).

Taşıman ürünün sahip olduğu özellikler taşımacılık modu ve rota seçimini daha karışık hale getirmektedir. Örnek vermek gerekirse genel kargoların dışında pahalı ürünleri taşımacılığında güvenlik faktörüne daha fazla dikkat edilmelidir. Pham ve Yeo (2018) çalışmalarında elektronik bir ürün olan dizüstü bilgisayarı havayolundan daha ucuz denizyolundan daha risksiz düşüncesiyle demiryolu ile taşımıştır.

Çok ağır ve büyük ürünler genel olarak çok modlu taşıma sistemleri kullanılarak iki nokta arasında taşınması hedeflenir. Söz konusu ürünün nerede üretildiği ve nerede kullanılacağı göz önünde bulundurularak, bu ürüne özgü bir taşıma operasyonu

değerlendirilmeli ve planlanmalıdır. Ağır ürünlerin taşınmasında güvenlik ve zamanında ve hasarsız teslimat önemli taşımanın kalitesini etkileyecek, göz önünde bulundurulması gereken etmenlerdir. Örnek vermek gerekirse trafik akışının yavaş ve dar olduğu bölgelerden planlanan son taşıma bölgenin karayolu altyapısına ve böyle taşımalar için özel üretilmiş araçlara zarar verebilmektedir (Bazaras vd., 2013: 20)

2.3.7. Esneklik Faktörü

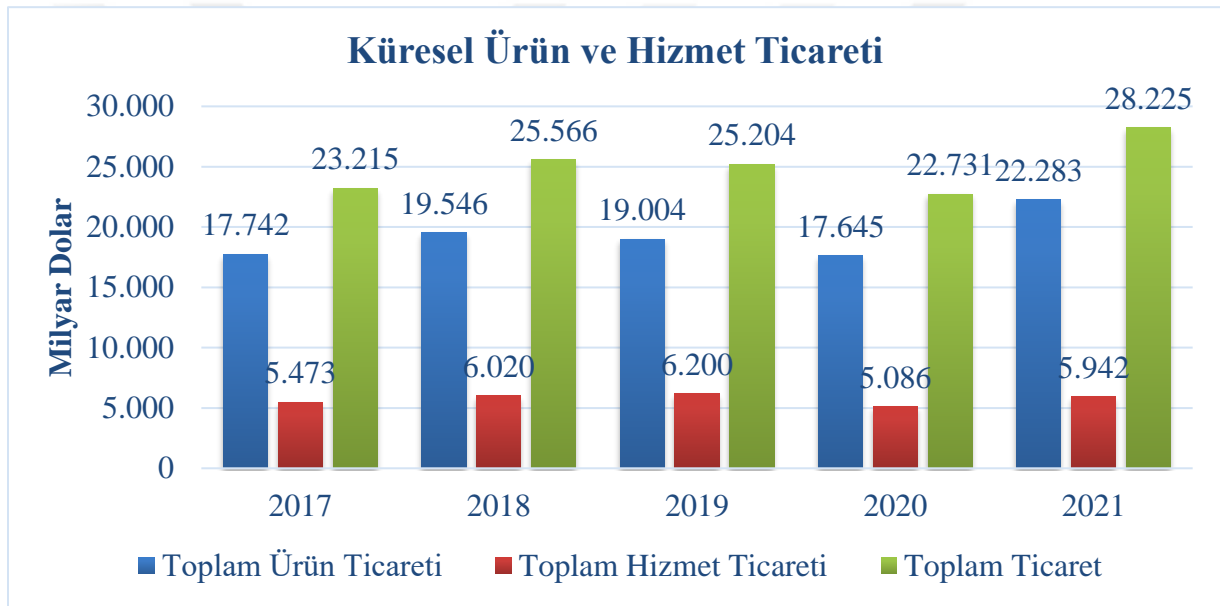
Dünyada son dönemlerde meydana gelen küreselleşme, müşteri taleplerinin farklılaşarak artması, teknolojiye gelişmeler, küresel ısınmanın önlenmesi adına alınan aksiyonlar tedarik zincirlerinin yeniden şekillenmesi neden olmuştur. Tedarik zincirinde meydana gelen değişimler, ayrılmaz bir parçası olan taşımacılığın da bu değişime kendini adapte etmesini gerektirmiştir. Sistemlerin kendini değişimlere göre uyarlaması ve çözümler üreterek operasyonların devam etmesi ise esneklik olarak karşımıza çıkmaktadır (Gosling ve Naim, 2010: 11).

Lojistikte esneklik üretim ya da taşımacılık noktasında operasyonel verimliliği doğrudan etkileyecek değişimlerin yaşanması durumunda operasyonların hangi düzeyde sürdürülebildiği ile ilişkilidir. Başka bir deyişle karşılaşılan zorluklara rağmen operasyonların devam ettirilme yeteneğidir. Yoğun bir şekilde kullanılan rota üzerinde gerçekleşecek taşımanın kısmen ya da tamamen engellenmesini gerektirecek bir olumsuzluğun yaşanması teslimatın gecikmesine, operasyonel performans ve müşteri memnuniyetin düşmesine son olarak da maliyetlerin artmasına neden olur. Bu yüzden karar vericiler söz konusu durumların yaratacağı olumsuz etkiyi en aza indirgeyecek planlamaları yapmalıdırlar (Ishfaq, 2012: 216). Bu da sistemin içsel ve dışsal esnekliğinin artırılmasıyla gerçekleştirilebilir.

2.4. Dünyada Taşımacılık

2020 yılında dünyayı etkisi altına alan koronavirüs salgını alınan önlemler sayesinde kontrol altına alınmış ve 2021 yılında küresel ekonomi kendini toparlamaya başlamıştır. 2021

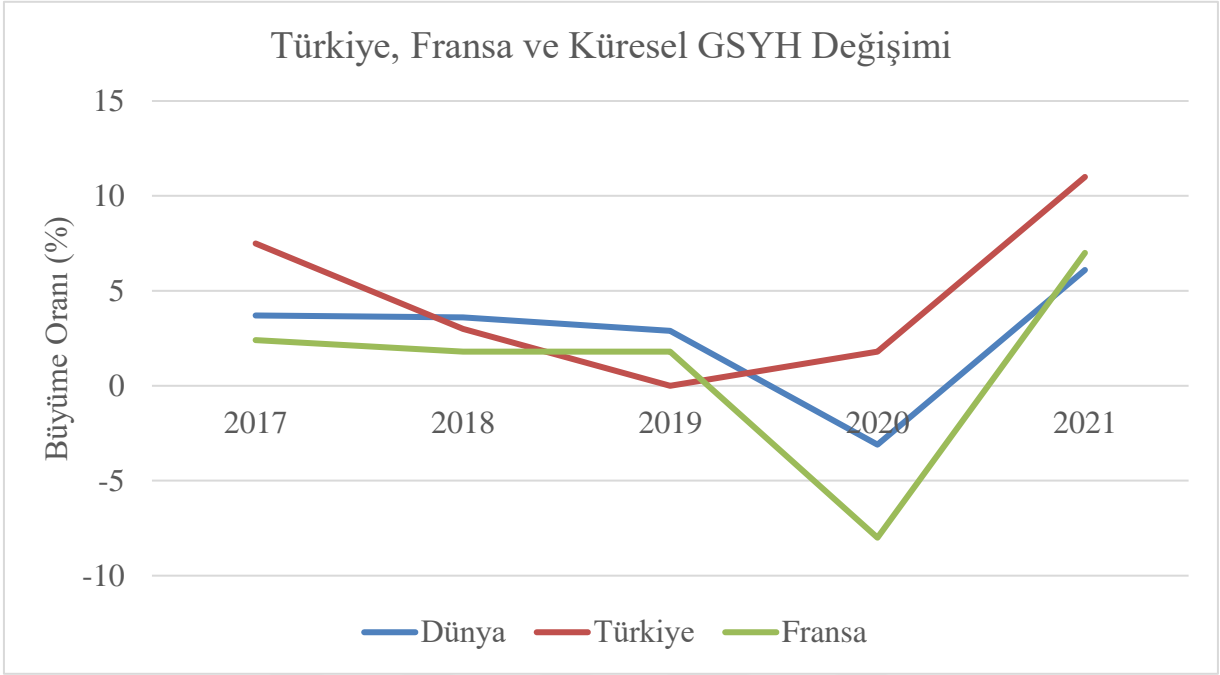
yılında küresel GSYH 2020 yılına göre %6.1, küresel ticaret hacmi ise %9.8 oranında büyümüştür. Salgının önlenmesi amacıyla tıbbi malzemelerin küresel anlamda dağıtılmasında önemli rol oynayan havayolu taşımacılığın %18.7 oranında artması 2021 yılının göze çarpan noktalarından birisidir. Demiryolundaki artış havayolunun gerisinde kalmasına rağmen Avrupa Birliği sınırları içerisinde %8.2, ABD’de ise %6.4 oranında gerçekleşmiştir. Esnekliği sayesinde kapıdan kapıya taşımacılığın da vazgeçilmezi olan karayolu taşımacılığı ise bu periyotta %6.5 oranında artmıştır (ITF, 2022: 1).



Grafik 1. 2017-2021 yılları arasında küresel ürün ve hizmet ticaretinin değişimi

Kaynak: ("WTO", 2021)

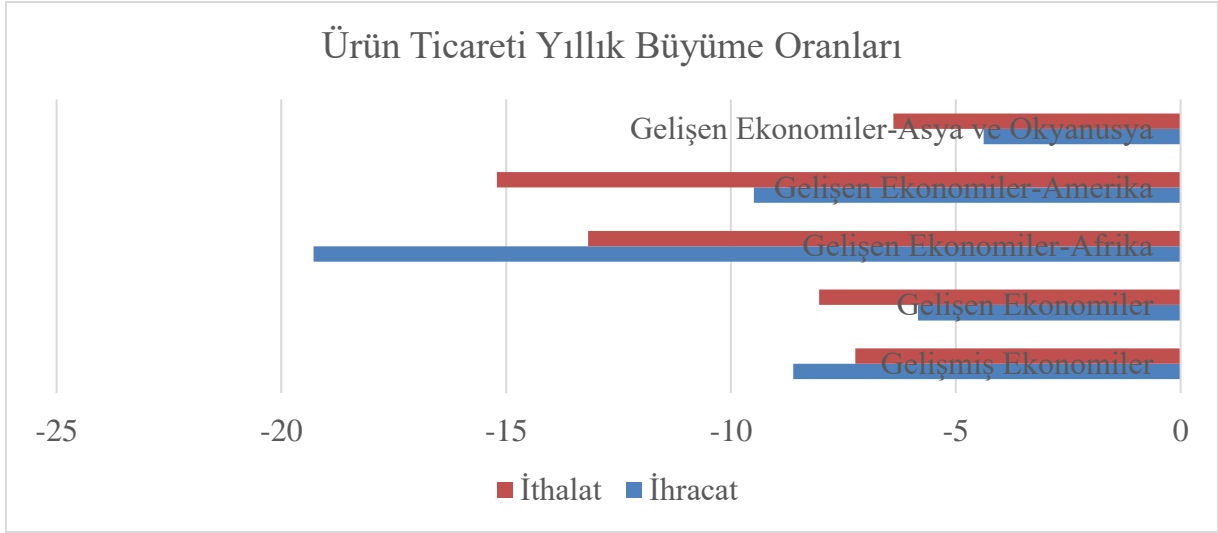
Pandeminin etkilerini azaltmak amacıyla kısıtlama ve kapanma gibi alınan önlemler ülkeler arasındaki tedarik zincirlerini bozarak küresel ticaret sistemi üzerinde ağır bir yük oluşturmuştur. Salgının neden olduğu bu konjonktür İkinci Dünya savaşından bu yana küresel çapta yaşanan en büyük resesyona kabul edilmektedir. Ancak karşılaşılan bu zorluğa rağmen küresel tedarik zincirinin kendini hızlı adapte etmesiyle ülkeler arasındaki bozulan ürün akışı düzelmiş ve toparlanma evresine geçilmiştir (World Trade Report, 2021: 6).



Grafik 2. 2017-2021 yılları arasında Türkiye, Fransa ve küresel GSYH değişimi

Kaynak: ("IMF", 2021)

2020 yılında ortaya çıkan küresel salgından etkilenen küresel ticarete kayda değer geri çekilmeler gerçekleşmiştir. Küresel ürün ticareti arka arkaya iki yıllık büyümenin ardından %7.4 oranında küçülmüştür. 2019 yılında global ihracat 19 trilyon \$ olmuştur. Ancak koronavirüsün neden olduğu salgının etkilerini azaltmak adına ülkelerin aldığı sınırların kapatılması ya da ürün ticaretinde virüsün yayılmasına zemin hazırlayacak etkenlerin detaylı incelenmesi gibi kararlar neticesinde ülkeler arasında ticaretin olağan seyrinde yapılması güç bir hale gelmiştir. Ülkeler arasında ürün ticaretinin yapılamaması ya da zor şartlar altında yapılması küresel tedarik zincirini bozmuştur. Dolayısıyla global ticaret 2020 yılında 1.4 trilyon \$ azalışla 17.6 trilyon \$ olarak gerçekleşmiştir. 2021 yılında bu oran %22.4 olarak kayıtlara geçmiştir.



Grafik 3. Ekonomi gruplarına göre ürün ticareti yıllık büyüme oranları

Kaynak: (UNCTAD, 2021: 17)

Teknolojideki gelişmelere ve dünyada meydana gelen olaylara paralel olarak meydana gelebilecek risklere karşı alınan önlemlere rağmen, söz konusu iki husus lojistik sektörünü doğrudan etkilemektedir (Kalkınma Bakanlığı, 2018: 3). Koronavirüs salgınının ortaya çıkmasına kadar yatay bantta hareket eden Dünya GSYH gelişimi, söz konusu virüsün derin hissedildiği 2020 yılında -%8 oranında küçülmüştür. Bu küçülmede virüsün başlangıç merkezi olan Çin'den çıkarak dünya geneline yayılması ve buna paralel olarak sınırlamalar, devamında kapanmalar ve tedarik zincirinin bozulması etkili olmuştur. Tedarik zincirindeki bozulmalar insanların temel ihtiyaçları ve sağlık/hijyen gibi malzemelerin tedarikinde ortaya çıkan sorunları çözmek amacıyla, ülkeler insan hareketliliğini minimuma indirmek istemişler tedarik zincirine ise gerekli önlemler alındıktan sonra izin vermişlerdir. Buradan hareketle insanoğlunun geleceğini doğrudan etkileyen bu denli salgın, savaş gibi küresel aksiyonlardaki mücadelede lojistik faaliyetlerin önemli bir paydaş olduğunu söylemek mümkündür (UTİKAD, 2021: 11).

Tablo 4

2016-2021 yılları arası ABD'nin taşımacılık modlarına göre uluslararası ticareti (milyar \$)

Mod	2016				2017			
	Toplam	İç Taşıma	İhracat	İthalat	Toplam	İç Taşıma	İhracat	İthalat
Genel Toplam	18,125	14,320	1,545	2,260	18,339	14,397	1,596	2,346
Karayolu	11,204	10,510	347	347	11,240	10,536	351	353
Demiryolu	611	435	65	111	603	425	64	114
Denizyolu	608	287	105	217	638	289	125	224
Havayolu(Kara taşıma)	1,083	132	448	503	1,131	134	464	533
Çokmodlu Taşıma	3,176	1,717	481	978	3,243	1,738	498	1,007
Boru hattı	1,350	1,238	31	81	1,388	1,274	23	91
Diğer	93	1	69	24	95	1	71	23

“Tablo 4’ün devamı”

Mod	2018				2020			
	Toplam	İç Taşıma	İhracat	İthalat	Toplam	İç Taşıma	İhracat	İthalat
Genel Toplam	18,907	14,838	1,658	2,412	21,596	16,330	2,230	3,035
Karayolu	11,520	10,784	361	375	12,748	11,850	465	433
Demiryolu	613	434	64	115	700	487	74	138
Denizyolu	664	300	154	210	689	321	121	248
Havayolu(Kara taşıma)	1,184	140	482	562	1,569	171	647	751
Çokmodlu Taşıma	3,342	1,794	501	1,048	4,199	2,078	824	1,296
Boru hattı	1,489	1,387	22	80	1,585	1,423	72	90
Diğer	96	1	74	22	106	1	27	79

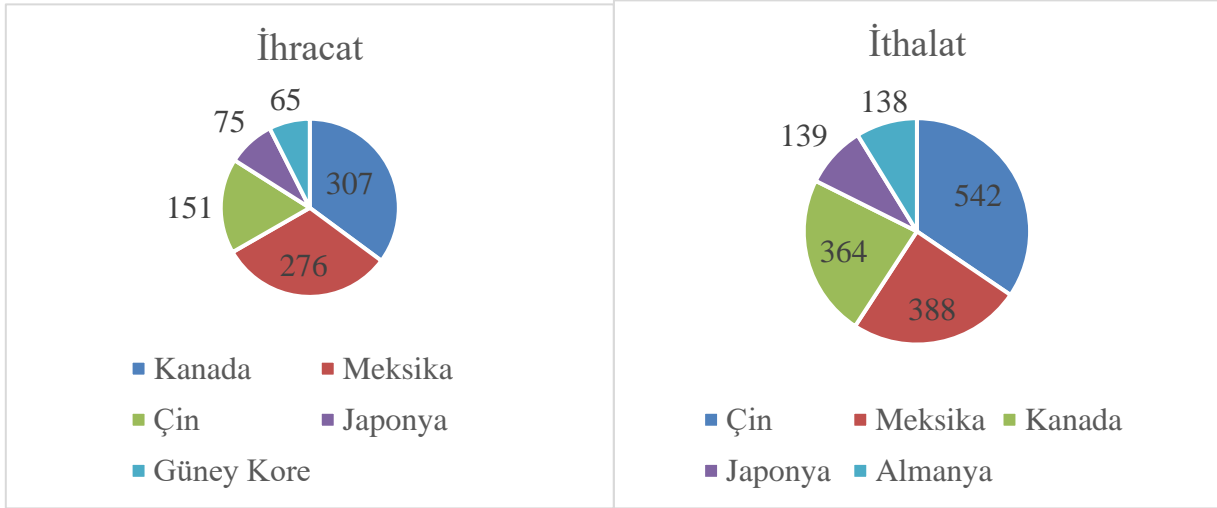
“Tablo 4’ün devamı”

Mod	Toplam	İhracat	İthalat
Genel Toplam	4,587	1,756	2,831
Karayolu	758	346	412
Demiryolu	170	61	109
Denizyolu	1,886	635	1,251
Havayolu	1,357	551	806
Boru hattı	88	20	68
Diğer	328	143	185

Kaynak: (“Amerika Taşımacılık Departmanı”, 2021)

Tablo 4 incelendiğinde denizyolu taşımacılığının toplam taşımacılıkta lokomotif görevini üstlendiğini görülmektedir. 2020 yılında parasal değer olarak 1.5 trilyon \$, tonaj olarak ise 1.5 milyar ton kargo denizyolu ile taşınmıştır. Denizyolu taşımacılığından sonra değer olarak

en fazla kargo havayolu ile taşınmıştır. Taşınan kargoların değeri 1.16 trilyon \$, toplam taşınan kargonun %30.8'ine eş değerdir. Tonaj olarak toplam kargo taşımacılığının %10.5'i, değer olarak ise %18.4'ü karayolunda gerçekleşmiştir.



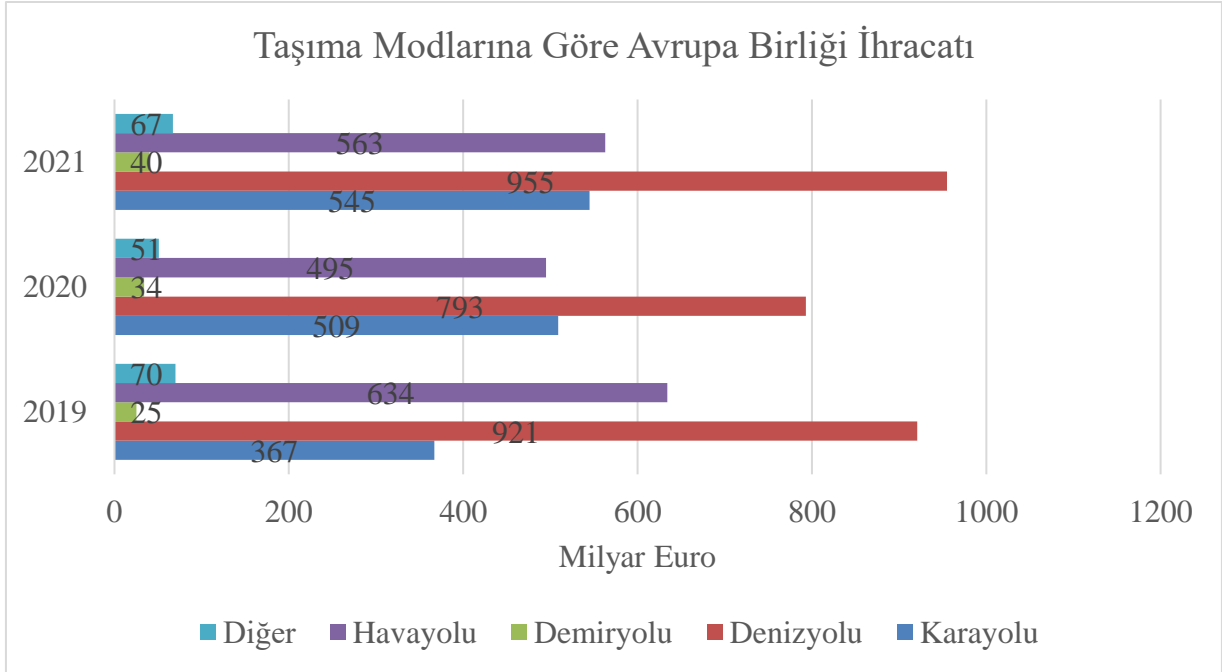
Grafik 4. 2021 yılı ABD ihracat ve ithalat partnerleri(milyar \$)

Kaynak: (“UNCTAD”, 2021)

Grafik 4 ABD'nin ihracat ve ithalattaki en büyük 5 partnerini göstermektedir. ABD'nin 2021 yılı toplam 1.75 trilyon \$ ihracatının %67'lik kısmını (583 milyar \$) kara sınırı olan Kanada(%35) ve Meksika(%32) ile gerçekleştirmiştir. Dünyanın fabrikası olarak adlandırılan Çin'e ihracatı ise 151 milyar dolardır. Yine Asya ülkelerinden biri olan Japonya'ya ise 75 milyar dolar, Güney Kore'ye ise 65 milyar dolarlık ihracat gerçekleştirmiştir.

ABD'nin 2021 yılında yaptığı ithalat 2.93 trilyon dolar olarak gözükmektedir. İthalat kısmında en büyük partner olarak Çin öne çıkmaktadır. İthalatının % 35'ini(542 milyar \$) Çin'den yapmaktadır. Kanada ve Meksika da en fazla ithalat gerçekleştirdiği 2 ve 3. Ülkelerdir. Bu iki ülkeden toplam ithalatının yaklaşık %50'sini gerçekleştirmektedir. Japonya ve Almanya'dan 140 milyar dolar civarında ise ürün ithalatı yapmaktadır.

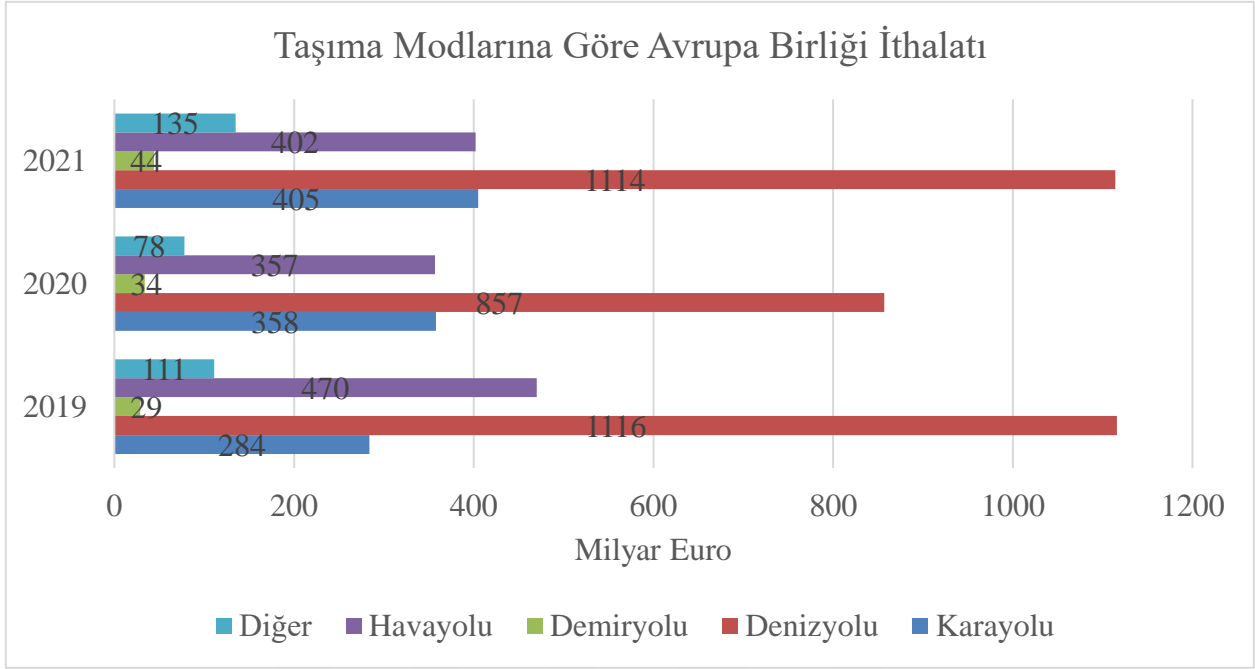
Avrupa Birliği küresel ürün ve hizmet ticaretinde önemli bir paya sahiptir. Tezin bu kısmında Avrupa Birliği'nin ihracat-ithalat verilerine değinilmiştir.



Grafik 5. 2019-2021 yılları arası Avrupa Birliği'nin taşıma modlarına göre ihracatı (milyar €)

Kaynak: ("EuroStat", 2021)

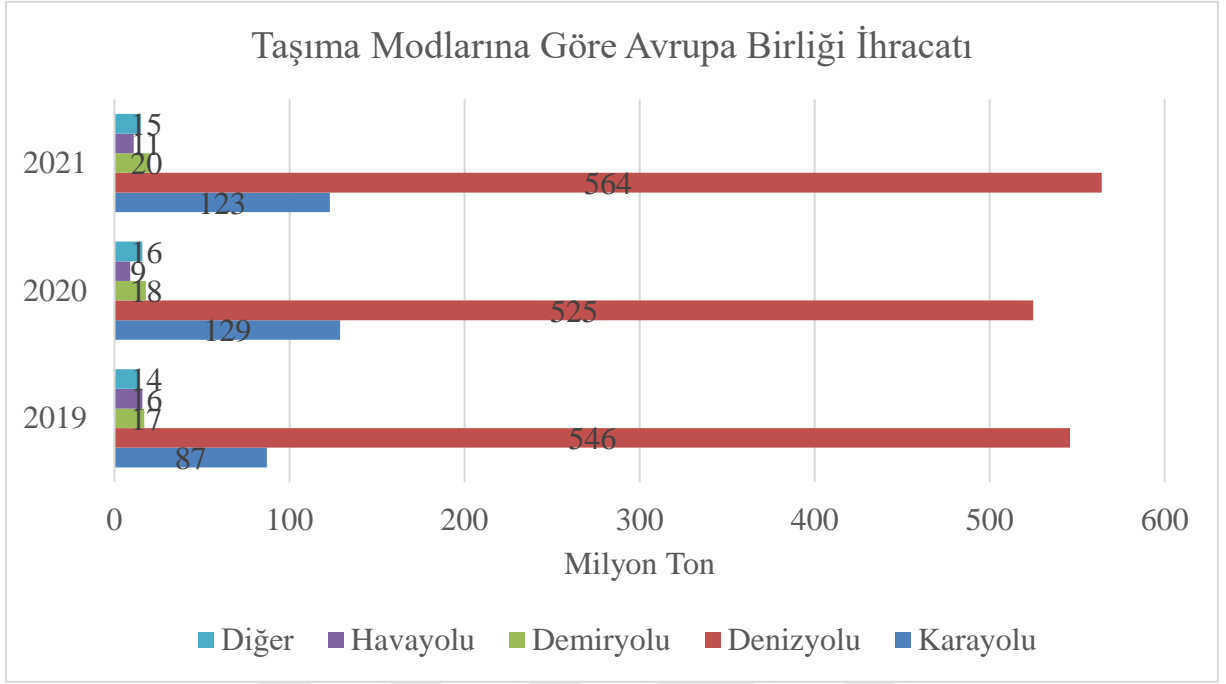
Grafik 5'te Avrupa Birliği üyelerinin Avrupa Birliği dışına yapmış olduğu ihracatının taşıma modlarına göre dağılımı gösterilmiştir. Değer bazında oluşturulan Grafik incelendiğinde yapılan ihracatın %40'ının denizyolu ile gerçekteştiği görölmektedir. Havayolu ve karayolu ile yürütölen ihracat operasyonlarının değerleri birbirine yakın seyretmektedir. Havayolu ihracatta %25 ithalatta ise %21 oranında tercih edilmiştir. Son taşıma en çok kullanılan karayolunun ihracatta %27, ithalatta ise %22 oranında kullanılması dikkat çekicidir.



Grafik 6. 2019-2021 yılları arası Avrupa Birliği'nin taşıma modlarına göre ithalatı (milyar €)

Kaynak: ("EuroStat", 2021)

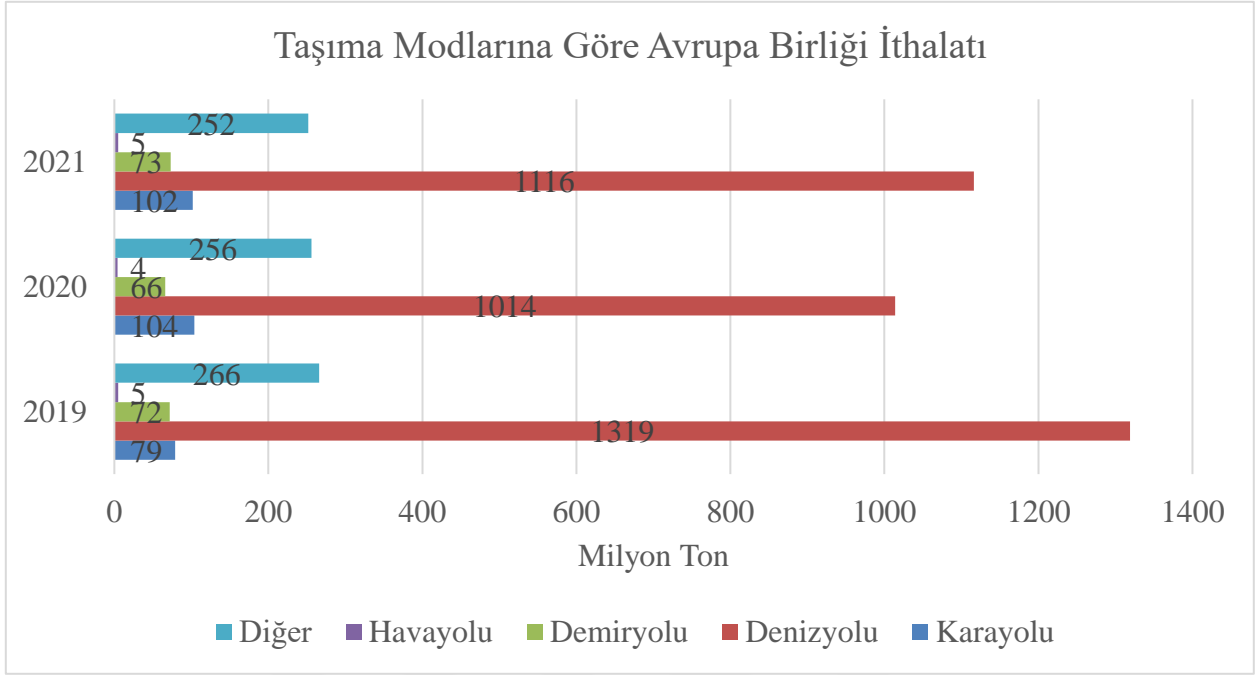
Grafik 6'da Avrupa Birliği üyelerinin Avrupa birliği dışına yapmış olduğu ithalatın taşıma modlarına göre dağılımı milyar euro cinsinden gösterilmiştir. 2019-2021 yılları arasındaki verilere göre hazırlanan grafik incelendiğinde ithalatta en çok kullanılan taşımacılık modu ortalama 1 trilyon euro ile deniz yoludur. 2020 yılında pandemi etkisi nedeniyle karayolu ve demiryolu hariç tüm taşıma modlarında geri çekilmeler yaşanmıştır. 2019 yılında karayolu ile yapılan ithalat 284 milyar euro iken, 2020 yılında bu değer 358 milyar euro olmuştur. Demiryolu taşımacılığında da pandemiye rağmen bir artış gözükse de anlamlı bir artış olduğu söylenemez. 2019 yılında 29 milyar euro olan demiryolu ithalatı 2020 yılında 34 milyar euro olarak gerçekleşmiştir. 2021 yılında salgının hafiflemesine paralel olarak küresel anlamda yaşanan toparlanma ile 2019 değerlerine yaklaşıldığı görülmektedir. Avrupa Birliği ithalatında karayolu taşımacılığının değer bazında artarak devam ettiği, havayolu ve demiryolunun değerlerinin geçmiş yıllara yakın değerlere sahip olduğu söylenebilir.



Grafik 7. 2019-2021 yılları arası Avrupa Birliği'nin taşıma modlarına göre ihracatı (ton)

Kaynak: ("Eurostat", 2021)

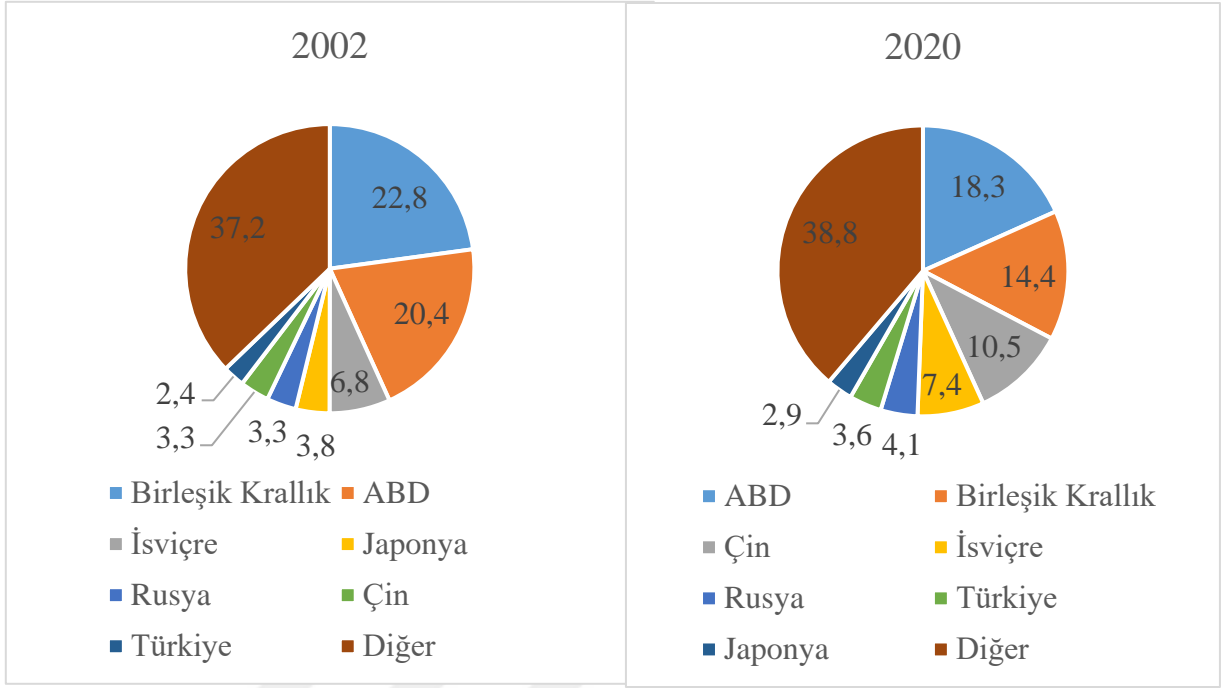
Grafik 7'de Avrupa Birliği üyelerinin Avrupa Birliği dışına yapmış olduğu ihracatın taşıma modlarına göre dağılımı tonaj cinsinden gösterilmiştir. 2019-2021 yılları arasında ihracatta en fazla yük ortalama 550 milyon ton denizyolu ile taşınmıştır. 2020 yılında ihracatın yaklaşık %74'ü ithalatın ise %84'ü denizyolu taşımacılığı ile gerçekleşmiştir. Diğer taşıma modlarında ise yüksek tonajlardan bahsetmek mümkün değildir. İhracatta değer bazında ikinci sırada yer alan havayolunun tonaj cinsinden değerlendirildiğinde kayda değer bir yüzdeye sahip olmadığı görülmektedir. Tonaj bazında ihracat ve ithalatta %1'in de altında olan havayolu taşımacılığında ağırlık olarak düşük ancak değerli ürünlerin taşındığını söylemek mümkündür.



Grafik 8. 2019-2021 yılları arası Avrupa Birliği'nin taşıma modlarına göre ithalatı (ton)

Kaynak: ("EuroStat", 2021)

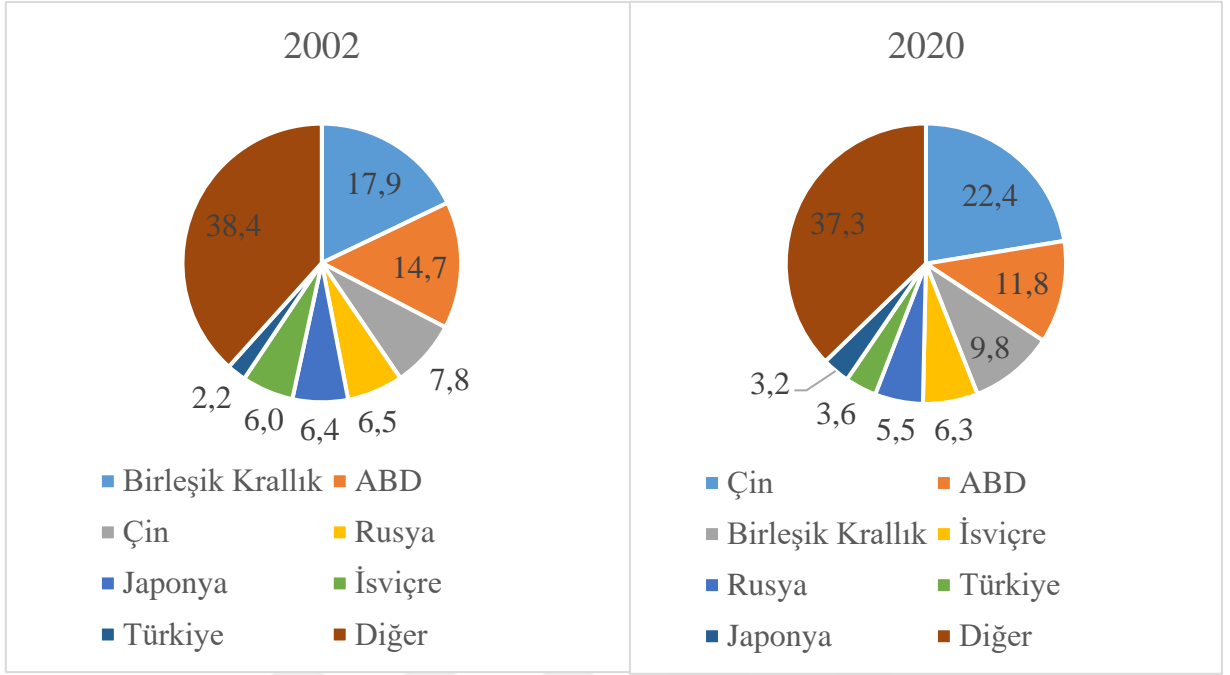
Grafik 8'de Avrupa Birliği üyelerinin Avrupa birliği dışından yapmış olduğu ithalatın taşıma modlarına göre dağılımı tonaj cinsinden gösterilmiştir. Söz konusu yıllarda en fazla yükün denizyolu ile taşındığını söylemek mümkündür. Diğ er kategorisinin içinde yer alan boru taşımacılığının denizyolundan sonra en fazla paya sahip olduğu görülmektedir. Enerji ihtiyacının büyük bir kısmını Rusya'dan boru hattı ile ithal ettiği petrol ve doğalgazla sağlayan Avrupa Birliği ülkelerinin önümüzdeki yıllarda ihtiyaca bağlı olarak arttıracığı öngörülmektedir.



Grafik 9. 2002 ve 2020 yılları Avrupa Birliği ihracat partnerleri

Kaynak: ("EuroStat", 2021)

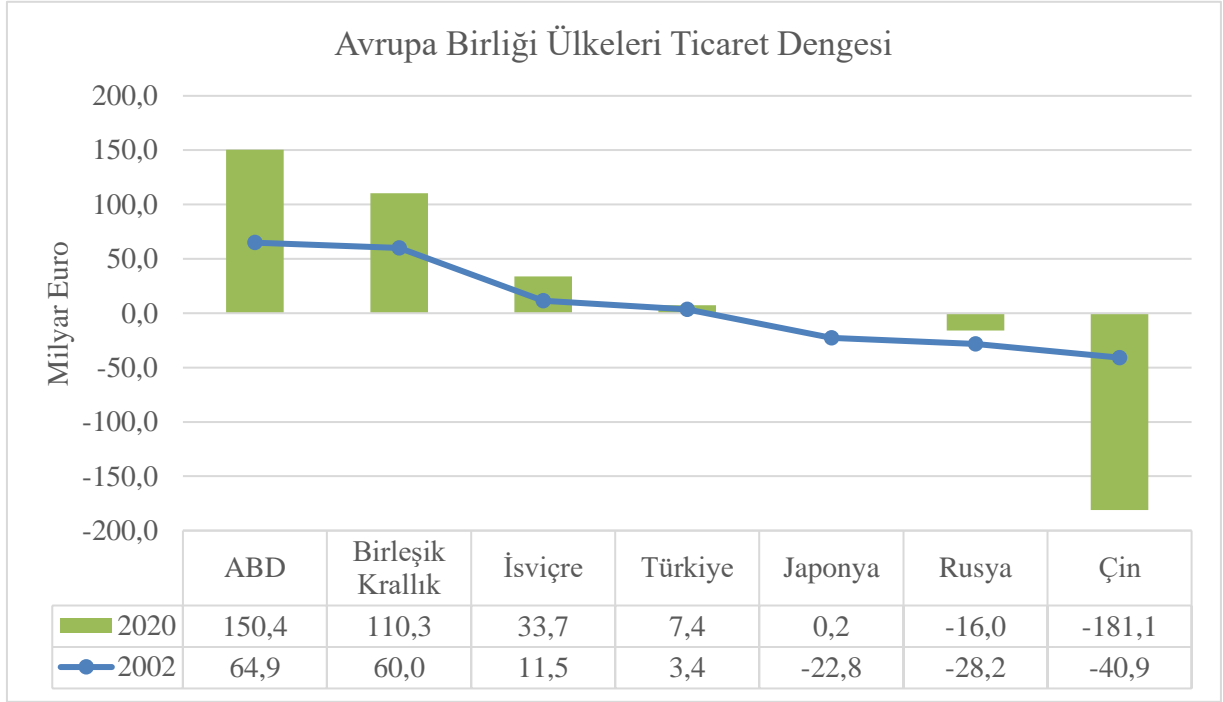
Grafik 9’da 2002 ve 2020 yıllarında Avrupa Birliği ülkelerinin ihracat yaptığı ülkeler yüzdeler halinde gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde 2002 yılında en fazla ihracat yapılan ülke Birleşik Krallık iken, 2020 yılında bu ülke ABD olmuştur. Birleşik Krallık ihracattaki payı %20,4’ten %14,4’e düşmüştür. 2002 yılında %3,3 olan Çin ihracatı 2020 yılında %11’e yaklaşmıştır. Yine Uzakdoğu ülkelerinden biri olan Japonya ihracatı 2002 yılında %3,8 iken 2020 yılında 2,9’a gerilemiştir. Rusya ihracatında ise önemli bir farklılaşma görülmemektedir. 2002 yılında %3,3 olan değer 2020 yılında %4,1 olmuştur. Türkiye’ye yapılan ihracat 2002 yılında %2,4 iken 2020 yılında %3,6 olarak gerçekleşmiştir. İsviçre’ye yapılan ihracatta kayda değer bir değişim gözlenmemektedir.



Grafik 10. 2002 ve 2020 yılları Avrupa Birliği ithalat partnerleri

Kaynak: ("EuroStat", 2021)

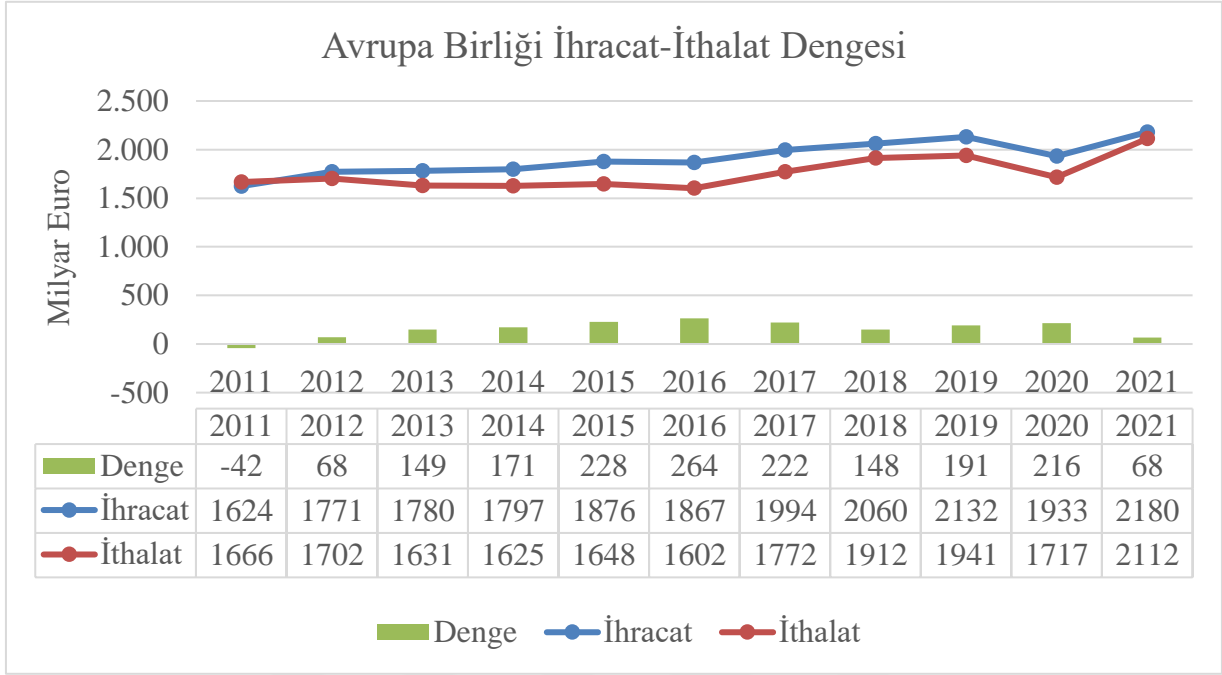
Grafik 10'da 2002 ve 2020 yıllarında Avrupa Birliği ülkelerinin ithalat yaptığı ülkeler yüzdelik dilimler halinde gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde 2002 yılında en fazla ithalat yapılan ülke Birleşik Krallık iken, 2020 yılında bu ülke Çin olmuştur. Birleşik Krallık ithalattaki payı %17.9'dan %9.8'e düşmüştür. 2002 yılında %7.8 olan Çin ithalatı 2020 yılında %22.4 olarak gerçekleşmiştir. Türkiye'den yapılan ithalatta ise yaklaşık %50 oranında küçülme görülmektedir. Enerji ihtiyacının bir kısmını Rusya'dan ithalat eden Avrupa Birliği ülkelerinin 2002 yılındaki Rusya ithalatı %6.5 iken bu oran 2020 yılında covid-19 etkisinin neden olduğu düşük enerji talebi dolayısıyla %5.5 olarak hesaplanmıştır.



Grafik 11. 2002 ve 2020 yılları Avrupa Birliği ülkeleri ticaret dengesi

Kaynak: (“EuroStat”, 2020)

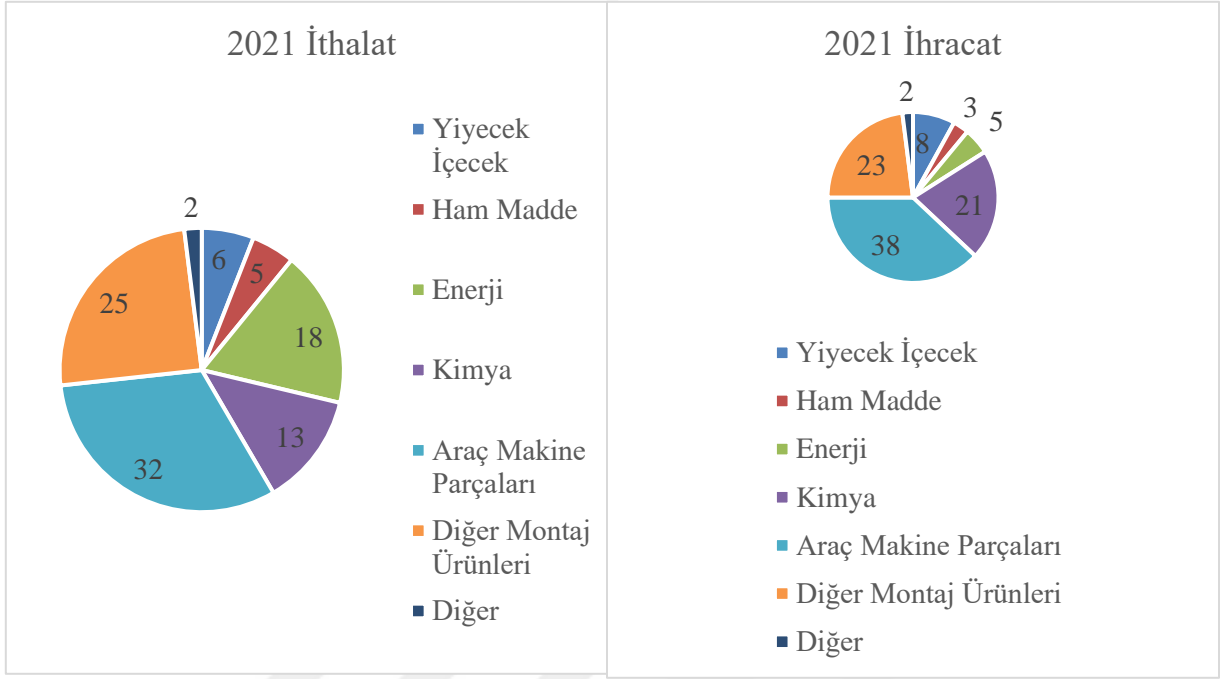
Grafik 11’de 2002-2020 yıllarında Avrupa Birliği ülkelerinin ticaret ortakları arasındaki ihracat-ithalat dengesi gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde Avrupa Birliği ülkelerinin ticaret fazlası ve ticaret açığı verdiği ülkeler görülmektedir. İhracatının ithalatından fazla olduğu, başka bir deyişle en fazla ticaret fazlası verdiği ülke 150 milyar euro ile ABD’dir. 110 milyar euro ticaret fazlasıyla Birleşik Krallık ise ikinci sırada yer almaktadır. Türkiye ile gerçekleşen ticarete ise 7 milyar euroluk fazlalık oluşmuştur. Ticaret açığı verilen ülkelere bakıldığında ise ilk sırada Çin göze çarpmaktadır. 2002 yılında yaklaşık 41 milyar euro olan bu açık 2020 yılında 180 milyar euro olmuştur. Enerji ithalatında Rusya ile ticaret yapan Avrupa Birliği ülkeleri burada yaklaşık 17 milyar euro açık vermiştir.



Grafik 12. 2011 ve 2021 yılları arasında Avrupa Birliği ihracat- ithalat değerleri

Kaynak: ("EuroStat", 2021)

Grafik 12’de 2011-2021 yılları arasında Avrupa Birliği ÷lkelerinin ihracat-ithalat dengesi milyar euro cinsinden gösterilmiştir. Sadece 2011 yılında ticaret açığı veren Avrupa Birliği ÷lkeleri bu yıldan günümüze kadar ihracatını ithalatından fazla gerçekleştirmiş, ticaret fazlası vermiştir. 2021 yılında yaklaşık 2.2 trilyon euro ihracat, 2.1 trilyon civarında ise ithalat gerçekleşmiştir. Covid-19 nedeniyle kapanmaların yaşandığı 2020 yılında ihracat ve ithalatta ciddi geri çekilmeler yaşanmıştır. 2021 yılında alınan önlemlere paralel olarak azalan salgın etkisinin ardından toparlanmalar yaşanmış ve yaklaşık %10 oranında ihracat, %20 oranında ise ithalat artmıştır.



Grafik 13. 2021 yılında Avrupa Birliği ithalat-ihracat ürün grupları

Kaynak: ("EuroStat", 2021)

Grafik 13’de Avrupa Birliği ülkelerinin 2021 yılında ihraç ve ithal ettiği ürün grupları gösterilmiştir. İhracattaki en fazla paya sahip ürün grupları sırasıyla makine ve araçlar, diğer montaj sanayi ürünleri ve kimyasallardır. Bu 3 grup toplam ihracatın %83’ünü oluşturmaktadır. İthalatta da aynı ürün gruplarının payı yüksektir. Ancak kimyasal ürünler enerjiden daha az ithal edilmiştir.

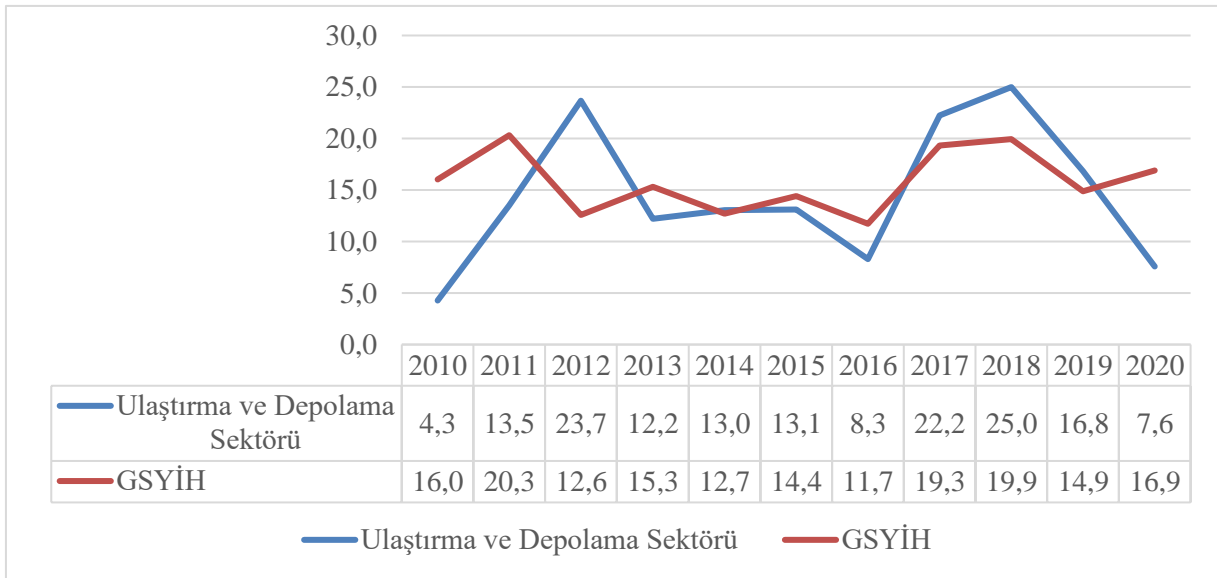
2.5. Türkiye’de Taşımacılık

2020 yılında patlak veren salgın nedeniyle girilen pandemi sürecinde lojistik sektörü en derinden etkilenen sektörler arasında yer almaktadır. Salgının etkisinin insanlar üzerindeki etkisinin azaltılması ve tekrar ticaretin canlandırılması amacıyla alınan önlemlerin başarıya ulaşmasına rağmen küresel aktörlerdeki yavaş toparlanma Türk lojistik sektörünün operasyonel maliyetlerinin artmasına neden olmuştur. Yaşanan tüm olumsuzlara rağmen sahip olduğu coğrafi konumun yanı sıra Çin’den istedikleri doğrultuda ürün ve hizmet sağlayamayan küresel

aktörler rotasını Türkiye'ye kaydırmıştır. Dolayısıyla bu eğilimler Türkiye'ye avantajlı konuma getirmiş, ön plana çıkarmıştır (UTİKAD, 2021: 27).

Uzakdoğu ve Avrupa arasındaki navlun fiyatları ciddi oranda artmıştır. Türkiye-Avrupa hattındaki navlun oranlarının Avrupa-Uzakdoğu hattındaki navlunlardan yaklaşık 10 kat daha ucuz olması büyük ölçekli işletmelerin Türkiye iştahının arttırmasına neden olmuştur. Türkiye çıkışlı seferlerin artmasına paralel olarak limanlarımızdaki elleçlenen yük miktarlarında da artış yaşanmıştır. 2020'de 496 milyon, 2021'de ise 526 milyon ton yük Türk limanlarında elleçlenmiştir. Sınır kapılarında "temassız ticaret" gibi yeni uygulamaların hayata geçirilmesiyle rekabet avantajı sağlanmıştır (KPMG, 2021: 7)

Türkiye gelişmekte olan ülkeler arasında potansiyeli yüksek bir ülke olarak ön plana çıkmaktadır. 2008 krizinden günümüze dek ekonomik olarak büyüme gerçekleştirmiştir. Ekonomik olarak büyüme beraberinde ticaret hacimlerinde bir artış getirmiştir. Sahip olunan bu trend lojistik sektörü üzerinde de bir yük oluşturmuştur. Lojistik altyapının dünya ticaretindeki önemi ve ülke ekonomisine katkısı düşünüldüğünde lojistik yönetimin verimliliğini arttırmaya yönelik çözümler üzerinde de çalışmalar gerçekleştirilmektedir (Kalkınma Bakanlığı, 2018: 6-7).

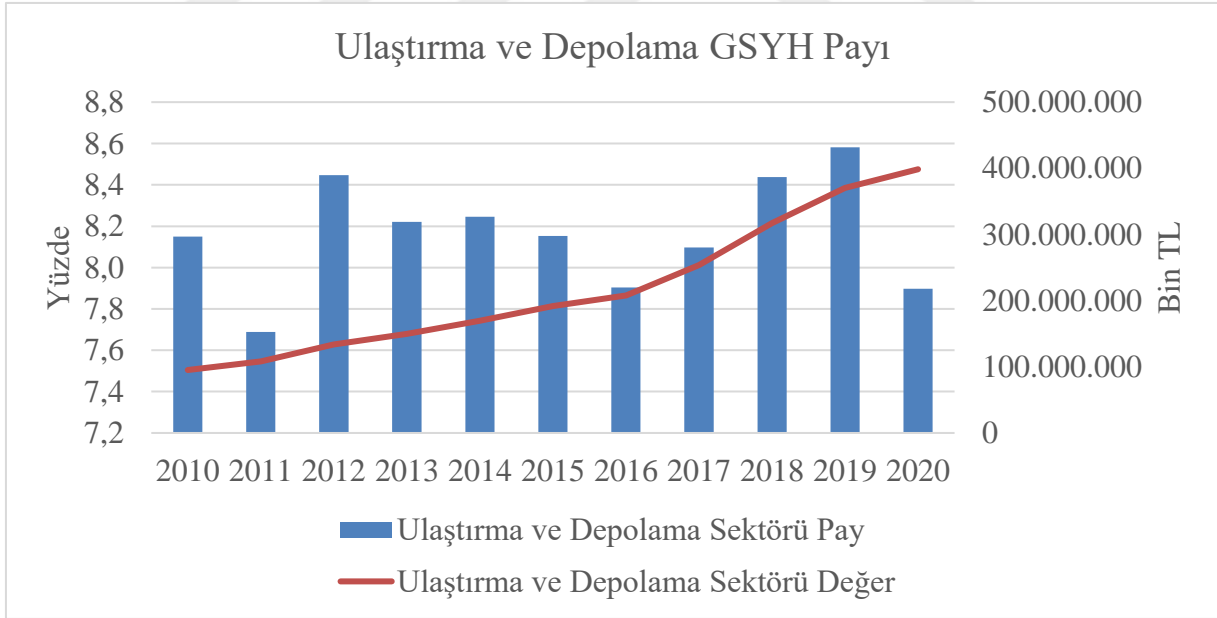


Grafik 14. 2010-2020 yılları arasında Ulaştırma ve depolama sektörü-GSYH değişim oranları

Kaynak: ("TÜİK", 2020)

Grafik 14’te 2010-2020 yılları arasında Ulaştırma ve Depolama Sektörü ve GSYH’in bir önceki yıla göre değişimleri gösterilmiştir. Ulaştırma ve Depolama sektöründeki veriler sadece yükleri değil aynı zamanda yolcu taşımacılığını da içermektedir. Grafik incelendiğinde her iki değişkenin de yıllara göre arttığını gözlemlenmektedir. Ulaştırma ve depolama sektöründe en büyük büyümeler sırasıyla 2011, 2017 ve 2018 yıllarında gerçekleşmiştir. Gayri Safi Yurtiçi Hasıla’ya baktığımızda yıllara göre sürekli bir artışın olduğu ancak büyüme oranlarının birbirine yakın ortalama %15 civarında seyrettiği söylenebilir. GSYH’in en çok 2011 ve 2018 yıllarındaki değişimi dikkat çekicidir.

Ulaştırma ve depolama sektörü 2017-2020 yılları arasında GSYH’den daha fazla büyüme göstermiştir. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı’ndan alınan veriler 2021’in ilk çeyreğinde sektörün %5.9 büyümesiyle bu trendin bozulduğu görülmüştür (KPMG, 2021: 10).



Grafik 15. 2010-2020 yılları arasında Ulaştırma ve depolama sektörünün GSYH içindeki payı

Kaynak: (“TÜİK”, 2020)

Grafik 15’de Türkiye’de Ulaştırma ve depolama sektörünün GSYH içindeki payı yıllara göre hem yüzde hem TL cinsinden değer olarak gösterilmiştir. 2021 yılı verileri henüz

yayımlanmadığı için 2020 yılı verileri üzerinden değerlendirilmiştir. 2010-2020 yılları arasındaki 10 yıllık periyoda bakıldığında Ulaştırma ve Depolama sektörünün GSYH'e katkısı ortalama %8 olarak gerçekleşmiştir. 2017 yılına kadar inişli çıkışlı bir seyir izleyen katkı oranı bu tarihten itibaren sürekli olarak yükselmiştir. Ancak 2020 yılında ciddi bir düşüş göstererek 2016 yılındaki seviyelerine gelmiştir. Söz konusu sektörün TL cinsinden grafiğine baktığımızda sürekli bir artıştan söz edilebilir. 2010 yılında 100 milyar TL'nin altında olan bu değer 2020 yılında 400 milyar TL'nin üzerine çıkmıştır.

Tablo 5

2013-2021 yılları arasında Türkiye'nin göre dış ticareti

Yıllar	İhracat	İthalat	Dış Ticaret Hacmi	İhracatın İthalatı Karşılama Oranı
2013	161,480,915	260,822,803	422,303,718	61,9
2014	166,504,862	251,142,429	417,647,291	66,3
2015	150,982,114	213,619,211	364,601,325	70,7
2016	149,246,999	202,189,242	351,436,241	73,8
2017	164,494,619	238,715,128	403,209,747	68,9
2018	177,168,756	231,152,483	408,321,239	76,6
2019	180,832,722	210,345,203	391,177,924	86,0
2020	169,637,755	219,516,807	389,154,562	77,3
2021	225,264,314	271,422,758	496,687,072	83,0

Kaynak: ("TÜİK", 2021)

Tablo 5'te yıllara göre Türkiye'nin dış ticaretinin Amerikan doları cinsinden değeri gösterilmiştir. 2015 ve 2016 yıllarında makroekonomik ve politik sebeplerden dolayı 166 milyar dolar olan ihracatın 150 milyar dolar civarına kadar gerilediği görülmektedir. 2016'dan koronavirüs salgınının neden olduğu salgının başladığı 2020 yılına kadar ihracatın doğrusal bir şekilde arttığı söylenebilir. Salgın ile beraber ticaret hacimleri düşmüş, dünya ticareti olumsuz etkilenmiştir. 2021 yılında salgın yaralarının sarılmasıyla beraber Türkiye tarihinde ilk kez 200 milyar dolar bandını aşarak 225 milyar dolar ihracat gerçekleştirmiştir. Türkiye ithalatının 2013 yılından günümüze dek 200 milyar dolar üzerinde olduğu görülmektedir. Dış ticaret hacminin

2021 yılında yaklaşık 500 milyar dolar olduğu söylenebilir. İhracatın ithalatı karşılama oranı 2013 yılından bu zamana dek dalgalanmalar yaşamıştır. 2013 yılında En düşük %62, 2020 yılında da en yüksek %86 olarak kayıtlara girmiştir.

Tablo 6

2013-2021 yılları arasında taşıma şekillerine göre Türkiye ihracatı (bin \$)

Yıllar	Toplam	Denizyolu	Demiryolu	Karayolu	Havayolu	Diğer
2013	161,480,915	88,197,732	994,652	57,804,104	3,200,118	1,284,309
2014	166,504,862	88,900,953	964,170	61,133,176	14,388,661	1,117,902
2015	150,982,114	79,762,173	861,740	51,946,113	17,400,190	1,011,898
2016	149,246,999	80,139,270	673,816	49,537,436	17,908,782	987,696
2017	164,494,619	93,378,625	699,915	50,988,408	17,217,240	2,210,432
2018	177,168,756	108,802,681	753,544	52,222,468	14,127,905	1,262,157
2019	180,832,722	109,114,264	971,021	54,461,860	14,849,231	1,436,347
2020	169,637,755	100,907,927	1 287,765	53,127,588	12,732,561	1,581,914
2021	225,264,314	133,752,640	1 648,917	68,762,340	18,733,633	2,366,785

Kaynak: ("TÜİK", 2021)

Tablo 7

2013-2021 yılları arasında taşıma şekillerine göre Türkiye ithalatı (bin \$)

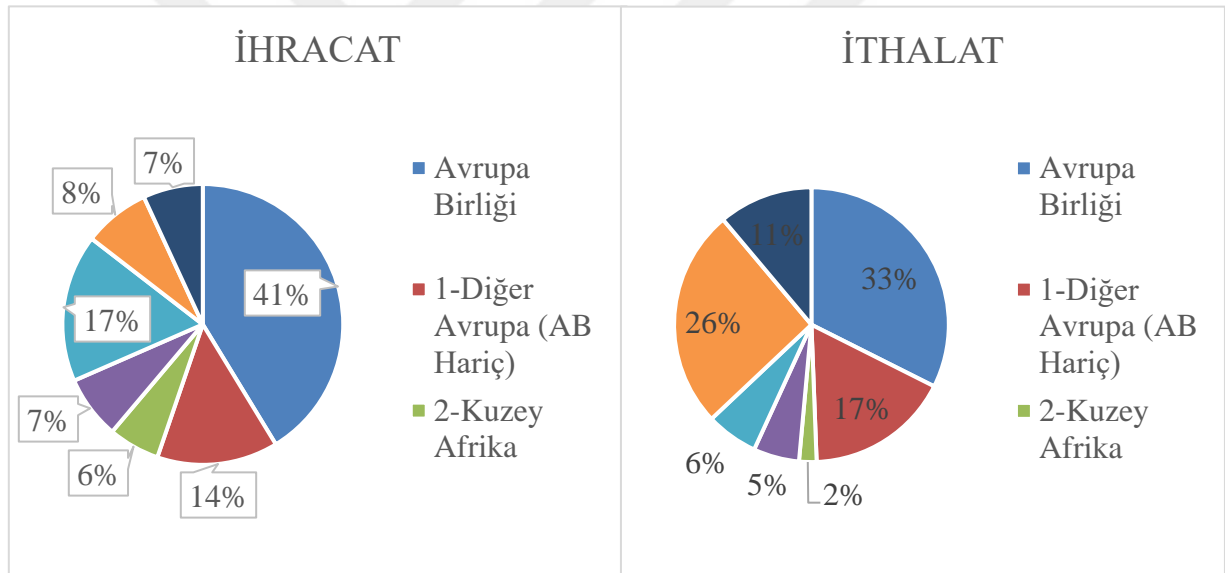
Yıllar	Toplam	Denizyolu	Demiryolu	Karayolu	Havayolu	Diğer
2013	260,822,803	146,444,550	1,784,905	43,544,972	32,759,358	36,289,018
2014	251,142,429	147,778,523	1,253,892	40,577,283	24,889,608	36,643,124
2015	213,619,211	126,868,187	1,434,902	37,840,932	20,159,751	27,315,439
2016	202,189,242	121,013,276	1,768,602	36,716,500	23,107,208	19,583,655
2017	238,715,128	138,596,809	1,294,504	40,374,083	34,439,948	24,009,784
2018	231,152,483	136,737,402	1,299,419	39,129,380	28,756,745	25,229,537
2019	210,345,203	112,967,845	1,447,897	37,177,012	29,238,406	29,514,041
2020	219,516,807	114,838,355	2,144,863	41,883,477	39,260,478	21,389,634
2021	271,422,758	157,390,322	2,891,134	48,893,236	26,058,284	36,189,782

Kaynak: ("TÜİK", 2021)

Tablo 6 ve 7'de Türkiye'nin ihracat ve ithalat operasyonlarında hangi taşımacılık modlarının kullanıldığı gösterilmiştir. İhracat-ithalat operasyonlarında denizyolu ve karayolu en çok tercih edilen taşımacılık modlarıdır. Özellikle denizyolu taşımacılığının ihracat ve ithalat

içindeki payı %50'den fazladır. Karayolu taşımacılığının ihracattaki payı son beş yılda %35'ten %27'lere kadar gerilemiştir. Avrupa Birliği'nin öncülüğünde diğer uluslararası örgütlerin de sürdürülebilir bir taşımacılık için karayolu kullanımının azaltılması yönündeki çalışmaları için önemli bir parametredir. Benzer şekilde karayolunun ithalattaki payı da giderek azalmaktadır.

Türkiye'nin ithalat ve ihracat operasyonlarında demiryolu kullanımı payının azlığı göze çarpmaktadır. Bunun nedeni olarak Türkiye'de yeterli demiryolu ağının olmadığı gösterilebilir. Havayolu taşımacılığının özellikle ihracattaki payı 2017 yılına kadar artış gösterse de bu tarihten sonra düşmeye başlamıştır. İthalatta ise %10-12 oranında bir paya sahiptir.

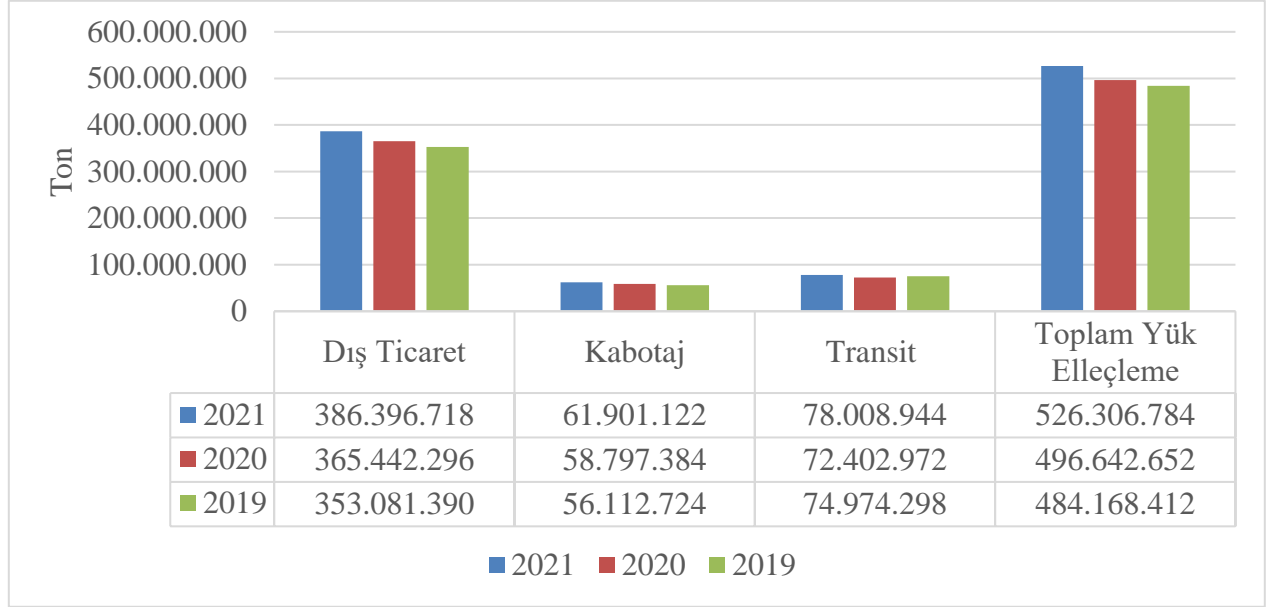


Grafik 16. 2021 yılı Türkiye'nin bölgelere göre ihracat ve ithalatı

Kaynak: ("TÜİK", 2021)

Grafik 16'da Türkiye'nin 2021 yılında ihracat ve ithalat operasyonlarını gerçekleştirdiği bölgeler gösterilmiştir. 2016 yılından bugüne dek en büyük ihracat ve ithalat partneri bölgemiz Avrupa Birliği'dir. Daha sonra en fazla ihracat yaptığımız bölge Yakın ve Orta Doğu'dur. Körfez ülkelerle son yıllarda imzalanan ikili anlaşmaların bu ortaklığı destekler nitelikte olduğu söylenebilir. 3. En büyük ihracat bölgesini ise Euro bölgesi dışında kalan Avrupa ülkeleri oluşturmaktadır.

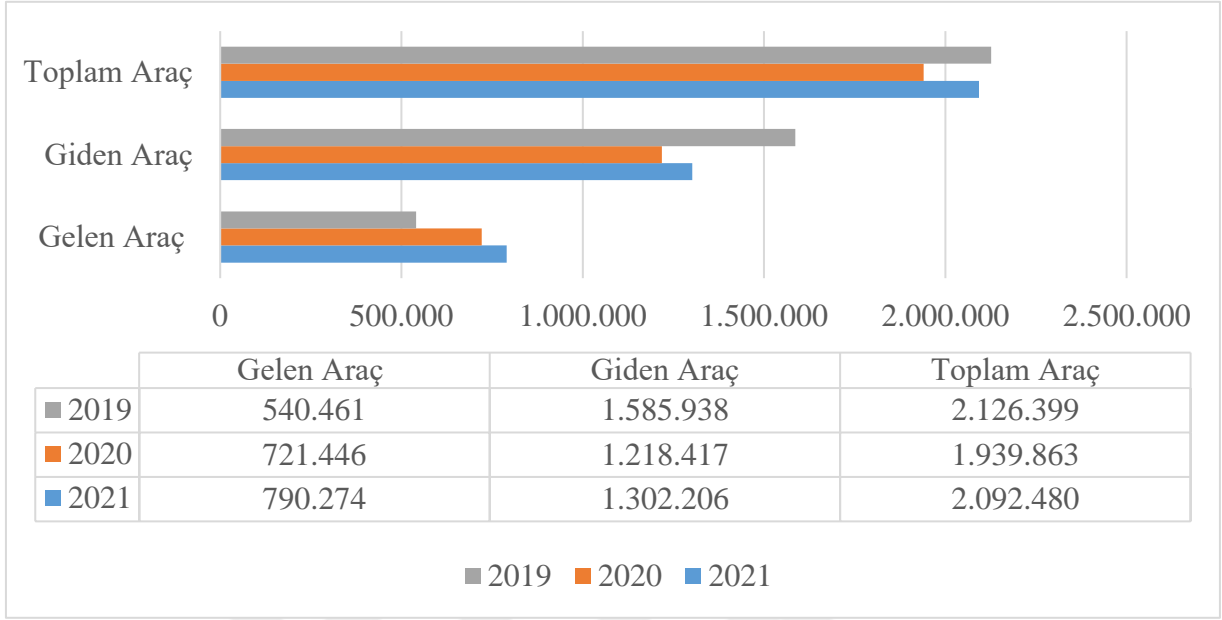
Türkiye'nin son 10 yıldır en büyük ithalat ortağı ise yine Avrupa Birliği'dir. 2015-2021 yılları arasında %32-36 oranında değişen yüzdelerle sahiptir. Çin başta olmak üzere Japonya, Hindistan ve diğer Asya ülkeleri %25 yüzdeliğe sahip 2. En büyük ithalat yaptığımız bölgedir. Sonrasında sırasıyla diğer Avrupa ve Yakın-Orta Doğu ülkeleri gelmektedir.



Grafik 17. 2019-2021 yılları arasında Türk limanlarındaki yük elleçleme istatistikleri (ton)

Kaynak: ("Denizcilik Genel Müdürlüğü", 2021)

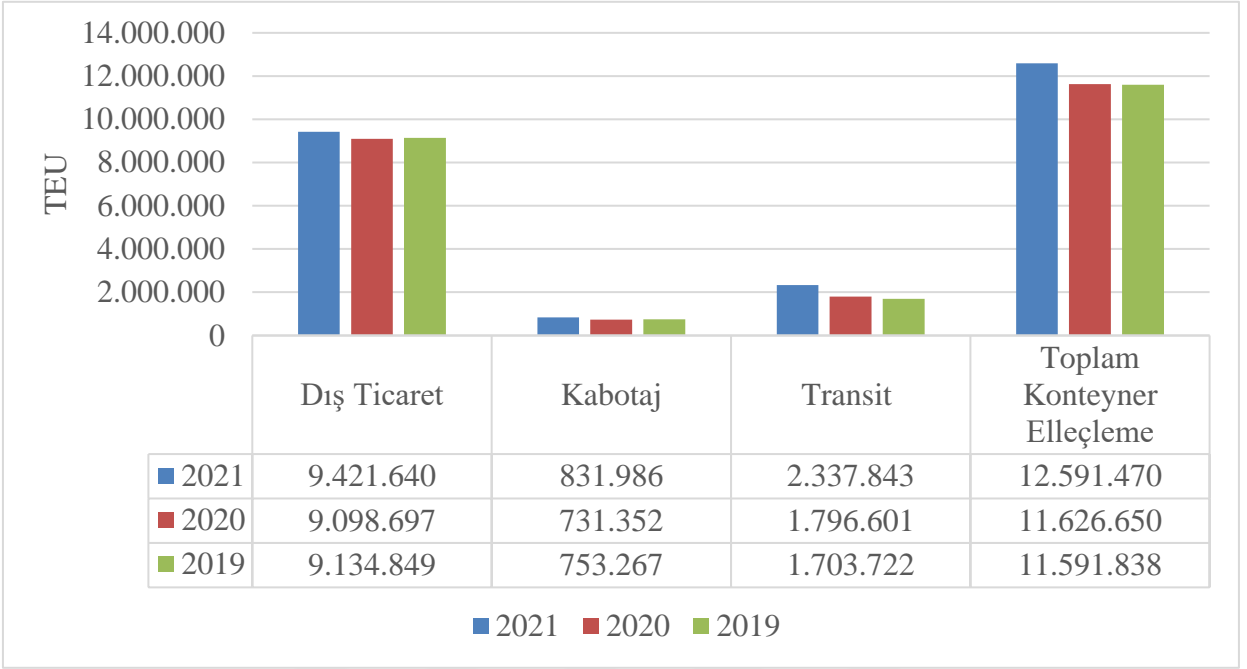
Grafik 17'de 2019-2021 yıllarında Türkiye'deki limanlarda elleçlenen yüklerin ihracat-ithalat(dış ticaret), kabotaj ve transit kategorilerinden değerleri ton cinsinden gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde elleçlenen yük miktarlarının her bir kategoride düzenli olarak arttığı söylenebilir. 2019'da toplam elleçlenen yük miktarı 484 milyon ton iken bu sayı koronavirüs salgınının yaşandığı 2020'de 496 milyon ton 2021'de ise 526 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Buradan hareketle kısıtlamaların arttırıldığı dönemde elleçlenen yük miktarında transit yükler hariç herhangi bir düşüş yaşanmamıştır. Aksine toplam elleçlenen yük miktarı bir önceki yıla göre yaklaşık %2.5 oranında artış göstermiştir.



Grafik 18. 2019-2021 yılları arasında Türk limanlarındaki Ro-Ro istatistikleri (adet)

Kaynak: ("Denizcilik Genel Müdürlüğü", 2021)

Grafik 18’de 2019-2021 yıllarında Türkiye’deki limanlarda Ro-Ro gemilerine yüklenen ve boşaltılan araç sayıları gösterilmiştir. 2019 yılından 2021 yılına kadar Türkiye limanlarına taşınan araç sayısında ciddi miktarda artış yaşanmıştır. 2019’da gelen araç sayısı 540 bin iken bu sayı 2020’de 721 bin 2021’de ise 790 bin olarak gerçekleşmiştir. 2020 yılının en önemli olayı olarak kabul edilen koronavirüs salgınının gelen araç sayısı üzerinde etki yaratmazken Türkiye’den ihraç edilen araçlar üzerinde olumsuz bir etkisi olduğu söylenebilir. 2019’da giden araç sayısı yaklaşık 1.6 milyon iken, 2020’de 1.2 2021’de ise 1.3 milyon olarak hesaplanmıştır. Toplam araç sayısını baktığımızda ise 2019’da ulaşılan sayıya 2021 yılında henüz ulaşamadığı görülmektedir.



Grafik 19. 2019-2021 yılları arasında Türk limanlarında elleçlenen konteyner sayıları (teu)

Kaynak: (“Denizcilik Genel Müdürlüğü”, 2021)

Grafik 19’da 2019-2021 yıllarında Türkiye’deki limanlarda elleçlenen konteyner sayıları TEU(Twenty-Foot Equivalent Unit) cinsinden gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde ihracat ve ithalatta elleçlenen konteyner miktarı 2019’da yaklaşık 9.13 milyon TEU 2020’de 9.1 milyon TEU, 2021’de ise 9.42 milyon TEU olarak hesaplanmıştır. Söz konusu yıllarda kabotajda kayda değer bir değişim gözlemlenmemiştir. Transit yüklerde ise 2021 yılında yaklaşık 2.4 milyon TEU konteyner elleçlenmiştir. 2019’da göre bu sayının %40 arttığı söylenebilir. Toplam elleçlenen konteynerlerde düzenli bir artış yaşanmıştır. 2021’de elleçlenen toplam konteyner 2020 yılından yaklaşık 1 milyon artarak 12.6 milyon TEU olarak gerçekleşmiştir.

Ekonomik bir şekilde yürütülen kaliteli bir yük taşımacılığı, tedarik zinciri yönetiminin verimini doğrudan etkilediği için ekonomik bir ölçüt olarak değerlendirilebilir. Ülkelerin sahip olduğu lojistik altyapılara bağlı olarak vermiş olduğu olanaklar ülkenin küresel rekabet gücünün artırılması ve sürdürülebilir bir lojistik sistem kurulması için hayati bir öneme sahiptir. Buna istinaden ülkelerin kendi lojistik altyapılarını ve sağladığı hizmetleri belirleyebilmesi ve küresel

rekabet ortamında yerini görmesi açısından Dünya Bankası lojistik performans endeksini geliştirmiştir.

LPI ülkelerin lojistikteki durumunu, ticaret ve ulaştırma ortamlarının altı temel ögesi üzerinden değerlendirir. Bunlar gümrük işlemlerinin etkinliği, ulaştırma ve iletişim altyapısının kalitesi, rekabetçi fiyatlarla gönderi yapabilme kolaylığı, lojistik hizmetlerin kalitesi, gönderilerin izlenirliği ve takip edilebilirliği ve son olarak zamanında teslimat başarımı olarak belirlenmiştir. Endeks, ulusal lojistik başarımının uluslararası seviyede karşılaştırmalı analizinin yanı sıra, zaman içindeki gelişimini de göstererek çok boyutlu bir analiz yapılmasına olanak sağlamaktadır (Kalkınma Bakanlığı, 2018: 10).

Ülkeler arasındaki belirgin sınırların ortadan kalmasıyla gerçekleşen küreselleşme ile beraber ülkeler arasındaki ticaret hacimlerinde ciddi artışlar meydana gelmiştir. Genel anlamda ürün ve hizmetlerin üretim noktasında son kullanıcıya teslim edilmesi olarak tanımlanan lojistiğin ekonomik anlamda makro çerçevedeki etkisi görünenden çok daha büyüktür. Öyle ki verimli ve etkin bir şekilde planlanmış bir lojistik sistemde, ticaret yapmak kolaylaşır, işletmeler maliyetlerini düşürüp müşterilerinin kendilerinden bekledikleri kaliteli hizmetleri onlara sunabilir. Gelişmiş bir lojistik altyapısına sahip ülkeler yabancı yatırımcıların da ilgisini çekerek döviz girdisi, istihdam yaratma gibi avantajları elde ederek ekonomilerine pozitif anlamda katkı sağlarlar (Hayaloğlu, 2015: 523).

2000’li yıllar itibarıyla üretim ve tüketim noktaları arasındaki mesafenin ciddi bir boyuta ulaşmasından dolayı lojistik sektörü, ihracata bağlı ekonomik büyüme politikasını benimsemiş ülkelerin önem verdiği başlıca sektör olmuştur. Lojistik maliyetlerin ürünlerin total maliyetleri içerisindeki payının yüksek olması işletmeleri rekabetten uzak bir konuma sürüklemiştir. Bu kapsamda lojistik sektörüne yapılan yatırımlar ile altyapısal gelişmeler sağlanabilir dolayısıyla rekabet avantajı elde edilebilir (Sezer ve Abasız, 2017: 12).

Dünyadaki büyük ekonomilerine bakıldığında gelişmiş, etkin ve verimli bir şekilde işleyen lojistik ağını görmek mümkündür. Bu lojistik ağı ülkelere tedarik zinciri çerçevesinde ürünlerin daha hızlı, daha güvenilir ve daha esnek bir yapıda ulaştırılmasını sağlamaktadır. Bilgi iletişim teknolojilerinin taşıma modları ve gümrük safhasındaki kolaylaştırıcı rolü ile sevkiyat sürelerinin kısalması mümkündür. Ayrıca düşük maliyetle taşıma gerçekleştirme noktasında

limanların hinterlandına demiryolu bağlantısının olması, lojistik köylerin verimli kullanılması önemli unsurlardır. Dolayısıyla bu kapsamda yapılacak yatırımların ekonomiye katkı sağlayıcı düşünülmektedir (Ofloğlu, 2018: 93).

Gelişmiş lojistik sistemleri ülke ekonomisinin büyümesine olanak sağlayan itici bir güç olarak değerlendirilmek mümkündür. Hızlı teslimat süreleri ve buna bağlı olarak enerji tasarrufu, modlar arası taşımaya olanak veren altyapı sistemleri, dijital dönüşüm gerçekleştirmiş depolama hizmetleri gibi lojistik aktivitelerle beraber lojistiğin ülke ekonomisine olumlu anlamda katkı sağlamaktadır.

Tablo 8

2007-2018 yılları arasında Türkiye'nin lojistik performans endeksi

Yıllar	Sıralama	LPE	Gümrük	Altyapı	Fiyat	Kalite	İzlenebilirlik	Zamanında Teslimat
2007	34	3,15	3	2,94	3,07	3,29	3,27	3,38
2010	39	3,22	2,82	3,08	3,15	3,23	3,09	3,94
2012	27	3,51	3,16	3,62	3,38	3,52	3,54	3,87
2014	30	3,5	3,23	3,53	3,18	3,64	3,77	3,68
2016	34	3,42	3,18	3,49	3,41	3,31	3,39	3,75
2018	47	3,15	2,71	3,21	3,06	3,05	3,23	3,63

Kaynak: (Dünya Bankası, 2018: 40)

Türkiye coğrafi konumun getirdiği olumlu etkiyle beraber lojistik anlamdaki var olan potansiyelini altyapı yetersizliği, dış ticaretteki dalgalanmalar, yabancı yatırım eksikliği gibi nedenlerden dolayı tam anlamıyla gerçekleştirememektedir.

1999-2008 yılları arasında GSYH %4.1 büyürken, lojistik sektörü %6.2 oranında büyüme göstermiştir. Dış ticaretteki ısrarlı gelişmenin yanı sıra havayolu, karayolu bazlı lojistik altyapısına önem verilmesi bu büyümeyi destekler niteliktedir. 2008 ve 2009 yıllarındaki küresel kriz nedeniyle dış ticaret ciddi daralmalar gözlemlenmiş ve sektör beklenilenden daha yüksek bir küçülme göstermiştir. 2012 ve sonrasında ise Türkiye'ye sınır komşusu olan ülkelerdeki politik sorunlardan dolayı hem GSYH hem lojistik sektörü istenilen sıçramayı

gerçekleştirememiş 2016 yılındaki istenmeyen terör saldırıları neticesinde turizm ve lojistik sektörü büyüme eğilimleri sekteye uğramıştır.

Dünya Ekonomik Forumu (WEF) tarafından yayımlanan Küresel Rekabet Endeksi raporuna göre Türkiye 62 puan ile 61. sırada yer almaktadır. Taşıma altyapısı değerlendirmesine baktığımızda karayolu bağlantısında 87.1 puan ile 34., karayolu kalitesinde 67.0 puan ile 31., demiryolu ağında 33.2 puan ile 52., demiryolları verimliliğinde 41.4 puan ile 56., havayolu bağlantısında 94.9 puan ile 14., havayolu verimliliğinde 74 puan ile 31., tarifeli denizyolu taşımacılığında bağlantısında 59.7 puan ile 27., denizyolu verimliliğinde 62.1 puan ile 44. sıradadır (GCI, 2019: 562-563).

Dış ticaret taşıma şekillerine bakıldığında geçtiğimiz yıllardan beri süregelen bir trend olduğu gözlemlenmektedir. Hem ihracat hem ithalat noktasında denizyolunun payının arttığı, karayolu taşımacılığının gün geçtikçe etkisinin kırıldığı gözükmektedir. Zengin doğal kaynaklara sahip komşuları neticesinde Petrol ve doğalgaz boru hattı taşımacılığının büyük öneme sahip olduğu belirtilmektedir. Birçok yatırım yapılmasına rağmen demiryolunun sadece yolcu odaklı kullanılması göze çarpan noktalardandır (KPMG, 2019).

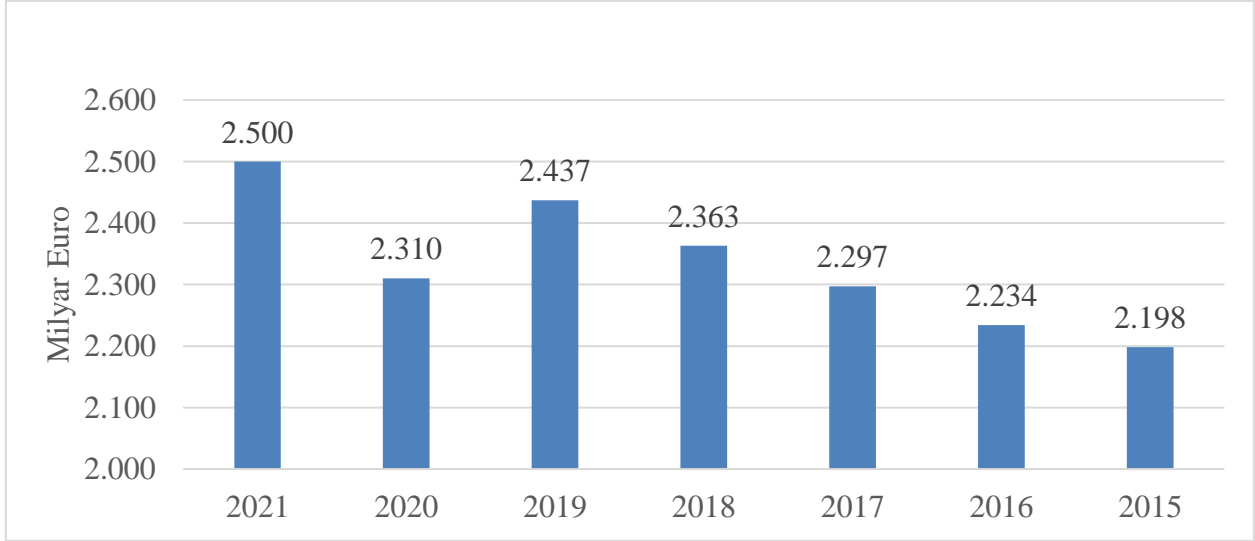
11. Kalkınma Planı çerçevesinde “Lojistik ve Ulaştırma” alanında ülkenin sahip olduğu coğrafi konumun daha iyi değerlendirilmesi, intermodal ve multimodal taşıma modlarının geliştirilmesi, demiryolu denizyolunun tercih edilmesini sağlayacak projeler yapılması, küresel rekabete uygun hızlı, güvenilir, düşük maliyetli, bütünleşmiş bir taşıma sisteminin kurulması temel amaç olarak benimsenmiştir.

Taşıma modlarındaki lojistik duruma bakıldığında karayollarının son 20 yıllık dönemde yeni projelerle sahip olunan karayolu ağının uzatıldığı ve geliştirildiği, yeni havalimanları yapılırken bu havalimanlarının kargo taşımacılığına uygun olarak dizayn edilmesi göze çarpmaktadır. Deniz yolunda ise rekabetçi limanların bulunmadığı, limanların hinterlant ve altyapı sorunları yaşadığı, genel olarak konteyner ticaretinde transit yüklerin elleçlendiği belirtilmektedir. Karayolu taşımacılığında doğu ve batı arasında tam bir köprü görevini üstlenmesinden dolayı tır, kamyon gibi motorlu taşıtların Türk Karayollarını kullandığı tespit edilmiştir. Zengin yeraltı kaynaklarına sahip komşularından dolayı Türkiye sınırları içerisinde

geçen pek çok boru hattı projesi bulunmakta ve önümüzdeki yıllarda bu projelerin sayısının artacağı öngörülmektedir (Bayraktutan vd., 2012: 62).

Türkiye'nin lojistik SWOT analizi yapıldığında; coğrafi konumdan dolayı kazandığı denizyolu, karayolu, demiryolu ve havayolunun entegre edilebilmesi, karayolu ağının geniş ve güçlü filoya sahip olması, limanlar ile demiryolları arasında bağlantı yatırımlarının artırılması, konumu gereği sahip olduğu transit taşımacılığa elverişli limanların varlığı ve yeni limanlar için projelerin yürütülmesi güçlü yanlarını ifade etmektedir. Dijitalleşme çağındaki yenilikleri yakalayıp bilgi iletişim teknolojilerini üretim ve taşımacılık alanlarına entegre edilebilmesi, tedarik zinciri merkezlerinin üretim safhasının doğu ülkelerine kayması, e- ticaretin getirdiği yeni iş ortamı, özellikle pandemi döneminde alternatif arayan küresel aktörlerin ilgisini çeken mevzuat düzenlemeleri ve Uzakdoğu ile kıyaslandığında uygun navlunlar fırsatlar olarak değerlendirilebilir. Demiryolu altyapısının yetersiz oluşu, plansız şehirleşme ve bunun getirdiği lojistik birimlerin dağınıklığı, yatırım ve işletme maliyetlerinin yüksek olması, pandemi dönemi ve sonrasında yaşanan sert kırılmaların görece yavaş toparlanması beklenen yolcu hacmi zayıf yanları olduğu söylenebilir. Küresel olarak siyasi gerilimlerin artması ve buna paralel olarak yaptırımların uygulanması, yurt dışı merkezli büyük oyuncuların sektöre finans anlamında güçlü girmesi ve pazar paylarını arttırması, çevre kirliliğinin giderek artması, yurtiçi taşımacılıkta karayollarının egemen olması, akaryakıt fiyatlarındaki ciddi dalgalanmalar tehdit unsuru olarak belirtilebilir (KPMG, 2019, 2020, 2021).

2.6. Fransa’da Taşımacılık



Grafik 20. 2015-2021 yılları arasında Fransa’nın GSYH değişimi

Kaynak: (“InseeFR”, 2021)

Grafik 20’de Fransa’nın yıllara göre GSYH değerleri gösterilmiştir. Grafik detaylı incelendiğinde 2015’ten 2019 yılına kadar düzenli bir artıştan söz edilebilir. 2019 yıllarının sonlarında ortaya çıkan salgın neticesiyle 2020 yılında yaklaşık 150 milyar Euro bir azalma gözükmektedir. 2021 yılındaki GSYH yaklaşık olarak 2.5 trilyon euro olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 9

2017-2021 yılları arasında Fransa’nın ihracat-ithalat değerleri (milyon euro)

Yıllar	İhracat	İthalat	Denge
2017	473,659	531,900	-58,241
2018	491,844	554,704	-62,820
2019	508,804	566,829	-58,025
2020	428,423	493,051	-64,628
2021	500,925	585,541	-84,616

Kaynak: (“InseeFR”, 2021)

Tablo 9’da Fransa’nın yıllara göre ihracat ve ithalat değerleri ve bu ikisinin arasındaki denge gösterilmiştir. Tablo incelendiğinde 2017 yılından 2020 yılına kadar düzenli olarak hem ihracatın hem de ithalatın arttığını söylemek mümkündür. Bilindiği üzere 2020 yılında koronavirüs sebebiyle küresel tedarik zincirindeki bozuklukların ülkelerin ekonomilerini de doğrudan etkilemiş ve geri çekilmeler yaşanmıştır. Buna bağlı olarak Fransa’nın 2020 yılında ihracatı 508 milyar eurodan 428 milyar euroya, ithalatı ise 566 milyar eurodan 493 milyar euroya gerilemiştir. 2021 yılında hem küresel hem ülke ekonomilerinde toparlanmalar yaşanmıştır. Fransa’nın 2021 yılındaki ihracatı bir önceki yıla göre yaklaşık %19 artarak 500 milyar euroya, ithalatı ise yaklaşık %20 artarak 585 milyar euroya çıkmıştır. İhracat ve ithalat dengesine baktığımızda ise Fransa ekonomisinin cari açık verdiğini görmekteyiz. Başka bir deyişle Fransa’nın ihracatı ithalatını karşılamamaktadır.

Tablo 10

2017-2021 yılları arasında taşıma modlarına göre AB Dışı Fransa ihracatı (milyon euro)

Yıllar	Toplam	Denizyolu	Demiryolu	Karayolu	Havayolu	Diğer
2017	195,182	75,620	639	27,563	60,810	30,550
2018	202,030	77,518	580	28,132	64,300	31,500
2019	213,268	79,152	534	28,855	73,527	31,200
2020	195,742	71,495	1,074	45,242	61,231	16,700
2021	224,223	87,508	2,088	43,346	67,881	23,400

Kaynak: (“EuroStat”, 2021)

Tablo 10’da Avrupa Birliği dışında kalan bölgelere Fransa’nın yapmış olduğu ihracatın taşımacılık modlarına göre dağılımı değer cnsinden gösterilmiştir. Tabloyu incelediğimizde 2017 yılından 2020 yılına kadar ihracatın arttığını buna bağlı olarak her bir taşımacılık modunda değerlerinin arttığı görülmektedir. Değer bazında 2017 yılında AB dışına gerçekleştirilen toplam ihracat 195 milyar euro’dur. Bu ihracatta en çok 75 milyar euro ile denizyolu kullanılmıştır. Daha sonra sırasıyla havayolu, karayolu ve demiryolu gelmektedir. Havayolunda taşınan ürünlerin değerli ürünler olduğundan dolayı denizyolunda sonra ikinci sırada yer almıştır. 2020 yılında salgın dolayısıyla Fransa’nın ticaret hacimleri bir önceki yıla göre %10 düşmüştür. 2021 yılında 224 milyar euro AB dışı ihracat gerçekleşmiştir. Bu ticarete

en çok kullanılan taşıma modu 87 milyar euro ile denizyolu sonrasında ise 67 milyar euro ile havayolu olmuştur.

Tablo 11

2017-2021 yılları arasında taşıma modlarına göre AB Dışı Fransa ithalatı (milyon euro)

Yıllar	Toplam	Denizyolu	Demiryolu	Karayolu	Havayolu	Diğer
2017	166,463	88,168	355	25,877	38,563	13,500
2018	181,286	98,720	550	28,664	40,252	13,100
2019	188,029	101,548	653	30,273	42,705	12,850
2020	169,085	83,005	1,008	37,451	37,121	10,500
2021	205,541	110,995	1,400	42,872	38,433	11,841

Kaynak: ("EuroStat", 2021)

Tablo 11’de Avrupa Birliği dışında kalan bölgelerden Fransa’nın yapmış olduğu ithalatın taşımacılık modlarına göre dağılımı değer bazında gösterilmiştir. Tabloyu incelediğimizde 2017 yılından 2020 yılına kadar ithalatın arttığını buna bağlı olarak her bir taşımacılık modundaki değerlerin de arttığı görülmektedir. Değer bazında 2017 yılında AB dışından gerçekleştirilen toplam ithalat 166 milyar euro’dur. Bu ithalatta en çok 88 milyar euro ile denizyolu kullanılmıştır. Daha sonra sırasıyla havayolu, karayolu ve demiryolu gelmektedir. 2020 yılında koronavirüs salgınının neden olduğu kapanmalar dolayısıyla Fransa’nın ithalatı bir önceki yıla göre %11 düşmüştür. 2021 yılında 205 milyar euro AB dışı ithalat gerçekleşmiştir. Bu ticarete en çok kullanılan taşıma modu 110 milyar euro ile denizyolu sonrasında ise 38 milyar euro ile havayolu olmuştur.

Tablo 12

2007-2018 yılları arasında Fransa’nın lojistik performans endeksi

Yıllar	Sıralama	LPE	Gümrük	Altyapı	Fiyat	Kalite	İzlenebilirlik	Zamanında Teslimat
2007	18	3,76	3,51	3,82	3,63	3,76	3,87	4,02
2010	17	3,84	3,63	4,00	3,30	3,87	4,01	4,37
2012	12	3,85	3,64	3,96	3,73	3,82	3,97	4,02

“Tablo 12’nin devamı”

2014	13	3,85	3,65	3,98	3,68	3,75	3,89	4,17
2016	16	3,90	3,71	4,01	3,64	3,82	4,02	4,25
2018	16	3,84	3,59	4,00	3,55	3,84	4,00	4,15

Kaynak: (Dünya Bankası, 2018: 52)

Tablo 12’de Fransa’nın yıllara göre değişen lojistik performans puanları gösterilmiştir. Tabloyu incelediğimizde söz konusu raporun yayımlanmaya başlanmasından en son yayımlanan 2018 tarihine kadar sıralamalarda en fazla 18.sıraya kadar gerilediği görülmüştür. Lojistik performans anlamında en verimli yılının toplam 3.85 puanla 2012 yılı olduğu söylenebilir. Alt kriterlere baktığımızda tüm kriterlerin 3.50 puan üzerinde olduğu, en yüksek puanların ise zamanında teslimat kriterinden geldiği saptanmıştır. En az puan getiren kriter ise gümrük olarak öne çıkmaktadır. Buradan hareketle gümrük konusunda yapılacak performans iyileştirme çalışmaları toplam skoru yükseltebilir.

Dünya Ekonomik Forumu (WEF) tarafından yayımlanan Küresel Rekabet Endeksi raporuna göre Fransa 79 puan ile 15. sırada yer almaktadır. Taşıma altyapısı değerlendirmesine baktığımızda karayolu bağlantısında 96.6 puan ile 6., karayolu kalitesinde 73.9 puan ile 18., demiryolu ağında 53.4 puan ile 17., demiryolları verimliliğinde 65.9 puan ile 15., havayolu bağlantısında 95.8 puan ile 13., havayolu verimliliğinde 74.9 puan ile 24., tarifeli denizyolu taşımacılığında bağlantısında 84 puan ile 12., denizyolu verimliliğinde 69.4 puan ile 20. sıradadır (GCI, 2019: 222-223).

2.7. Mermer

Tarihte insanların dekoratif olarak kullandığı en eski değerli taşlardan biri mermerdir. Antik mısırlıların mermer ve birçok farklı dekoratif taşları kullandıkları bilinmektedir. Mermer ocakları ve mermer işleme tesisleri dünyanın en eski endüstrisi olarak kabul edilir. Günümüzde ise gelişen teknolojinin çıkarma ve işleme süreçlerine entegrasyonu ile farklılaşmış, nadir bulunmasına ve sahip olduğu karakteristik özelliklere göre fiyatı belirlenen, küresel ölçekte ticareti yapılan ürün haline gelmiştir (Kandil ve Selim, 2011: 25).

Eski zamanlardan beri insanların inşaat, dekoratif, heykeltçilik gibi farklı alanlarda mermeri kullanması ve günümüzde bu kullanımın giderek artması sonucu mermer ciddi bir pazar haline gelmiştir. En büyük mermer yataklarının Alp kuşağında yer almasına bağlı olarak Türkiye, İtalya, Çin, Filipinler, İran zengin mermer yataklarına sahiptir. Bu anlamda Türkiye dünya rezervlerinin yaklaşık olarak %33'üne tekabül eden 5.1 milyar m³ mermer rezervine sahip sektörün ana oyuncularından biridir (Ticaret Bakanlığı, 2020: 1).

Antik zamanlarda inşaat ve dekoratif amaçlı mermer tedarik etmenin önündeki en büyük engel uzun mesafe taşımacılıktır. Roma imparatorluğu o yıllara göre nispeten gelişmiş bir karayolu, denizyolu ve nehir yolu altyapısına sahip olduğu için bu sorunun üstesinden gelebilmiştir (Burford, 1960: 3-4). Geçmişte olduğu gibi günümüzde de mermerin ciddi bir taşıma maliyetine sahip olmasından dolayı en uygun taşımacılık modu ölçek ekonomisine olanak veren, yüksek tonaj düşük maliyet avantajına sahip deniz yolu taşımacılığıdır (Duncan-Jones, 1974: 366). Dolayısıyla mermerin çıkarılıp işlenmesinden sonra limanlara getirmek için demiryolu ya da karayolun kullanmak zorunlu olacaktır. Buna bağlı olarak mermerin ihracatı esnasında uygun taşıma modlarını kombine etmek, başka bir deyişle intermodal taşımacılığı verimli planlamak gerekecektir.

Plaka mermerin ihracat ve ithalatında zarar görmeden son nihai tüketiciye ulaştırılabilmesi için bir dizi ambalajlama işleminden geçmesi gerekmektedir. Yüksek tonajlı ürün kategorisinde değerlendirildiği için armatörler 20'lik konteynerlerde 18 tona kadar yükleme izni vermektedir. Daha fazla yükleme yapmak isteyen üreticiler ilave ücret ödeyerek yükleme yapabilirler. Burada önemli noktalardan bir tanesi karayolları yük taşıma sınırının 42 ton olmasıdır. Söz konusu sınırı aşmamak için mermerler açık kasalı araçlar ile limana parça parça getirilir. Konteyner dolulukları liman sahasında ya da fabrikada gerçekleşir.



Şekil 2. Plaka mermer ve konteyner dolumu

Kaynak: (“turkishalibaba.com”)

2.7.1. Dünya’da Mermer

Tarih boyunca insanlar mermeri hem ss eşyası hem de yapı malzemesi olarak kullanmışlardır. Söz konusu bu talep doğrultusunda mermer, önemli miktarda mermer yataklarına sahip olan ülkeler için ticari ürün haline gelmiştir. Mermer ihracatı ülkelerin mermer işleme teknolojilerine ve kapasitelerine göre blok ve plaka olarak yapılmaktadır.

Tablo 13

2017-2021 yılları arasında Dünya blok mermer ihracatı (bin/ton) (GTIP 251512)

lkeler	2017	2018	2019	2020	2021
Dünya	7,530,863	--	7,017,124	4,541,701	6,296,649
Türkiye	5,107,969	4,644,076	4,160,124	3,171,948	4,030,782
İran	203,577	215,177	3,655	779	471,400
İtalya	536,879	423,884	402,611	253,851	280,822
Portekiz	107,677	195,659	266,056	176,220	207,851
BAE	1,279	1,506	1,313	346	176,589

Kaynak: (“TradeMap”, 2021)

Dünya blok mermer ihracatına baktığımızda Türkiye'nin ilk sırada yer aldığını görmekteyiz. Burada zengin mermer yataklarının verimli bir şekilde kullanıldığını söylemek mümkündür. Türkiye'den sonra sırasıyla İran, İtalya, Portekiz ve BAE gelmektedir. Türkiye ihracatı incelendiğinde, 2016-2017 yılları arasında bir artış gözlemlenmiştir. Ancak 2017 yılından günümüze kadar aşağı yönlü bir trendden söz edilebilir. Bunun nedeni ticaret blokları arasındaki gerginliğe bağlı olarak ülkelerin birbirlerine karşı kota ve ek gümrük yaptırımları getirmesi ve genel dünya global ticaretinin hacim kaybetmesidir. Türkiye'nin blok mermeri işledikten sonra ihraç etmesi de hacmin azalmasını açıklar niteliktedir.

Tablo 14

2017-2021 yılları arasında Dünya blok mermer ithalatı (bin/ton)

Ülkeler	2017	2018	2019	2020	2021
Çin	7,336,888	6,838,540	6,318,778	4,623,335	5,376,739
Hindistan	1,020,513	898,716	928,546	581,010	959,320
İtalya	54,950	46,507	137,410	66,203	115,220
Cezayir	147,912	76,591	95,488	73,668	60,041
Bangladeş	28,408	34,349	46,860	29,837	51,560

Kaynak: ("Trademap", 2021)

Dünya blok mermer ithalatında başta gelen ülke Çin'dir. 2017 yılında yaklaşık 7.5 milyon ton ithal etmiştir. Çin'in sahip olduğu mermer işleme teknolojileri ve talebi dünyada ilk sırada olmasında önemli bir paya sahiptir. Çin'den sonra gelen ülkeler sırasıyla Hindistan, Cezayir, İtalya ve Bangladeş'tir. Çin haricindeki ülkelerin ithalat hacimleri düşüktür. Tablo 2.2 de görüldüğü gibi Türkiye Çin'in tedarikçisi konumundadır.

Tablo 15

2017-2021 yılları arasında Dünya plaka mermer ihracatı (bin \$) (GTIP 680221)

Ülkeler	2017	2018	2019	2020	2021
Dünya	1,521,049	1,613,445	1,452,110	1,386,816	1,633,329
Türkiye	403,524	405,494	437,779	477,998	610,005
İtalya	264,566	281,131	228,949	188,923	232,582
Mısır	150,338	190,027	187,050	163,341	233,830
Yunanistan	135,080	145,244	136,043	118,969	147,623
Hindistan	81,080	84,800	101,572	102,189	117,892

Kaynak: ("TradeMap", 2021)

Tablo 15'te Dünya plaka mermer ihracatına baktığımızda 2016-2020 yılları arasında birbirine yakın değerleri görmekteyiz. 2020 yılında 1.4 milyar dolarlık bir hacim söz konusudur. Türkiye bu alanda 2017-2021 verilerine göre en büyük ihracatçı konumundadır. 2021 yılında Türkiye'den dünyaya ihraç edilen plaka mermer değeri yaklaşık 610 milyon dolardır ve dünya ihracatının %40'ını oluşturmaktadır. Türkiye'yi sırasıyla İtalya, Mısır, Yunanistan ve Hindistan takip etmektedir.

Tablo 16

2017-2021 yılları arasında Dünya plaka mermer ithalatı (bin\$)

Ülkeler	2017	2018	2019	2020	2021
Dünya	1,264,914	1,404,870	1,299,842	1,226,906	1,309,162
Suudi Arabistan	51,644	188,028	180,388	270,481	235,917
BAE	172,934	160,576	137,481	112,850	87,471
Katar	70,944	79,141	74,229	65,975	48,011
Irak	50,622	58,832	51,259	57,115	96,126
Fransa	38,231	41,026	50,814	50,037	63,975

Kaynak: ("TradeMap", 2021)

Tablo 16’da belirtilen dünya plaka mermer ithalatında yaklaşık 1.3 milyar dolarlık bir hacimden söz edilebilir. En çok plaka mermer ithal eden ülkenin 270 milyon dolar ile Suudi Arabistan olduğu göze çarpmaktadır. Suudi Arabistan’ı 112 milyon dolar ile Birleşik Arap Emirlikleri takip etmektedir. Genel olarak ithal eden ülkelerin körfez ülkeleri olduğu göze çarpmaktadır. Mermerin dekoratif amaçlı süs eşyası için kullanıldığı düşünüldüğünde Arap ülkelerinde çok tercih edilmesi kültürleriyle de bağdaşmaktadır.

2.7.2. Türkiye’de Mermer

Ülkelerin tarım, sanayi, hizmet göstergelerinin yanında ekonomik büyümelerine katkı sağlayan sektörlerden biri de madenciliktir. Bu bağlamda ülke sınırları içerisinde sahip olunan milli doğal rezervlerin çıkartılarak ekonomiye kazandırılması önem arz etmemdir. Dolayısıyla jeolojik ve tektonik yapısı sayesinde, Ege %32, Marmara %26, İç Anadolu %11 olmak üzere zengin mermer yataklarına sahip olan Türkiye mermer sektöründe üretici ülke konumundadır. 852 milyon dolar blok mermer, 931 milyon dolar işlenmiş mermer ihraç ederek ülkeye döviz kazandırmaktadır. Maden ve taş ocakçılığının GSYH katkısı ise %1.1 civarında ve 42 milyar türk lirasıdır (TÜİK, 2020).

Tablo 17

2010-2020 yılları arasında madencilik ve taş ocakçılığının GSYH içindeki payı

Yıllar	Değer(Bin TL)	Pay	Değişim Oranı	GSYH(Bin TL)	Pay	Değişim Oranı
2010	12669105	1,1	12,42	1167664479	100	16,02707
2011	15755858	1,1	24,36	1404927615	100	20,31946
2012	17236605	1,1	9,40	1581479251	100	12,5666
2013	19591329	1,1	13,66	1823427315	100	15,29885
2014	19535981	1,0	-0,28	2054897828	100	12,69425
2015	19375648	0,8	-0,82	2350941343	100	14,40673
2016	21549569	0,8	11,22	2626559710	100	11,72374
2017	28159268	0,9	30,67	3133704267	100	19,30832
2018	38078052	1,0	35,22	3758315621	100	19,93205
2019	48219734	1,1	26,60	4320191227	100	14,9502
2020	59192113	1,2	22,88	5046883307	100	16,90

Kaynak: (“TÜİK”, 2020)

Tabloda 17’den anlaşılacağı üzere madencilik ve ocakçılığın GSYH içindeki payı %1 civarındadır. Geçmiş dönemde ihmal edilen ve teknolojiye uzak üretim yapılması sahip olduğumuz potansiyeli göstermemize engel olmuştur. Son 20 yıldaki gelişmelerle beraber Türkiye dünyanın önde gelen mermer ve doğal taş ihracatçısıdır.

Tablo 18

2016-2020 yılları arasında Türkiye’nin blok mermer ihraç ettiği 5 ülke (bin\$)

Ülkeler	2016	2017	2018	2019	2020
Çin	629,191	863,750	725,216	658,698	502,842
Hindistan	45,654	72,815	77,999	81,869	58,916
Mısır	4,739	6,923	6,957	7,806	8,450
İtalya	5,251	5,960	8,922	14,268	7,590
Cezayir	41	316	2,549	5,915	5,567

Kaynak: (“Trademap”, 2021)

Türkiye doğal taş ve mermer ihracatı bakımından dünyanın önde gelen ülkeleri arasındadır. Tablo 18’de görüldüğü gibi Çin, Hindistan,, Mısır, İtalya ve Cezayir Türkiye’nin hedef pazarlarıdır. Çin’e ihraç edilen blok mermer değeri 2020 yılı itibari ile yaklaşık 500 milyon dolardır. Hacimsel olarak değerlendirildiğinde Türkiye ve Çin mermer sektörünün lokomotifini konumundadır. Bu bağlamda Çin’in blok mermer konusundaki ana tedarikçisi Türkiye’dir. Hindistan, İtalya, Mısır Cezayir ile yapılan ticaret incelendiğinde ithalat hacimleri toplamının 100 milyon doların altında kaldığı görülmektedir.

Tablo 19

2017-2021 yılları arasında Türkiye'nin plaka mermer ihraç ettiği 5 ülke (bin\$)

Ülkeler	2017	2018	2019	2020	2021
Amerika	137,839	141,596	131,029	157,686	214,940
Irak	33,664	32,389	40,699	43,241	86,952
İsrail	20,673	22,674	26,094	28,197	39,233
Fransa	16,071	20,488	23,443	21,992	30,553
BAE	26,446	22,474	18,705	18,603	29,460

Kaynak: ("TradeMap", 2021)

Tablo 19 incelendiğinde 2017-2021 yıllarında ihraç edilen ülkeler arasında Amerika ciddi bir pazar olarak öne çıkmaktadır. 1 milyar dolarlık plaka mermer ithal eden Amerika'nın yaklaşık %20'lik talebini Türkiye'nin karşıladığı görülmektedir. Başka bir deyişle Türkiye ihracatının %30'dan fazlasını Amerika'ya yapmaktadır. 2021 yılında Irak'a yapılan yaklaşık 90 milyon dolarlık plaka mermer ihracatı yapıyor olması Türkiye'nin ikinci hedef pazarının bu ülke olduğunu göstermektedir. Irak'tan sonra İsrail Türkiye'nin plaka mermer ihraç ettiği 3. ülkedir. 2017-2020 yılları arasında ortalama 25 milyon dolarlık bir ihracat gerçekleşmiştir. Bu ticaret hacmi 2021 yılında artmış ve yaklaşık 40 milyon dolar olmuştur.

Dünya genelinde doğal taş ürünlerinin dekoratif amaçlı kullanıldığını düşünürsek farklı bölgedeki ülkelerin Türkiye'den mermer talebinin olduğunu söylemek mümkündür. 2017'den günümüze Türkiye plaka mermer ihracatından elde ettiği geliri arttırmaktadır.

2.7.3. Fransa’da Mermer

Tablo 20

2017-2021 yılları arasında Fransa’nın plaka mermer ithal ettiği 5 ülke (bin \$)

Ülkeler	2017	2018	2019	2020	2021
Dünya	38,231	41,026	50,814	50,037	63,975
Türkiye	19,746	24,280	31,756	35,802	48,369
İtalya	10,104	7,137	10,158	6,913	6,034
Mısır	2,195	3,009	3,038	3,526	4,373
Portekiz	2,119	2,171	2,096	753	1,050
Hindistan	552	726	416	727	974

Kaynak: (“TradeMap”, 2021)

Tablo 20’de Fransa’nın plaka mermer ithalat ettiği ülkeler değer cinsinden yıllara göre gösterilmiştir. Tabloyu incelediğimizde Fransa’nın 2017’den 2021 yılına kadar düzenli olarak plaka mermer ithalatını arttırdığını söyleyebiliriz. En önemli ticari partneri ise Türkiye olarak gözükmektedir. 2021 yılında Fransa’nın Dünya genelinde yaptığı 64 milyon dolarlık ithalatın 48 milyon doları Türkiye’den yapılmıştır. Ayrıca bu hacmin günümüze dek giderek arttığını söylemek mümkündür. Türkiye’den sonra gelen ticari partnerler ise sırasıyla İtalya, Mısır, Portekiz ve Hindistan’dır. Fransa, söz konusu ülkelere yaptığı ithalatı günümüze dek arttırarak devam etmiştir. Ancak bu ülkelere yaptığı ithalat toplamı Türkiye’den yaptığı ithalat toplamının yalnızca %30’u kadardır. Dolayısıyla Fransa’nın plaka mermer ihtiyacının büyük çoğunluğunu Türkiye’den tedarik ettiğini söyleyebiliriz.

2.8. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi

Literatürde karar vericiler olarak adlandırılan bireyler ve işletmelerdeki yöneticiler yüzleştikleri problemler ile ilgili çözüm bulmak durumunda kalmaktadırlar. Karşılaşılan probleme yönelik çözüm üretme aşamasında karar vericiler farklı kriter ve alternatiflerin bir arada olması verimli bir seçim yapmayı güçleştirmektedir. Bu tür karmaşık problemlerin var olması çok kriterli karar verme yöntemlerinin geliştirilmesine neden olmuştur (Çetin ve Altan, 2019: 41).

Hayatın olağan akışında birçok alternatif arasından seçim yapmak durumunda kaldığımız anlar bulunmaktadır. Bize ya da işletmeye yönelik en fazla faydayı sağlayacak alternatifi seçmek için diğer alternatifleri kendi bakış açımıza ve tecrübelerimize dayanarak eleriz. Ancak günümüzdeki hızlı değişim ve sürekli artan rekabet ortamında insanlar, işletmeler ve kurumlar sürekli olarak en doğru kararı vermek zorundadırlar. Karar verme sürecinde sayısal yöntemlerin ve karar destek mekanizmalarının kullanılması doğru karara yönlendirmesi açısından önemli olduğu için bu yöntemlerden karar verme sürecinde yararlanılması tüm paydaşlar için avantajdır (Ömürbek ve Şimşek, 2014: 307).

Çok kriterli karar verme yöntemi (ÇKKV) karar vericilere problemlere geniş açıdan bakmaya, ölçülebilen ve ölçülemeyen birçok stratejik ve operasyonel faktörü eş zamanlı olarak değerlendirmeye aynı zamanda birçok kişinin karar verme sürecine doğrudan katılmasına olanak sağlayan analitik bir yöntemdir (Dağdeviren vd., 2005: 116).

2.8.1. Çok Kriterli Karar Verme Yönteminin Kullanıldığı Alanlar

İlk ortaya çıktığı andan itibaren ÇKKV birçok alanda karşılan problemleri çözmek amacıyla kullanılmış ve kullanılmaya devam edilmektedir. Lojistik sektöründe lojistik köy kurulum alanı, tedarikçi, taşıyıcı ve rota seçimi, banka performans ölçümleri, montaj sanayi, ilaç seçimi, geri dönüşüm hizmetleri seçimi, organizasyon performans seçimleri, enerji tercih seçimi, üniversite seçimi gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Ishizaka ve Labib, 2011: 2).

2.8.2. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Çok kriterli karar verme yöntemi birçok alanda kullanılan ve içinde birçok kriteri ve alternatifi bulunan karmaşık problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Söz konusu yöntemin birçok çeşidi bulunmaktadır. Her bir çeşidin birbirine göre küçük farklılıkları bulunmakta ve bilgisayar destekli programlarla ile çözüme ulaşılması kolaylaştırılmaktadır.

Rota(güzergah) seçiminde daha çok AHP (Analytic Hierrarchy Process), TOPSİS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), ANP (Analytic Network Process), PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evalation) ve ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality) kullanılmaktadır (Timor, 2011: 16).

Tezde AHP ve TOPSİS yöntemleri kullanılacağından dolayı bu iki yöntem detaylı diğer yöntemleri ise yüzeysel olarak değerlendirilecektir.

AHP

Analitik Hiyerarşi Prosesi(AHP), içerisinde çok fazla kriter barındıran çözülmesi zor kompleks problemlerin çözümüne yönelik Thomas Lorie Saaty tarafından geliştirilen problemin çözümüyle alakalı kriterleri ve alt kriterleri ikili karşılaştırmalar ile birbirleri üzerindeki üstünlüğü hesaplayıp hiyerarşik yapı oluşturarak en doğru seçimi yapmayı amaçlayan bir matematiksel yaklaşımdır (Wind ve Saaty, 1980: 642)

AHP karmaşık problemlerin çözümünde karar verme sürecinin en basit şekilde ifade edildiği birçok kriterli karar verme yöntemidir. Karar vericinin alternatifler arasından en iyisini seçmesini hedefleyen bu yöntem “Hangi” alternatif problemi daha verimli bir şekilde ortadan kaldıracak sorusuna cevap oluşturur (Ünal, 2011: 2). AHP yönteminde karar vericiler kriterlerin ağırlıklandırılma aşamasında problemlerin çözümüne yönelik öznel düşüncelerini de katabildiği için nesnel ve öznel düşünceler bir arada bulunabilir (Ömürbek, ve Şimşek, 2014: 308).

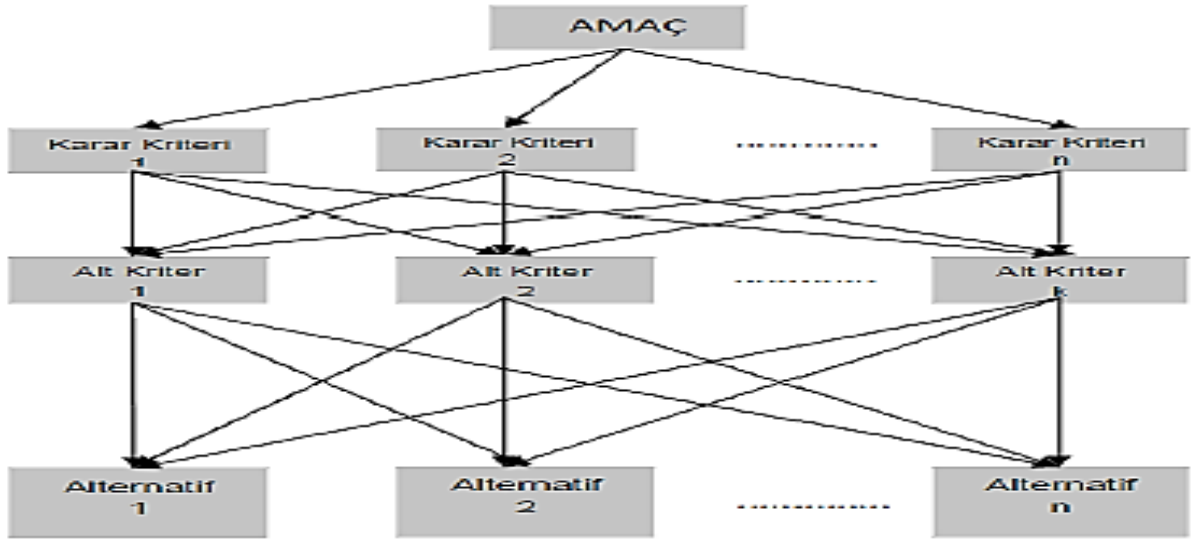
AHP yöntemi 4 temel aşamadan oluşmaktadır.

- Hiyerarşinin kurulması

- Kriter ve alt kriterlerin göreceli üstünlüklerinin belirlenmesi
- Oluşturulan matrisin tutarlılığının hesaplanması
- Alternatifler arasından seçimin Yapılmasıdır.

Hiyerarşinin Kurulması

AHP yönteminde problemin çözümünde hiyerarşik yapının kurulması gerekmektedir. Hiyerarşik yapı kurulurken en üstte amaç belirtilir. Altında ise amacı etkileyen kriterler, var olması halinde kriterlerin altında alt kriterler ve en altta alternatifler yer almaktadır. Aşağıdaki şekilde hiyerarşik yapının örneği gösterilmiştir.



Şekil 3. AHP hiyerarşik yapısı

Kaynak: (Wang vd., 2008: 515)

Kriter ve Alt Kriterlerin Göreceli Üstünlüklerinin Belirlenmesi

Hiyerarşik yapı içerisinde amaç, kriterler ve alt kriterlerinin belirlenmesinin ardından kriter ve alt kriterlerin birbirleri üzerindeki önem derecelerinin hesaplanması gerekmektedir. Bu

yüzden karar vericiler tarafından ikili karar matrisleri oluşturulur ve kriterler Saaty (2008) çalışmasında ortaya koyduğu önem ölçeği (1-9 skalasına) göre derecelendirilir.

$$A = \begin{matrix} a_{11} & \dots & a_{1j} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{i1} & \dots & a_{ij} & \dots & a_{in} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{m1} & \dots & a_{mj} & \dots & a_{mn} \end{matrix} \quad (3.1)$$

3.1 formülünde yer alan ikili karşılaştırma matrisindeki her bir kriterin kendi üzerindeki ağırlık 1 olarak baz alınır ve buna göre hesaplama yapılır.

Tablo 21

İkili karşılaştırmada yönteminde kullanılan önem ölçeği

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit Derecede Önemli	Kriterler aynı öneme sahiptir.
3	Orta Derecede Önemli	Bir kriter diğerine göre biraz daha önemlidir.
5	Kuvvetli Derecede Önemli	Bir kriter diğerine göre kuvvetle daha önemlidir.
7	Çok Kuvvetli Derecede Önemli	Bir kriter diğerine göre yüksek kuvvetle daha önemlidir.
9	Mutlak Derecede Önemli	Kriterlerden biri diğerine göre mutlak derecede önemlidir.
2, 4, 6, 8	Ara değerleri göstermektedir.	Kriterler arasında küçük farklar varken kullanılır.

Kaynak: (Saaty, 1990: 15)

Tablo 20'de yer önem ölçeklerine göre karar vericiler her bir kriter ve alt kriter için puanlama yapar. Amaca ulaşmak adına puanlama yapılırken karar vericinin tecrübesi ve öznel düşünceleri önemlidir.

İkili karar matrislerinin elde edilmesinden sonra, matristeki her bir kriterin diğer kriterlere göre önemini gösteren özvektör (normalleşme) matrisi oluşturulmalıdır.

$$W_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} \quad (3.2)$$

Özvektör iki karşılaştırma matrisinde satırların aritmetik ortalaması alınarak elde edilir. Bulunan değerler matristeki kriterlerin birbirine göre göreceli önemlerini ifade eder.

Oluşturulan Matrisin Tutarlılık Hesaplanması

Kriterlerin görece birbirleri üzerindeki önem dereceli elde edildikten sonra elde edilen her bir matris için tutarlılık hesaplaması yapılması gerekmektedir. Buradaki amaç karar vericinin kriterleri değerlendirilen tutarı olup olmadığını ölçmektir. CR 0.10 aşması durumunda tutarsızlıktan bahsedilir ve iyileştirmeler için karar vericiye geri dönüt sağlanıp verilen kararların tekrar gözden geçirilmesi istenir. CR değeri 0'a olan yakınlığı karar vericiler tarafından kriterlerin ne denli isabetli değerlendirildiğini 0'a olan uzaklığı ise ne denli isabetsiz değerlendirdiğini belirtir.

$$CR = \frac{CI(\text{Tutarlılık Göstergesi})}{RI(\text{Rassallık Göstergesi})} \quad CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{W_i} \quad (3.3)$$

Formül 3.3'te belirtildiği üzere matris tutarlılığı Tutarlılık Göstergesinin Rassallık Göstergesine bölünmesiyle elde edilir.

Tablo 22

Rassallık değer indeksi tablosu

Karar Alternatifleri	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rastgele Değer İndeksi	0.00	0.00	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

Kaynak: (Ömürbek, 2014:311)

Alternatifler Arasından Seçimin Yapılması

AHP yönteminin son basamağı olan en iyi alternatifi seçme aşamasında, n tane ölçütün her birinin meydana getirdiği $m \times 1$ boyutundaki üstünlük sütun vektörleri birleştirilir $m \times n$ boyutunda karar matrisi oluşturulur. Karşılaştırılan kriterler ile alternatiflerin kriterlere göre hesaplanmış öncelik değerleri çarpılır ardından toplanır ve sonuç matrisi oluşturulur. En yüksek puanı sahip olan alternatif seçilir ve hiyerarşi sonlandırılmış olur (Supçiller ve Çapraz, 2011: 9).

TOPSİS

TOPSİS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi Hwang ve Yoon (1981) yılında çok kriterli karar verme yöntemi olarak geliştirilmiştir. Yöntem ideal çözüme pozitif en yakın ve negatif en uzak olma düşüncesine dayanır. Başka bir deyişle pozitif en yakın mesafede alternatif en yüksek verim en düşük maliyet içerirken en uzak mesafe düşük verim yüksek maliyet içermektedir. Aynı zamanda söz konusu yöntemde karar vericinin yorumu sadece kriter ağırlıklandırma aşamasında yer almaktadır (Türkmen ve Çağıl, 2012: 64).

Literatüre kazandırılmasının ardından birçok araştırmacı tarafından söz konusu yöntem geliştirilmeye devam edilmiştir. Deng vd. (2000) en çok kullanılan TOPSİS yöntemini önermişlerdir. Dai ve Wang (2011) özneliğın eksikliğinden kaynaklanan verimsizliği ortadan

kaldırarak kriter ağırlıklandırılmasını sağlayan Entropy TOPSİS'i geliştirmişlerdir (Çelikkbilek ve Tüysüz, 2020: 3).

TOPSİS yöntemi

- Karar matrisinin (A) oluşturulması,
- Normalleştirilmiş Karar Matrisinin (R) Oluşturulması,
- Ağırlıklı Normalleşmiş Karar Matrisinin (V) Oluşturulması,
- İdeal Pozitif ve Negatif Mesafelerin Oluşturulması,
- İdeal Çözüme Göre Yakınlığın Hesaplanması
- Alternatiflerin sıralanmasından oluşur (Supçiller ve Çapraz, 2011: 11-13).

Karar Matrisinin (D) Oluşturulması

$$A = \begin{matrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{matrix} \quad (3.4)$$

Formül 3.4'te Topsis yönteminin ilk aşaması olan karar matrisi gösterilmiştir. Oluşturulan matriste satırlar alternatifler sütunlar ise kriterleri göstermektedir.

Normalleştirilmiş Karar Matrisinin (R) Oluşturulması

$$R_{ij} = \begin{matrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{matrix} \quad \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad i=1, \dots, m \quad j=1, \dots, n \quad (3.5)$$

Formül 3.5'te normalleştirilmiş karar matrisi ve formülü yer almaktadır. A matrisini temel olarak formülde hesaplama yapılır ve R matrisi elde edilir.

Ağırlıklı Normalleştirilmiş Karar Matrisinin (V) Oluşturulması

$$W_{ij} = \begin{matrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{matrix} \quad (3.6)$$

Formül 3.6'da ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi yer almaktadır. Bu matrisi elde edebilmek için önce kriterlerin ağırlıklandırılması gerekmektedir. Ağırlıklar belirlendikten sonra normalleştirilmiş karar matrisinin sütunlarındaki her bir her eleman kriter ağırlığı ile çarpılarak matris oluşturulur.

İdeal Pozitif ve Negatif Mesafelerin Oluşturulması

$$A^* = \{x_1^*, x_2^*, \dots, x_k^*\} \text{ (maksimum değerler)} \quad (3.7)$$

$$A^- = \{x_1^-, x_2^-, \dots, x_k^-\} \text{ (minimum değerler)}$$

Formül 3.7'de İdeal A+ ve A- çözümlerin oluşturulması gösterilmiştir. Ağırlıklandırılmış ve normalleştirilmiş karar matrisinde her bir sütundaki en yüksek ve en düşük değerler belirlenir ve ideal çözüme yaklaşık değerler ortaya konur.

İdeal Çözümüne Göre Yakınlığın Hesaplanması

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (3.8)$$

Formül 3.8'deki formüllerden yararlanılarak belirlenen alternatifler arasındaki mesafeler ölçülür ve her bir alternatif ideal pozitif çözüme olan yakınlığı ve uzaklığı belirlenir.

Alternatiflerin Sıralanması

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad 0 \leq C_i^* \leq 1 \quad (3.9)$$

Formül 3.9 kullanılarak alternatifler sıralanır. Alternatifler arasında en yüksek yakınlığa sahip olan alternatif seçilir.

ANP

Çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan Analitik Ağ Süreci birçok alternatifi olan karar problemlerini, karar üzerinde etkisi bulunan ana ve alt kriterlerin her birinin birbirini etkilemesidir. Thomas L. Saaty tarafından 1980 yılında ortaya çıkarılan AHP'den farkı sayısal faktörlerinin ifade edilemediği durumlarda daha verimli çalışması ve hiyerarşik düzende kurulmamasıdır. Başka bir deyişle bu yöntem AHP'nin genel biçimidir. ANP yöntemi diğer yöntemler gibi bankacılık, finans, lojistik, politik gibi kriterlerin ve alternatiflerin çok sayıda olduğu sektörlerdeki problemlerin çözümünde tercih edilmektedir.

ANP yöntemi 6 aşamadan meydana gelmektedir. Bunlar,

1. Problemin tanımlanması ve modelin oluşturulması,

2. Kriterler arası etkileşimin belirlenmesi
3. Temel karar vericiler arası ikili karşılaştırma,
4. Oluşturulan karar matrisinin tutarlığının hesaplanması,
5. Süper matrisin oluşturulması ve analiz edilmesi,
6. En iyi alternatifin seçilmesidir (vd., 2013: 122).

PROMETHEE

Brüksel Virjje Üniversitesinde çalışmasını gerçekleştiren Jean-Pierre Brans tarafından 1982 yılında PROMETHEE 1 (Kısmi Sıralama) ve PROMETHEE 2 (Kapsamlı Sıralama) olmak üzere geliştirilmiştir. Devam eden yıllarda ortaya koyduğu yöntemi geliştirmeye devam etmiş ve son olarak PROMETHEE 6 (Gerçek Düşüncelerin Gösterimi) ortaya konulmuştur. Kriterlerinin birbiri ile kıyaslanarak ağırlıklandırıldığı bu yöntemde amaç alternatifler arasından en iyisini seçmektir (Brans ve Mareschal, 2005: 164).

PROMETHEE yöntemi 6 aşamadan oluşmaktadır. Bunlar;

1. Veri matrisinin oluşturulması (Kriterlerin birbirleri ile kıyaslanması ve önem derecelerinin belirlenmesi)
2. Kriterler için fonksiyonların tanımlanması (Var olan 6 tercihten birinin seçilmesi ve fonksiyonunun uyarlanması)
3. Ortak tercih fonksiyonlarının belirlenmesi (Tercih fonksiyonları temelinde alternatiflerin çiftlerinin ortak tercih fonksiyonlarının belirlenmesi)
4. Tercih indekslerinin belirlenmesi (Her alternatif için tercih indeksleri hesaplanması)
5. Alternatifler için pozitif $\square\square$ ve negatif $\square\square$ üstünlükler belirlenmesi,
6. PROMETHEE 1 ve 2 ile kısmi ve tam olarak önceliklerin belirlenmesidir (Gür vd., 2017: 82).

ELECTRE

Çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan ELECTRE Beneyoun tarafından 1966 yılında literatüre kazandırılmıştır. Bu yöntemde, alternatif karar noktaları arasında her bir değerlendirme faktörünün karşılaştırmalı üstünlüğüne bakılır. Başka bir deyişle bu yöntem her bir ana ve alt kriterin birbirileriyle olan hiyerarşik sıralaması ve buna göre oluşturulan alternatiflerden en iyi olanın seçilmesi hedeflenir. Belirlenen verimlilik ölçülerine göre her bir seçeneğe not verilir. Karar vericiler tarafından uyumluluk ve uyumsuzluk sınırlarının belirlenmesi doğru sonuca ulaşmak adına önemlidir.

ELECTRE yöntemi 7 aşamadan oluşmaktadır. Bunlar,

1. Karar matrisinin oluşturulması,
2. Standart karar matrisinin oluşturulması,
3. Ağırlıklı standart karar matrisinin oluşturulması,
4. Uyum ve uyumsuzluk setlerinin belirlenmesi,
5. Uyum ve uyumsuzluk matrislerinin kurulması,
6. Üstünlük ve Uyumsuz üstünlük matrislerinin kurulması,
7. Toplam Baskınlık matrisinin oluşturulması,

Karar notlarının Önem Sırasının Belirlenmesi şeklindedir (Yücel ve Ulutaş, 2009: 331).

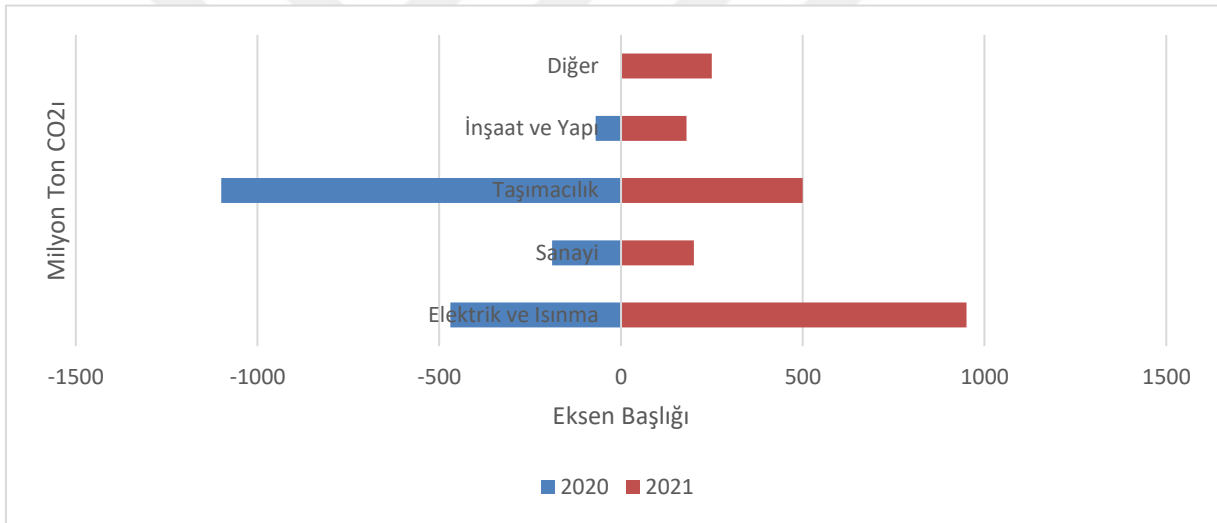
2.9. Yeşil Lojistik ve Rota Emisyon Analizi

2.9.1. Yeşil Lojistik

Yeşil lojistik kavramı, uygun rota seçimi, karayolu kullanımının azaltılması, daha az enerjiyle daha çok yük taşınması, depo ve depolama işlemlerinin verimliliğinin artırılması, katı yakıttan ziyade yenilenebilir, çevreci kaynakların kullanılmasıyla doğrudan ilişkilidir (Emmet ve Sood, 2010: 124).

Yeşil taşıma, çevreye en az zarar vererek ürünlerin lojistik faaliyetlerin her bir aşaması arasında ulaştırılması olarak tanımlanabilir. Bu noktada karayolu taşımacılığının mümkün olan en az şekilde kullanılması, çevre dostu elektrikli çekicilerin tercih edilmesi, tahta palet yerine plastik paletlerin kullanılması çevreye karşı ciddi bir pozitif etki yaratmaktadır (Erol ve Özmen 2008: 83).

Taşımacılıkta konteyner kullanılması, tahta paletlerin yerine daha dayanıklı plastik paletlerin kullanılması, depozitolu taşıma kaplarının tercih edilmesi tersine lojistik örnekleri olarak gösterilebilmektedir.



Grafik 21. Sektörlere göre emisyon dağılımı (mt co2)

Kaynak: (IEA, 2021: 5)

Grafik 21’de 2020 ve 2021 yıllarında sektörlere göre karbondioksit salımını göstermektedir. IEA (2021) verilerine göre 2021 yılında karbondioksit salımında en fazla artış elektrik üretimi ve ısınma ihtiyaçlarında yaşanmıştır. 900 milyon ton civarında olan bu artış toplam küresel emisyonun %46’sını oluşturmaktadır. İnşaat ve yapı, sanayi sektörlerinin 2019 değerlerine yaklaştığı görülmektedir. Taşımacılık sektöründeki karbondioksit salımı ise hala 2019 değerlerinin gerisindedir.

Lojistik faaliyetlerinin en temelini oluşturan taşımacılık noktasında sürdürülebilirlik büyük önem arz etmektedir. Dünya ticaretinin %80'inin denizyolu ile gerçekleştiği düşünülürse, limanlardaki faaliyetlerin çevreye duyarlı yürütülmesi sürdürülebilirlik açısından hayati değere sahiptir. Buradan hareketle dünyada uygulanan Yeşil Liman (Green Port) projesi kapsamında liman yönetimleri tarafından çevreyi koruma adına politikalar oluşturulması, etkin ve kaliteli bir şekilde atık yönetiminin planlanması, enerji ihtiyaçlarının olabildiğinde yenilenebilir kaynaklardan kullanılması, liman içinde elektrikli araçların tercih edilmesi hedeflenmektedir (Yılmaz, 2019: 65).

Lojistiğin diğer faaliyet kollarından biri olan depolama sürecinde çevreyi olumsuz etkileyen uygulamaların var olduğu ve bunların hızlı bir şekilde çevreci yaklaşımlarla yer değiştirdiği görülmektedir. Uygun stok yönetimi planlamasıyla beraber optimum düzeyde stok tutularak enerji verimliliği sağlanabilmektedir. Sürdürülebilir bir depo işletmesinden bahsedebilmek için 6 kritere sahip olmak gerekmektedir. Bunlar, deponun kurulacağı yerin hinterlandına göre uygun seçilmesi, günışığı aydınlatma sistemlerinin kullanılması, depozitolu, tekrar kullanılabilir taşıma ve saklama kaplarının tercih edilmesi, kendi enerjisini kendi üretebilen yapı-inşa metodlarının kullanılması, otomasyon sistemlerini barındıran akıllı depoların inşa edilmesi, yüksek hacimli, düşük hızlı fanların tercih edilmesidir (Akandere, 2019: 740-741).

Yeşil satın alma faaliyetleri, yeşil lojistik anlayışından en önemli fonksiyonların başında gelmektedir. İşletmeler hammadde seçerken çevreye karşı sorumluluk bilincinde hareket etmelidirler. Öyle ki, geri dönüştürülebilen, dönüştürülemediği takdirde çevrede en kolay şekilde çözülebilen maddelerden seçim yapmak durumundadırlar. Buradan hareketle atıkların azalması dolayısıyla çevreye karşı pozitif bir etkilinin oluşması beklenir (Min ve Galle, 2001: 1225).

Yeşil üretimde temel amaç geri dönüştürülebilen malzemeler kullanarak çevreyi gereksiz yere kirletmekten kaçınmaktır. Çevreye duyarlı hammaddelerin girdi olarak kullanıldığı üretim olarak tanımlanan yeşil üretim, ürünlerin tasarım aşamasından itibaren geri dönüşüm, yeniden üretim ve tekrar kullanım olanaklarını değerlendirir (Yavuz, 2010: 77).

Paketleme hem ürünün korunması hem de daha kolay bir şekilde taşınması için gerekli işlemler olarak tanımlanabilir. Paketleme ürünlerinin petrol ve kimyevi maddeleri içermesi hem insanlar hem de çevre için ciddi bir sorun teşkil etmektedir. Yeşil paketleme ile beraber çevreye en az zararlı hatta sıfır zarar politikası hedeflenmektedir. Ancak işletmelerin bunu tam anlamıyla gerçekleştirdiğini söylemek mümkün değildir. Avrupa Birliği'nin paketleme konusunda yürütmekte olduğu çevreye duyarlı paketleme politikası sürdürülebilirlik anlamında önem arz etmektedir (Larsen, 2000: 385).

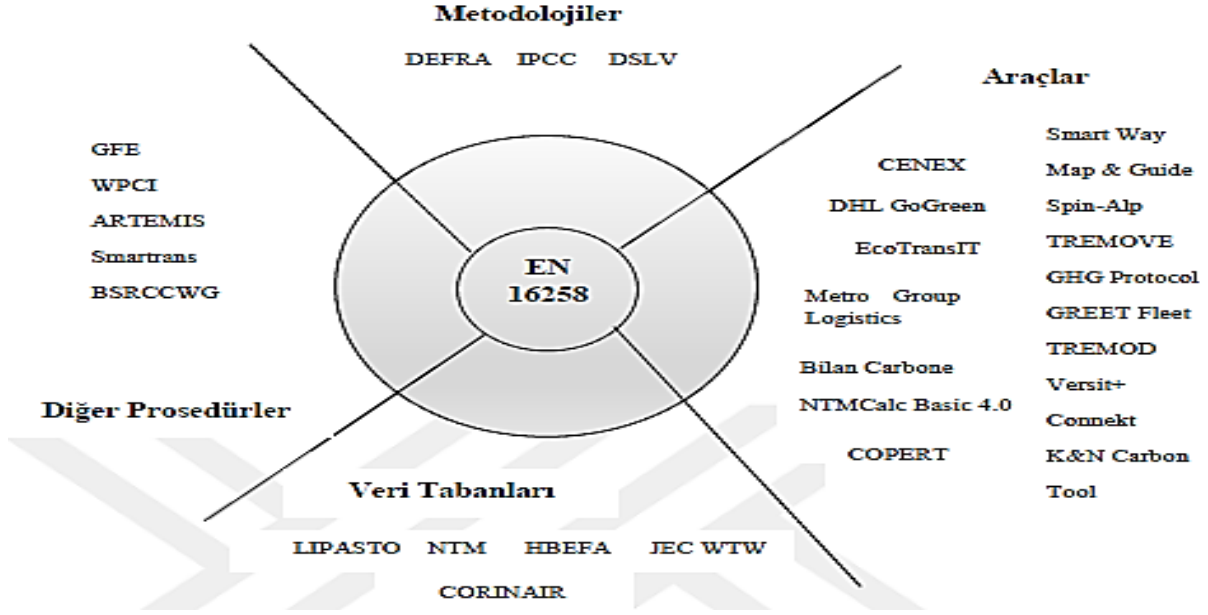
Ürün, parça, ya da ekipmanların tedarik zinciri içerisinde tekrar kullanılabilme durumu vardır. Tersine lojistik, nihai ürünün kullanılmasının ardından geriye kalan istenmeyen, tekrar üretime sokulabilecek bileşenlerin satış kanalları vasıtasıyla tekrar üretim bandına sokulma işlemi olarak tanımlanabilir. Başka bir tanımlama ise ürünlerin tekrar üretilirken, kaynakların daha az harcanması, kullanılmış ürünlerin üretime tekrar dahil edilmesi, ve sürekli kullanılacak maddeleri kullanarak atık miktarının azaltılmasıdır (Tüzün ve Gülmez, 2017: 609).

2.9.2. Rota Emisyon Analizi

Artan dünya nüfusuna paralel olarak talep edilen ürün ve hizmetlerde de bir artış meydana gelmiştir. Oluşan talebe karşılık üretim faaliyetleri hızlanmış ticaret hacimleri genişlemiştir. Bu durum üretim noktasından son tüketiciye kadar olan sürecin en önemli bir parçası olan yük taşımacılığı üzerine ise ağır bir yük bindirmiştir. Taşımacılık faaliyetleri kapsamında ihtiyaç duyulan enerjinin kullanılmasıyla çevreye verilen zarar artmış ve alarm seviyesine gelmiştir. Uluslararası Enerji Ajansı verilerine göre elektrik üretiminden sonra en fazla sera gazı üreten faaliyet taşımacılık sektörü olmuştur (Tian vd., 2014: 1). IPCC (2020)'nin "Climate Change 2022" raporuna göre %34 elektrik ve ısınmaya, %15 ise taşımacılığa bağlı emisyon oluşmuştur.

Dünyayı tehdit eden küresel ısınmayı kontrol edilebilir bir seviyede tutmak için küresel çapta tüm paydaşların üzerine düşen sorumluluğu alması ve faaliyetlerinden dolayı çevreye saldıkları sera gazını ve diğer zararlı etmenleri azaltmaları gerekmektedir. Bu anlamda literatürde birçok metodoloji geliştirilmiştir. Söz konusu metodolojiler Şekil 3.11'de

gösterilmiştir (Auvien vd., 2014: 41). Yük taşımacılığı, sera gazı salımının en büyük paydaşlarından biri olduğu düşünüldüğünde taşımacılık faaliyetlerinin verimi arttırılmalı, rotalar oluşturulurken oluşacak emisyon göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 4. Emisyon ölçüm metodolojileri

Kaynak: (Çetinkaya, 2020: 65)

Şekil 4'te emisyon ölçümlerine ait Auvien vd. (2014) yaptığı çalışmadaki metodolojiler gösterilmiştir. Görüldüğü üzere emisyon ölçümüne yönelik birçok araç geliştirilmiştir. Tez çalışmasında var olan araçlardan EcoTransIT 2020 (EcoTransIT World means Ecological Transport Information Tool – worldwide (ETW)) emisyon ölçüm aracı tercih edilmiştir.

EcoTransIT Emisyon Ölçüm Aracı

2003 yılında çıkarılan ilk versiyonu Avrupa ile sınırlı kalan, zamanla geliştirilen ve yeni gelişmeleri metodolojisine uygulayan EcoTransIT profesyonel anlamda kullanıcılarına

taşımacılık faaliyetleri esnasında açığa çıkardıkları emisyon miktarlarını ölçmeye yarayan ücretsiz bir web arayüzü ve bilgisayar uygulamasıdır. İlk zamanlarda literatürde belirli bir standart olmamasından kaynaklı kendi hesaplama metodlarını kullanmış daha sonra CEN (European Commite for Standardisation) tarafından oluşturulan EN 16258 standartına uyumlu hale gelmiştir.

Karbondioksit salımı 3.10'da gösterilen formül ile hesaplanır.

$$CO2e = CO2 + 25 * CH4 + 298 * N2O \quad (3.10)$$

Karbondioksit salımı=Karbondioksit+Metan+Nitrojenlerdir.

EcoTransIT metodolojisinde basit anlamda emisyon ölçümü taşınan ürünün ağırlığına ve katedilen mesafeyle doğrudan ilişkili olduğu için hesaplama buna göre yapılmaktadır. Enerji tüketimi ve emisyon miktarı aşağıdaki formüller ile hesaplanmaktadır.

$$EMTi = Di * M * (EMVtkm,i + EMUtkm,i) \quad (3.11)$$

$$ECTi = Di * M * (ECFtkm,i + ECUtkm,i) \quad (3.12)$$

Formül 3.11 ve 3.12'de yer alan ifade ve ölçü birimleri şu şekildedir;

- EMTi: i taşıma türü için toplam emisyon miktarı (kg.)
- Di: i taşıma türü ile katedilen mesafe (km.)
- M: Taşınan yük ağırlığı (ton)
- EMVtkm,i: i taşıma türü ile ortaya çıkan mesafe başına direkt emisyon miktarı (g/tkm.)
- EMUtkm,i: i taşıma türü için endirekt emisyon faktörü (g/tkm.)
- ECTi: i taşıma türü için toplam enerji tüketimi (MJ)
- ECFtkm,i: i taşıma türü için mesafe başına direkt enerji tüketimi (MJ/tkm)

- $ECU_{tkm,i}$: i taşıma türü için mesafe başına endirekt enerji tüketimi (MJ/tkm).

3.11 ve 3.12’de gösterilen formüldeki parametreler her bir taşıma moduna göre farklılıklar içermektedir. EcoTransIT (2020)’de bu farklılıklar yakıt çeşidi, taşıyıcı araca göre yük istif kapasitesi, istif ve boş tur faktörüdür.

Her bir taşıma modu kendine has bir özelliğe sahiptir. Buradan hareketle her bir taşıma modunda toplam enerji tüketimini ve ortaya çıkan emisyonu etkileyen faktörler bulunmaktadır. Bunlar şu şekildedir;

Araç/Gemi Tipi: Ürünün taşınmasında tercih edilen aracın yükleme kapasitesi, istif faktörü, motor tipi ve kullandığı yakıt enerji tüketimini buna bağlı olarak da emisyon miktarını etkiler.

Kapasite Kullanımı: Tercih edilen taşıma aracına en fazla ne kadar yük yükleneceğini ifade eden yükleme faktörü ve boş tur faktörü bu başlık altında değerlendirilir.

Yük Özellikleri: Bilindiği üzere dökme yük, genel kargo ve konteyner taşınan ürünler olmak üzere 3 farklı ürün tipi vardır. Her bir ürün tipinin enerji gereksinimi farklıdır. Bu yüzden ürün tipi emisyonla ilişkilidir.

Sürüş Koşulları: Yükün çıkış ve varış noktaları boyunca yapılan duraklamalar, hızlanma koşulları, denizyolunda ise su direnci emisyon miktarını etkilemektedir.

Rota Koşulları: Yol tipi, eğim gibi rota üzerindeki topografik özellikler, demiryolu ve denizyolu sınıfı emisyonu etkileyen faktörler arasındadır.

Yükün Ağırlığı: EcoTransIT metodolojisinde de bahsedildiği gibi yükün ağırları emisyonla doğrudan ilişkilidir. Çünkü yükün ağırlığı arttıkça taşınması için ihtiyaç duyulan enerji miktarı da artacaktır. Bu da emisyon miktarının artmasına neden olacaktır.

Noktalar Arası Mesafe: Yükün çıkış ve varış noktaları arasında mesafe tüketilen enerji miktarı ve emisyonla ilişkilidir. Artan mesafe gereksinim duyulan enerji miktarının da artmasına neden olur (EcoTransIT, 2020: 23).

Karayolu Emisyon Hesaplama

EcoTransIT yük taşımacılığı için kullanılan tüm karayollarını veritabanına entegre etmiştir. Hesaplama mümkün olduğunda tırın sürekli otoyol kullanılacak şekilde bir varsayım kullanılmaktadır. Sürtünme katsayısı karayolu rotası belirlenirken önemli olduğu için karayolları sürtünme katsayılarına göre kategorize edilmiştir.

Tablo 23

Karayolu sürtünme katsayıları

Yol Türü	Sürtünme Katsayısı
Otoyol (kategori 0)	1,00
Şehirler arası geniş yol	1,30
Şehirler arası dar yol	1,50
Şehir içi geniş yol	1,67
Şehir içi yol	2,50
Şehir içi dar yol	3,33

Kaynak: (EcoTransIT, 2020: 11)

Karayolu taşımacılığında emisyon miktarı araç tipine, yakıt türüne, bölgenin topografik özelliklerine ve bölgesel emisyon sınırlarıyla ilişkilidir. Taşımacılık esnasında kullanılan araç tiplerinin farklı özellikleri olduğu için aşağıdaki tabloda kategorize edilmiştir.

Tablo 24

Tır çeşitlerinin ölçüleri ve ağırlıkları

Tır Çeşidi	Boş Ağırlık	İstif Kapasitesi	TEU Kapasitesi	Maximum Ağırlık
≤7500 ton	4	3,5	-	7,5
≥7500-12000 ton	6	6	-	12
≥12000-20000 ton	9	11	-	20
≥20000-26000 ton	9	17	1	26
≥26000-40000 ton	14	26	2	40
≥40000-60000 ton	19	41	2	60

Kaynak: (EcoTransIT, 2020: 12)

Kapasite kullanımı istif ve boş tur faktörleri ile ilişkilidir. EcoTransIT (2020)'de verilen örneğe göre 26-40 ton aralığındaki bir tır 15 ton yük taşıdığı ve boş tur faktörünün %20 varsayıldığı bir durumda, $15.6\text{ton}/26\text{ton} = \%60$ istif faktörü hesaplanmıştır. Sonuç olarak kapasite kullanım oranı $\%60/(\%100+\%20) = \%50$ olmuştur. Kapasite kullanım anlamında standardı yakalamak için aşağıdaki tabloda 3 tip yüküne göre değerler gösterilmiştir.

Tablo 25

Yük tiplerine göre istif, boş tur ve kapasite kullanım oranları

Yük Tipi	İstif Faktörü (%)	Boş Tur Faktörü(%)	Kapasite Kullanım Oranı(%)
Dökme	100	60	63
Ortalama	60	20	50

Tablo 25'in devamı.

Hacimli	30	10	27
---------	----	----	----

Kaynak: (EcoTransIT, 2020: 13)

Demiryolu Emisyon Hesaplama

EcoTransIT yük taşımacılığı için kullanılan tüm demiryollarını veritabanına entegre etmiştir. Demiryollarında dizel ve elektrikli hatlar bulunduğu için seçilen türe göre sürtünme katsayılarında farklılıklar oluşmaktadır. Dizel hatlarda sürtünme katsayısı elektrikli hatlara göre daha fazladır. Sürtünme katsayısı demiryolu rotası belirlenirken önemli olduğu için demiryolu sürtünme katsayılarına göre kategorize edilmiştir.

Tablo 26

Demiryolu sürtünme katsayıları

Yol Türü	Sürtünme Katsayısı
Yük Taşınabilen Hatlar	1,00
Yük Taşınamayan Hatlar	1,80
Dizel-Elektrikli Ortalama Hatlar	4,00

Kaynak: (EcoTransIT, 2020: 14)

Demiryolu taşımacılığında emisyon miktarı araç tipine, yakıt türüne, bölgenin topografik özelliklerine ve bölgesel emisyon sınırlarıyla ilişkilidir. Taşımacılık esnasında kullanılan tren tipinin farklı özellikleri olduğu için aşağıdaki tabloda kategorize edilmiştir.

Tablo 27

Tren çeşitlerinin ölçüleri ve ağırlıkları

Tren Türü	Brüt Ağırlık(Ton)	Boş Vagon Ağırlığı(Ton)	Vagon İstif Kapasitesi(Ton)	TEU Kapasitesi	Vagonun Toplam Ağırlığı(Ton)
Standart	1000 ton	23 ton	61	-	84
Araç	700	28	21(10 Araç)	-	59
Kimyevi	1200	24	55	-	79
Konteyner	1000	21	65	2,6	86
Kömür ve Çelik	1700	26	65	-	91
İnşaat Malzemesi	1200	22	54	-	76
İmalat Ürünleri	1200	23	54	-	77
Hububat	1300	20	63	-	83

Kaynak: (EcoTransIT, 2020: 15)

Kapasite kullanımı istif ve boş tur faktörleri ile ilişkilidir. EcoTransIT (2020)'de Kapasite kullanım anlamında standardı yakalamak için aşağıdaki tabloda 3 tip yüküne göre değerler gösterilmiştir.

Tablo 28

Konteyner istif, boş tur ve kapasite kullanım oranları

Yük Tipi	İstif Faktörü (%)	Boş Tur Faktörü(%)	Kapasite Kullanım Oranı(%)
Konteyner	50	20	41

Kaynak: (EcoTransIT, 2020: 15)

Denizyolu Emisyon Hesaplama

Denizyolu taşımacılığında, düzenli ve düzensiz taşımacılık olmak üzere iki temel ayrım bulunmaktadır. Düzensiz hat taşımacılığında, gemi seyrini engelleyecek bir neden bulunmadığı sürece ürünün çıkış ve varış noktası arasında direk bir rota üzerinden yük taşınır. Ancak düzenli hat taşımacılığında iki hedef nokta arasından birden fazla limana uğrak yapmaktadır. Bu yüzden EcoTransIT (2020) denizyolu taşımacılığında rota faktörlerini emisyon hesaplarken değerlendirmemektedir.

Denizyolu taşımacılığında kapasite kullanım oranı istif faktörü ve boş tur faktörünün birleştirilmesiyle bulunmaktadır. Çetinkaya (2020) çalışmasında konteyner gemilerinde kapasite kullanım oranının %70, gemiler için de hız düşürebilme performansını %25 olarak almıştır.

Havayolu Emisyon Hesaplama

EcoTransIT (2020) havayolu emisyon hesaplamasını belirlenen iki havaalanı arasındaki mesafeyi baz alarak yapmaktadır. Belirlenen havaalanları uçuşa olanak veren mesafelere göre aşağıdaki tabloda kategorize edilmiştir.

Tablo 29

Havaalanı boyutlarına göre mesafeler

Havaalanı Boyutu	Mesafe
Büyük	≥ 5000 km
Orta	≥ 5000 km (denizüstleri hariç)
Küçük	≤ 5000 km
Çok Küçük	≤ 2500 km

Kaynak: (EcoTransIT, 2020: 22)

Havayolu taşımacılığında emisyonu kullanılan uçak tipine göre farklılık göstermektedir. Her bir uçak türünün kapasite, motor tipi, yükün yolcularla beraber taşınıp taşınmaması gibi kendine kas fiziksel özellikleri barındığı düşünüldüğünde ortaya çıkan emisyonun da farklı olduğu söylenebilir. Bu yüzden aşağıdaki tabloda uçak tiplerinin özellikleri gösterilmiştir.

Tablo 30

Uçak tipleri ve özellikleri

Uçak Türü	Mesafe	Uçak Tipi	Uçuş Mesafesi (km)	Yükleme Kapasitesi (ton)	Koltuk Sayısı
Kargo Uçağı	Küçük Gövde	Boeing 737-300SF	3,030	19,7	-
Kargo Uçağı	Orta Gövde	Boeing 767-200F	5,790	45	-

Kargo Uçağı	Büyük Gövde	Boeing 747-400F	8,250	113	-
Yolcu Uçağı	Küçük Gövde	Embraer 190	3,330	1,4	98
Yolcu Uçağı	Orta Gövde	Airbus 320	5,700	2,4	150
Yolcu Uçağı	Büyük Gövde	Boeing 747-400	13,450	16,8	416

Kaynak: (EcoTransIT, 2020: 23)

EcoTransIT Arayüzleri ve Varsayımlar

Taşımacılıkta emisyon ölçme aracı olarak kullanılan EcotransIT'in standart ve genişletilmiş olmak üzere iki tane arayüzü bulunmaktadır.

The screenshot displays the EcoTransIT website interface. At the top, there is a logo for EcoTransIT World and the tagline "a sustainable move". Below the logo, there are navigation tabs: HOME, CALCULATION (highlighted in green), TARGET GROUP, FIRST STEPS, BUSINESS, and CONTACT. The main content area is titled "CALCULATION PARAMETERS" and contains several input fields and options:

- Input mode:** A dropdown menu set to "Standard".
- Freight:** A section with "Amount" (input field with "100") and "Unit" (dropdown menu set to "Bulk (Tons)").
- Origin:** A dropdown menu set to "City district" and a text input field with the placeholder "Please press ENTER to confirm".
- Choose transport modes:** A section with the text "Multiple choice possible" and five icons representing different transport modes: Truck, Train, Airplane, Sea ship, and Barge. The Truck icon is selected with a green checkmark.
- Destination:** A dropdown menu set to "City district" and a text input field with the placeholder "Please press ENTER to confirm".

Şekil 5. EcoTransIT standart arayüzü

Kaynak: (EcoTransIT, 2020: 8)

Şekil 5'te görüldüğü gibi standart arayüzde hedef iki nokta arasında yükün miktarı ve cinsi EcotransIT metododijisindeki ortalama değerler kullanılarak emisyon hesaplanır. Örnek

vermek gerekirse ana taşımanın öncesinde planlanan ön taşıma varsa 40 ton kapasiteli tır ve tırın ortalama değerleri kabul edilerek hesaplama dahil edilir.

CALCULATION PARAMETERS

Input mode: Extended

Freight: Amount: 100, Weight: Bulk and Unit Load (Tonnes), Type: average goods, L/TEU: 10

Define handling: -

Ferry: Ferry loading: normal

Origin: City district

Transport service: TS 1 (Truck, 26-40 t, diesel, EURO 5, 60% load factor, 20% ETE) and TS 2 (Train, 1000 t, electrified, EU UIC 1, 60.00% load factor, 50.00% ETE)

Destination: City district

Buttons: CALCULATE, RESET

Şekil 6. EcoTransIT gelişmiş arayüzü

Kaynak: (EcoTransIT, 2020: 9)

EcoTransIT gelişmiş arayüzde standart arayüzde bulunan hedef noktalar, taşıma modu, yükün cinsi ve miktarının dışında taşımada kullanılacak aracın cinsi, emisyon standartı, istif, boş tur ve kapasite kullanımları da hesaplama dahil edilmektedir.

Freight (Yük Hakkında Bilgiler): Arayüzün bu bölümünde yükün ağırlık cinsi olarak dökme, sıvı ya da konteyner bulunmaktadır. Yük tipine göre ise ağır, ortalama ve hafif olarak ayrılmıştır. 20 DC konteyner 1 TEU, 40 DC konteyner 2 TEU olarak girilmektedir. TEU başına ağırlık ise 10 tondur.

Origin (Hedef Noktalar Hakkında Bilgiler): Arayüzün bu kısmında varış ve çıkış noktalarının bilgileri yer almaktadır. Hedef noktaların adı, posta kodları ya da koordinatlarının girilmesine olanak verilir.

Transport Service (Taşıma Türleri Hakkında Bilgiler): Arayüzün bu sekmesinde taşımanın hangi mod ya da modlarla olacağı hakkında bilgiler girilir. Eğer birden fazla taşımacılık modu kullanılacaksa, başka bir deyişle intermodal ya da kombine taşıma gerçekleştirilecekse taşımanın ilk ayağı için veriler girilir ve “VIA” seçeneğine basılarak devam niteliğindeki taşıma modunun verileri arayüze yüklenir. Her bir taşıma modunun kendine has istif, boş tur, kapasite kullanım ve denizyolu var ise hız düşürme faktörü değerleri de arayüze eklenir.

Tablo 31

Veri hesaplamak için taşıma türü varsayımları

Yük Tipi	Araç Tipi	Araç Sınıfı	Yakıt Tipi	Emisyon Standartı	İstif Faktörü (%)	Boş Tur Faktörü(%)	Kapasite Kullanım Oranı(%)
Karayolu	Tır	26-40t	Dizel	EURO 5	60	20	50
Denizyolu	Konteyner Gemisi	Handysize (1000-2000 TEU)	Dizel	EURO 5	-	-	70
Denizyolu	Ro-Ro	≥5000	Dizel	EURO 5	-	-	70
İç su yolu	İç su yolu Konteyner Gemisi	1500-3000t	Dizel	CCNR II/ EU IIIA / US Tier 2 (>2006)	-	-	60
Demiryolu	Tren	EU IUC 1 (1000)t	Dizel	EURO 5	50	20	41

Kaynak: (Çetinkaya, 2020: 76)

EcoTransIT (2020)'de yer alan varsayımlara göre oluşturulan Tablo 31 incelendiğinde karayolunda konteyner taşıyıcı araç olarak 26-40 ton sınıfında EURO 5 emisyon standartında dizel yakıtı taşıyan tırlar kullanılmaktadır. Tır istif faktörü %60, boş tur faktörü %20 ve kapasite kullanım oranı %50'dir. Denizyolunda Akdeniz ve Kuzey Deniz bölgelerinde Ro-Ro taşımacılığında kullanılan 1000-2000 TEU kapasiteli sınıfı Euro 5 emisyon standartına sahip dizel yakıtlı Handysize sınıfı gemilerin kullanıldığı görülmektedir. Handysize sınıfı geminin kapasite kullanım oranı %70'dir. Denizyolunda hız düşürme faktörü %25 olarak ele alınmıştır. İçsuyolunda ise 1500-3000t kapasiteli barge diye tabir edilen konteyner gemileri kullanılmaktadır. Bu gemi tipinin yakıtı dizel, emisyon standardı ise CCNR II/ EU IIIA / US Tier 2 (>2006)'dır. Son olarak demiryolunda 1000 ton ağırlığında Euro 5 emisyon standartlı dizel yakıtlı Eu IUC1 sınıfı trenler kullanılmaktadır. Söz konusu trenlerin istif faktörü %50, boş tur faktörü %20 ve kapasite kullanım oranı %41'dir.

2.10. Önceki Çalışmalar

Giderek küreselleşen dünyada tedarik zincirinin en önemli parçası olan yük taşımacılığı önemini daha da arttırmaya başlamıştır. Yükleyiciler, taşıma operatörleri ve politika üreticileri iki nokta arasındaki taşımanın verimliliğini arttırarak maliyetlerini düşürüp, hızlı ve müşterilerini memnun edici taşımalar gerçekleştirmek adına çözümler aramaktadır. Bu noktada çoklu taşıma sistemleri ve hedeflenen iki nokta arasında en uygun rota seçimi ön plana çıkmıştır. Literatürde bu konu üzerine yapılmış çalışmalar mevcuttur.

Boadman vd. (1997) çalışmalarında Atlanta-Fort Worth noktaları arasında en düşük maliyetli taşıma türleri kombinasyonunu bulmaya çalışmışlardır. Çalışmada taşıma maliyeti, süresi ve mesafe değişkenlerini içeren karar destek veri tabanı oluşturulmuş ve K- En Kısa Yol Algoritması ile bilgisayar üzerinde çalıştırılarak en uygun rota saptanmıştır. Geliştirilen karar destek veri tabanının intermodal taşımacılığı kullanımı kolaylaştırdığı ve mal sahipleri ve taşıma operatörlerinin maliyet, hız ve hizmet kalitesi temelinde en uygun rotayı bulmasını sağladığı sonucuna varılmıştır.

Bookbinder ve Fox (1998) iki Kuzey Amerika Serbest Ticaret Anlaşması (NAFTA)'nın iki üyesi Kanada (Toronto, Montreal, Winnipeg, Calgary ve Vancouver) ve Meksika (Mexico City, Monterrey ve Guadalajara) arasında taşıtan perspektifiyle en verimli rota üzerinden intermodal konteyner taşımacılığı planlamak üzerine bir çalışma hazırlamışlardır. Maliyet-transit süre analizini yöntem olarak belirlemişlerdir. Belirlenen başlangıç ve bitiş noktaları arasında her bir intermodal senaryosunun kendine has avantajları olduğu, Meksika sınır geçişinden yaşanan sıkışıklık nedeniyle tır kullanımının teslimat sürelerini uzattığı sonucuna varılmış ve tüm bu çıkarımlar doğrultusunda en uygun rota belirlenmeye çalışılmıştır.

Banomyong (2001) çalışmasında maliyet modelini kullanarak Vientyan-Singapur koridorunda farklı taşımacılık modlarını ve kombinasyonlarını içeren rotalar belirlemiştir. Belirlenen noktalar arasında karayolu seçimi en hızlı transit süre seçeneğini, Bangkok üzerinden gerçekleştirilen karayolu+denizyolu opsiyonunu ise en ucuz rotayı sunmuştur. Özellikle kargo hacimlerinin artması durumunda demiryolu taşımacılığının da cazip hale gelebileceği tespit edilmiştir.

Banomyong ve Beresford (2001) çalışmalarında çok modlu taşıma maliyet süre analizini kullanarak Laos-Avrupa koridorunda beş farklı alternatif rota belirlemiş ve en uygun olanı belirlemeye çalışmışlardır. Hedef iki nokta arasında denizyolu en ucuz, demiryolu orta ve karayolu en pahalı olduğu saptanmıştır. Vientyan-Rotterdam destinasyonları arasında maliyet-transit süre-güvenilirlik paritesinin en yüksek olduğu taşımacılık modu Malezya'da bulunan Klang limanından gerçekleştirilen denizyolu olduğu belirlenmiştir.

Chang (2008) Tayvan-ABD arasında tam-sayıli doğrusal planlama modelini kullanarak en uygun intermodal rotayı belirlemeye çalışmıştır. Oluşturulan matematiksel model uygulandığında birtakım sonuçlara ulaşmıştır. Rota seçiminde göz önünde bulundurulan faktörlere göre değişiklikler olmaktadır. Öyle ki maliyet düşünülürse denizyolu, teslimat süresi düşünüldüğünde ise havayolu tercih edildiği ortaya çıkmıştır. Demiryolu bu iki nokta arasında hiçbir zaman alternatif olamamıştır.

Ergin ve Çekerol (2008) oluşturdukları modeli Türkiye'de intermodal taşımacılığının uygulanabilirliğini hızlı tüketim mallarını içeren sektörde uygulamayı ve intermodal taşıma için rotalar bulmayı amaçlamışlardır. Türkiye'de iç bölgelere yapılan taşımalarda karayolu-

demiryolu tercih edildiği görülmüştür. Uzun mesafeli taşımalarda taşıma maliyetini azaltmak için demiryolunun kullanıldığı saptanmıştır. Ayrıca demiryolu ağının ülke genelinde genişletilmesini ve demiryolu bağlantısı olmayan limanlara hızlı bir şekilde bağlantı noktası kurulması gerektiğini önermişlerdir.

Tuzkaya ve Önüt (2008) çalışmalarında FANP yöntemi kullanarak Almanya ve Türkiye arasında bir taşıma senaryosu gerçekleştirmişlerdir. Maliyet, güvenlik, esneklik, izlenilebilirlik, risk, hız ve ürün özellikleri çalışmanın kriterleridir. Kriter ağırlıklarının hesaplanarak varılan sonuçta en optimal taşıma modları sırasıyla demiryolu, denizyolu ve karayoludur. Demiryolunun öncelikli olarak gözükmesine rağmen demiryolu taşımacılığındaki sefer saatlerinin değişikliği, artan talebe yanıt verememesi ve yetersiz kapasiteye sahip olmasından dolayı gerçekte şirket tarafından karayolu tercih edilmektedir.

Choi vd. (2010) yürüttükleri çalışmada dinamik planlama ve en kısa yol algoritmasını kullanarak 3. parti lojistik işletmelerinin de kullanabileceği bir optimal rota planlama algoritması geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri maliyet ve zamanı minimize eden algoritmayı Güney Kore'de bulunan Busan limanı ile Hollanda'da bulunan Rotterdam limanı arasında küçük ve büyük ölçekte intermodal taşımacılıkta kullanmışlardır.

Yang vd. (2011) Çin'in Şenzen ve Şangay Hindistan'ın ise Mumbai, Yeni Delhi, Kalkuta ve Visakhapatnam şehirleri arasında intermodal taşıma ağı kurmak için 36 farklı rota oluşturmuşlardır. Taşıma mesafesinin toplam maliyeti düşürmek için önemli bir anahtar olmadığını, modlar arası yapılan geçişlerde bekleme sürelerinin önemli olduğu, antrepo ve sigorta maliyetlerinin toplam maliyet üzerinde ciddi bir yük oluşturduğu çalışmadan elde ettikleri bulgular arasındadır.

Kengpol vd. (2012) Tayvan ve Vietnam arasında yapılması planlanan çokmodlu taşıma rota planlamasını belirlemek için karar destek sistemi oluşturmuşlardır. Bu sistemde bütçe ve zaman sayısal kriterleri, taşıma sırasında ürüne gelecek risk, altyapı ve ekipman hasarları ise kalite kriterlerini oluşturmuştur. Her bir rotanın maliyetini belirlemek için maliyet analizi, risk durumunu ölçmek için risk analizi, kriter ağırlıklarını belirlemek için AHP yöntemini son olarak en optimum rotayı bulmak için de hedef programlamayı kullanmışlardır.

Kim ve Chang (2014) çalışmalarında doğrusal planlama yöntemini kullanarak Güney Kore'nin Seul şehrinden Amerika'nın Seattle limanına taşıma mesafesi, taşıma maliyeti ve emisyon değişkenlerine sahip üç farklı intermodal taşıma senaryosu planlamışlardır. Senaryolarda taşıma ve zaman maliyetinin yanı sıra dışsal maliyet olarak da karbon vergisi ve emisyon ticaret şeması tanımlanmıştır. Karbon vergisinin arttırıldığında demiryolu kullanımının kayda değer bir şekilde arttığı gözlemlenmiştir. Ancak emisyon ticaret şeması programı kapsamında üretim merkezlerinden birim karbondioksit salımı başına alınan ücretin arttırıldığı bir durumda, kullanılan modlarda önemli bir değişiklik yaşanmamıştır. Öyle ki iç taşımada hala en fazla karayolu kullanılmıştır. Çalışmanın önerisi uluslararası organizasyon ve devletlerin karbon vergisi altında alınan ücret ile emisyon ticaret şeması programı kapsamında alınan ücretleri eşitlemesi durumunda çevreye daha az zarar verileceği olmuştur.

Macharis vd. (2015) çalışmalarında Belçika'nın Antwerp limanında yine Belçika içinde rastgele seçilen 11 noktaya taşıma senaryosu gerçekleştirmişlerdir. Yöntem olarak kriterlerin ağırlıklandırılması için AHP ve optimum rotanın seçilmesi içinde PROMETHEE kullanılmıştır. Çalışmada Taşıma maliyeti, taşıma süresi, zamanında teslimat güvenilirliği, trafik sıkışıklığı, emisyon miktarı, kaza riski ve gürültü değişkenleri yer almaktadır. Daha az gürültü çıkaran ve karbondioksit salımı yapan araçların yerine çevreye daha duyarlı araçların karayolunda kullanılması karayolu taşımacılığının olumsuz dışsal etkisini azaltabilir sonucuna varmışlardır.

Demir vd. (2015) çalışmalarında Avrupa içinde 32 farklı servisle birbirine bağlanabilen içsuyolu karayolu ve demiryolunu içeren 10 farklı terminal arasında bir intermodal ve tek modlu bir taşıma senaryosu gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada stokastik ve karışık tam sayılı programlama kullanılmıştır. Demiryolu ve iç su yolu karayoluna göre oldukça ekonomiktir. Bu iki taşıma modu ayrıca emisyon salımı açısından en çevreci olarak göze çarpmaktadır. Ancak ana taşımanın gemi ve trenle yapılması teslimat sürelerinde uzamalara dolayısıyla da yüksek ceza ödemelerine yol açabilmektedir.

Hao ve Yue (2016) çalışmalarında Çin'in Shenyang ve Chedgu şehirleri arasında on adet standart konteynerin karayolu, demiryolu ve denizyolu kullanılarak minimum maliyet ve en kısa sürede taşınmasını ele almıştır. Bu çalışmayı taşıma süresi, taşıma maliyeti, taşıma mesafesi ve kargo değeri değişkenlerini kullanarak karışık tam sayılı programlama metodundan

faydalanarak gerçekleştirmiştir. Belirlenen iki nokta arasında taşıma maliyet-taşıma süresi paritesinin en uygun olduğu sistem demiryolu olarak öne çıkmıştır.

Seo vd. (2017) çalışmalarında Çin'in Chongqing şehrinden Hollanda'nın Rotherdam limanına yedi farklı rota üzerinden laptop taşıma senaryosunu maliyet, transit süre ve taşıma mesafesi değişkenleriyle ve Beresford'un geliştirdiği maliyet-süre yöntemiyle gerçekleştirmişlerdir. 7 rota arasında da en ucuz rota iç taşımada iç su yolu, ana taşımada da deniz yolu kullanılan 1. rota olmasına rağmen, laptop ürünün nispeten daha hızlı teslimat edilmesini gerektiğinden 6. rota seçilmiştir. 6. rota iç ve ana taşımanın demiryolu ile gerçekleştiği rotadır. Sonraki çalışmalar için taşıma gecikme ve rota üzerindeki kaza oranlarının değişken olarak eklenebileceğini önermiştir.

Stoilova (2018) çalışmasında iki nokta arasında 5 farklı alternatif üzerinden en uygun konteyner taşıma operasyonunu gerçekleştirmiştir. Hedeflenen iki nokta arasında demiryolu ve karayolu modlarını kullanarak taşıma maliyet ve süresi, emisyon, zamanında ve güvenli teslimat, modlar arası transfer geçişkenliği değişkenleriyle Shannon Entropy, DEAMATEL ve AHP metodlarını uygulayarak kriter ağırlıklarını Compromise Programing metoduyla da alternatifler arasından optimal taşıma modu ve rotasını bulmaya amaçlamıştır.

Pham ve Yeo (2018) çalışmalarında Çin'in Schenzen şehrinden Vietnam'ın Haipong şehrine, taşıtan ve lojistik servis sağlayıcıları perspektifinden kapıdan kapıya taşıma senaryosu gerçekleştirmişlerdir. Tutarlı bulanık tercih ve Delphi metodunu kullanmışlardır. Yüksek teknoloji içeren ürünlerin taşınmasında havayolunun kullanabileceğini belirtmişlerdir. Gelecek çalışmalar için farklı şehirlerden taşıma gerçekleştirilebileceğini ve demiryolunu dahil edebileceklerini önermişlerdir.

Arslanhan ve Tosun (2021) çalışmalarında Kayseri İlinden Çin'e kiraz taşıma senaryosu gerçekleştirmiştir. En iyi- En kötü yöntemi kullanarak kriter ağırlıkları belirlenmiş, sonrasında ise WASPAS yöntemi kullanılarak taşımacılık modu seçilmiştir. Kirazın bozulabilen bir ürün olması sebebiyle havayolu taşımacılığı birinci alternatif olarak seçilmiştir.

Kaewfak vd. (2021) Çalışmalarında Tayland'da 50.000 ton sınırlı kömür taşıma operasyon senaryosu gerçekleştirmişlerdir. ZOGP(Zero-One-Goal Programing) ve AHP

metodunu kullanarak taşıma maliyeti, taşıma süresi ve risk değişkenleri 3 farklı rota üzerinde deneyerek en uygun rotayı bulmayı amaçlamışlardır.

Tablo 32

Önceki çalışmalar

Yazar- Yıl	Taşıma Türleri	Değişkenler	Amaç	Yöntem	Problem Türü	Karar Verici	Bölge
Boardsman vd. (1997)	DEY, DY, KY, İSY	Taşıma Maliyeti, Taşıma Süresi Hizmet Kalitesi	En Uygun Maliyetli Taşıma Kombinasyonu	K-En Kısa Yol Algoritması	Çoklu Taşıma Rota Seçimi	Taşıtan	Atlanta-Fort Worth
Bookbinder ve Fox (1998)	DEY, DY, KY,	Maliyet Transit Süre Mesafe	Maliyet Transit Süre Mesafe	Maliyet – Transit Süre Analizi	Çoklu Taşıma Rota Seçimi	Taşıtan, Lojistik Servis Sağlayıcıları	Kanada – Meksika
Banomyong , (2001)	DEY, DY, KY, İSY	Maliyet Transit Süre Mesafe	Minimum Maliyet – Transit Süre	Maliyet – Transit Süre Analizi	Çoklu Taşıma Rota Seçimi	Taşıtan	Vientian - Singapur
Banomyong ve Beresford (2001)	DY, DEY, KY	Maliyet, transit süre, mesafe, taşımacılık, Güvenilirlik	Minimum Maliyet – Transit Süre, En kısa Mesafe, Maksimum Güvenilirlik	Maliyet – Transit Süre Analizi	Çoklu Taşıma Rota Seçimi	Taşıtan, , Lojistik Servis Sağlayıcıları	Laos- Avrupa
Chang (2008)	DY, HY, DEY, KY	Maliyet,transit süre, kapasite, yük tipi, ölçek ekonomisi	Minimum Maliyet Transit Süre Zamanında Teslimat	Tam Sayılı Doğrusal Programlama	Çoklu Taşıma Rota Seçimi	Lojistik Servis Sağlayıcısı	Tayvan- ABD
Ergin ve Çekerol (2008)	DEY, KY	Hizmet maliyeti	Minimum hizmet maliyeti	Tam Sayılı Doğrusal Programlama	Çoklu Taşıma Hizmet Ağı Tasarımı	Lojistik servis sağlayıcıları ve Freight-Forwarders	Türkiye
Tuzkava ve Önüt (2008)	DEY, KY,D Y	Maliyet, transit süre, mesafe, taşımacılık, Güvenilirlik, izlenilebilirlik , Ürün karakteristiği, Esneklik	Minimum maliyet ve transit süre	FANP	Çoklu Taşıma Rota Seçimi	Taşıtan	Türkiye- Almanya

“Tablo 32’nin devamı”

Cho vd. (2010)	DY, DEY, HY, KY	Maliyet, transit süre	Minimum maliyet ve transit süre	En Kısa Yol Algoritması - Dinamik Programlama	Çoklu Taşıma Rota Seçimi	Lojistik servis sağlayıcıları, Freight- Forwarders	G. Kore- Hollanda
Yang, vd. (2011)	DEY, DY, HY, KY	Maliyet, transit süre, güvenilirlik	Minimum maliyet ve transit süre, maksimum güvenilirlik	Hedef Programlama	Çoklu Taşıma Rota Seçimi	Taşıtanlar, Lojistik servis sağlayıcıları, Freight- Forwarders	Çin- Hindistan
Kengpol, vd. (2012)	DEY, DY, KY	Maliyet, transit süre, hasar riski, altyapı riski, bürokratik riskler	Minimum maliyet, transit süre ve minimum risk	AHP, Risk Analizi, Hedef Programlama	Çoklu Taşıma Rota Seçimi	Lojistik servis sağlayıcıları	Tai- Vietnam
Kim ve Chang (2014)	DEY, DY, KY	Konteyner hareket mesafesi, yük miktarı, maliyet, transit süre, emiyon miktarı	Minimum konteyner hareketi, minimum toplam içsel ve dışsal maliyet	Doğrusal Programlama	Çoklu Taşıma Rota Seçimi	Taşıtanlar, Lojistik servis sağlayıcıları ve Freight- Forwarders	G. Kore- ABD
Macharis vd. (2015)	DEY, İSY, KY	Maliyet, transit süre, trafik yoğunluğu, süresi, emiyon miktarı, kaza riski, gürültü düzeyi	Minimum maliyet, transit süre ve çevresel etkileri azaltmak	PROMETHEE	Politika oluşturma	Taşıtanlar, dahili taşıma işletmeleri, Lojistik servis sağlayıcıları ve Freight- Forwarders ve kural koyucular	Belçika
Demir vd. (2015)	DY, İSY, KY	Maliyet, transit süre, emiyon miktarı, yükleme- boşaltma süresi.	Minimum maliyet, minimum transit süre, minimum emiyon, zaman belirsizliğini azaltma	Stokastik- Karışık Tam Sayılı Programlama	Çoklu Taşıma Hizmet Ağı Tasarımı- Dışsal Maliyetler	Freight- Forwarders, Lojistik servis sağlayıcıları	Avrupa

“Tablo 32’nin devamı”

Hao ve Yue (2016)	DEY, DY, KY	Maliyet, transit süre, kargo değeri, mesafe	Minimum maliyet ve transit süre	Karışık Tam Sayılı Dinamik Programlama,	Çoklu Taşıma Rota Seçimi	Lojistik servis sağlayıcıları, Freight-Forwarders	Chengdu-Shenyang
Seo vd. (2017)	DEY,DY, HY, İSY,KY	Maliyet, transit süre, mesafe	Minimum maliyet ve transit süre	Maliyet-Süre Modeli	Çoklu Taşıma Rota Seçimi	Taşıtanlar	Çin-Hollanda
Stoilova (2018)	KY, DEY	Maliyet, transit süre, emisyon, güvenilirlik	Minimum maliyet ve transit süre, en düşük emisyon	DEATEL AHP COMP. PLANING SHANON ENTROPY	Çoklu Taşıma Rota Seçimi	Lojistik servis sağlayıcıları, Freight-Forwarders	Bulgaristan
Pham ve Yeo (2018)	DY, HY, KY	Maliyet, transit süre, güvenilirlik	Minimum maliyet ve transit süre	Delfi, Tutarlı Bulanık Tercih	Çoklu Taşıma Rota Seçimi	Taşıtanlar	Çin-Vietnam
Çetinkaya, Volkan (2020)	DY, KY, DEY,	Maliyet, transit süre, güvenilirlik, emisyon	Minimum maliyet ve transit süre, emisyon	0-1 Hedef Programlama, BWM, Ecotransit	Çoklu Taşıma Rota Seçimi	Freight-Forwarders, Lojistik servis sağlayıcıları	Türkiye-Polonya
Arslanhan ve Tosun (2021)	HY, KY, DEY	Maliyet, transit süre, depolama maliyeti, ambalajlama, güvenilirlik	Minimum maliyet ve transit süre	En iyi En Kötü, WASPAS	En Hızlı Rota	Lojistik servis sağlayıcıları, Freight-Forwarders	Türkiye-Çin
Kaewfak vd. (2021)	DY, DEY, KY	Maliyet, Transit süre, Risk	Minimum maliyet ve transit süre, en az risk	ZOGP, AHP	Çoklu Taşıma Rota Seçimi	Taşıtanlar	Tayland

KY: Karayolu, DY: Denizyolu, İSY: İç suyu, HY: Havayolu, DEY: Demiryolu.

Önceki çalışmalar incelendiğinde çoklu taşıma rota seçimi ve hizmet ağı tasarımını içeren çalışmaların fazla olduğunu görülmektedir. Yapılan çalışmalarda, başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki zaman diliminde ortaya çıkan her türlü maliyetleri kapsayan taşıma maliyeti, yine aynı şekilde ürünün ilk noktadan son noktaya ulaşana dek geçen toplam süreyi belirten transit süre rota seçimini etkileyen en önemli iki faktör olmasının yanı sıra en çok kullanılan değişkenlerdir (Çetinkaya, 2020: 27). Ancak son yıllarda emisyon, trafik sıkışıklığı, kaza oranları gibi dışsal faktörler taşımacılık sektöründe önem kazanmasına rağmen bu faktörler çok az sayıda çalışmada değişken olarak kullanılmıştır. Taşıma modu ve rota seçiminde %5 gibi

bir orana sahip olan bu değişkenin yer aldığı çalışmaların literatürde daha fazla yer alması sürdürülebilir bir taşımacılık sistemi için gereklidir (Macharis vd., 2015: 359).



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA METODOLOJİSİ

Çalışmanın bu bölümünde Türkiye-Fransa arasında içerisinde plaka mermer bulunan konteynerin taşınması için birkaç farklı rota oluşturulmuştur. Rota seçimini etkileyen faktörlerin analizleri sektördeki uzmanlarla belirlenmiş ve AHP yöntemiyle ağırlıklandırılmıştır. TOPSİS yöntemi ile de hedef iki nokta arasındaki en uygun rota belirlenmeye çalışılmıştır.

3.1. Amaç

Tezin temel amacı Türkiye-Fransa arasında gerçekleştirilecek taşımacılık operasyonlarının optimal rotasını AHP ve TOPSİS çok kriterli karar verme yöntemlerinin hibrit bir şekilde kullanarak belirlemektir. Başka bir deyişle yükün çıkış ve varış noktaları arasında düşük maliyet, transit süre ve emisyonlu bir intermodal taşıma rotası belirlemektir. Bu amaç doğrultusunda hedef iki nokta arasında lojistik hizmet sunan şirketlerden rota, maliyet, transit süre bilgileri, literatür taraması ile de rota seçimini etkileyen kriterler edinilmiştir. Afyon-Lyon arasında taşımacılık senaryosu gerçekleştirirken aynı zamanda aşağıda belirtilen diğer hedeflere de ulaşılabileceği düşünülmektedir.

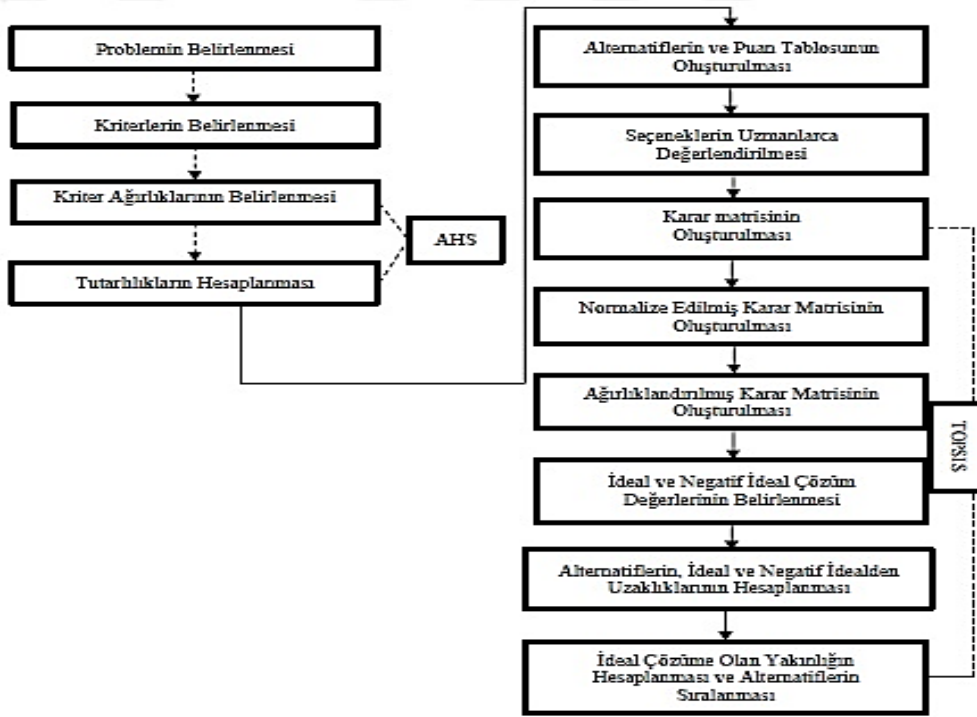
- İki nokta arasındaki en optimal rotanın belirlenmesi
- Mevcut olarak kullanılan rotalara alternatif rotalar belirlenmesi
- Rotalar özelinde transit süre, maliyet ve emisyon değerlerinin hesaplanarak sürdürülebilirlik düzeyinin tespit edilmesi
- Ürünün belirlenen ülkeye en optimal şekilde taşıyarak ihracatçılarımıza rekabet avantajının sağlanmasıdır.

3.2. Yöntem

Tez çalışması temel olarak teorik ve uygulama olarak iki kısımdan oluşacak ve nicel araştırma yöntemi benimsenecektir. Teorik kısımların literatür taraması yapılırken ikincil verileri sağlayan TÜİK, Dünya Bankası, OECD, FIATA, INSEEFR, EUROSTAT, TRADEMAP gibi kurumlardan faydalanılmıştır. Uygulama kısmında literatür taraması sonucunda elde edilen 6 ana 18 alt kriter ilk önce sektör yöneticisi ve akademisyenden oluşan uzman görüş grubuna gönderilmiş onay alındıktan sonra kriterlerin ikili karşılaştırmalarını içeren uygulama formu taşımacılık sektöründeki işletmelerde çalışan uzman yöneticilere mail yoluyla sunulmuştur.

Doldurulan uygulama formlarına göre kriter ağırlıkları AHP yöntemi ile Super Decision v2.10 paket programında belirlenmiştir. Belirlenen rotalar arasından en optimalı seçmek için ise TOPSİS yöntemi kullanılmıştır. AHP yönteminde ağırlıklandırılan her bir ana kriterin en fazla ağırlığa sahip alt kriterleri alınarak TOPSİS için karar matrisi oluşturulmuştur. Karar matrisi, normalleştirildikten sonra AHP yöntemiyle elde edilen ağırlıklar ile çarpılarak ağırlıklandırılmış matris elde edilmiş, ideal çözüme en yakın ve en uzak değerler hesaplanmış ve alternatifler arasından en uygun olanı seçilmiştir. TOPSİS yöntemi Excel 2016 paket programı üzerinde uygulanmıştır.

Literatürde tam sayılı doğrusal planlama, hedef programlama gibi karar verme teknikleri bulunmaktadır. AHP yönteminin içerisinde birçok değişkeni barındıran ve karmaşık bir yapıya sahip birçok problemi kolaylaştırması, objektif yorumların yanında sübjektif yorumlara da olanak vermesi sebebiyle literatürde en çok yer verilen ÇKKV yöntemidir ve bu tez çalışmasında da bu neden ile tercih edilmiştir (Ömürbek ve Şimşek, 2014: 308). Çünkü optimal taşıma rotası belirlenmesi amacıyla yapılan değerlendirmede sayısal değerlerin yanında tecrübelerin de değerlemeye katılması çalışmanın verimliliğini arttırmaktadır. İdeal çözüme en yakın ve negatif çözüme en uzak mesafe metodolojisine dayanan TOPSİS yöntemi bu çalışmada 5 farklı rota arasından en verimli olanı seçme aşamasında kullanılmıştır. TOPSİS yöntemi karar vericilerin rasyonel ifadelerinin yanında en iyi ve en kötü alternatifin aynı anda gösterebilmesine ek olarak kolay uygulanabilir ve anlaşılabilir olmasından dolayı tercih edilmiştir (Shih vd. 2007: 802).



Şekil 7. AHP-TOPSIS yöntemi akış şeması

Belirlenen iki nokta arasında emisyon değerlerini ölçmek amacıyla EcoTransIT web uygulaması kullanılmıştır. EcoTransIT yük taşımacılığı esnasında ortaya çıkan karbondioksit salımını direkt ve dolaylı bir şekilde hesaplayabilen ücretsiz bir emisyon hesaplama aracıdır (Petro ve Konency, 2017: 679).

Çalışma kapsamında Afyon-Lyon noktaları arasında taşımacılığın gerçekleştirilmesi için şirketlerden hâlihazırda gerçek müşterilerine sunduğu mevcut rotaların bilgisi alınmış ve bu rotalar üzerinden uygulama gerçekleştirilmiştir. Rota, maliyet ve transit süre bilgileri sektördeki söz konusu hedef noktalara lojistik hizmet sunan şirketlerden edinilmiştir.

3.3. Veri Toplama Süreci ve Verilerin Analizi

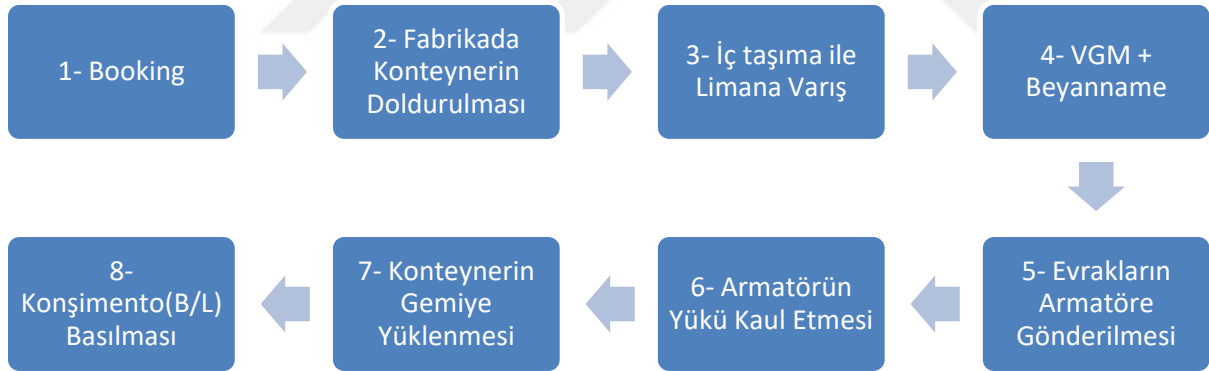
Tez çalışmamızda literatür taraması sonucu ana ve alt olmak üzere elde edilen toplam 24 kriter taşımacılık sektöründe hizmet veren armatör ve freightforwarder şirketlerinin

operasyon, satın alma, iş geliştirme ve planlama müdürü unvanlarına sahip yöneticilerine ve lojistik alanında uzman akademisyenlere mail yoluyla gönderilerek uygulama formlarının doldurulması sağlanarak veriler toplanmıştır. Veri toplama aşamasında 10 şirket yöneticisi ve 3 akademisyene ulaşılmıştır. Ulaşılan şirket yöneticilerinin ortalama tecrübesi 13 yıldır.

Rotaların maliyet ve transit süre bilgileri 1 Haziran- 1 Temmuz 2022 tarihleri öğrenilmiş ve gelişen durumlara göre navlun fiyatlarında farklılar yaşanabileceği bilgisi elde edilmiştir. Elde edilen veriler Excell 2016 ve Super Decision v2.10 kullanılarak analiz edilmiştir.

3.4. Kapsam ve Varsayımlar

Tez kapsamında Afyon'dan Fransa'nın Lyon şehrine plaka mermer ihraç eden firma üzerinden bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Senaryoda ihracat aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi 8 aşamadan oluşur.



Şekil 8. Afyon-Lyon ihracat aşamaları

1. aşamada mermer fabrikasının ihracat sorumlusu Lyon'a sefer düzenleyen armatör/freightforwarder ile iletişime geçerek gemi programı ve cut off(belirlenen gemi için evrakların teslim edilmesi gereken son zaman) ister. Armatör yetkilisi ihracatçıya uygun olan programı gönderir ve ihracatçıdan onay aldıktan sonra booking oluşturulur.

2. aşamada armatör fabrikaya 40'DC(2 TEU) konteyner gönderir, 20 ton plaka mermer forkliftler ile konteynere yüklenir ve kapısına mühür basılır, şoför ihracatçının düzenlemiş

olduğu irsaliyeyi alır ve taşımaya hazır olur. İhracatçı firma yükleme tamamlandıktan sonra packing list, Türkçe ve İngilizce fatura da hazırlar.

3. aşamada kapısına mühür basılan konteyner çekicinin üstünde belirlenen geminin olduğu limana getirilir gümrüklü alana girer.

4. aşamada çekici VGM(Verified Gross Mass) hesaplanması için kantara çıkar, kantar fişi alındıktan sonra ihracatçının gümrükçüsü VGM ile beraber beyanname açar.

5. aşamada ihracatçı VGM + Beyanname + Yükleme talimatı(konşimentoda yazılması gereken bilgiler alıcı, gönderici, malın cinsi, tonajı gibi) armatöre gönderir.

6. aşamada armatör yükü kabul eder ve konteynerin yüklenmesine onay verir. Armatör ihracatçı tarafından gönderilen bilgiler doğrultusunda konşimentoyu hazırlar (draft) ve ihracatçıya onaya gönderir ve onay alır.

7. aşamada ihracata hazır olan konteyner gemiye yüklenmesi için vincin yanına getirilir ve gemiye yüklenir.

8. aşamada armatör onayı alınan konşimentoyu istenilen adete göre basar ve ihracatçıya gönderir (3 orj, 3 kopya). İhracatçı alıcıya geminin varacağı limandan konteyneri gümrükten çekebilmesi için gerekli olan konşimentoyu(ıslak imza ya da seawaybill) kargo ile gönderir. Alıcı gemi limana ulaştıktan sonra elindeki konşimento ile malı gümrükten çeker ve ticaret sonlanmış olur.

Uygulamada rota seçimini etkileyen ana ve alt kriterler geniş literatür taramasından sonra belirlenmiştir. Belirlenen kriterler lojistik sektöründeki uzman kişilerin ayrıca devlet ve vakıf üniversitesindeki lojistik alanında uzman akademisyenlerin görüşüne sunulmuştur. Söz konusu kriterlerin uygunluk onayı alındıktan sonra kriterler son şeklini almıştır.

Uygulama kapsamında Afyon'dan Lyon şehrine gerçekleştirilecek plaka mermer ihracatı için toplamda 5 rota seçilmiştir. Seçilen rotaların hepsi aktif halde kullanılmaktadır. Rotalar ile maliyet(navlun) ve transit süre ile ilgili bilgiler armatörler ve freight forwarderların satış temsilcileri tarafından elde edilmiştir. Belirlenen rotalarda her gün gemi ya da tırın taşımacılığa uygun olduğu transit sürelerin rota üzerinden herhangi bir olumsuzluk olmadığı durumlara göre hesaplandığı ve buna göre veri girişinin yapıldığı bir varsayım kabul edilmiştir.

Ayrıca hasarsız ürün teslimatı ve kapasite esnekliği ile ilgili literatürde ölçek bulunmamasına bağlı olarak söz konusu iki kriter uzman görüşüne sunulmuş ve rotalara göre değerlendirildiğinde aralarında anlamlı bir fark bulunmamasından dolayı nitel ifadeleri nicel ifadeleri çeviren ölçek kullanılmış ve 5(orta) puan verilmiştir.

3.5. Kriter ve Rotaların Belirlenmesi

3.5.1. Kriterlerin Belirlenmesi

Afyon-Lyon hedef noktaları arasında optimal rotanın belirlenmesi amacıyla kriterler ve alt kriterler için ulusal ve uluslararası literatür taranmıştır. Literatürde yer alan çalışmalarda en fazla üzerinde durulan ve öneme sahip 6 ana 18 alt kriter belirlenmiştir. Belirlenen kriterlerin amaca yönelik olup olmadığına yönelik sektördeki yöneticilerin yanı sıra devlet ve vakıf üniversitelerindeki lojistik alanında uzman akademisyenlerden görüş alınmıştır. Süreç sonunda 6 ana 18 alt kriter olmak üzere 24 kriter belirlenmiştir. Kriterler aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 33

Ana ve Alt Kriterler

<u>Maliyet (M)</u> Ana Navlun (M1) İç Taşıma (M2) Liman ve Gümrük Masrafları (M3)	<u>Güvenilirlik (G)</u> Zamanında Teslimat (G1) Hasarsız Ürün Teslimatı (G2) Gecikmelerde Alınan Sorumluluk Düzeyi (G3)
<u>Hız (H)</u> Transit Süre (H1) Mesafe (H2) Aktarma Noktalarında Geçen Süre (H3)	<u>Ürün Özellikleri (Ü)</u> Ağırlık (Ü1) Hacim(Ü2) Ambalaj Gereksinimi (Ü3)

“Tablo 33’ün devamı.”

<u>Çevre (Ç)</u>	<u>Esneklik (E)</u>
Karbondioksit Salımı (Ç1)	Zaman Esnekliği (E1)
Yenilenebilir Enerji Kul. Maliyeti (Ç2)	Kapasite Esnekliği (E2)
Gürültü (Ç3)	Rota Esnekliği (E3)

Maliyet (M): Yük taşıma sürecinde ortaya çıkan maliyetlerin tümünü ifade eder.

- Ana Navlun (M1): Yük taşıma sürecindeki ana taşımanın maliyetini ifade eder.
- İç Taşıma (M2): Yükün ana taşınma noktasına getirilmesindeki maliyeti ifade eder.
- Liman ve Gümrük Masrafları (M3): Yükün taşınması esnasında elleçleme ve gümrük masraflarını ifade eder.

Hız (H): Yükün hedef iki nokta arasında taşınma esnasındaki süre ve hızları ifade eder.

- Transit Süre(H1): Yükün ne kadar sürede hedef noktaya ulaştığını gösterir.
- Mesafe(H2): Hedef iki nokta arasındaki mesafeyi ifade eder.
- Aktarma Noktalarında Geçen Süre(H3): Birden fazla taşıma modu kullanıldığında rotalarda bir moddan diğer moda geçilmesi arasında geçen süreyi ifade eder.

Çevre(Ç): Hedef iki nokta arasında taşımacılık yapılırken çevreye verilen zararlarla ilgili değerleri ifade eder.

- Karbondioksit Salımı(Ç1): Taşımacılık esnasında ortaya çıkan karbondioksit miktarını gösterir.
- Yenilenebilir Enerji Kullanma Maliyeti (Ç2): Hedef iki nokta arasındaki taşımacılıkta yenilenebilir enerji kullanabilme maliyetini ifade eder. (Elektrikli Crane, lokomotif vs).
- Gürültü (Ç3): Taşıma esnasında çevreye verilen rahatsızlığı ifade eder.

Güvenilirlik (G): Taşımacılık esnasında meydana gelebilecek olayları ifade eder.

- Zamanında Teslimat(G1): Ürünün hedef noktasına zamanında teslim edilmesini gösterir.

- Hasarsız Ürün Teslimatı(G2): Ürünün hedef noktasına hasarsız bir şekilde taşınmasını ifade eder.
- Gecikmelerde Alınan Sorumluluk Düzeyi(G3): Tarifelerde meydana gelen gecikmelerde işletmenin müşterinin yaşadığı mağduriyeti çözülmesini ifade eder.

Ürün Özellikleri(Ü): Ürünle ilgili bilgileri gösterir.

- Ağırlık(Ü1): Taşınacak ürünün ağırlığını gösterir.
- Hacim(Ü2): Taşınacak ürünün hacmini gösterir.
- Ambalaj Gereksinimi(Ü3): Taşınacak ürünün ambalaj gereksinimi olup olmadığını ifade eder.

Esneklik(E): Plandan meydana gelen değişimlere rotanın adapte olmasını ifade eder.

- Zaman Esnekliği(E1): Planlanan taşıma operasyonunda meydana gelen gecikmelere rotanın uyumunu ifade eder.
- Kapasite Esnekliği(E2): Ürünün hacim ya da ağırlığında meydana gelen değişimlerin tolera edilebilmesini ifade eder.
- Rota Esnekliği(E3): Rotada meydana gelen değişikliklerde, farklı noktalar üzerinden taşımanın gerçekleştirilebilmesini ifade eder.

3.5.2. Rotaların Belirlenmesi

Rota 1 Afyon-Lyon Karayolu Taşımacılığı

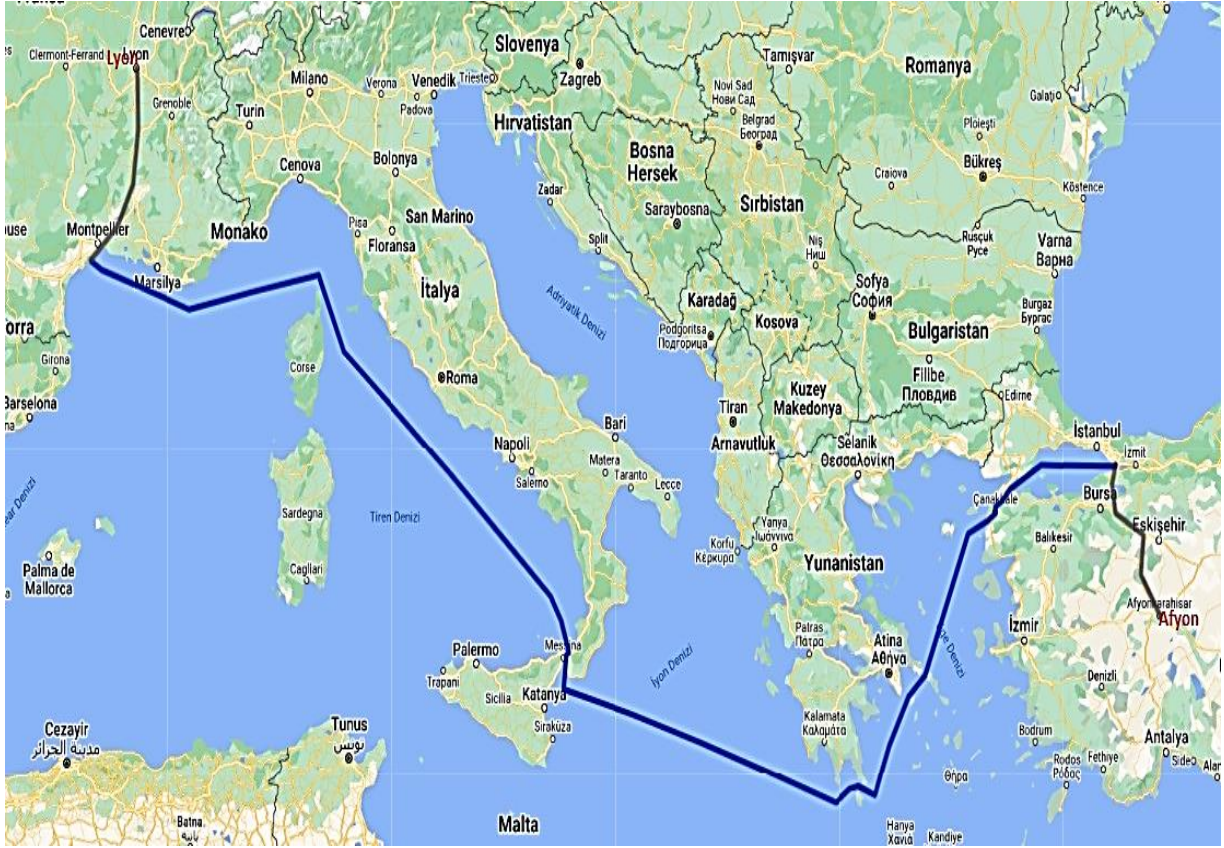
Rota 1'de Afyon'da fabrikada dolumu yapılan konteyner tır üzerine yüklenip mühürlenip gümrük işlemleri yapıldıktan sonra Türkiye'den ayrılarak Bulgaristan-Sırbistan-Hırvatistan-Slovenya-Avusturya-Almanya üzerinden Fransa'ya giriş yapar ve Lyon şehrine vararak taşıma son bulur.



Şekil 9. Rota 1 Afyon-Lyon karayolu taşımacılığı

Rota 2 Afyon-Lyon Ro-Ro+Karayolu Taşımacılığı

Rota 2'de Afyon'da dolumu yapıлып yüklenen konteyner tır ile Yalova'daki Ro-Ro terminaline oradan da Ro-Ro gemisi ile Fransa'nın Sete limanını varır. Sete limanında tır iniş yaparak Lyon şehrine karayolu vasıtasıyla hedef noktaya ulaştırılır.



Şekil 10. Rota 2 Afyon-Lyon Ro-Ro+Karayolu Taşımacılığı

Rota 3 Afyon-Lyon Ro-Ro+Demiryolu Taşımacılığı

Rota 3'te Afyon'dan çıkan tır Pendik'te bulunan Ro-Ro terminaline gelir, Ro-Ro gemisiyle İtalya'nın Trieste limanına varır. Burada konteyner elleçlenerek demiryoluna aktarılır ve Trieste-Duisburg-Lyon demiryolu hattıyla Lyon'a ulaştırılır.



Şekil 11. Rota 3 Afyon-Lyon Ro-Ro+Demiryolu Taşımacılığı

Rota 4 Afyon-Lyon Denizyolu+Karayolu Taşımacılığı

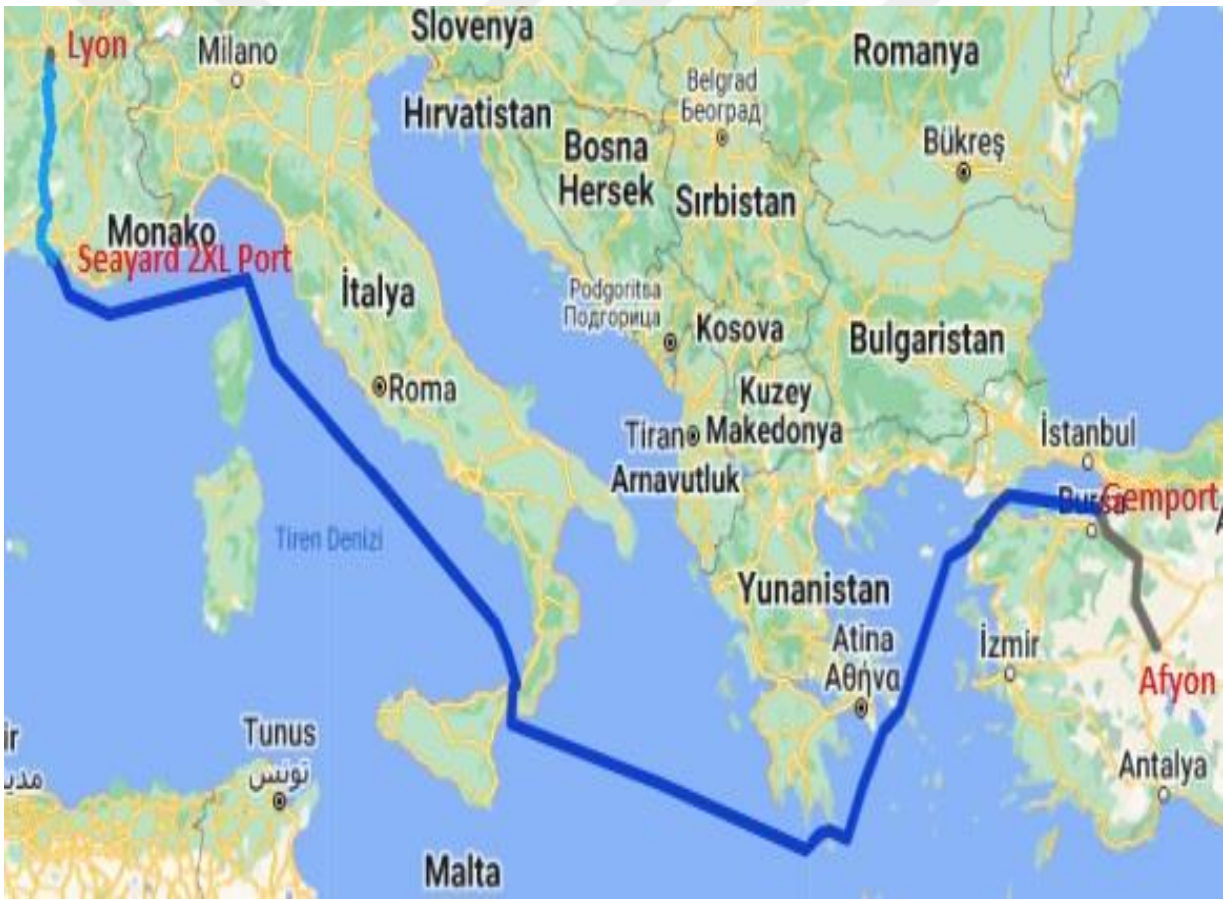
Rota 4'te Afyon'dan konteyner tır ile İzmir Aliğa'da bulunan TCEEĞE konteyner limanına getirilir ve konteyner gemisi ile Fransa'da bulunan Fos/Sur/Mer limanına taşınır. Burada elleçlenerek tır üzerine tekrar yüklenir ve karayolu vasıtasıyla Lyon'a ulaştırılır.



Şekil 12. Rota 4 Afyon-Lyon Denizyolu+Karayolu Taşımacılığı

Rota 5 Afyon-Lyon Denizyolu+İç Suyolu Taşımacılığı

Rota 5'te Afyon'da dolum gerçekleştirilen konteyner gerekli işlemleri yapıldıktan sonra Bursa Gemlik'te bulunan Gempport limanına tır ile getirilir ve konteyner gemisine yüklenerek Fransa'da bulunan Seayard 2XL limanına taşınır. Burada elleçlenerek Avrupa'da nehir taşımacılığında kullanılan küçük konteyner gemilerine yüklenerek Lyon'a getirilir ve taşımacılık operasyonu sonlandırılır.



Şekil 13. Rota 5 Afyon-Lyon Denizyolu+İç Suyolu Taşımacılığı

3.5.3. Rotaların Maliyet ve Transit Süre Analizi

Afyon-Lyon noktaları arasında optimal rotanın belirlenmesi amacıyla yapılan tez çalışmasının en önemli noktalarından bir tanesi birbirinden farklı taşıma modları kombinasyonlarını içeren rotaların belirlenmesidir. Bu kapsamda sektörde lojistik hizmet sağlayan şirketlerden edinilen bilgiler doğrultusunda hedef iki nokta arasında hali hazırda kullanılan birbirinden farklı 5 taşıma rotası oluşturulmuştur. Afyon Lyon noktaları arasında oluşturulan 5 farklı rotanın maliyet, transit süre ve toplam emisyon miktarları aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 34

Rotaların maliyet, transit süre ve emisyon rakamları

Rotalar	Açıklama	Maliyet(Ana Navlun+İç Taşıma) (€)	Transit Süre (Gün)	Toplam Emisyon (Ton)
Rota 1	Karayolu	5200(4600+600)	7	18,58
Rota 2	RoRo+Karayolu	4500(3900+600)	8	10,35
Rota 3	RoRo+Demiryolu	4110(3560+550)	11	11,20
Rota 4	Denizyolu+Karayolu	4300(3750+550)	9	12,10
Rota 5	Denizyolu+İç suyolu	4115(3465+650)	10	12,40

3.5.4. Rotaların Emisyon Analizi

Afyon-Lyon noktaları arasında belirlenen birbirinden farklı 5 rotanın çevreye ne kadar duyarlı bir taşımacılık gerçekleştireceğini ölçmek amacıyla her bir rotanın emisyon analizi

gerçekleştirilmiştir. Emisyon analizinde kullanılan birçok farklı ölçme metodolojisi bulunmaktadır. Ancak EcotransIT emisyon hesaplama aracı kullanılarak oluşturulan 5 rotanın emisyon analizi yapılmıştır.

Tablo 35

Rota 1 Afyon-Lyon Karayolu Emisyon Analizi

Rota	Taşıma Modu	Araç Tipi	İstif Faktörü (%)	Boş Tur Faktörü(%)	Mesafe (km)	CO ₂ Eşdeğer Emisyon Miktarı (ton)		
						Doğrudan	Dolaylı	Toplam
Afyon-Lyon	Karayolu	Tır	60	20	3161	14,95	3,63	18,58

Tablo 36

Rota 2 Ro-Ro + Karayolu emisyon analizi

Rota	Taşıma Modu	Araç Tipi	İstif Faktörü (%)	Boş Tur Faktörü(%)	Mesafe (km)	CO ₂ Eşdeğer Emisyon Miktarı (ton)		
						Doğrudan	Dolaylı	Toplam
Afyon-Yalova Sete-Lyon	Karayolu	Tır	60	20	350+330	3,34	0,81	4,15
Yalova-Sete	Denizyolu	Ro-Ro	-	-	2848	5.94	0.26	6.20

Tablo 37

Rota 3 Ro-Ro+Demiryolu emisyon analizi

Rota	Taşıma Modu	Araç Tipi	İstif Faktörü (%)	Boş Tur Faktörü(%)	Mesafe (km)	CO ₂ Eşdeğer Emisyon Miktarı (ton)		
						Doğrudan	Dolaylı	Toplam
Afyon-Pendik	Karayolu	Tır	60	20	382	1.96	0.43	2.39
Pendik-Trieste	Denizyolu	Ro-Ro	-	-	2249	4.69	0.21	4.90
Trieste-Duisburg-Lyon	Demiryolu	Tren	50	20	1123+801	3.09	0.82	3.91

Tablo 38

Rota 4 Denizyolu+Karayolu emisyon analizi

Rota	Taşıma Modu	Araç Tipi	İstif Faktörü (%)	Boş Tur Faktörü(%)	Mesafe (km)	CO ₂ Eşdeğer Emisyon Miktarı (ton)		
						Doğrudan	Dolaylı	Toplam
Afyon-TCEEGE Fos/Sur/Mer - Lyon	Karayolu	Tır	60	20	375+295	3.29	0.79	4.08
TCEEGE-Fos/Sur/Mer	Denizyolu	Handysize	-	-	2422	7.39	0.63	8.02

Tablo 39

Rota 5 Denizyolu + İçsuyolu Emisyon Analizi

Rota	Taşıma Modu	Araç Tipi	İstif Faktörü (%)	Boş Tur Faktörü(%)	Mesafe (km)	CO ₂ Eşdeğer Emisyon Miktarı (ton)		
						Doğrudan	Dolaylı	Toplam
Afyon-Gemport	Karayolu	Tır	60	20	300	1.56	0.34	1.90
Gemport-Seayard 2XL	Denizyolu	Handysize	-	-	2744	7.97	0.67	8.64
Seayard 2XL-Lyon	İ suyolu	İ suyolu Konteyner Gemisi	-	-	312	1.53	0.39	1.92

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI

Araştırmanın dördüncü bölümünde daha önceden belirlenmiş olan kriterlerin ağırlıkları hesaplanmış ve devamında yapılan araştırma kapsamında elde edilen bulgulara yer verilmiştir. Katılımcılardan elde edilen veriler Superdecision, EcotransIT ve Excel programları kullanılarak anlamlı tablolar oluşturulmuş ve yorumlanmıştır.

4.1. AHP Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Tez kapsamında hazırlanan ana ve alt kriterlerin birbirleri ile karşılaştırmalarını sonucunda oluşturulan ikili karşılaştırma matrislerini içeren uygulama formları her bir şirket yöneticisi ve akademisyene gönderilerek doldurulmaları sağlanmıştır. Elde edilen 13 uygulama formunda bulunan ana ve alt kriter ikili karşılaştırma matrislerinin medyanları alınarak temel bir uygulama formu meydana getirilmiş EK 7 kısmında yer verilmiştir. Temel uygulama formunun karşılaştırma matrisleri Tablo 40'ta gösterilmiştir. Tablo 40'ta gösterilen karar matrisindeki veriler AHP yönteminin daha kolay uygulanabilmesine olanak sağlayan SuperDecision v2.10 programında girdi olarak kullanılmış ve ana ve alt kriter ağırlıklarını bulmak için işlemler gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen işlemler sonucunda elde edilen ana kriter değerleri aşağıdaki Tablo 41'de gösterilmiştir. Hem ana hem de alt kriter değerlerinin tutarlılık oranı 0,10'dan düşüktür ve literatürde bu değer 0,10'dan düşük olması beklenmektedir. Dolayısıyla gerçekleştirilen işlemler tutarlıdır. Program arayüzündeki işlemlerin görüntülerine EK'ler kısmında yer verilmiştir.

Tablo 40

Ana kriterlerin karar matrisi

ANA KRİTERLER	MALİYET	HIZ	ÇEVRE	GÜVENİLİRLİK	ÜRÜN ÖZELLİKLERİ	ESNEKLİK
MALİYET	1	7	8	5	7	8
HIZ	0,14	1	5	0,33	0,33	3
ÇEVRE	0,12	0,20	1	0,20	0,20	0,33
GÜVENİLİRLİK	0,20	3	5	1	3	7
ÜRÜN ÖZELLİKLERİ	0,14	3	5	0,33	1	3
ESNEKLİK	0,12	0,33	3	0,14	0,33	1

Tablo 41

Ana ve alt kriterlerin kriter ağırlıkları ve tutarlılık oranı

Ana Kriterler	Alt Kriterler	Kriter Ağırlıkları
Maliyet 0,53051	Ana Navlun	0,4166
	İç Taşıma	0,0789
	Liman ve Gümrük Masrafları	0,0349
Hız 0,08227	Transit Süre	0,06011
	Mesafe	0,00666
	Aktarma Noktalarında Geçen Süre	0,01550
Çevre 0,02865	Karbondioksit Salımı	0,01924
	Yenilenebilir Enerji Kullanım Kapiliyeti	0,00760
	Gürültü	0,00180

Tablo 41'in devamı.

Güvenilirlik 0,19333	Zamanında Teslimat	0,05393
	Hasarsız Ürün Teslimatı	0,12549
	Gecikmelerde Alınan Sorumluluk Düzeyi	0,01390
Ürün Özellikleri 0,11921	Ağırlık	0,08856
	Hacim	0,02311
	Ambalaj Gereksinimi	0,00754
Esneklik 0,04603	Zaman Esnekliği	0,00867
	Kapasite Esnekliği	0,03363
	Rota Esnekliği	0,00373
Tutarlılık Oranı	0,09708	0,09708

Tablo 41 incelendiğinde maliyet ana kriteri 0,53 ile en fazla öneme sahip kriter olarak gözükmektedir. Maliyetten sonra sırasıyla 0,19 güvenilirlik, 0,11 ürün özellikleri, 0,08 hız, 0,04 esneklik ve 0,02 kriter ağırlığı ile çevre gelmektedir. Buradan hareketle Afyon-Lyon hattında plaka mermer taşımak için rota seçimi yapılırken en fazla maliyet faktörünün göz önünde bulundurulduğu söylenebilir.

Zamanında teslimat, hasarsız ürün teslimatı ve gecikmelerde alınan sorumluluk düzeyi gibi alt kriterlere sahip güvenilirlik faktörünün ise maliyetten sonra en fazla öneme sahip olduğu görülmektedir. Plaka mermerin kırılma, çatlama, devrilme gibi durumlara müsait olması güvenilirlik faktörünün önemini doğrular niteliktedir. Plaka mermer yapısı gereği tonajlı bir yük olduğu için ürün özellikleri faktörü de ön plana çıkmaktadır. Konteynerlerin belirli azami ağırlık ve hacim sınırı olduğu göz önüne alındığında rota seçiminde ürün özelliklerinin de önemini artmaktadır.

Hız faktörünün genel olarak literatürde en fazla öneme sahip kriter olarak değerlendirildiği çalışmalar mevcuttur. Ancak bu çalışmada plaka mermerin tedarik zincirinde acil olarak taşınmasının gerektiği durumların çok kısıtlı olmasından dolayı hız faktörü önem olarak maliyet, güvenilirlik ve ürün özelliklerinden sonra gelmektedir. Başka bir ifadeyle maliyetin ve taşımının güvenilir bir şekilde olması ürünün varış noktasına hızlı bir şekilde ulaştırılmasından daha önemli olduğu söylenebilir.

Esneklik faktörü ise bu çalışmada diğer kriterler ile kıyaslandığında düşük öneme sahip kriter olarak gözükmemektedir. Söz konusu iki hedef nokta arasında zaman, kapasite ve rota esnekliği gibi alt kriterlerin plaka mermer taşınması için rota oluştururken çok fazla dikkate alınmadığı söylenebilir.

Çevre kriterinin ise belirlenen 6 ana kriter arasında en düşük öneme sahip kriter olduğu belirlenmiştir. Yükün çıkış ve varış noktaları arasında en verimli rotayı belirlemek için yapılan bu çalışmada çevre faktörünün çok az derecede dikkate alındığı söylenebilir. Son yıllarda küresel ısınmanın etkilerinin azaltılmasına yönelik atılan adımlar neticesinde karbon ayak izi, emisyon ticareti gibi bir takım düzenlemeler getirilmiştir. Taşımacılık sektöründe karbondioksit salımının yüksek olması ve bunu azaltmak adına getirilecek ek vergi gibi yaptırımlar ilerleyen dönemde çevre faktörünün optimal rotanın belirlenmesi aşamasında öneminin artacağını söylemek mümkündür.

Ana kriterlerin ağırlıkları belirlendikten sonra sırayla alt kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesine geçilmiştir.

Tablo 42

Maliyet alt kriteri karar matrisi

Maliyet Alt Kriteri	Ana Navlun	İç Taşıma	Liman ve Gümrük Masrafları
Ana Navlun	1	7	9
İç Taşıma	0,142	1	3
Liman ve Gümrük Masrafları	0,111	0,33	1

Tablo 43

Maliyet alt kriterlerinin kriter ağırlıkları ve tutarlılık oranı

Maliyet Alt Kriterleri	Kriter Ağırlıkları
Ana Navlun	0,4166
İç Taşıma	0,0789
Liman ve Gümrük Masrafları	0,0349
Tutarlılık Oranı	0,07721

Tablo 43 maliyet ana kriterinin altında bulunan ana navlun, iç taşıma ve liman ve gümrük masrafları alt kriterlerinin kriter ağırlıkları gösterilmiştir. Maliyet alt kriterlerinin tutarlılık oranı 0,07'dir.

Afyon-Lyon hattında plaka mermer taşınması için optimal rota belirlenirken en fazla öneme sahip maliyet kriterinde ana navlun 0,41 ile ön plana çıkmaktadır. Daha sonra ise 0,07 ile iç taşıma gelmektedir. Maliyet alt kriteri içinde en az öneme sahip kriter ise liman ve gümrük masraflarıdır. İç taşımada genel olarak kullanılan karayolu taşıma modunun ana taşımada

demiryolu ve denizyolu taşımacılık modları ile yer değiştirmesi ana navlunun ne kadar önemli olduğunu doğrulamaktadır.

Piyasa koşullarında üretim merkezi ve ana taşımanın gerçekleştirileceği liman ya da tren istasyonu arasındaki bağlantıyı kuran iç taşımacılıkta hizmet veren şirketler birbirine yakın ücretler başka bir deyişle ortalama rakamlar sunmaktadır. Aynı şekilde liman ve gümrük operasyonlarında oluşan maliyetler de birbirine paralellik göstermektedir. Ana taşımada kullanılan demiryolu, denizyolu ve kısmen karayolu taşımacılık modlarının birbiri üzerindeki avantaj ve dezavantajları düşünüldüğünde maliyet anlamında ciddi farklılar ortaya çıkmaktadır. Öyle ki demiryolu, denizyolu ve karayolu taşımacılık operasyonlarından maliyet olarak pozitif ayrılmaktadır. Buradan hareketle maliyet alt kriterinde doğrudan maliyet ana kriterini etkileyen alt kriterin ana navlun olduğunu söylemek mümkündür.

Tablo 44

Hız alt kriterlerinin karar matrisi

Hız Alt Kriterleri	Transit Süre	Mesafe	Aktarma Noktalarında Geçen Süre
Transit Süre	1	7	5
Mesafe	0,14	1	3
Aktarma Noktalarında Geçen Süre	0,20	0,33	1

Tablo 45

Hız alt kriterlerinin kriter ağırlıkları ve tutarlılık oranı

Hız Alt Kriterleri	Kriter Ağırlıkları
Transit Süre	0,06011

“Tablo 45’in devamı.”

Mesafe	0,00666
Aktarma Noktalarında Geçen Süre	0,01550
Tutarlılık Oranı	0,06239

Tablo 45’te hız ana kriterine ait transit süre, mesafe ve aktarma noktalarında geçen süre alt kriterlerinin kriter ağırlıkları ve tutarlılık oranı gösterilmiştir. Hız alt kriterlerinin tutarlılık oranı 0,062 olarak bulunmuştur.

Afyon-Lyon hattında plaka mermer taşınması için optimal rota belirlenirken hız ana kriteri 0,082 düşük kriter ağırlığına sahip olduğu saptanmıştır. Bunun nedeni plaka mermerin tüketici ihtiyaçlarında olağan dışı durumlar hariç herhangi bir acil taşımacılık operasyonu gerektirmemesidir. Hız ana kriterinin düşük olması hız alt kriterlerinin de sahip oldukları kriter ağırlıklarının düşük çıkmasına neden olmuştur. Yapılan analizler sonucunda hız ana kriterinin altında en fazla öneme sahip alt kriterler sırasıyla transit süre, aktarma noktalarında geçen süre ve mesafe olarak tespit edilmiştir.

Söz konusu iki nokta arasında gerçekleştirilecek plaka mermer taşımada ürünün başlangıç noktasından varış noktasına kadarki süreyi kapsayan transit sürenin en önemli alt kriterdir. Aktarma noktalarında geçen süre alt kriterinin mesafe alt kriterinden daha önemli olmasının sebebi karayolu hariç Afyon-Lyon hattında intermodal taşımacılığın kullanılması dolayısıyla taşıma modu değiştirilirken geçen zamanın toplam taşıma süresi doğrudan etkilemesidir.

Tablo 46

Çevre alt kriterlerinin karar matrisi

Çevre Alt Kriterleri	Karbondioksit Salımı	Yenilenebilir Enerji Kullanım Kabiliyeti	Gürültü
Karbondioksit Salımı	1	3	9
Yenilenebilir Enerji Kullanım Kabiliyeti	0,33	1	5
Gürültü	0,11	0,20	1

Tablo 47

Çevre alt kriterlerinin kriter ağırlıkları ve tutarlılık oranı

Çevre Alt Kriterleri	Kriter Ağırlıkları
Karbondioksit Salımı	0,01924
Yenilenebilir Enerji Kullanım Kabiliyeti	0,00760
Gürültü	0,00180
Tutarlılık Oranı	0,02795

Tablo 47’de çevre ana kriterine karbondioksit salımı, yenilenebilir enerji kullanım kabiliyeti ve gürültü alt kriterlerinin kriter ağırlıkları ve tutarlılık oranı gösterilmiştir. Çevre alt kriterlerinin tutarlılık oranı 0,027 olarak bulunmuştur.

Afyon-Lyon noktaları arasında plaka mermerin optimal rota üzerinden taşınmasını amaçlayan bu çalışmada 0,028 ile en düşük öneme sahip ana kriter çevre olmuştur. Çevre ana kriterinin düşük olması çevre alt kriterlerinin de düşük bir öneme sahip olmasına yol açmıştır.

Rakamsal olarak değerlendirildiğinde çevre alt kriterlerinde en fazla öneme sahip alt kriter 0,019 ile karbondioksit salımı olmuştur. Taşımacılık operasyonlarında kullanılan araçların çevreye yaydığı karbondioksit optimal rota belirlenirken dikkate alındığını ancak yeterli düzeyde olmadığını söylemek mümkündür. Aynı şekilde rota üzerinde çevre dostu elektrikli taşıma araçlarıyla gerçekleştirilebilme kabiliyeti karbondioksit salımından sonra 0,007 ile ikinci sırada yer almaktadır. Gürültü alt kriterinin ise 0,001 ile en düşük öneme sahip alt kriter olduğu gözükmemektedir.

Genel olarak bakıldığında çevre faktörünün Afyon-Lyon hattında optimal taşıma rotası belirlenirken gerektiği kadar dikkate alınmadığı söylenebilir. Ancak taşımacılık sektörünün küresel ısınma başta olmak üzere çevreye verdiği zararın büyük olduğu düşünüldüğünde çevreye duyarsız bir şekilde oluşturulan rotalar üzerinden gerçekleştirilen taşımacılık operasyonları bu duruma tezatlık oluşturmaktadır. Bu bakış açısının ilerleyen zamanlarda taşımacılık sektörünün çevreye verdiği zararları indirgeme anlamında mikro ve makro ölçekte sivil toplum kuruluşları tarafından gerçekleştirilecek yaptırımlar ve düzenlemeler neticesinde değişebileceği düşünülebilir.

Tablo 48

Güvenilirlik alt kriterlerinin karar matrisi

Güvenilirlik Alt Kriterleri	Zamanında Teslimat	Hasarsız Ürün Teslimatı	Gecikmelerde Alınan Sorumluluk Düzeyi
Zamanında Teslimat	1	0,33	5
Hasarsız Ürün Teslimatı	3	1	7
Gecikmelerde Alınan Sorumluluk Düzeyi	0,20	0,14	1

Tablo 49

Güvenilirlik alt kriterlerinin kriter ağırlıkları ve tutarlılık oranı

Güvenilirlik Alt Kriterleri	Kriter Ağırlıkları
Zamanında Teslimat	0,05393
Hasarsız Ürün Teslimatı	0,12549
Gecikmelerde Alınan Sorumluluk Düzeyi	0,01390
Tutarlılık Oranı	0,06239

Tablo 49’da güvenilirlik ana kriterine ait zamanında teslimat, hasarsız ürün teslimatı ve gecikmelerde alınan sorumluluk düzeyi alt kriterlerinin kriter ağırlıkları ve tutarlılık oranı gösterilmiştir. Güvenilirlik alt kriterlerinin tutarlılık oranı 0,062 olarak bulunmuştur.

Afyon’dan yüklenen plaka mermerin optimal rota üzerinden Fransa’nın Lyon şehrine taşınmasını amaçlayan bu çalışmada maliyetten sonra en önemli kriter 0,19 ile güvenilirlik olmuştur. Güvenilirlik kriterinin alt kriterlerine baktığımızda önem sırasıyla hasarsız ürün teslimatı 0,12, zamanında teslimat 0,05 ve son olarak gecikmelerde alınan sorumluluk düzeyi 0,013 olduğu görülmektedir. Hasarsız ürün teslimatı alt kriter ağırlığının diğer alt kriter ağırlıklarına göre yüksek olması plaka mermerin yapısı gereği kırılmaya müsait ve taşınma esnasında meydana gelebilecek risklere açık olması ve bunlara bağlı olarak ortaya ek maliyetlerin çıkması ile açıklanabilir.

Zamanında teslimat alt kriteri ise plaka mermerin genel anlamda tedarik zinciri içerisinde aciliyet oluşturabilecek bir ürün olmaması sebebiyle düşük kriter ağırlığına sahiptir. Ancak, zamanında teslimat alt kriteri başka ürün gamında farklı değerlere sahip olabileceği söylenebilir.

Gecikmelerde alınan sorumluluk düzeyi ise diğer alt kriter ile kıyaslandığında en düşük öneme sahip alt kriter olarak göze çarpmaktadır. Ürünün taşınması esnasında yükleme-boşaltma gemi veya trenin rötör yapması gibi meydana gelebilecek gecikmelerde taşıyıcı operatörlerinin

sorumluluk almasının düşük öneme sahip olması taşımacılık sektöründeki rekabetin yüksek olması ve müşteri kaybetmemek adına gelecek taşıma operasyonlarda indirim gibi farklı promosyonlar ile müşterilerinin memnun edilmesi ile açıklanabilir.

Tablo 50

Ürün özellikleri alt kriterlerinin karar matrisi

Ürün Özellikleri Alt Kriterleri	Ağırlık	Hacim	Ambalaj Gereksinimi
Ağırlık	1	5	9
Hacim	0,20	1	4
Ambalaj Gereksinimi	0,11	0,25	1

Tablo 51

Ürün özellikleri alt kriterlerinin ağırlıkları ve tutarlılık oranı

Ürün Özellikleri Alt Kriterleri	Kriter Ağırlıkları
Ağırlık	0,08856
Hacim	0,02311
Ambalaj Gereksinimi	0,00754
Tutarlılık Oranı	0,06852

Tablo 51’de ürün özellikleri ana kriterine ağırlık, hacim ve ambalaj gereksinimi alt kriterlerinin kriter ağırlıkları ve tutarlılık oranı gösterilmiştir. Ürün özellikleri alt kriterlerinin tutarlılık oranı 0,068 olarak bulunmuştur.

Afyon- Lyon hattında optimal taşıma rotasının belirlenmesini konu edinen bu çalışmada ürün özellikleri kriteri 0,11 ağırlık ile maliyet ve güvenilirlikten sonra en önemli kriter olarak saptanmıştır. Ürün özellikleri alt kriterlerine baktığımızda kriter ağırlıklarına göre sırasıyla ağırlık 0,08, hacim 0,02 ve son olarak ambalaj gereksinimi 0,007 olarak hesaplanmıştır. Ağırlık alt kriterinin diğer alt kriterlere oranla daha fazla ağırlığa sahip olması taşımacılık operasyonlarında konteynerin belirli bir azami ağırlığa sahip olması ile açıklanabilir. Buna ek olarak iç taşıma operasyonlarında karayolunun tercih edilmesi ve 42 ton azami tonaj sınırı ağırlık alt kriterin önemini arttırmaktadır.

Plaka mermerin taşındığı operasyonlarda hacim faktörü bu çalışmada düşük öneme sahip olması plaka mermer standart konteynerlere kolay bir şekilde yüklenebilmesi ve hacimsel anlamda bir problem yaşanmaması ile açıklanabilir. Blok mermer taşımalarında bu durum farklılık gösterdiği bilinmektedir. Hacim faktörü bu taşımalarda büyük öneme sahiptir ve standart konteyner ölçülerine uygun olmadığı için üstü açık konteynerlerde taşınarak limanda uygun hale getirilip dolumu yapılmaktadır.

Ambalaj gereksiniminin diğer alt kriterlere göre çok daha düşük öneme sahip olması plaka mermerin ürün yapısı gereği bu operasyona ihtiyaç duymamasından kaynaklanmaktadır. Plaka mermerin iki tahta arasına koyularak konteyner dolumu yapılır ve sabitleme işlemlerinden sonra taşınmaya hazır hale gelir. Bu yüzden ambalaj gereksinimi alt kriteri diğerlerine göre düşük öneme sahiptir.

Tablo 52

Esneklik alt kriterlerinin karar matrisi

Esneklik Alt Kriterleri	Zaman Esnekliği	Kapasite Esnekliği	Rota Esnekliği
Zaman Esnekliği	1	0,20	3
Kapasite Esnekliği	5	1	7
Rota Esnekliği	0,33	0,14	1

Tablo 53

Esneklik alt kriterlerinin kriter ağırlıkları ve tutarlılık oranı

Esneklik Alt Kriterleri	Kriter Ağırlıkları
Zaman Esnekliği	0,00867
Kapasite Esnekliği	0,03363
Rota Esnekliği	0,00373
Tutarlılık Oranı	0,06239

Tablo 53'te esneklik ana kriterine ait zaman esnekliği, kapasite esnekliği ve rota esnekliği alt kriterlerinin kriter ağırlıkları ve tutarlılık oranı gösterilmiştir. Esneklik alt kriterlerinin tutarlılık oranı 0,062 olarak bulunmuştur.

Bu çalışmada çevre kriterinden sonra en düşük öneme sahip kriter 0,046 ile esneklik olmuştur. Esneklik alt kriterleri incelediğinde önem ağırlıklarına göre sırasıyla 0,033 kapasite esnekliği, 0,008 zaman esnekliği ve son olarak 0,003 ile rota esnekliği olmuştur. Kapasite esnekliği alt kriterinin diğer esneklik alt kriterleri ile kıyaslandığında daha fazla ağırlığa sahip olması yüklenecek plaka mermerlerinin miktarında meydana gelebilecek değişimlerin meydana gelmesinden kaynaklandığı söylenebilir. Başka bir ifadeyle bir konteynerin yüklenmesinin planlandığı taşımacılık operasyonunda müşteri tarafından gelen daha fazla konteyner yükleme talebinin karşılanması diğer alt kriterlere göre daha fazla öneme sahiptir. Dolayısıyla kapasite esnekliği diğer alt kriterlere oranla daha fazla ağırlık elde etmiştir.

Zaman esnekliği taşımacılık operasyonlarında meydana gelen zamansal değişimleri ifade eder ve plaka mermerin daha önce de bahsedildiği üzere aciliyet oluşturabilecek bir ürün olmamasından dolayı düşük bir ağırlığa sahiptir. Ürünün farklılaştığı ya da aciliyetin meydana geldiği durumlarda zaman esnekliğinin öneminin artacağını söylenebilir.

Rota esnekliği ise çevresel ve politik faktörlere bağlı olarak gelişen durumlarda farklı rota üzerinden taşımaların gerçekleşmesini ifade eder. Çalışmanın gerçekleştirildiği zaman

diliminde ürünün çıkış ve varış noktaları arasında herhangi bir olumsuz durumun olmaması rota esnekliğinin görece daha düşük ağırlığa sahip olmasına neden olduğu söylenebilir.

4.2. TOPSİS Yöntemi ile Optimal Rotanın Belirlenmesi

Uygulama bölümünün bu kısmında AHP yöntemi ile elde edilen her bir ana kriterin en fazla ağırlığa sahip alt kriteri alınarak TOPSİS yöntemi için karar matrisi oluşturulmuştur. Karar matrisinde hem nitel hem nicel verilerin bulunmasından dolayı nitel ifadeleri sayısal ifadelere çevirerek bir bütünlüğün sağlanması gerekmektedir. Bu nedenle Tablo 54’te gösterilen Koçak ve Çoğurcu (2015) kullanmış olduğu nitel ifadeleri nicel ifadelere dönüştürme ölçeği kullanılmıştır.

Tablo 54

Nitel ifadeleri sayısal ifadelere dönüştürme ölçeği

Ölçek	İfade
9	Çok Yüksek
7	Yüksek
5	Orta
3	Düşük
1	Çok Düşük

Kaynak: (Koçak ve Çoğurcu, 2015: 7)

TOPSİS yöntemi için karar matrisi oluşturulurken ana navlun, transit süre bilgileri sektördeki lojistik işletmelerden, karbondioksit salımı EcoTransIT web arayüzünden elde edilmiştir. Tez çalışmasının varsayımlarında yer alan taşınması gereken plaka mermer tonajı 20 olarak belirlenmiştir. Geriye kalan hasarsız ürün teslimatı ve kapasite esnekliği alt kriterlerini

ölçmek amacıyla literatürde ölçek bulunmaması ve buna ek olarak söz konusu alt kriterleri sayısal ifadelerle dönüştürmek için tezin uygulama kısmı için oluşturulan uygulama formlarını dolduran uzman görüşlerine başvurulmuş rotalara göre değerlendirildiğinde anlamlı bir fark olmadığını anlaşılmasından sonra bu kriterlerin Tablo 54'teki ölçek dikkate alınarak puanlaması yapılmış ve 5(orta) puanı verilmiştir. Bununla birlikte karar matrisinin tüm girdileri matematiksel olarak ifade edilmiş ve aşağıdaki Tablo 55'te TOPSİS karar matrisi gösterilmiştir.

Tablo 55

TOPSİS karar matrisi

Ağırlık	0,4166	0,0601	0,0192	0,1254	0,0885	0,0336
	Ana Navlun	Transit Süre	Karbondioksit Salımı	Hasarsız Ürün Teslimatı	Ağırlık	Kapasite Esnekliği
Karayolu	4600	7	18,58	5	20	5
RoRo+Karayolu	3900	8	10,35	5	20	5
RoRo+Demiryolu	3560	11	11,2	5	20	5
Denizyolu+Kara	3750	9	12,1	5	20	5
Denizyolu+İç suyolu	3465	10	12,4	5	20	5

Tablo 56

Normalize edilmiş topsis matrisi

	Ana Navlun	Transit Süre	Karbondiyoksi t Salımı	Hasarsız Ürün Teslimatı	Ağır lık	Kapasite Esnekliği
Karayolu	0,53076 4942	0,34361 6486	0,627062876	0,447213595	0,44 72	0,44721359 5
RoRo+Karayolu	0,44999 6364	0,39270 4555	0,349305746	0,447213595	0,44 72	0,44721359 5
RoRo+Demiryolu	0,41076 5912	0,53996 8763	0,377992692	0,447213595	0,44 72	0,44721359 5
Denizyolu+Kara	0,43268 8811	0,44179 2624	0,408367105	0,447213595	0,44 72	0,44721359 5
Denizyolu+İçsuyolu	0,39980 4462	0,49088 0694	0,418491909	0,447213595	0,44 72	0,44721359 5

Tablo 56'da TOPSİS karar matrisinden yararlanarak matris normalize edilmiştir.

Tablo 57

Ağırlıklandırılmış normalize edilmiş TOPSİS matrisi

	Ana Navlun	Transit Süre	Karbondio ksit Salımı	Hasarsız Ürün Teslimatı	Ağırlık	Kapasite Esnekliği
Karayolu	0,2211166 75	0,0206513 51	0,0120396 07	0,0560805 85	0,0396	0,0150263 77
RoRo+Karayolu	0,1874684 85	0,0236015 44	0,0067066 7	0,0560805 85	0,0396	0,0150263 77
RoRo+Demiryolu	0,1711250 79	0,0324521 23	0,0072574 6	0,0560805 85	0,0396	0,0150263 77
Denizyolu+Kara	0,1802581 59	0,0265517 37	0,0078406 48	0,0560805 85	0,0396	0,0150263 77
Denizyolu+İç suyolu	0,1665585 39	0,0295019 3	0,0080350 45	0,0560805 85	0,0396	0,0150263 77

Tablo 57’de normalize edilmiş matris AHP yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıklarıyla çarpılarak matris ağırlıklandırılmıştır.

Tablo 58

İdeal pozitif ve negatif çözüm değerleri

	Ana Navlun	Transit Süre	Karbondiyoksit Salımı	Hasarsız Ürün Teslimatı	Ağırlık	Kapasite Esnekliği
V+	0,166558 539	0,020651 351	0,00670667	0,056080585	0,0396	0,015026377
V-	0,221116 675	0,032452 123	0,012039607	0,056080585	0,0396	0,015026377

Tablo 58’de normalize edilip ağırlıklandırılmış matristen yararlanılarak ideal pozitif ve negatif çözüm değerleri hesaplanmıştır. Bu hesaplama yapılırken ideal pozitif çözüm için ana navlun, transit süre ve karbondiyoksit salımı için MİN, hasarsız ürün teslimatı, ağırlık, kapasite esnekliği alt kriterleri için ise MAX değerleri bulunmuştur. Aynı şekilde negatif çözüm değerleri için ise navlun, transit süre ve karbondiyoksit salımı için MAX, hasarsız ürün teslimatı, ağırlık, kapasite esnekliği alt kriterleri için ise MİN değerleri hesaplanmıştır.

Tablo 59

En iyi ve en kötüye göre alternatiflerin sıralanması

	Si+	Si-	Skor	Sıralama
Karayolu	0,054818158	0,011800772	0,177138419	5
RoRo+Karayolu	0,021117043	0,035199057	0,625026541	4
RoRo+Demiryolu	0,012665499	0,050219803	0,798593648	2
Denizyolu+Kara	0,01495928	0,041495351	0,735021209	3
Denizyolu+İç su yolu	0,008949711	0,054784399	0,859577377	1

Tablo 59’da ideal çözüme en yakın maximum (Si+) ve minimum (Si-) değerler gösterilmiştir. İdeal çözüme en yakın değerlere göre hesaplamalar yapılmış ve Afyon-Lyon hattında 20 ton plaka mermer taşınması için en optimal Rota 5 Denizyolu + İç su yolu intermodal taşımacılık rotası olmuştur. Bu rotada taşımacılık operasyonu 10 günde, 12.40 karbondioksit salımı ve 4115€ (3465+650) maliyet ile gerçekleşmektedir.

Optimal rotadan sonra sırasıyla en optimal rotalar RoRo+Demiryolu, Denizyolu+Kara, RoRo+Karayolu ve son olarak Karayolu rotası olarak belirlenmiştir. RoRo+Demiryolu ve Denizyolu+Karayolu rotalarının birbirine yakın değerler aldığı söylenebilir. Karayolunun sıralamada son sırada yer almasının nedeni maliyetinin ve kısmen emisyon değerlerinin diğer taşıma rotalarına göre yüksek olmasıdır. Transit süre alt kriter ağırlığının düşük olması karayolunun sahip olduğu hız avantajına rağmen optimal rota sıralamasında son sırada yer almasına neden olmuştur.

Bu rotada Afyon’dan 20 ton plaka mermer 40’ DC (2TEU) konteynere doldurularak karayolu ile Bursa Gemlik’te bulunan Gempport’a getirilir ve ana taşımanın gerçekleştirileceği gemiye yüklenerek Seayard FOS 2XL limanına taşınır. Burada elleçlemesi yapılarak Avrupa’da nehir taşımacılığında yaygın olarak kullanılan küçük konteyner gemileri ile Lyon’a götürülerek taşıma sonlandırılır.

BEŞİNCİ BÖLÜM

TARTIŞMA VE YORUM

Çalışmanın bu bölümünde araştırmanın genel bir özeti ve analizler sonucunda elde edilen sonuçların yorumlanmasına yer verilmiştir. Türkiye-Fransa mermer ihracatında hedeflenen optimal rota bulunmuş ve sonuçlar özetlenerek yorumlanmıştır.

5.1. Sonuç ve Öneriler

Artan dünya nüfusunun yanı sıra insanların daha fazla tüketmek istemesi küresel olarak ticaret hacimlerinin artmasına neden olmuştur. Ticaret hacimlerinde meydana gelen artış taşımacılık sektörü üzerinde bir yük oluşturmuştur. Küreselleşme ile ürünlerin talep edildiği ve üretildiği merkezler arasındaki uzaklığın artmasıyla beraber hedef iki nokta arasında taşımacılığın verimli hale getirilmesi zorunluluk haline gelmiştir. Talep edilen ürünlerin optimal rota üzerinden son tüketiciye ulaştırılması, taşımanın daha az maliyet, daha kısa zaman ve günümüzde dünyayı tehdit eden küresel ısınmanın başlıca sebebi olan karbondioksitin çevreye daha az salımıyla gerçekleşmesini sağlar. Buradan hareketle optimal rota üzerinden taşımacılık gerçekleştirmek küresel tedarik zinciri için büyük öneme sahiptir.

Bu çalışmada ana yöntem olarak AHP ve TOPSİS çok kriterli karar verme yöntemleri bütünlük olarak kullanılmıştır. İlk olarak literatür taraması yapılarak literatürde en fazla değinilen 6 ana 18 alt kriter belirlenmiştir. Daha sonra Afyon-Lyon hedef noktaları için bu bölgelere taşımacılık hizmeti sağlayan lojistik firmalarla görüşülerek günümüzde de aktif olarak kullanılan denizyolu, demiryolu, karayolu ve iç su yolu kombinasyonları içeren 5 farklı rota belirlenmiş ve rotalara ait maliyet, transit süre bilgileri edinilmiştir. EcoTransIT webarayüzü ile rotaların emisyon değerleri hesaplanmıştır.

Literatür taraması sonucu elde edilen kriterler lojistik alanında hizmet veren 10 şirket yöneticisi ve 3 akademisyene sunulup uzman görüşü alınmış ve çalışmanın güvenilirliği artırılmıştır. Uzmanların görüşleri dikkate alınarak ekleme ve çıkarmalar yapılmış ve 24 kriter son şeklini almıştır. Belirlenen 24 kriterin AHP yönteminin temelini oluşturan ikili karşılaştırma

matrisleri alınarak uygulama formu oluşturulmuş ve aynı uzman grubu üzerinde uygulanmıştır. Elde edilen 13 uygulama formlarının medyanları alınarak temel bir uygulama formu oluşturulmuş ve SuperDecision v2.10 programına aktarılarak kriter ağırlıkları hesaplanmıştır.

SuperDecision programında yapılan analizler sonucunda Tablo 41 elde edilmiştir. 0,53 kriter ağırlığı ile maliyet en önemli kriter olarak öne çıkmıştır. Önem sırasına göre sırasıyla 0,19 güvenilirlik, 0,11 ürün özellikleri, 0,08 hız, 0,04 esneklik ve son olarak 0,02 ile çevre olmuştur. Buradan hareketle Afyon-Lyon noktaları arasında taşınacak plaka mermer için optimal rota belirlenirken en önemli kriterin maliyet olduğu söylenebilir. Maliyet kriterinden sonra gelen güvenilirlik kriteri de optimal rotanın belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Başka bir deyişle plaka mermerin yapısı gereği kırılabilir olmasından dolayı hasarsız bir şekilde son noktaya ulaştırılması güvenilirlik kriterinin ağırlığının artmasına sebep olmuştur. Ürün özellikleri ise rotalar belirlenmesinde söz sahibidir. Plaka mermerin tonajlı bir ürün olması rota üzerinde taşınırken belirli kısıtlamalara uyulmasını gerektirmektedir. 40DC konteynerin azami yük sınırı 26.7 ton ve belirlenen rotaların iç taşınmasında tercih edilen karayolunda izin verilen araç dahil maksimumu ağırlığın 42 ton olması bu kısıtlara örnek olarak verilebilir.

Literatürde bulunan çalışmalardaki bulguların aksine bu çalışmada hız kriteri çevreden sonra en düşük ağırlığa sahip olması çarpıcı olarak nitelendirilebilir. Bunun nedeni olarak plaka mermerin tedarik zinciri içerisinde acil olarak taşınmasını gerektirecek durumların çok kısıtlı olmasıdır. Günümüzde çevre faktörünün özellikle dünyamızı tehdit eden küresel ısınmanın başlıca sebebi olan karbondioksit salımının taşımacılık sektöründe öneminin artmasına rağmen bu çalışmada çevre faktörü en düşük kriter ağırlığına sahiptir. Ancak hasarsız ürün teslimatı, kapasite esnekliği ve ağırlık alt kriterlerine karar grubunca ortalama değerler verilmesi sonucunda karbondioksit salımı düşük kriter ağırlığına rağmen optimal rotanın belirlenmesinde önemli bir rol oynamıştır. ve Çalışmada çevre konusunda elde edilen bulgulara göre, küresel sivil toplum kuruluşlarının yanı sıra ülkelerin de çevreyi korumak adına yaptıkları düzenlemelere rağmen taşımacılık sektöründe çevre faktörünün eskiden olduğu gibi yine göz ardı edildiği söylenebilir.

Belirlenen 5 Rotanın optimal olanının tespit edilebilmesi için TOPSİS yöntemi kullanılmıştır. TOPSİS yönteminin karar matrisi AHP yönteminde elde edilen her bir ana kriterin en fazla ağırlığa sahip alt kriterleri alınarak oluşturulmuştur. Bu alt kriterler ana navlun,

transit süre, karbondioksit salımı, hasarsız ürün teslimatı, ağırlık ve kapasite esnekliğidir. Hasarsız ürün teslimatı ve kapasite esnekliği kriterlerinin sayısal değere sahip olmamasından dolayı nitel verileri nicel verilere çeviren ölçek eşliğinde uzman görüşüne sunulmuş ve 5(orta) puan yapılarak karar matrisine dahil edilmiştir. TOPSİS karar matrisi Tablo 55’te gösterilmiştir. Excel 2016 kullanılarak TOPSİS yönteminin aşamaları sırasıyla gerçekleştirilmiş ve Tablo 58’de ideal çözüme en yakın maximum (Si+) ve minimum (Si-) değerlere yer verilmiştir.

İdeal çözüme en yakın değerlere göre hesaplamalar yapılmış ve Afyon-Lyon hattında 20 ton plaka mermer taşınması için en optimal Rota 5 Denizyolu + İç suyu intermodal taşımacılık rotası olmuştur. Bu rotada taşımacılık operasyonu 10 günde, 12.40 karbondioksit salımı ve 4115€ (3465+650) maliyet ile gerçekleştirilmektedir. Optimal rotadan sonra sırasıyla en uygun rotalar RoRo+Demiryolu, Denizyolu+Kara, RoRo+Karayolu ve son olarak Karayolu rotası olarak belirlenmiştir. RoRo+Demiryolu ve Denizyolu +Karayolu rotalarının birbirine yakın değerler aldığı söylenebilir. Karayolunun sıralamada son sıradan yer almasının nedeni maliyetinin ve emisyon değerlerinin diğer taşıma rotalarına göre yüksek olmasıdır. Transit süre alt kriter ağırlığının düşük olması karayolunun sahip olduğu hız avantajına rağmen optimal rota sıralamasında son sırada yer almasına neden olmuştur.

Optimal olarak belirlenen Rota 5’te Afyon’dan 20 ton plaka mermer 40’ DC (2TEU) konteynere doldurulup karayolu ile Bursa Gemlik’te bulunan Gempport’a getirilir ve ana taşımanın gerçekleştirileceği gemiye yüklenecek Seayard FOS 2XL limanına taşınır. Burada elleçlemesi yapılarak Avrupa’da nehir taşımacılığında yaygın olarak kullanılan küçük konteyner gemileri ile Lyon’a götürülerek taşıma sonlandırılır.

Literatürde AHP-TOPSİS hibrit yönteminin kullanıldığı hisse senedi seçimi, lojistik köy, elektrik trafo ve depo kurulumu gibi çalışmalar mevcuttur. İki yöntemin beraber kullanıldığı optimal rota seçimi için ulusal literatürde yeterli kaynak bulunmamaktadır. Bu anlamda yapılan çalışmanın ilgi literatüre katkı sağladığı söylenebilir. Bunun yanı sıra optimal taşıma rotası seçimi yapılırken genel olarak maliyet transit süre kriterleri üzerinden bir uygulama gerçekleştirilmektedir. Ancak bu çalışmada farklı kriterler ve özellikle son dönemde önemi giderek artan karbondioksit salımı ölçümleri de dahil edilmiştir. Çalışma bu yönüyle de diğer çalışmalardan farklılaşmaktadır. Plaka mermerin Türkiye’nin ihraç ettiği ürünlerin

başında gelmesi ve bu ürünlerin optimal rota üzerinden Fransa'ya ihraç edilmesi, işletmelerin rekabet avantajı elde etmesi açısından çalışmanın gerçekteki önemini arttırdığı söylenebilir.

Tezin ana amacı olan Afyon-Lyon noktaları arasındaki en optimal rotanın belirlenmesi analizler sonucunda elde edilmiş ve amaçlanan hedefe ulaşılmıştır. Ana amacın yanında mevcut olarak kullanılan rotalara alternatif rotalar belirlenmesi, rotalar özelinde transit süre, maliyet ve emisyon değerlerinin hesaplanarak sürdürülebilirlik düzeyinin tespit edilmesi, ürünün belirlenen ülkeye en optimal şekilde taşıyarak ihracatçılarımıza rekabet avantajının sağlanması gibi diğer amaçlara da ulaşılmıştır.

Gerçekleştirilen bu çalışmada bazı kısıtlar bulunmaktadır. Seçilen ürünün plaka mermer olması kriter ağırlıkları bunu göre belirlenmesi, çalışma sonunda elde edilen optimal rotanın plaka mermer özelinde olmasına neden olmuştur. Diğer bir ifadeyle plaka mermer yerine hızlı taşınmasını gereken bir sağlık ürününün taşınması noktasında optimal rota farklılık gösterecektir. Bu nedenle gelecek çalışmalarda farklı ürün gruplarına yer verilebilir. Ayrıca bu çalışmada Afyon-Lyon hattında optimal rota bulunmuştur. Farklı hedef noktalar belirlenmesi ileriki çalışmalar için önerilebilir. Bu çalışmada şirket yöneticilerine ve akademisyenlere uygulanan uygulama formlarında yaş, tecrübe ve çalışılan kurum bilgilerine ulaşılmak istenmiştir. Bu bilgilere ek olarak ciro ve çalışan sayıları eklenerek küçük, orta ve büyük işletmelerin rota belirlenirken önem verdiği kriterlerin değişip değişmediği test edilebilir.

KAYNAKÇA

- Akandere, G. (2019). “Yeşil depo yönetimi uygulamalarının işletme performansına etkisi”. *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 33(3), 737-753.
- AlbayrakKaradağ, Ö. (2021). “Türkiye’nin demiryolu yük taşımacılığı talebinin zaman serisi analizi ile tahmini. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 58, 137-154.
- Amerika Taşımacılık Departmanı (2021). Taşıma Modlarına Göre Uluslararası Ticaret Verileri. Erişim adresi: <https://www.bts.gov/browse-statistical-products-and-data/freight-facts-and-figures/value-shipments-transportation-mode>. <https://www.bts.gov/browse-statistical-products-and-data/freight-facts-and-figures/us-international-freight-trade>
- Aritua, B. (2019). *The Rail Freight Challenge for Emerging Economies: How to Regain Modal Share. International Development in Focus*. Washington, DC: World Bank.
- Arslanhan, H. ve Tosun, Ö. (2021). “Ulaştırma modu seçimi probleminin bütünleşik en iyi-en kötü ve waspas yöntemleriyle çözülmesi”. *Pamukkale Üniversitesi Muhendislik Bilim Dergisi*, 27(1), 13-23.
- Auvinen, H., Clausen, U., Davydenko, I., Diekman D., Ehler, V. ve Lewis, A. (2014). “Calculating emissions along supply chains — towards the global methodological harmonisation”. *Research in Transportation Business & Management*, 12, 41-46.
- Ballou, H. R. (1992). *Business Logistics Managements*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall
- Başlangıç, S. Ö. (2015). Uluslararası Lojistik Uygulamalarında Teslim Şekilleri Ve Teslim Şekli Seçimini Etkileyen Unsurların Belirlenmesi”. Yayımlanmamış Doktora Tezi. Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aydın.
- Banamyong, R. (2001). “Modelling freight logistics: the vientiane–singapore corridor”. *In Proceedings of the First International Conference on Integrated Logistics (ICIL), August 21-24, Nanyang Technological University & Carnegie Mellon University, Singapore*, 441-446.
- Battal, Ü. (2010). “Diğer Taşımacılık Türleri”. N. Aras ve E. Gerede (ed.) içinde *Ulaştırma Sistemleri*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.

- Bayraktutan, Y., Özbilgin, M. ve Tüylüoğlu, Ş. (2012). “Lojistik sektöründe yoğunlaşma analizi ve lojistik gelişmişlik endeksi: kocaeli örneği”. *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 4(3), 61-71.
- Bazaras, D., Batarliene, N., Palsaitis, R. ve Petraska, A. (2013). “Optimal road route selection criteria system for oversize goods transportation”. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 8(1), 19-24.
- Bolis, S. ve Maggi, R. (2004). Logistics strategy and transport service choices: an adaptive stated preference experiment. *Growth and Change*, 34(4), 490-504.
- Boardman, B. S., Malstrom, E. M.; Butler, D. P.; Cole, M. H. (1997). “Computer assisted routing of intermodal shipments”. *Computers & Industrial Engineering*, 33(1-2), 311-314.
- Bookbinder, H. J. ve Fox, S. N (1998). “Intermodal routing of canada–mexico shipments under Nafta”. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 34(4), 289-303.
- Bowersox, Donald J ve David J. C. (1996). *Logistical Management: The Integrated Supply Chain Management*. New York: McGraw-Hill.
- Burford, A. (1960). “Heavy transport in classical antiquity”. *Economic History Review*, 13(1), 1-18.
- Brans, J. P. ve Mareschal, B. (2005). *Promethee Methods. In: Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. International Series in Operations Research & Management Science. New York: Springer.
- Brooks, R. M., Puckett, M. S., Hensher, A. D. ve Sammons, A. (2012). “Understanding mode choice decisions: a study of australian freight shippers”. *Maritime Economic Logistics*, 14(3), 274–299. <https://doi.org/10.1057/mel.2012.8>
- Çelikkbilek, Y. ve Tüysüz, F. (2020). “An in-depth review of theory of the topsis method: an experimental analysis”. *Journal of Management Analytics*, 7(2), 1-20. <https://doi.org/10.1080/23270012.2020.1748528>

- Çetinkaya, V. (2020). Çoklu Taşımacılık Koridorlarının Sürdürülebilir Ulaştırma Açısından İncelenmesi. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Çetinkaya, V. ve Deveci, D. A. (2020). “Optimal sürdürülebilir rota tespiti için gerekli göstergelerin bir çok kriterli karar verme yöntemi ile önem düzeyi tespiti”. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 12(1), 25-46.
- Çetin, A. ve Altan, Ş. (2019). “Bulanık topsis yöntemiyle havayolu şirketleri performans değerlendirmesi: esenboğa havalimanında bir uygulama”. *Giresun Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 5(9), 40-61.
- Çoban, C. ve Turan, E. (2018). “Marmara denizinde ro-ro taşımacılığı birim maliyetlerinin incelenmesi: ambarlı – bandırma hattı örneği”. *GMD Journal of Ship and Maritime Technology*, 2018(211), 61-78.
- Chang, S. T. (2008). “Best routes selection in international intermodal networks”. *Computers & Operations Research*, 35(9), 2877-2891. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2006.12.025>
- Chen, L., Bostel, N., Dejax, P., Cai, J. ve Xi, L. (2007). “A tabu search algorithm for the integrated scheduling problem of container handling systems in a maritime terminal”. *European Journal of Operational Research*, 181(1), 40-58.
- Cho, H. J., Kim, S. Hy ve Choi, R. H. (2010). “An intermodal transport network planning algorithm using dynamic programming—a case study: from busan to rotterdam in intermodal freight routing”. *Applied Intelligent*, 36(3), 529-541. <https://doi.org/10.1007/s10489-010-0223-6>
- Crainic, G. T. ve Kim, H. K. (2007). “Intermodal Transportation”. *Handbooks in Operations Research and Management Science: Transportation*, 14(1), 467-537.
- Çancı, M. ve Erdal, M. (2003). *Lojistik Yönetimi. Freight Forwarder El Kitabı I*, Utikad. İstanbul: Erler Matbaacılık.
- Çancı, M. ve Erdal, M. (2009). *Uluslararası Taşımacılık Yönetimi*. İstanbul: UTIKAD (Uluslararası Taşımacılık ve Lojistik Hizmet Üretenler Derneği) Yayınları.

- Dağdeviren, M., Eraslan, E., Kurt, M. ve Dizdar, N. E. (2005). “Tedarikçi seçimi problemine analitik ağ süreci ile alternatif bir yaklaşım”, *Teknoloji Dergisi*, 8(2), 115-122.
- Değirmenci, N. K. (2012). *Çoklu Taşıma İşleticisi Olarak Taşıma İşleri Komisyoncusunun Sorumluluklarına ve Sorumluluk Sigortası Himayesine İlişkin Bir İnceleme*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları.
- De jong, G. ve Worterboer, P. (2004). New Values Of Time And Reliability in Freight Transport In The Netherlands. Erişim: 23.03.2022 <https://significance.nl/wp-content/uploads/2019/03/2004-GDJ-New-values-of-time-and-reliability-in-freight-transport-in-the-Netherlands.pdf>
- Demir, E., Burgholzer; W., Hrusovsky, M., Arıkan E., Jammerneegg, W. ve Woensel T. (2015). “A green intermodal service network design problem with travel time uncertainty”, *Transportation Research Part B*, 4, 1-19.
- Denizcilik Genel Müdürlüğü (2021). Yük İstatistikleri. <https://denizcilikistatistikleri.uab.gov.tr/yuk-istatistikleri>
- Deveci, D. A. (2010). “Türkiye’de çoklu taşımacılığın geliştirilmesine yönelik stratejik bir model önerisi”. *Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 2(1), 13-32.
- Duncan-Jones, R. (1974). *The Economy of the Roman Empire: Quantitative Studies*, Cambridge: University Press.
- Dünya Bankası (2018). Connecting to Compete. Trade Logistics in the Global Economy. Erişim:10.09.2021, <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/29971/LPI2018.pdf>
- Dünya Ticaret Örgütü (2021). Küresel Ürün ve Hizmet Ticareti Verileri. Erişim adresi: <https://stats.wto.org/>
- EcoTransIT (2020). Methodolgy Report. Erişim: 25 Temmuz 2022, https://www.ecotransit.org/wordpress/wp-content/uploads/EcoTransIT_World_Methodology_ShortVersion_2019.pdf
- Ekwall, D. (2009). “The displacement effects in cargo theft”. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 39(1), 47 – 62.

- Emmet S. ve Sood, V. (2010). *Green Supply Chains: An Action Manifesto*. İngiltere: Wiley Publishing.
- Ergin, H. ve Çekerol, S. G. (2008). “Intermodal yük tasımacılığı ve türkiye hızlı tüketim malları dağıtımını için uygulama denemesi”. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 22.
- Ergün, İ. (1985). *Türkiye'nin Ekonomik Kalkınmasında Ulaştırma Sektörü*. Ankara: Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Yayınları.
- Erol, İ. ve Özmen A. (2008). “Çevresel düzeyde sürdürülebilirlik performansının ölçülmesi: perakende sektöründe bir uygulama”. *İktisat, İşletme ve Finans Dergisi*, 23(266), 70-94.
- EuroStat (2021). AB Ticaret İstatistikleri. Erişim adresi: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Extra-EU_trade_in_goods#Main_EU_partners, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=International_trade_in_goods_by_partner#Focus_on_EU_trade_in_goods_-_an_overview
- Eşiyok, S. ve Demircioğlu, M. (2020). “Çok modlu taşımacılık sistemlerinin optimizasyonun yönelik bir uygulama”. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 29(1), 256-269.
- Gani, A. (2017). “The logistic performance effect in international trade”. *Asian Journal of Shipping and Logistics*, 33(4), 279-288. <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2017.12.012>
- GCI (2019). Global Competitiveness Report. Erişim 13.06.2022, http://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf
- Girtan, M., Nitoi, S. V. ve Chiriac, C. (2021). “Analysis of Ro-La Transport Systems, Possibilities of Implementation in Romania”. World Lumen Congress 2021, May 26-30 2021, Headquarters of LUMEN Association, Iasi, Romania.
- Gosling, J., Purvis ve L. And Mohammed, N. (2010). “Supply chain flexibility as a determinant of supplier selection”. *International Journal of Production Economics*, 128(1), 11-21.
- Gümüş, Y. (2009). “Lojistik faaliyetlerin rekabet stratejileri ve işletme kârı ile olan ilişkisi”. *Muhasebe ve Finans Dergisi*, 41, 97-114.

- Gür, Ş., Eren, T. ve Bedir, N. (2017). “Analitik ağ süreci ve promethee yöntemleri ile gıda sektöründeki orta ölçekli işletmeler için pazarlama stratejilerinin seçimi”. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(1), 79-92.
- Gürdal, S. (2006). *Türkiye Lojistik Sektörü Altyapı Analizi*. İstanbul: İstanbul Ticaret Odası Yayın No; 2006-14.
- Hayaloğlu, P. (2015). “The impact of developments in the logistics sector on economic growth: the case of OECD countries”. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 5(2), 523-530.
- Hao, C ve Yue, Y. (2016). “Optimization on combination of transport routes and modes on dynamic programming for a container multimodal transport”. *Procedia Engineering*, 137, 382-390. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.01.272>
- Hwang C.L. ve Yoon K.P. (1981). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications; A State-of-the-Art Survey* (Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems), New York: Springer- Verlag, Berlin Heidelberg.
- IEA (2021). Global Energy Review, CO2 Emission in 2021. Erişim: 10 .07.2022, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/c3086240-732b-4f6a-89d7-d1b01be018f5e/GlobalEnergyReviewCO2Emissionsin2021.pdf>
- IMF (2021). Gerçek GDP Büyümesi. Erişim adresi: https://www.imf.org/external/datamapper/NGDP_RPCH@WEO/OEMDC/ADVEC/EOWORLD
- INSEEFR (2021). Fransa GDP Verileri. Erişim adresi: <https://www.insee.fr/en/statistiques/serie/010548500#Tableau>
- IPCC (2021). Climate Change 2022, Mitigation of Climate Change. Erişim: 28.07.2022, https://report.ipcc.ch/ar6wg3/pdf/IPCC_AR6_WGIII_FinalDraft_FullReport.pdf
- Ishfaq, R. (2012). “Resilience through flexibility in transportation operations”. *International Journal of Logistics Research and Applications: A Leading Journal of Supply Chain Management*, 15(4), 215-229. <https://doi.org/10.1080/13675567.2012.709835>

- Ishizaka, A. and Labib, A. (2011). "Review of the main developments in the analytic hierarchy process". *Expert Systems with Applications*, 38(11), 14336-14345.
- ITF (2022). Key Transport Statistics. Erişim: 19 Haziran 2022, <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/key-transport-statistics-2022.pdf>
- Jung, H., Kim, J. ve Shin, K. (2019). "Importance analysis of decision making factors for selecting international freight transportation mode". *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 35(1), 55-62. <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2019.03.008>
- Kalkınma Bakanlığı (2018). Lojistik Hizmetlerin Geliştirilmesi Özel İhtisas Komisyonu Raporu. Erişim: 15.06.2022, <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/04/LojistikHizmetlerininGelistirilmesiOzelIhtisasKomisyonuRaporu.pdf>
- Kandil, A. ve Selim, T. (2011). "Characteristics of the marble industry in egypt: structure, conduct, and performance". *International Business & Economics Research Journal (IBER)*, 5(3), 25-33.
- Karacan, S. ve Kaya, M. (2011). *Lojistik Faaliyetlerde Maliyetleme*. Kocaeli: Umuttepe Yayınları.
- Kasilingam, Raja G. (2012). *Logistics and Transportation: Design and planning*. Almanya: Springer.
- Kaewfak, K., Ammarapala, V. ve Huynh, Van-Nam (2021). "Multi-objective optimization of freight route choices in multimodal transportation". *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 14(1), 794–807. <https://doi.org/10.2991/ijcis.d.210126.001>
- Kengpol, A., Meethom, W. ve Tuominen, M. (2012). "the development of a decision support system in multimodal transportation routing within greater mekongsub-regioncountries". *International. Journal of Production Economics*, 140(2), 691-701.
- Keskin, M Hakan (2011). *Lojistik El Kitabı*. Ankara: Gazi Yayınları.
- Khan, Z. M ve Khan, N. F. (2020). "Estimating the demand for rail freight transport in pakistan: a time series analysis". *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 14, 100176.

- Khooban, Z., Farahani, Z. R. ve Rezapour, Shabnam (2011). *Transportation. Logistics Operations And Management: Concepts And Models*. London: Elsevier.
- Kim, H.J ve Chang, Y.T (2014). “Analysis of an intermodal transportation network in korea from an environmental perspective”. *Transportation Journal*, 53(1), 79-106.
- Koçak, D. ve Çoğurcu, E. Y. (2015). “Network modeli ile ağ analizi için çok kriterli karar verme yöntemleriyle karşılaştırmalı çözüm”. *Gazi İktisat ve İşletme Dergisi*, 1(1), 1-42.
- Konuk, P. B. (2009). Taşımacılık Sektöründe Faaliyet Tabanlı Maliyet Yönetim Sistemi ile Bütünleşik Kalite Maliyet Sistemi: Bir Uygulama. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, , Antalya.
- Konstantinus, A. ve Zuidgeest, M. (2019). “An investigation into the factors influencing inter-urban freight mode choice decisions in the southern african development community region”. *Journal of Transport and Supply Chain Management*, 13, 1-11.
- Köfteci, S. ve Gerçek, H. (2010). “Yük taşımacılığında taşıma türü seçimi için lojistik maliyetlere dayalı ikili lojit model”. *İMO Teknik Dergi*, 21(103), 5087-5112.
- KPMG (2019). Sektörel Bakış. Erişim: 15 Haziran 2022, <https://home.kpmg/tr/tr/home/gorusler/2019/07/sektorel-bakis-2019.html>
- KPMG (2020). Sektörel Bakış. Erişim: 25 Haziran 2022, <https://home.kpmg/tr/tr/home/gorusler/2020/03/sektorel-bakis-2020-tasimacilik.html>
- KPMG (2021). Sektörel Bakış. Erişim: 25 Haziran 2022, <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/tr/pdf/2021/09/kpmg-perspektifinden-tasimacilik-ve-lojistik-sektorune-bakis-2021.pdf>
- Kurtlar, M. (2018). Lojistik İşletmelerinde Stratejik Maliyet Yönetimi: Bir Uygulama. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Mersin Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Mersin.
- Küçük, O. (2011). *Lojistik İlkeleri ve Yönetimi*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Lambert, Douglas M ve Stock, James R. (1999). *Strategic Logistics Management*. Boston: Irwin\McGraw-Hill.

- Larsen, T.S. (2000). "European logistics beyond 2000". *International Journal Of Physical Distribution & Logistics Management*, 30(5), 377-387. <https://doi.org/10.1108/09600030010336144>
- Lehmann, M., Grunow, M. ve Günther, H.O. (2006). "Deadlock handling for real-time control of agvs at automated container terminals". *OR Spectrum* 28(4), 631-657.
- Li, Y, ve Yu, Y. (2017). "The use of freight apps in road freight transport for co2 reduction". *European Transport Research Review*, 9(3), 1-13. <https://doi.org/10.1007/s12544-017-0251-y>
- Long, D. (2012). *Uluslararası Lojistik Küresel Tedarik Zinciri Yönetimi*. Ankara: Nobel Yayıncılık, Matbaacılık.
- Lowe, D. (2005). *Intermodal Freight Transport*. Amsterdam, Boston: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Macharis, C., Meers, D., ve Lier, V.T. (2015). "Modal choice in freight transport: combining multi-criteria decision analysis and geographic information systems". *International Journal of Multicriteria Decision Making*, 5(4), 355-372.
- Maraš, V. (2008). "Determining optimal transport routes of inland waterway container ships". *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2062(1), 50–58. <https://doi.org/10.3141/2062-07>
- Maximavicius, R. (2004). "Some elements of the ro-ro terminals". *Transport*, 19(2), 75-81.
- Meixell, J. M. ve Norbis, M. (2008). "A review of the transportation mode choice and carrier selection literature". *The International Journal of Logistics Management*, 19(2), 183-211. <https://doi.org/10.1108/09574090810895951>
- Min, H ve Galle, W. P.(2001). "Green purchasing practices of us firms". *International Journal of Operations&Production Management*. 21(9), 1222-1238.
- Monjazi, M., Deghghani, H., Sing, T.H ve Sayadi, R. A. (2010). "Application of topsis method for selecting the most appropriate blast design". *Arabian Journal of Geosciences*, 5(1), 95-101. <https://doi.org/10.1007/s12517-010-0133-2>

- Navarro, M. (2014). "Environmental factors and intermodal freight transportation: analysis of the decision bases in the case of spanish motorways of the sea". *Sustainability*, 6(3), 1544-1566. <https://doi.org/10.3390/su6031544>
- Ofluoğlu, N., Kalaycı, C., Artan, S. ve Bal Ç. H. (2018). "Lojistik performansındaki gelişmelerin uluslararası ticaret üzerindeki etkileri: AB ve mena ülkeleri örneği". *Gümüşhane Üniversitesi Dergisi*, 9(24), 93-109.
- Ömürbek, N. ve Şimşek, A. (2014). "Analitik hiyerarşi süreci ve analitik ağ süreci yöntemleri ile online alışveriş site seçimi". *Yönetim ve Ekonomi Araştırma Dergisi*, 12(22), 306-327. <https://doi.org/10.11611/JMER214>
- Ömürbek, N., Demirci, N. ve Akalin, P. (2013). "analitik ağ süreci ve topsis yöntemleri ile bilimsel seçimi". *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 5(9), 118-140.
- Patan, T. ve Jadaneant, M. (2010). "Energy savings from using transport ro-la". *Journal Of Sustainable Energy*, 1(2).
- Petro, F. ve Konency, V. (2017). "Calculation of emissions from transport services and their use for the internalisation of external costs in road transport". *Procedia Engineering*, 192(4), 677-682. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.06.117>
- Reis, V. (2014). "Analysis of mode choice variables in short-distance intermodal freight transport using an agent-based model". *Transportation Research Part A*, 61, 100–120.
- Reniers, G. ve Dullaert, W. (2013). "A method to assess multi-modal hazmat transport security vulnerabilities: hazmat transport sva". *Transport Policy*, 28, 103-113. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.05.002>
- Rodrigue, J. P. (2008). "The thruport concept and transmodal rail freight distribution in North America". *Journal of Transport Geography*, 16(4), 233-246. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2007.08.003>
- Rodrigue, J. P. (2012). The Benefits of Logistics Investmens. Opportunities for Latin America and The Caribbean. *Inter- American Development Bank, Infrastructure and Environment Sector*.

- Ruijgrok, C. (2008). "Europeran Transport: Insight and Challanges". *Handbook of Logistics and Supply-Chain Management*, 2, 29-46. <https://doi.org/10.1108/9780080435930-003>
- Sambracos, E. ve Ramfou, I. (2014). "Freight transport time savings and organizational performance: a systemic approach". *International Journal of Economic Sciences and Applied Research*, 6(1), 19-40.
- Seo, J. Y., Chen, F. ve Roh Y. S. (2017). "Multimodal transportation: the case of laptop from chongqing in China to Rotterdam in Europe". *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 33(3), 155-165. <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2017.09.005>
- Sezer, S. ve Abasız, T. (2017). "The Impact of Logistics Industry on Economic Growth: An Application in OECD Countries". *Eurisan Journal of Social Sciences*, 5(11), 11-23.
- Shepherd, B. (2011). Logistics Costs And Competitiveness: Measurement and Trade Policy Applications *Transport Research Support Working Paper*, World Bank
- Shih, H., Shyur, J. H. ve Lee, E. S. (2007). "An extension of TOPSIS for group decision making". *Mathematical and Computer Modelling*, 45(7-8), 801-813.
- Supçiller, A. ve Çapraz, O. (2011). "Ahp-Topsis Yöntemine Dayalı Tedarikçi Seçimi Uygulaması". *Ekonomi ve İstatistik E-dergisi*, 0(13), 1-22.
- Stefanov, M. (2018). "Logistics interpretation of product characteristics of liquefied and compressed natural gas". *Research in Logistics&Production*, 8(1), 39-52.
- Stoilova, S. (2018). An Approach For Choosing The Optimal Route And Type Of Transport For Freight Carriage Using Compromise Programming. MATEC Web of Conferences 234:06002 (2018).
- Şen, K. İ. (2014). "Lojistik faaliyetlerin yönetimi ve maliyetleme yaklaşımları". *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4(1), 83-106.
- Tabak, Ç. (2018). Türkiye’de Lojistik Faaliyet Alanların Yer Seçimi, Ulaştırma Modları ile Entegrasyonu ve Modellenmesi. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Ticaret Bakanlığı (2020). Doğal Taşlar Sektör Raporu. Erişim: 11 Mayıs 2022, <https://ticaret.gov.tr/data/5b87000813b8761450e18d7b/Do%C4%9Fal%20Ta%C5%9Flar%20Sekt%C3%B6r%20Raporu%202021.pdf>
- Tian, Y., Zhu, Q., Lai, K.H. ve Lun, Y.H.V. (2014). “Analysis of greenhouse gas emissions of freight transport sector in China”. *Journal of Transport Geography*, 40, 43-52. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.05.003>
- Timor, M. (2011). *Analitik Hiyerarşi Prosesi*. İstanbul: Türkmen Kitabevi.
- TradeMap (2020). Plaka Mermer Ticaret Verileri. Erişim adresi: https://www.trademap.org/Country_SelProduct_TS.aspx?nvpm=1%7c%7c%7c%7c%7c680221%7c%7c%7c6%7c1%7c1%7c2%7c2%7c1%7c2%7c1%7c1%7c1
- TradingEconomics (2021). Amerika İhracat-İthalat Partnerleri. Erişim adresi: <https://tradingeconomics.com/united-states/imports-by-country>
- Tuzkaya, R. U ve Önüt, S. (2008). “A fuzzy analytic network process based approach to transportation-mode selection between Turkey and Germany: A Case Study”. *Information Sciences*, 178(15), 3133–3146. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2008.03.015>
- Tuzkaya, R. U. (2009). “Evaluating the environmental effects of transportation modes using an integrated methodology and an application”. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 6(2), 277-290. <https://doi.org/10.1007/BF03327632>
- Tüik (2020). Gayrisafi yurtiçi hasıla, iktisadi faaliyet kollarına (A21) göre cari fiyatlarla (değer, pay, değişim oranı), 1998-2019. Erişim adresi: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Yillik-Gayrisafi-Yurt-Ici-Hasila-2020-37184>
- Tüik (2021). Gayrisafi yurt içi hasıla, iktisadi faaliyet kollarına (A21) göre cari fiyatlarla (değer, pay, değişim oranı), 1998-2020, Ülke gruplarına göre yıllık ithalat (genel ticaret sistemi), Ülke gruplarına göre yıllık ihracat (genel ticaret sistemi), Taşıma şekillerine göre ithalat, 2013-2022 (genel ticaret sistemi), Taşıma şekillerine göre ihracat, 2013-2022 (genel ticaret sistemi), Yıllara göre dış ticaret, 2013-2021 (genel ticaret sistemi). Erişim adresi: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Dis-Ticaret-Istatistikleri-Ocak-2022-45536>

- Türkmen, Y. S. ve Çağıl, G. (2012). İMKB'ye kote bilişim sektörü şirketlerinin finansal performanslarının topsis yöntemi ile değerlendirilmesi. *Maliye ve Finans Yazıları*, 1(95), 59-78.
- Tüzün, S. Ve Gülmez, S. Y. (2017). "Green logistics for sustainability". *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 13(3), 603-614. <https://doi.org/10.17130/ijmeb.2017331327>
- UNCTAD (2021). Review of Maritime Transport. Erişim 20.07.2022, https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2021_en_0.pdf
- UTİKAD (2021). Lojistik Sektörü Raporu. Erişim: 20 Haziran 2022, <https://www.utikad.org.tr/images/HizmetRapor/utikadlojistiksektoruraporu2020-53923.pdf>
- Ünal, F. Ö. (2011). "Analitik hiyerarşi prosesi ve personel seçimi alanında uygulamaları". *Akdeniz Üniversitesi Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 3(2), 18-38.
- Yang, X., Low, M.W.J ve Tang, C. L. (2011). "Analysis of intermodal freight from china to indian ocean: a goal programming approach". *Journal Transport of Geography*. 19(4), 515-527.
- Yavuz, V. A. (2010). "Sürdürülebilirlik kavramı ve işletmeler açısından sürdürülebilir üretim stratejileri". *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(14), 63-86.
- Wang, Y. M., Liu, J. ve Elhag, T. (2008). "An integrated ahp-dea methodology for bridge risk assessment". *Computers & Industrial Engineering* 54(3), 513-525. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2007.09.002>
- Wind, Y. ve Saaty, L. T. (1980). "Marketing Application of Analitic Hierarchy Process". *Management Science*, 26(7), 641-660.
- World Trade Report (2021). Economic Resilience and Trade. Erişim 19.06.2022, https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/wtr21_e/00_wtr21_e.pdf
- WTO (2021). Küresel Ürün ve Hizmet Ticareti Verileri. Erişim Adresi: <https://stats.wto.org/>

- Yavuz, V. A. (2010). “Sürdürülebilirlik kavramı ve işletmeler açısından sürdürülebilir üretim stratejileri”. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(14), 63-86.
- Yılmaz, F. (2019). “Yeşil-Eko liman yaklaşımının deniz ticareti ve lojistik sektörüne katkıları: türkiye ve ab'deki uygulamaların karşılaştırması”. *Journal of Transportation and Logistics*, 4(2), 65-78. <https://doi.org/10.26650/JTL.2019.04.02.02>
- Yücel, M. ve Uluştas, A. (2009). “Çok kriterli karar yöntemlerinden electre yöntemiyle malatya’da bir kargo firması için yer seçimi”. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 9(17), 327-344.
- Zgonc, B., Tekavcic, M. ve Jaksic, M. (2019). “The impact of distance on mode choice in freight transport”. *European Transport Research Review*, 11(11), 1-18. <https://doi.org/10.1186/s12544-019-0346-8>

EKLER

EK 1

TEZ UYGULAMA FORMU

UYGULAMA FORMU

Sayın katılımcı,

Bu uygulama formu, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Uluslararası Ticaret ve Lojistik Ana Bilim Dalı'nda yürütülen "**TÜRKİYE-FRANSA MERMER İHRACATINDA OPTİMAL ROTANIN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ**" konulu yüksek lisans tezinin uygulama bölümü için hazırlanmıştır. Vereceğiniz yanıtlar, Türkiye Fransa özelinde çevreye duyarlı optimal rotanın belirlenmesine katkı sağlayacaktır. Ayrıca mermer ihracatında faaliyet gösteren firmaların lojistik masraflarını düşürmesine dolayısıyla rekabet edebilirliğini arttırmasına katkı verecektir.

Formdan elde edilen veriler, optimal rota kriterlerinin önem derecelerini sıralayan Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemi ile incelenmesi için istenmektedir. Formdaki yanıtlarınızın doğru bir şekilde değerlendirilebilmesi için tüm soruların eksiksiz doldurulması gerekmektedir. Çalışmamıza göstermiş olduğunuz hassasiyetiniz ve değerli katkılarınızdan dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Saygılarımla,

Melih ÇELİK.

Katılımcının,

1-Yaş:

2-Kurum:(Forwarder/Armatör)

3-Pozisyon:

4-Kıdem Yılı:

FORMUN DOLDURULMASI İLE İLGİLİ AÇIKLAMALAR

Formlar Tablo 1'de açıklanan önem derecelerinden birinin seçilmesi ile doldurulur. Örneğin "Lojistik Maliyet kriterinin, Transit süre kriterinden **kuvvetli derecede önemli** olduğunu düşünüyorsanız **asağıdaki gibi (5X)** işaretleyiniz. Eğer Transit süre kriterinin Lojistik maliyet kriterinden **çok kuvvetli derecede önemli** olduğunu düşünüyorsanız **asağıdaki gibi (7X)** işaretleyiniz.

Maliyet	9	8	7	6	5X	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7X	8	9	Transit Süre
---------	---	---	---	---	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---	---	--------------

Tablo 1. İkili Karşılaştırmalarda Kullanılan Önem Dereceleri

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit Derecede Önemli	Kriterler aynı öneme sahiptir.
3	Orta Derecede Önemli	Bir kriter diğerine göre biraz daha önemlidir.
5	Kuvvetli Derecede Önemli	Bir kriter diğerine göre kuvvetle daha önemlidir.
7	Çok Kuvvetli Derecede Önemli	Bir kriter diğerine göre yüksek kuvvetle daha önemlidir.
9	Mutlak Derecede Önemli	Kriterlerden biri diğerine göre mutlak derecede önemlidir.
2, 4, 6, 8	Ara değerleri göstermektedir.	Kriterler arasında küçük farklar varken kullanılır.

ANA KRİTERLERİN İKİLİ KARŞILAŞTIRILMASI																		
Kriter	PUANLAMA CETVELİ																Kriter	
MALİYET	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	HIZ
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ÇEVRE
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	GÜVENİLİRLİK
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ÜRÜN ÖZELLİKLERİ
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ESNEKLİK
HIZ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ÇEVRE
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	GÜVENİLİRLİK
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ÜRÜN ÖZELLİKLERİ
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ESNEKLİK
ÇEVRE	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	GÜVENİLİRLİK
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ÜRÜN ÖZELLİKLERİ
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ESNEKLİK
GÜVENİLİRLİK	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ÜRÜN ÖZELLİKLERİ
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ESNEKLİK
ÜRÜN ÖZELLİKLERİ	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ESNEKLİK

MALİYET ALT KRİTERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI																		
Kriter	PUANLAMA CETVELİ																	Kriter
Ana Navlun	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	İç Taşıma
Ana Navlun	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Liman ve Gümrük Masrafları
İç Taşıma	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Liman ve Gümrük Masrafları

HIZ ALT KRİTERLERİNİN İKİLİ KARŞILAŞTIRILMASI																		
Kriter	PUANLAMA CETVELİ																	Kriter
Transit Süre	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mesafe
Transit Süre	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aktarma Noktalarında Geçen Süre
Mesafe	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aktarma Noktalarında Geçen Süre

ÇEVRE ALT KRİTERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI																		
Kriter	PUANLAMA CETVELİ																	Kriter
Karbondioksit Salımı	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yenilenebilir Enerji Kullanım Kabiliyeti
Karbondioksit Salımı	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gürültü
Yenilenebilir Enerji Kullanım Kabiliyeti	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gürültü

GÜVENİLİRLİK ALT KRİTERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI																		
Kriter	PUANLAMA CETVELİ																	Kriter
Zamanında Teslimat	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Hasarsız Ürün Teslimatı
Zamanında Teslimat	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gecikmelerde Alınan Sorumluluk Düzeyi
Hasarsız Ürün Teslimatı	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gecikmelerde Alınan Sorumluluk Düzeyi

ÜRÜN ÖZELLİKLERİ ALT KRİTERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI																		
Kriter	PUANLAMA CETVELİ																	Kriter
Ağırlık	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Hacim
Ağırlık	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ambalaj Gereksinimi
Hacim	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ambalaj Gereksinimi

ESNEKLİK ALT KRİTERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI																		
Kriter	PUANLAMA CETVELİ																	Kriter
Zaman Esnekliği	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kapasite Esnekliği
Zaman Esnekliği	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Rota Esnekliği
Kapasite Esnekliği	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Rota Esnekliği

EK 2

ROTA-1 AFYON-LYON KARAYOLU TAŞIMACILIĞI VE EMİSYON DEĞERLERİ



CALCULATION PARAMETERS

Weight: 20 Container (TEU)
 v/TEU: 2
 Define handling: -

[Change](#)

Transport service Karayolu

Origin: 38.7568852 / 30.5387038

Class: 26-40 t, EURO 5
 Fuel type: diesel
 LF: 60.0%
 ETF: 20.0%

Via: 47.77113728103839 /
 13.197334424883671

Class: 26-40 t, EURO 5
 Fuel type: diesel
 LF: 60.0%
 ETF: 20.0%

Via: 48.8170604887154 /
 9.13129986727296

Class: 26-40 t, EURO 5
 Fuel type: diesel
 LF: 60.0%
 ETF: 20.0%

Destination: 45.768024662778544 /
 4.837847682656142

[Change](#)

CALCULATION RESULT

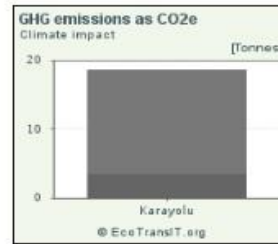
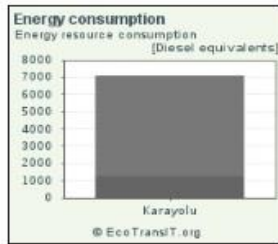
[EN 16258](#) [GRAPH](#) [TABLE](#) [DISTANCES](#)

[EN 16258 DECLARATION](#) [CSV DOWNLOAD](#)

[Show Well-to-tank/ Tank-to-wheel](#)

Energy unit: Megajoule Kilowatthours Diesel equivalents

- Truck well to tank
- Truck tank to wheel



Energy consumption (Detailed)	
Energy resource consumption [Diesel equivalents]	
	Karayolu
Truck (WTT)	1,291
Truck (TTW)	5,804
Sum:	7,094

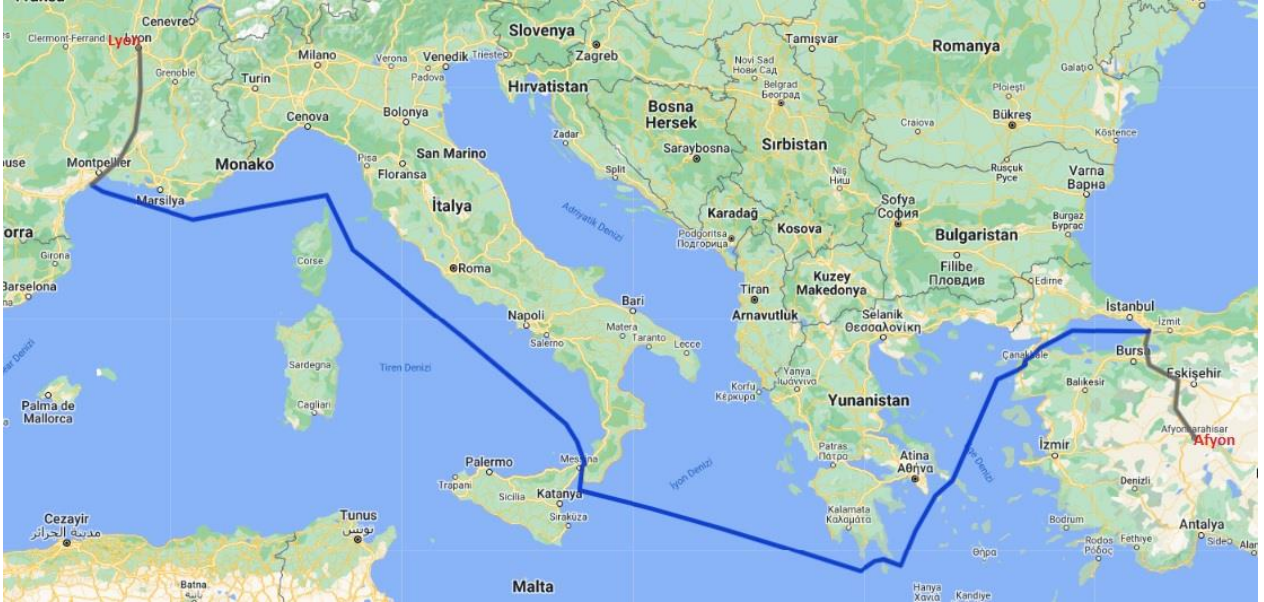
© EcoTransIT.org

GHG emissions as CO ₂ e (Detailed)	
Climate impact [Tonnes]	
	Karayolu
Truck (WTT)	3.63
Truck (TTW)	14.95
Sum:	18.58

© EcoTransIT.org

EK 3

ROTA-2 AFYON-LYON RORO+KARAYOLU TAŞIMACILIĞI VE EMİSYON DEĞERLERİ



CALCULATION PARAMETERS

Weight: 20 Container (TEU)
 t/TEU: 2
 Define handling: -

[Change](#)

Transport service Rota 2
 Origin: 38.7568852 / 30.5387038
 Class: 26-40 t, EURO 5
 Fuel type: diesel
 LF: 80.0%
 ETF: 20.0%

Via: 40.6887151 / 29.4322098
 Class: Container
 Type: Roro large >= 5k dwt
 Speed: 25.0%
 LF: 70.0%

Via: 43.4078758 / 3.7008219
 Class: 26-40 t, EURO 5
 Fuel type: diesel
 LF: 80.0%
 ETF: 20.0%

Destination: 45.764043 / 4.835659

[Change](#)

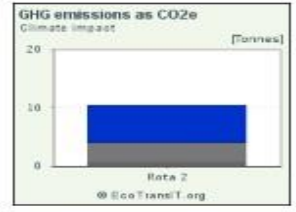
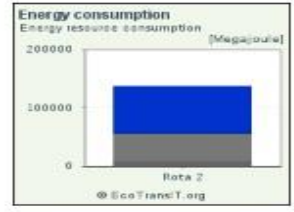
CALCULATION RESULT

EN 16258 | GRAPH | TABLE | DISTANCES

EN 16258 DECLARATION CSV DOWNLOAD

Show Well-to-tank/ Tank-to-wheel
 Energy unit: Megajoule Kilowatthours Diesel equivalents

- Truck well to tank
- Truck tank to wheel
- Sea ship well to tank
- Sea ship tank to wheel



Energy consumption (Detailed)	
Energy resource consumption:	
	[Megajoule]
Truck (WTT)	10,371
Truck (TTW)	46,536
Sea ship (WTT)	3,567
Sea ship (TTW)	78,137
Sum:	136,610

© EcoTransIT.org

GHG emissions as CO2e (Detailed)	
Climate impact	
	[Tonnes]
Truck (WTT)	0.81
Truck (TTW)	3.34
Sea ship (WTT)	0.28
Sea ship (TTW)	5.94
Sum:	10.36

© EcoTransIT.org

EK 4

ROTA-3 AFYON-LYON RORO+DEMİRYOLU TAŞIMACILIĞI VE EMİSYON DEĞERLERİ



CALCULATION PARAMETERS

Weight: 20 Container (TEU)
 #TEU: 2
 Define handling: -

Change

Transport service Rota 3

Origin: 38.7568852 / 30.5387038

Class: 28-40 t, EURO 5
 Fuel type: diesel
 LF: 60.0%
 ETF: 20.0%

Via: 40.861077 / 29.272262

Class: Container
 Type: Roro large >= 5k dwt
 Speed: 25.0%
 LF: 70.0%

Via: 45.6439424 / 13.7505625

Train type: Container train
 Weight: 1000t
 Traction: diesel
 Class: EU UIC 1
 LF: 50.0%
 ETF: 20.0%

Via: 51.3907454 / 6.7283273

Train type: Container train
 Weight: 1000t
 Traction: diesel
 Class: EU UIC 1
 LF: 50.0%
 ETF: 20.0%

Destination: 45.7167263 / 1492966 /

4.833520559569298

Change

CALCULATION RESULT

EN 16258

GRAPH

TABLE

DISTANCES

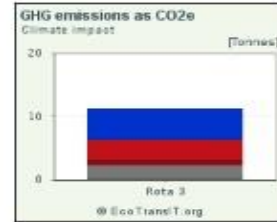
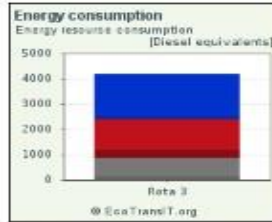
EN 16258 DECLARATION

CSV DOWNLOAD

Show Well-to-tank/ Tank-to-wheel

Energy unit: Megajoule Kilowatthours Diesel equivalents

- Train well to tank
- Train tank to wheel
- Truck well to tank
- Truck tank to wheel
- Sea ship well to tank
- Sea ship tank to wheel

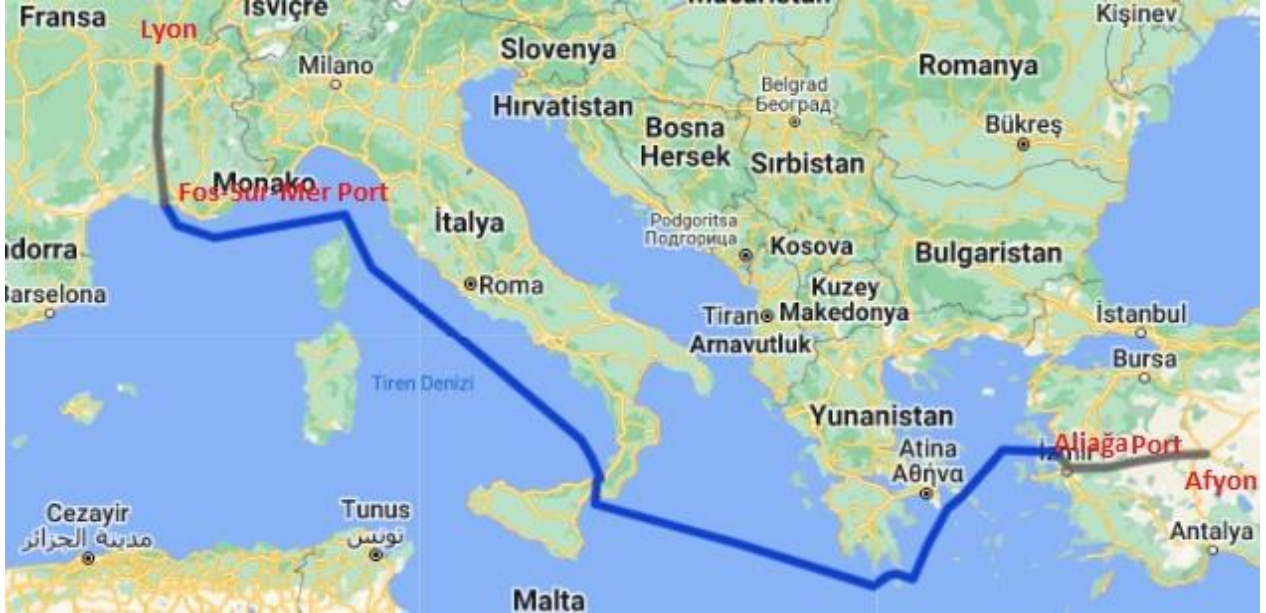


Energy resource consumption	[Diesel equivalents]
Truck (WTT)	143
Truck (TTW)	736
Train (WTT)	301
Train (TTW)	1,231
Sea ship (WTT)	79
Sea ship (TTW)	1,677
Sum:	4,167

Climate impact	[Tonnes]
Truck (WTT)	0.43
Truck (TTW)	1.98
Train (WTT)	0.82
Train (TTW)	3.09
Sea ship (WTT)	0.21
Sea ship (TTW)	4.69
Sum:	11.19

EK 5

ROTA-4 AFYON-LYON DENİZYOLU+KARAYOLU TAŞIMACILIĞI VE EMİSYON DEĞERLERİ



CALCULATION PARAMETERS

Weight: 20 Container (TEU)
 #TEU: 2
 Define handling: -
[Change](#)

Transport service Rota 4

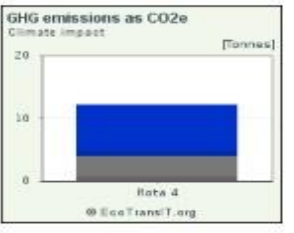
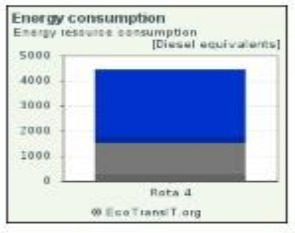
Origin: 38.7568832 / 30.5387038
 Class: 26-40 t, EURO 5
 Fuel type: diesel
 LF: 60.0%
 ETF: 20.0%
 Via: 38.75679 / 26.929464
 Class: Container
 Type: CC Handysize (1-2k TEU)
 Speed: 25.0%
 LF: 70.0%
 Via: 43.437881999999999 / 4.945711
 Class: 26-40 t, EURO 5
 Fuel type: diesel
 LF: 60.0%
 ETF: 20.0%
 Destination: 45.764043 / 4.835659
[Change](#)

CALCULATION RESULT

EN 16258 GRAPH TABLE DISTANCES
 EN 16258 DECLARATION CSV DOWNLOAD

Show Well-to-tank/ Tank-to-wheel
 Energy unit: Megajoule Kilowatthours Diesel equivalents

- Truck well to tank
- Truck tank to wheel
- Sea ship well to tank
- Sea ship tank to wheel



Energy consumption (Detailed)	
Energy resource consumption [Diesel equivalents]	
	Rota 4
Truck (WTT)	281
Truck (TTW)	1,278
Sea ship (WTT)	235
Sea ship (TTW)	2,642
Sum:	4,435

GHG emissions as CO2e (Detailed)	
Climate impact [Tonnes]	
	Rota 4
Truck (WTT)	0.79
Truck (TTW)	3.29
Sea ship (WTT)	0.63
Sea ship (TTW)	7.39
Sum:	12.10

EK 6

ROTA-5 AFYON-LYON DENİZYOLU+KARAYOLU TAŞIMACILIĞI VE EMİSYON DEĞERLERİ



CALCULATION PARAMETERS

Weight: 20 Container (TEU)
 t/TEU: 2
 Define handling: -
[Change](#)

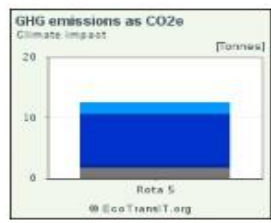
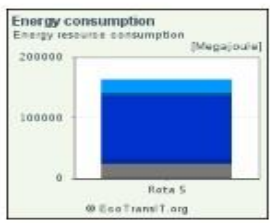
Transport service Rota 5
 Origin: 38.7568852 / 30.5387038
 Class: 28-40 t EURO 5
 Fuel type: diesel
 LF: 80.0%
 ETF: 20.0%
 Via: 40.411968 / 29.124346
 Class: Container
 Type: CC Handysize (1-2k TEU)
 Speed: 29.0%
 LF: 70.0%
 Via: 43.4172494 / 4.8281689
 Type: Large inland freight vessel container V 1500-3000t capacity)
 LF: 80.0%
 Class: CCNR II/ EU IIIA / US Tier 2 (>2006)
 Destination: 45.764043 / 4.835859
[Change](#)

CALCULATION RESULT

EN 16258 GRAPH TABLE DISTANCES
 EN 16258 DECLARATION [Download](#) CSV DOWNLOAD [Download](#)

Show Well-to-tank/ Tank-to-wheel
 Energy unit: Megajoule Kilowatthours Diesel equivalents

- Truck well to tank
- Truck tank to wheel
- Barge well to tank
- Barge tank to wheel
- Sea ship well to tank
- Sea ship tank to wheel



Energy consumption (Detailed)	
Energy resource consumption	
	[Megajoule]
Rota 5	
Truck (WTT)	4,104
Truck (TTW)	21,031
Sea ship (WTT)	9,087
Sea ship (TTW)	102,233
Barge (WTT)	5,138
Barge (TTW)	21,667
Sum:	163,258

GHG emissions as CO2e (Detailed)	
Climate impact	
	[Tonnes]
Rota 5	
Truck (WTT)	0.34
Truck (TTW)	1.56
Sea ship (WTT)	0.67
Sea ship (TTW)	7.97
Barge (WTT)	0.39
Barge (TTW)	1.53
Sum:	12.47

EK 7

SUPER DECISION PROGRAMI İÇİN TEMEL UYGULAMA FORMU

UYGULAMA FORMU

Sayın katılımcı,

Bu uygulama formu, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Uluslararası Ticaret ve Lojistik Ana Bilim Dalı'nda yürütülen "**TÜRKİYE-FRANSA MERMER İHRACATINDA OPTİMAL ROTANIN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ**" konulu yüksek lisans tezinin uygulama bölümü için hazırlanmıştır. Vereceğiniz yanıtlar, Türkiye Fransa özelinde çevreye duyarlı optimal rotanın belirlenmesine katkı sağlayacaktır. Ayrıca mermer ihracatında faaliyet gösteren firmaların lojistik masraflarını düşürmesine dolayısıyla rekabet edebilirliğini arttırmasına katkı verecektir.

Formdan elde edilen veriler, optimal rota kriterlerinin önem derecelerini sıralayan Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemi ile incelenmesi için istenmektedir. Formdaki yanıtlarınızın doğru bir şekilde değerlendirilebilmesi için tüm soruların eksiksiz doldurulması gerekmektedir. Çalışmamıza göstermiş olduğunuz hassasiyetiniz ve değerli katkılarınızdan dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Saygılarımla,

Melih ÇELİK.

FORMUN DOLDURULMASI İLE İLGİLİ AÇIKLAMALAR

Formlar Tablo 1'de açıklanan önem derecelerinden birinin seçilmesi ile doldurulur. Örneğin "Lojistik Maliyet kriterinin, Transit süre kriterinden **kuvvetli derecede önemli** olduğunu düşünüyorsanız **asağıdaki gibi (5X)** işaretleyiniz. Eğer Transit süre kriterinin Lojistik maliyet kriterinden **çok kuvvetli derecede önemli** olduğunu düşünüyorsanız **asağıdaki gibi (7X)** işaretleyiniz.

Maliyet	9	8	7	6	5X	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7X	8	9	Transit Süre
---------	---	---	---	---	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---	---	--------------

Tablo 1. İkili Karşılaştırmalarda Kullanılan Önem Dereceleri

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit Derecede Önemli	Kriterler aynı öneme sahiptir.
3	Orta Derecede Önemli	Bir kriter diğerine göre biraz daha önemlidir.
5	Kuvvetli Derecede Önemli	Bir kriter diğerine göre kuvvetle daha önemlidir.
7	Çok Kuvvetli Derecede Önemli	Bir kriter diğerine göre yüksek kuvvetle daha önemlidir

9	Mutlak Derecede Önemli	Kriterlerden biri diğerine göre mutlak derecede önemlidir.
2, 4, 6, 8	Ara değerleri göstermektedir.	Kriterler arasında küçük farklar varken kullanılır.

ANA KRİTERLERİN İKİLİ KARŞILAŞTIRILMASI																		
Kriter	PUANLAMA CETVELİ																	Kriter
MALİYET	9	8	7 X	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	HIZ
	9	8 X	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ÇEVRE
	9	8	7	6	5 X	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	GÜVENİLİRLİK
	9	8	7 X	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ÜRÜN ÖZELLİKLERİ
	9	8 X	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ESNEKLİK
HIZ	9	8	7	6	5 X	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ÇEVRE
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3 X	4	5	6	7	8	9	GÜVENİLİRLİK
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3 X	4	5	6	7	8	9	ÜRÜN ÖZELLİKLERİ
	9	8	7	6	5	4	3 X	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ESNEKLİK
ÇEVRE	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5 X	6	7	8	9	GÜVENİLİRLİK
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5 X	6	7	8	9	ÜRÜN ÖZELLİKLERİ
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3 X	4	5	6	7	8	9	ESNEKLİK
GÜVENİLİRLİK	9	8	7	6	5	4	3 X	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ÜRÜN ÖZELLİKLERİ
	9	8	7 X	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ESNEKLİK

ÜRÜN ÖZELLİKLE Rİ	9	8	7	6	5	4	3 X	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ESNEKLİK
----------------------------------	---	---	---	---	---	---	--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----------------

MALİYET ALT KRİTERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI																		
Kriter	PUANLAMA CETVELİ																	Kriter
Ana Navlun	9	8	7 X	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	İç Taşıma
Ana Navlun	9 X	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Liman ve Gümrük Masrafları
İç Taşıma	9	8	7	6	5	4	3 X	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Liman ve Gümrük Masrafları

HIZ ALT KRİTERLERİNİN İKİLİ KARŞILAŞTIRILMASI																		
Kriter	PUANLAMA CETVELİ																	Kriter
Transit Süre	9	8	7 X	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mesafe
Transit Süre	9	8	7	6	5 X	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aktarma Noktalarında Geçen Süre
Mesafe	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3x	4	5	6	7	8	9	Aktarma Noktalarında Geçen Süre

ÇEVRE ALT KRİTERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI																		
Kriter	PUANLAMA CETVELİ																	Kriter
Karbondioksit Sahmı	9	8	7	6	5	4	3 X	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yenilenebilir Enerji Kullanım Kabiliyeti
Karbondioksit Sahmı	9 X	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gürültü
Yenilenebilir Enerji	9	8	7	6	5 X	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gürültü

Kullanım Kabiliyeti																			
---------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

GÜVENİLİRLİK ALT KRİTERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI																			
Kriter	PUANLAMA CETVELİ																		Kriter
Zamanında Teslimat	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Hasarsız Ürün Teslimatı	
Zamanında Teslimat	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gecikmelerde Alınan Sorumluluk Düzeyi	
Hasarsız Ürün Teslimatı	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Gecikmelerde Alınan Sorumluluk Düzeyi	

ÜRÜN ÖZELLİKLERİ ALT KRİTERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI																			
Kriter	PUANLAMA CETVELİ																		Kriter
Ağırlık	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Hacim	
Ağırlık	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ambalaj Gereksinimi	
Hacim	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ambalaj Gereksinimi	

ESNEKLİK ALT KRİTERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI																			
Kriter	PUANLAMA CETVELİ																		Kriter
Zaman Esnekliği	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kapasite Esnekliği	
Zaman Esnekliği	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Rota Esnekliği	
Kapasite Esnekliği	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Rota Esnekliği	