

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ANKARA-İSTANBUL ARASI YÜKSEK HIZLI DEMİRYOLUNUN
SAĞLADIĞI ENERJİ TASARRUFU VE MALİYETLERİN DİĞER TÜRLER
İLE KARŞILAŞTIRMALI OLARAK İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Onur KUTLU

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Ulaştırma Mühendisliği Programı

NİSAN 2020

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ANKARA-İSTANBUL ARASI YÜKSEK HIZLI DEMİRYOLUNUN
SAĞLADIĞI ENERJİ TASARRUFU VE MALİYETLERİN DİĞER TÜRLER
İLE KARŞILAŞTIRMALI OLARAK İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Onur KUTLU
(501161429)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Ulaştırma Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zübeyde ÖZTÜRK

NİSAN 2020

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501161429 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Onur KUTLU, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “ANKARA-İSTANBUL ARASI YÜKSEK HIZLI DEMİRYOLUNUN SAĞLADIĞI ENERJİ TASARRUFU VE MALİYETLERİN DİĞER TÜRLER İLE KARŞILAŞTIRMALI OLARAK İNCELENMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Zübeyde ÖZTÜRK**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri: **Doç. Dr. Murat ERGÜN**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Sinan YARDIM

Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **13 Mart 2020**

Savunma Tarihi : **15 Nisan 2020**



ÖNSÖZ

Bu çalışmada, Türkiye'nin ulaştırma sektöründe ve yüksek hızlı trenler özelinde yaptığı çalışmalar konu edilmiş, enerji tüketiminde sağlayacağı tasarruflar ve ülkemiz adına elde edilecek mali kazanımlar incelenmiştir. Enerjide daha az dışarı bağımlı, kaynaklarını daha verimli kullanan bir Türkiye için yüksek hızlı trenler ölçeğinde tespitler ve karşılaştırmalar yapılmıştır.

Yüksek lisans eğitimimi tamamlamak üzere olduğum bu süreçte, destekleyici, anlayışlı ve sıcak yaklaşımıyla yol gösteren, iş yaşamımla beraber sürdürdüğüm yüksek lisans eğitim sürecimde desteğini esirgemeyen hocam Sayın Prof. Dr. Zübeyde ÖZTÜRK'e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım için değerli vaktini ayıran ve yol gösteren hocam Sayın Doç. Dr. Murat ERGÜN'e destekleri için teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans ders ve tez sürecimde bana anlayış gösteren ve desteğini sunan MAKYOL İnşaat San. Turz. ve Tic. A.Ş. üst yönetimine, şantiye yönetimine ve değerli mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Ayrıca, hayatım boyunca arkamda duran, beni destekleyen, göstermiş oldukları sevgi ve anlayışla hayata karşı daha güçlü durabilmemi sağlayan sevgili aileme teşekkür ederim.

Son olarak, bu zorlu süreçte her an yanımda olan, desteğini esirgemeyen, anlayışla yaklaşan, zorlandığım zamanlarda bana moral ve enerji veren Hatice ERTÜZÜN'e teşekkür ederim.

Mart 2020

Onur KUTLU
İnşaat Mühendisi



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
SEMBOLLER	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
2. ENERJİ KAYNAKLARI VE TEMİNİ.....	5
2.1 Türkiye’de Enerji Kaynakları ve Temini	7
2.2 Türkiye’de Elektrik Enerjisi Üretimi	9
3. ULAŞTIRMADA ENERJİ TÜKETİMİNİN İNCELENMESİ.....	13
3.1 Dünya’da Ulaştırma ve Enerji Tüketimi	13
3.2 Türkiye’de Ulaştırma ve Enerji Tüketimi	17
3.3 Enerji Tüketiminden Kaynaklı Emisyonlar.....	22
3.3.1 Emisyon maddeler.....	24
3.3.2 Ulaştırmadan kaynaklı emisyonlar.....	29
4. YÜKSEK HIZLI DEMİRYOLLARI.....	33
4.1 Dünya’da Yüksek Hızlı Demiryolları	33
4.2 Türkiye’de Yüksek Hızlı Demiryolları	36
4.2.1 Mevcut ve yapılmakta olan YHT hatlarının incelenmesi	37
4.2.2 TCDD’nin kullandığı yüksek hızlı trenlerin incelenmesi	43
4.2.3 Taşınan yolcu sayılarının incelenmesi	45
4.2.4 Türkiye’de yolcuların YHT tercihinin incelenmesi	47
5. ANKARA-İSTANBUL ARASI YHT HATTININ İNCELENMESİ.....	53
5.1 Ankara-İstanbul YHD Proje Bilgileri	53
5.2 Ankara-İstanbul YHT Hattı Yolcu Sayıları ve Ulaşım Paylarının İncelenmesi	56
6. FARKLI ULAŞIM TÜRLERİ İÇİN ORTALAMA ENERJİ TÜKETİMLERİNİN VE MALİYETLERİNİN TESPİTİ.....	59
6.1 Yüksek Hızlı Trenlerde Ortalama Enerji Tüketimi ve Maliyeti	59
6.2 Havayollarında Ortalama Enerji Tüketimi ve Maliyeti.....	62
6.3 Karayollarında Ortalama Enerji Tüketimi ve Maliyeti	68
6.3.1 Şehirlerarası otobüslerin ortalama yakıt tüketimi ve maliyeti	68
6.3.2 Özel araçların şehirlerarası ortalama yakıt tüketimi	70
7. ANKARA-İSTANBUL ARASI YOLCU TAŞIMACILIĞININ FARKLI ULAŞTIRMA TÜRLERİ İÇİN ENERJİ TÜKETİMLERİ.....	75
7.1 1. Senaryoda Tüketilecek Enerjinin Tespiti ve Maliyeti.....	80

7.2 2. Senaryoda Tüketilecek Enerjinin Tespiti ve Maliyeti	86
7.3 3. Senaryoda Tüketilecek Enerjinin Tespiti ve Maliyeti	91
7.4 Tür Dağılımı Senaryolarının Karşılıklı Olarak Değerlendirilmesi.....	96
8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	105
KAYNAKLAR.....	107
EKLER.....	111
ÖZGEÇMİŞ.....	117



KISALTMALAR

AGC	: Trans –European Agreement on Main International Railway Lines
AVE	: Alta Velocidad Española
BİN TEP	: Bin ton eşdeğer petrol
CAF	: Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles
CAFEH	: Community Assesment of Freeway Exposure and Health
ÇŞB	: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
EİGM	: Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
EPDK	: Türkiye Cumhuriyeti Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EST	: Elektrifikasyon, Sinyalizasyon, Telekomunikasyon
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
GDB	: Global Burden of Disease
GWh	: Gigawatt saat
GWP	: Global Warming Protection
Hz	: Hertz
ICE	: Inter City Express
IEA	: International Energy Agency
Kg	: Kilogram
Km	: Kilometre
kW	: Kilowatt
kWh	: Kilowatt saat
L	: Litre
m	: Metre
mm	: Milimetre
MMO	: Makine Mühendisleri Odası
Mtoe	: Milyon ton eşdeğer petrol
MWh	: Megawatt saat
Nmi	: Deniz mili uzunluk
OECD	: Organisation for Economic Cooperate and Development
sa	: Saat
SGHM	: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü

TCDD	: Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TÜPRAŞ	: Türkiye Petrol Rafinerileri Anonim Şirketi
TER	: Trans-European North-South Railway Project
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
TL	: Türk Lirası
UAB	: Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı
US EPA	: United States Environmental Protection Agency
YHD	: Yüksek Hızlı Demiryolu
YHT	: Yüksek Hızlı Tren



SEMBOLLER

CO₂	: Karbondioksit
CO	: Karbonmonoksit
CH₄	: Metan
HC	: Hidrokarbon
HFCs	: Hidroflorokarbonlar
NO_x	: Azot Oksitler
N₂O	: Diazot Monoksit
PFCs	: Perflorokarbonlar
SF₆	: Sülfür Hekseflorür
\$: Amerikan Doları



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : 2018 Yılı Türkiye Yerel Enerji Arzları ve Oranları.....	8
Çizelge 3.1 : Türkiye’de Ulaştırma Tiplerinin Enerji Tüketimleri (BİN TEP).....	21
Çizelge 3.2 : Kyoto Protokolünde Baz Alınan Sera Gazları.....	25
Çizelge 3.3 : Türkiye’de Yıllara göre Sera Gazı Salımları CO2 Eşdeğeri.....	26
Çizelge 3.4 : OECD Ülkelerinde Hava Kirliliği Kaynaklı Ölümler.....	28
Çizelge 4.1 : Seçili Hatlarda Seyahat Süresi ve Demiryolu Pazar Payı.....	34
Çizelge 4.2 : YHD’den Önce ve Sonra Pazar Payları (Seçili Rotalardan).....	35
Çizelge 4.3 : Türkiye’de Yıllara göre Demiryolu Hat Uzunlukları (Km).....	37
Çizelge 4.4 : Türkiye’de İşletimde olan YHT Hatları ve Uzunlukları (Km).....	38
Çizelge 4.5 : TCDD YHT Setleri.....	45
Çizelge 4.6 : TCDD YHT Hatları 2018 Yılı Sefer Sayıları.....	46
Çizelge 4.7 : TCDD YHT Hatları 2009-2018 Yılları Arası Yolcu Sayıları (Bin Kişi).....	47
Çizelge 5.1 : Ankara-İstanbul YHT Hattı Yolcu ve Sefer Sayıları.....	57
Çizelge 6.1 : Avrupa’da Farklı YHT Hatlarında Enerji Tüketim Değerleri	61
Çizelge 6.2 : Elektrik Tüketim Bedelleri	62
Çizelge 6.3 : Belirli Rotalar için Enerji Tüketimi ve CO2 Emisyonları.....	65
Çizelge 6.4 : Boeing 737-800 Genel Bilgiler ve Enerji Tüketim Değerleri.....	66
Çizelge 6.5 : 2019 Yılı Jet A-1 Fiyatları	67
Çizelge 6.6 : 2019 Yılı Dolar-TL Kurları.....	68
Çizelge 6.7 : 2019 Yılı Motorin Fiyatları ve Ortalaması	70
Çizelge 6.8 : Otomobillerin Model Yıllarına Göre Dağılımı.....	71
Çizelge 6.9 : Trafiğe Kayıtlı Otomobil Markaları ve Sayıları.....	71
Çizelge 6.10 : Otomobil Tiplerinin Ortalama Yakıt Tüketim Değerleri	72
Çizelge 7.1 : Ankara-İstanbul Arası Ulaşım Türleri için Kullanılacak Değerler.....	79
Çizelge 7.2 : Ankara-İstanbul Arası Yolcu Sayıları.....	80

Çizelge 7.3 : 1. Senaryo için Yolcu Sayıları	82
Çizelge 7.4 : 1. Senaryo için Enerji Tüketimi ve Maliyetleri	84
Çizelge 7.5 : 2. Senaryo için Yolcu Sayıları	87
Çizelge 7.6 : 2. Senaryo için Enerji Tüketimi ve Maliyetleri	89
Çizelge 7.7 : 3. Senaryo için Yolcu Sayıları	92
Çizelge 7.8 : 3. Senaryo için Enerji Tüketimi ve Maliyetleri	94
Çizelge 7.9 : Yolcu Taşımacılığı Tür Dağılımları	96
Çizelge 7.10 : Yolcu Sayıları	97
Çizelge 7.11 : Artan-Azalan Yolcu Sayıları	98
Çizelge 7.12 : Artan-Azalan Sefer Sayıları	99
Çizelge 7.13 : Artan-Azalan Enerji Tüketimleri	101
Çizelge 7.14 : Artan-Azalan Enerji Tüketim Maliyetleri (TL)	103

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması.....	6
Şekil 2.2 : Dünya’da Birincil Enerji Kaynaklarına göre Enerji Temini	7
Şekil 2.3 : Türkiye’de Toplam Enerji Üretimi ve Enerji Arzı.....	8
Şekil 2.4 : Türkiye’de Enerji Üretimini Enerji Tüketimini Karşılama Oranları.....	9
Şekil 2.5 : Türkiye’de Elektrik Enerji Üretimini Kaynaklara göre Dağılımı.....	10
Şekil 2.6 : Türkiye’de Elektrik Enerjisi Üretimi 2018 (MWh).....	11
Şekil 3.1 : 1973 ve 2017 Toplam Nihai Enerji Tüketim Paylaşımları.....	14
Şekil 3.2 : 1973 ve 2017 Sektörlere Göre Nihai Elektrik Enerjisi Tüketim Paylaşımları	14
Şekil 3.3 : Toplam Tüketilen Enerjinin Sektörlere Göre Dağılımı, 2016 Yılı.....	15
Şekil 3.4 : Yolcu ve Yük Taşımacılığı Oranları, 2015 Yılı.....	16
Şekil 3.5 : Dünya’da Ulaştırma Enerji Tüketimi, 2016.....	16
Şekil 3.6 : Türkiye’de Tüketilen Enerji Kaynakları 2000-2016 Yılları Arası.	17
Şekil 3.7 : Türkiye’de Toplam Tüketilen Enerjinin Sektörlere göre Dağılımı, 2016 Yılı.....	18
Şekil 3.8: Türkiye’de Yolcu Taşımacılığı Oranları 2000-2017.....	19
Şekil 3.9 : Türkiye’de Yük Taşımacılığı Oranları 2000-2017.....	20
Şekil 3.10 : 1973-2017 Yakıt Türüne Göre CO2 Emisyon Oranları.....	23
Şekil 3.11 : Sektörlere Göre CO2 Emisyon Oranları.....	23
Şekil 3.12 : Ulaştırma Hava Kirlenici Oranları (2002).....	30
Şekil 3.13 : Türkiye’de Ulaştırma Modlarının Emisyon Oranları, 2017.....	31
Şekil 4.1 : Ankara-Konya YHT Hattı Proje Planı.....	38
Şekil 4.2 : Mevcut ve Yapımı Devam Eden YHT Hatları Haritası (Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı).....	39
Şekil 4.3 : Doğançay Ripajı Güzergahı.....	40
Şekil 4.4 : Doğançay Ripajı Güzergahı.....	41
Şekil 4.5 : Yapımı Devam Etmekte Olan Hızlı Demiryolu Hatları.....	42

Şekil 4.6 : CAF HT 65000 Serisi Yüksek Hızlı Tren Seti.....	43
Şekil 4.7 : TCDD Siemens Velaro-D Yüksek Hızlı Tren Seti.....	44
Şekil 4.8 : Türkiye’de YHT Yolcu Sayıları	46
Şekil 4.9 : YHD Rekabet Avantaj Modeli	48
Şekil 4.10 : Ankara-Eskişehir YHT Kullanıcıları Etki Puanları Sıralaması	50
Şekil 4.11 : YHT Öncesi ve Sonrası Ankara-Eskişehir Arası Yolcu Taşımacılığı.....	51
Şekil 4.12 : YHT Öncesi ve Sonrası Ankara-Konya Arası Yolcu Taşımacılığı.....	51
Şekil 5.1 : Ankara-İstanbul YHT Hattı Güzergahı.....	54
Şekil 5.2 : YHT Sonrası Ankara-İstanbul Arası Ulaştırma Payları.....	57
Şekil 6.1 : Havacılık Faaliyetlerinde Maliyet Kalemlerinin Oranları.....	63
Şekil 6.2 : Uçuş Menziline göre Yakıt Tüketim Payları.....	64
Şekil 6.3 : Farklı Yol Tipleri için Otobüs Ortalama Yakıt Tüketim Değerleri (L/100 km).....	69
Şekil 7.1 : Ankara-İstanbul Havayolu Mesafesi.....	76
Şekil 7.2 : Ankara-İstanbul Karayolu Mesafesi	76
Şekil 7.3 : 1. Senaryo için Ankara-İstanbul Arası Yolcu Taşımacılığı	81
Şekil 7.4 : 1. Senaryo için Enerji Tüketim Değerleri	85
Şekil 7.5 : 1. Senaryo için Enerji Tüketim Maliyetleri.....	85
Şekil 7.6 : 2. Senaryo için Ankara-İstanbul Arası Yolcu Taşımacılığı	87
Şekil 7.7 : 2. Senaryo için Enerji Tüketim Değerleri	90
Şekil 7.8 : 2. Senaryo için Enerji Tüketim Maliyetleri.....	90
Şekil 7.9 : 3. Senaryo için Ankara-İstanbul Arası Yolcu Taşımacılığı	92
Şekil 7.10 : 3. Senaryo için Enerji Tüketim Değerleri	95
Şekil 7.11 : 3. Senaryo için Enerji Tüketim Maliyetleri	95
Şekil 7.12 : Yolcu Taşımacılığı Tür Dağılımları	97
Şekil 7.13 : Yolcu Sayıları	98
Şekil 7.14 : Yolcu Sayısı Değişimleri	99
Şekil 7.15 : Sefer Sayısı Değişimleri	100
Şekil 7.16 : Enerji Tüketimi Değişimleri (TEP)	102
Şekil 7.17 : Enerji Tüketim Maliyeti Değişimleri	103

ANKARA-İSTANBUL ARASI YÜKSEK HIZLI DEMİRYOLUNUN SAĞLADIĞI ENERJİ TASARRUFU VE MALİYETLERİN DİĞER TÜRLER İLE KARŞILAŞTIRMALI OLARAK İNCELENMESİ

ÖZET

Gelişen teknoloji ve ekonomik imkanlar ile küreselleşen dünyada, artan nüfusla beraber hareketlilik de artmaktadır. Bu nüfus artışı ve hareketlilik ile enerji tüketimi de artmakta ve doğal kaynaklar artık yeterli gelmemeye başlamaktadır. Artan hareketliliği karşılayabilmek için ulaştırma sistemleri yapılmakta ve geliştirilmektedir. Ancak ulaşım faaliyetleri enerji tüketimini de beraberinde getirmektedir. Hem çevre hem de ekonomik boyutuyla ele alındığında, ulaştırma faaliyetleri, enerji tüketimi bakımından öne çıkan ve en fazla enerji tüketimi gerçekleştirilen sektörlerin başında gelmektedir. İnşaat, bakım ve onarım maliyetlerinin yanında dışsal maliyetleri ve özellikle enerji tüketim maliyetleri önemle üstünde durulması gereken konulardan biridir.

Bu bakımdan günümüzde, yüksek hızlı trenler elektrik enerjisi tüketimiyle daha çevreci ve ekonomik ulaşım sistemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca, hızlı, güvenli, dakik ve konforlu bir seyahat imkanı sağlayan yüksek hızlı trenler gün geçtikçe yolcu taşımacılığında önemli bir paya sahip olmaktadır. Daha fazla yolcuyu daha kısa sürede daha az enerji tüketerek taşıyan yüksek hızlı trenler bu sayede; zaman maliyetlerini, fosil yakıt tüketimlerini ve enerji maliyetlerini düşürmektedir.

Bu çalışmada, Ankara-İstanbul arası yolcu taşımacılığında, yolculuk dağılımlarının farklı durumları için oluşabilecek enerji tüketimleri ve maliyetleri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Özellikle 2014 senesinde yüksek hızlı trenin işleme girmesiyle beraber farklı ulaştırma türleri arasındaki rekabet artmış ve yolcu tercihlerini önemli ölçüde etkilemiştir. Yüksek hızlı trenler elektrik enerjisi tüketmesi sebebiyle de, ulaştırma faaliyetlerindeki enerji tüketim miktarlarını azaltarak hem çevreye hem ekonomimize fayda sağlamıştır.

Çalışmanın ilk kısmında, enerji kaynakları ve temininden bahsedilmiş ve dünyadaki enerji tüketimlerine ve sektörler göre dağılımlarına değinilmiştir. Tüketimlerden

kaynaklı emisyonlar ve sera gazı etkisi ortaya konulmuş, özellikle ulaştırma faaliyetlerinin zararlı gazların salınımına etkisi belirtilmiştir. Çevresel etkiler ve insan sağlığı açısından son derece zararlı olan bu emisyonların azaltımı için demiryolu ulaşımının yaygınlaştırılması gerekliliği üstünde durulmuştur. Aynı zamanda enerjide dışarıya bağımlı olan ve enerji tüketiminin büyük çoğunluğunu ulaştırma sistemlerine harcayan ülkemiz için de enerji tüketimlerinden bahsedilmiş olup, ulaştırmadaki enerji tüketimlerini ve maliyetlerini azaltmaya yönelik çalışmalardan olan yüksek hızlı trenlerin dünyadaki ve Türkiye'deki durumu ortaya konulmuştur.

Çalışmaya konu olan Ankara-İstanbul yüksek hızlı demiryolu projesi özelinde proje genel bilgileri, yolculuk durumları ve paylarından bahsedilmiş olup, hizmete açıldıktan sonra yolcu payını artırarak ilerleyen Ankara-İstanbul YHT hattı, günümüzde %15 ile yolcu taşımacılığında önemli bir pay sahibi olmuştur. Yüksek hızlı demiryolu işleme girdikten sonra diğer ulaşım türleriyle sürdürülebilir ve rekabetçi seviyeye gelmiştir. Havayolu ve karayolu tercihlerini etkilemiş, özellikle otobüs taşımacılığı önemli ölçüde düşüş göstermiştir. Yolculuk tercihlerindeki bu değişim, dolayısıyla enerji tüketimlerini etkilemiştir.

Enerji tüketimlerinin karşılaştırılabilmesi ve ülkemize getirdiği maliyetin değerlendirilebilmesi için her bir ulaştırma sisteminin özellikleri ortaya konulmuş ve birim enerji tüketim değerleri bulunmuştur. Çalışma kapsamında konvansiyonel trenlerin diğer ulaşım türleri ile rekabet edebilirliği göz önünde bulundurularak hesaplamalara katılmamış olup; yüksek hızlı tren, uçak, otobüs ve özel araç için ortalama birim enerji tüketimleri ve kullanılan enerjiye göre ortalama maliyetleri tespit edilmeye çalışılmıştır. YHT için elektrik enerjisi, uçak için jet yakıtı, otobüs ve özel araç için ise motorin üzerinden enerji tüketim miktarları ve maliyet hesaplamaları yapılmıştır.

Son kısımda, YHD payının %0, %15 ve %78 olması durumları için enerji tüketim miktarları ve maliyetleri hesaplanmıştır. Mevcut durumdaki yolcu taşımacılık payları %15 YHT, %33 havayolu, %22 otobüs ve %33 özel araç şeklinde dağılmış olup, çalışması yapılan durumlar için taşımacılık payları, mevcut durumdaki ağırlıkları oranında dağıtılarak elde edilmiştir. YHT'nin %0, %30 ve %78 yolcu taşımacılık payları için, öncelikle farklı ulaştırma türlerinin yolcu sayılarındaki değişimler hesaplanmış ve kullanılan araç tiplerine ve doluluk oranlarına göre iki şehir arasında gerçekleştirilmesi beklenen sefer sayılarındaki değişimler elde edilmiştir. Bu hesaplar

doğrultusunda, değişen sefer sayıları için enerji tüketimindeki ve enerji maliyetlerindeki azalış-artış miktarları ve tutarları tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Sonuç olarak yüksek hızlı demiryollarının payı arttıkça enerji tüketimimiz azalacak, enerji tüketiminin ülkemize getirdiği mali yük düşecektir. Bu bakımdan ülkemizde yüksek hızlı demiryolu ağının yaygınlaştırılması fikri vurgulanmış olup, devlet politikası olarak sürdürülmesi gerekliliği belirtilmiştir. Yüksek hızlı trenlerde yolcu tercihlerini artırabilmek adına neler yapılabileceği üzerine öneriler sunulmuştur.





ANALYSIS AND COMPARISONS OF ENERGY SAVINGS AND COSTS OF ANKARA-ISTANBUL HIGH SPEED RAIL WITH OTHER MODES IN PASSENGER TRANSPORTATION

SUMMARY

Mobility increases with the increasing population, in the globalizing world with the developing technologies and economic opportunities. With the growing population and interactivity the energy consumption increases and cause of depletion of natural energy sources and that is the reason why sources have been started to running low. For the reason, developing transportation systems are seen as a solution. However, transportation activities bring energy consumption with it. When considered in terms of both environmental and economic aspects, transportation activities are among the sectors that stand out in terms of energy consumption and realize the one of the most energy consumption. In addition to construction, maintenance, operation and acquisition costs, external costs, especially energy consumption costs are one of the issues that need to be emphasized.

In this regard, today, high speed trains are more environmentally friendly and economical transportation systems with their electrical energy consumption. Besides, due to providing fast, safe, punctual and comfortable travel, high speed trains are getting more important share in passenger transportation day by day. Thanks to this, high speed trains that carry more passengers in less time and consuming less energy, it reduces time costs, fossil fuel consumption and energy costs.

In this study, it is tried to reveal the energy consumption and costs that may occur for different situations of travel distribution in passenger transportation between Ankara and Istanbul. Especially, with put in the operation of the high speed train in 2014, competition between different types of transportation increased and passenger preferences significantly affected. Due to electrical energy consumption, high speed trains reduced energy consumption in transportation activities and provide benefits both environment and country economy.

In first part of the study, it is talked about energy sources and supply and then energy consumption and distribution according to industries in the world. Emissions and greenhouse affects due to energy consumptions are revealed and it is indicated that impacts of emissions of harmful gases especially transportation activities. It is emphasized that the necessity of generalize the railway transportation in terms of reduction of the emissions which are so harmful as environmental affects and health of human. At this time, talked about our country which import energy from overseas and uses the imported energy to transportation systems. Also talked about way to reduce energy consumption and costs of high speed trains in Turkey and the world.

Subject to study, the project general information, travel conditions and shares have been mentioned in specific to the Ankara-Istanbul high-speed railway project, and the Ankara-Istanbul high speed train line, which has been progressing by increasing the passenger share after being put into service, has a significant share in passenger transportation with 15% today. This railway has been become sustainable and competitive with other transportation methods which roads and airlines after took into operation in 2014. After high speed railway, has been seen to decrease preferences of airlines and roads, especially uses rate of bus dramatically decrease. Thus, affect positively energy consumption.

Comparison of energy consumption and evaluation costs have been showed for each transportation system and also talked unit energy consumption values. In this context, considering the competitiveness of conventional trains with other modes of transport, conventional trains are not included for the calculations. The unit energy consumptions and average costs according to energy type are tried to established for high speed train, airplane, bus and private car. Energy consumption and cost calculations have been made on electric energy for YHT, jet fuel for aircraft, diesel for buses and private cars.

In the last part, energy consumption quantities and costs are calculated according to share of high speed rail as %0, %30 and %78 for passenger transportation. In current situation, the share of passenger transportation modes between Ankara and Istanbul are, %15 HSR, %30 airway, %22 bus transportation and %33 private car. Then firstly, the passenger transportation sharing distributed in proportion to their current situation when HSR share ise %0, %30, %78. According to calculated distribution, change of number of passengers and number of trips according to transportation modes and occupancy rates which are expected to happen are calculated between two cities. In

line with these calculations, for change of number of trips, it is tried to estimated energy consumptions and costs increase/decrease rates for different transport rates of Ankara-Istanbul. It showed that when high speed railway preferred, energy costs and consumption decreased.

In conclusion, when share of high speed railway increased, energy consumption, costs and financial burden on our country will be decreased. That is the reason why the idea of building high speed railways all around the country was emphasized and should be maintained as a state policy. In order to increase passenger preferences in high speed trains, suggestions were given about what can be done.





1. GİRİŞ

Dünya’da ulaştırma etkinliklerinde karayoluna ve havayoluna ilave olarak bugün gelinen noktada demiryollarının da önemli bir katkısı bulunmaktadır. Özellikle demiryolu teknolojisinde gerçekleştirilen atılımlar sayesinde yüksek hızlı taşımacılığa geçilmesi, demiryollarının ulaştırmadaki payını gittikçe arttırmaktadır. Kısa tanımla 250km/saat ve üzeri hız yapabilen trenler yüksek hızlı trenler olarak adlandırılmaktadır. Uygun hatların tasarlanmasıyla bu oran 350km/saat hızlara ulaşabilmektedir. Erişilen bu hızlar yüksek hızlı demiryollarını diğer ulaştırma türleri içinde rekabetçi konuma getirmiş hatta bazı durumlarda havayollarının bile önüne geçirmeye başlamıştır. Gelişmiş ülkeler hızlı, konforlu, ekonomik, güvenli ve çevre dostu ulaştırma sistemleri üzerinde durmakta ve en iyi çözüme ulaşmak için çalışmaktadırlar. Yüksek hızlı demiryolları istenen özelliklere en uygun sonuçları verebilen bir sistem olarak ulaştırma sistemleri içinde yerini almaktadır. Diğer ulaştırma sistemleri içindeki payı giderek artmaktadır (Öztürk, 1999b).

Artan nüfus ve hareketlilikle birlikte karayolu ve havayolu ulaşım sistemleri, oluşan seyahat taleplerini karşılamakta zorlanmaktadır. Oluşan talebin karşılanabilmesi için taşımacılık faaliyetlerinin çok fazla sayıda araçla ve yüksek enerji tüketimleriyle gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Ulaştırma faaliyetlerinin; altyapı inşaat maliyetleri, işletme maliyetleri, araç satın alımı ve bakım maliyetleri gibi temel maliyetlerinin yanında bu faaliyetlerin oluşturmuş olduğu dışsal maliyetleri de bulunmaktadır. Ulaştırma planlaması yapılırken dikkat edilmesi gereken ve zaman içerisinde önemli boyutlara ulaşan bu maliyetler; CO2 emisyonlarından kaynaklı hava kirliliği, arazi kullanımı, gürültü kirliliği, trafik sıkışıklığı, kazalar, iklim değişikliği ve enerji tüketimi maliyetleri vb. olarak özetlenebilir. Ulaştırma türleri için, enerji tüketimi önemli bir maliyet kalemi olmakta olup enerji tüketimine bağlı olarak hava kirliliği, solunum yolu hastalıkları, iklim değişikliği gibi birçok olumsuz durumu ve maliyeti de dolaylı olarak ortaya çıkarmaktadır. Bu açıdan bakıldığında, yüksek hızlı demiryolları taşıma kapasitesinin yüksekliğiyle ön plana çıkmakta ve bu soruna daha fazla kişiyi çok daha düşük ve

çevre dostu enerji tüketimiyle çözüm olabilmektedir. Yüksek hızlı demiryolları, karayoluna ve havayoluna göre çok daha düşük CO2 emisyonuyla çevre dostu ulaşım türüdür. Düşük enerji tüketimi ve çevresel etkileri daha az olmakla birlikte, zamandan da tasarruf ettirerek zaman maliyetlerini düşürmektedir. Daha kısa sürede daha fazla yolcu taşıma kapasitesi ve kaza oranlarının düşük olması sebebiyle hem güvenli yolculuk imkanı sağlamakta hem de kazalardan kaynaklı oluşacak maliyetleri de aza indirmektedir. Ayrıca karayoluna kıyasla arazi kullanımını da azaltarak toprağın daha verimli kullanılmasının önünü açmaktadır. Hava koşullarından daha az etkilenmesi sebebiyle de karayolu ve havayolu taşımacılığına göre ayrıca avantaj sağlamaktadır. Birçok bakımdan incelendiğinde avantajlarıyla ön plana çıkan yüksek hızlı demiryolları için Japonya 1964'te Shinkansen hatlarıyla ve Avrupa ülkeleri 1980'lerin başlarında açtığı hatlarla bu alanda ciddi atılımlar yapmışlardır. Ülkemiz de geç kalmış olmakla birlikte 2000'li yılların başlarından itibaren girişimlerde bulunmuş ve çalışmalarına hız vermiştir. Bu kapsamda TCDD'nin yatırım planlamasında birçok hat bulunmaktadır.

Her ne kadar Türkiye'de yüksek hızlı tren kavramı yeni olsa da demiryolları tecrübesi eskilere dayanmaktadır. Osmanlı topraklarında demiryolunun tarihi, 1851 yılında Kahire-İskenderiye demiryolu hattının imtiyazının verilmesiyle, bugünkü milli sınırlarımız içindeki demiryollarının tarihi ise 1856 yılında 130 km'lik İzmir-Aydın demiryolu hattının imtiyazının verilmesiyle başlar. Osmanlı Dönemi'nde yapılan 8.619 km'lik demiryolunun 4.136 km'lik bölümü mevcut milli sınırlarımız içerisinde (TCDD Faaliyet Raporu, 2018). Milli Mücadele yıllarında demiryolunun ordumuza sağladığı katkılar da göz önünde bulundurulduğunda, Cumhuriyetimizin ilk yıllarında demiryolu yapımı devlet politikası olarak benimsenmiş ve ülkeyi demir ağlarla örme hedefiyle ulaştırma planlamamızın ana eksenini oluşturmuştur. Ancak 1950'li yıllara gelindiğinde, Dünya çapında artan otomobil kullanımı ve karayolu tercihi eğilimi ile beraber, Türkiye'de de radikal kararlar verilmiş ve demiryolu yatırımlarının yerini karayolu yatırımları almaya başlamıştır. 2000'li yıllara kadar süren bu strateji, 2000'li yılların başlarından itibaren TCDD'nin bütçedeki payındaki artışlarla birlikte yeniden devlet politikası haline getirilmiştir. Yatırım programları çerçevesinde hem konvansiyonel hem de çağın gerekliliklerine uygun yüksek hızlı tren hatları hızla inşa edilerek faaliyete geçirilmeye başlanmıştır.

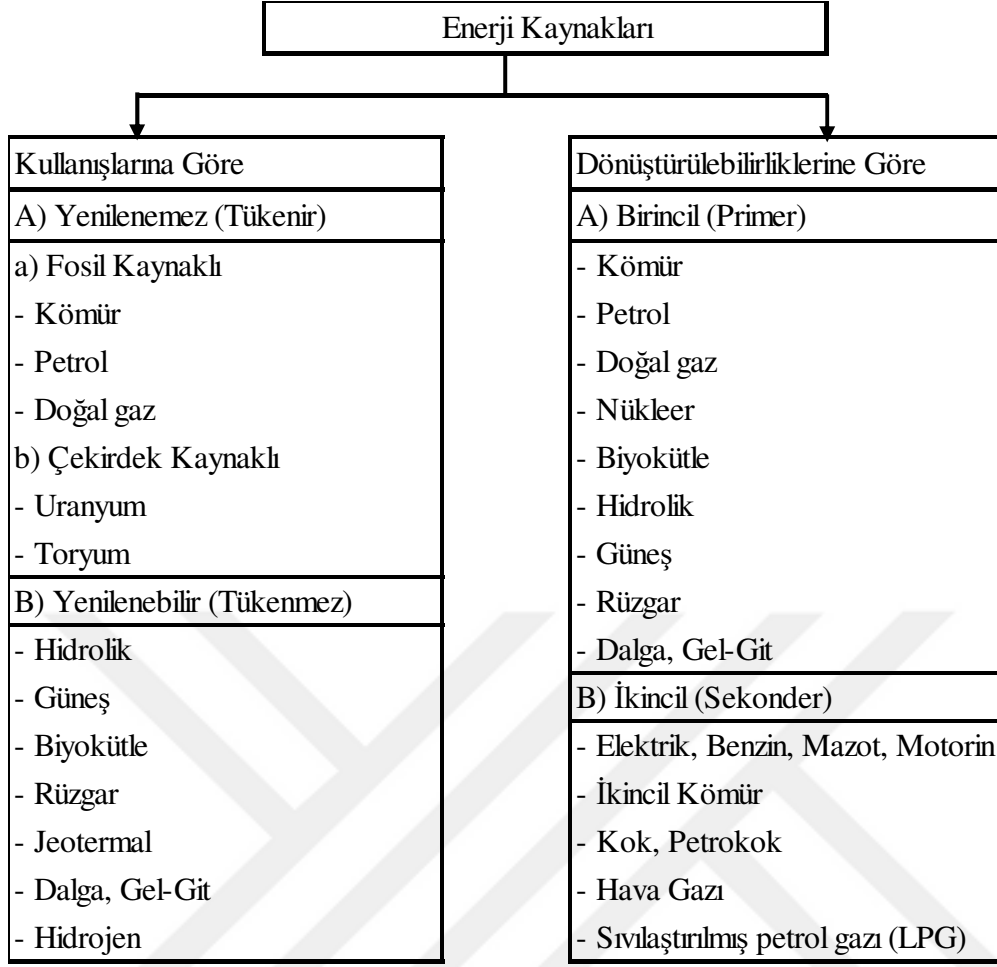
Bu tez çalışmasında, ülke geneli demiryolu atılımı ve yatırım politikaları kapsamında iki etap halinde yapılan ve inşaat çalışmaları ufak kesimlerin haricinde tamamlanarak 2014 yılında kullanıma açılmış olan Ankara-İstanbul arası YHT hattı incelenecek olup, ulaştırma türlerinin yolcu taşımacılığındaki payları ölçüsünde enerji tüketimleri elde edilerek YHT'nin bu anlamda sağladığı kazanımlar incelenecektir. Enerji tüketim değerleri; YHT, havayolu ve karayolu (otobüs ve özel araç) taşımacılığındaki yolcu paylarının oranları, mevcut durumdaki ağırlıkları oranında değiştirilerek farklı yüzdeler için tekrar yapılacak ve bu değişimlerin enerji tüketimlerine nasıl yansıtacağı, ülkemize sağlayacağı enerji tasarrufu ve mali kazanımlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmeye çalışılacaktır.





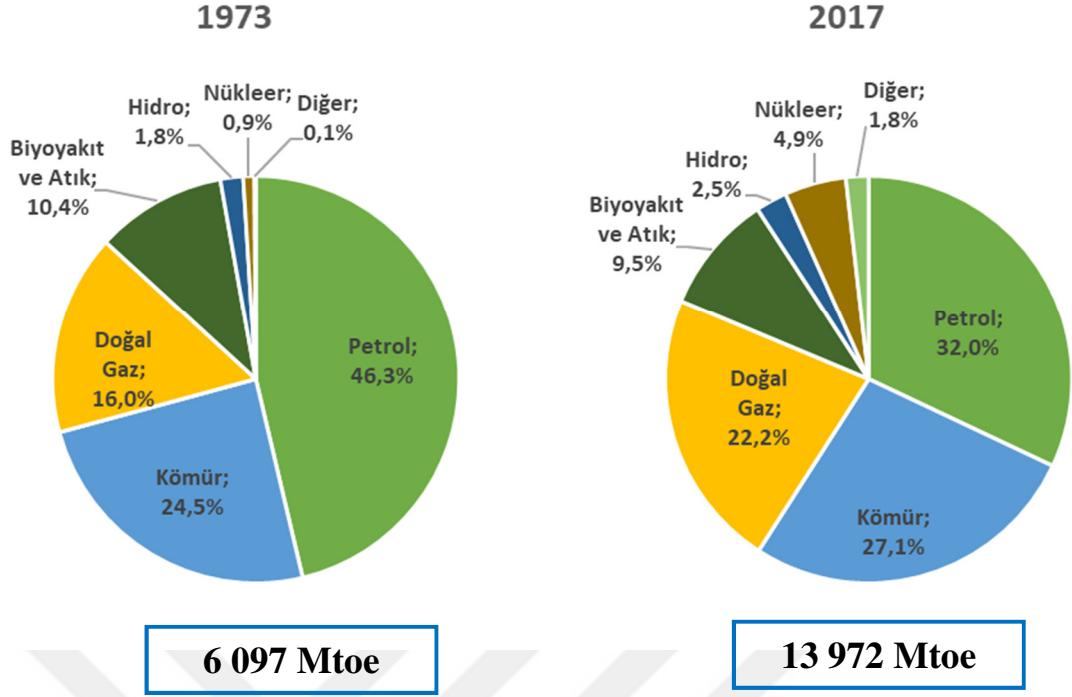
2. ENERJİ KAYNAKLARI VE TEMİNİ

Gelişmekte olan ülkelerdeki hızlı nüfus artışı ve sanayileşme enerjiye olan talebin hızla artmasına neden olmaktadır. Enerji, üretimde zorunlu bir üretim faktörü olup bir ülkenin ekonomik ve sosyal kalkınma potansiyelini göstermede ana unsurlardan biridir. Enerji tüketimi ile sosyal kalkınma arasında doğrudan bir ilişki vardır ve ekonomik gelişme ve refah seviyesinin artışıyla enerji tüketiminin de arttığı görülmektedir. Günlük yaşamda her aşamada kullanımı olan enerji; kimyasal, nükleer, mekanik (potansiyel ve kinetik), termal (ısı), jeotermal, hidrolik, güneş, rüzgar, elektrik enerjisi gibi formasyonlarda bulunabilmekte ve uygun yöntemlerle birbirine dönüştürülebilmektedir. Enerji kaynakları, kullanılışlarına göre yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları olarak ikiye ayrılırken; dönüştürülebilirliklerine göre birincil ve ikincil enerji kaynakları sınıflandırılmaktadırlar. Bu durum Şekil 2.1.'de gösterilmektedir (Koç ve Şenel, 2013).



Şekil 2.1 : Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması.

Dünya’da birincil enerji kaynaklarına göre enerji temini Şekil 2.2’de gösterilmektedir (IEA, 2019).



Şekil 2.2 : Dünya’da Birincil Enerji Kaynaklarına göre Enerji Temini.

Gelişmekte olan ülkeler sınıflandırmasında bulunan ülkemizin de enerji ihtiyacı gün geçtikçe artmaktadır. Ancak bu talebe karşılık ülkemizin enerji kaynakları yeterli gelmemekte ve dışardan temin ile enerji ihtiyacı karşılanmaktadır.

2.1 Türkiye’de Enerji Kaynakları ve Temini

Türkiye’de birincil enerji üretimi için ağırlıklı olarak kömür ve yenilenebilir enerji kaynaklarından (hidrolik, biyokütle, rüzgar, güneş ve jeotermal) sağlanmakla beraber bunların yanı sıra petrol ve son zamanlarda artan bir şekilde doğalgazdan karşılanmaktadır. Ülkemizde hemen her çeşit enerji kaynağı bulunmakla beraber linyit kömürü ve hidrolik enerji haricinde diğer enerji kaynakları ülke talebini karşılamaktan bir hayli uzaktır (ETKB, 2006).

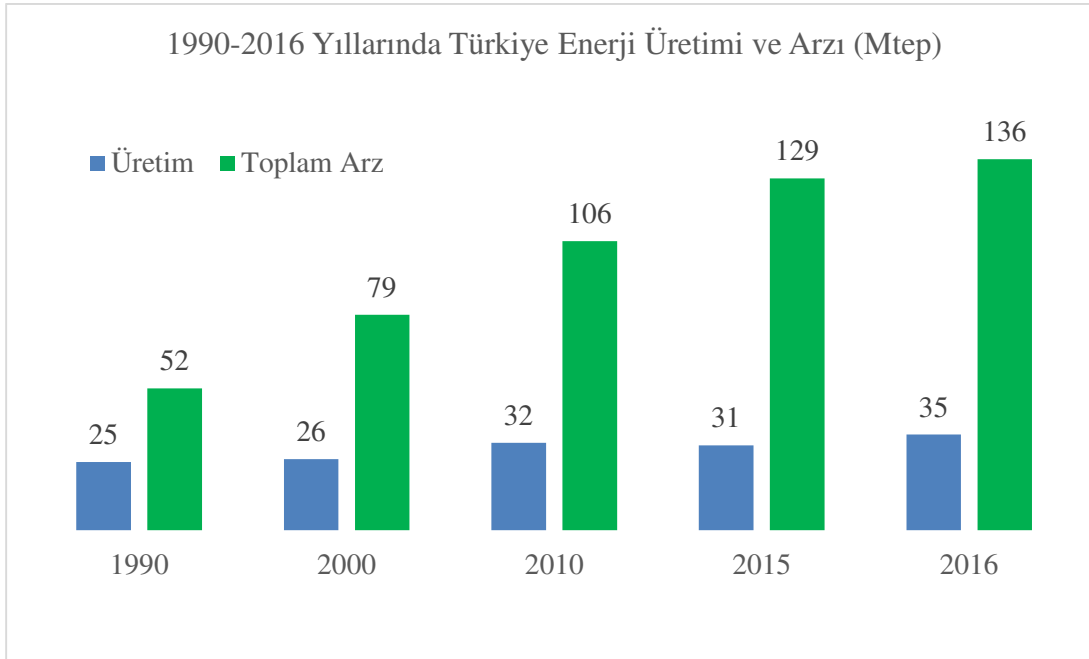
Ülkemizdeki birincil enerji üretiminin yerel kaynaklar bazındaki payları 2018 yılı sonu verilerine göre Çizelge 2.1’deki gibi gerçekleşmiştir (ETKB, 2019).

Çizelge 2.1 : 2018 Yılı Türkiye Yerel Enerji Arzları ve Oranları.

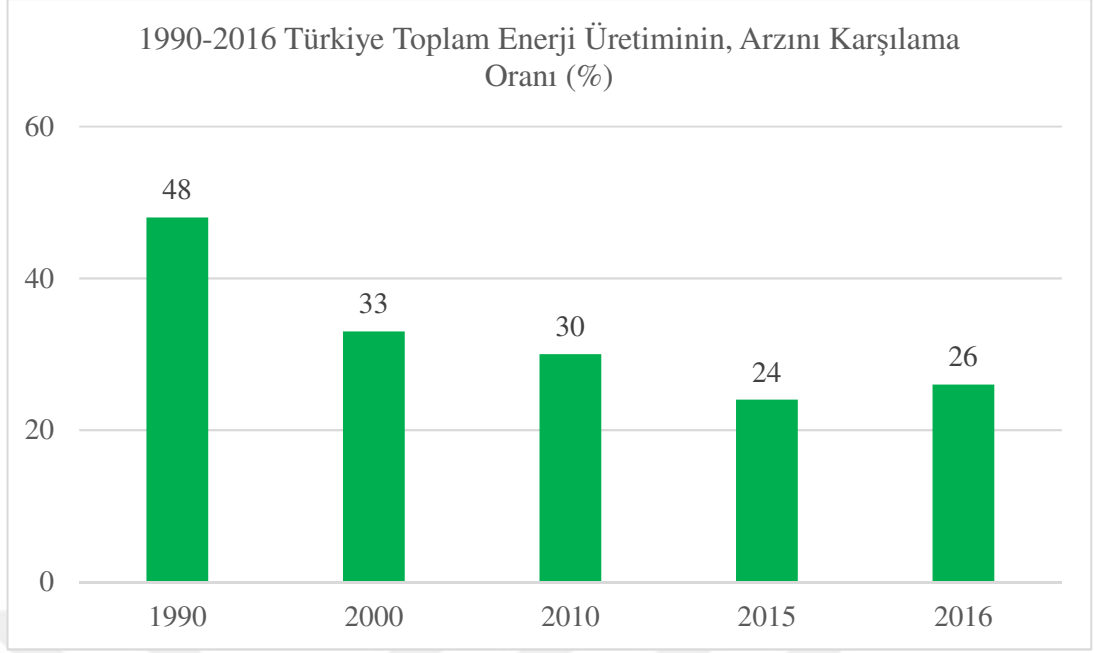
Enerji Arzı Türü	Bin TEP	%
Taş Kömürü	655	1,7%
Linyit	15.122	38,1%
Asfaltit	770	1,9%
Petrol	2.994	7,5%
Doğalgaz	359	0,9%
Biyoenerji ve Atıklar	3.014	7,6%
Hidrolik	5.155	13,0%
Rüzgar	1.716	4,3%
Jeotermal	8.343	21,0%
Güneş	1.547	3,9%
Toplam	39.675	100,0%

Türkiye'nin toplam enerji arzı 2018 yılında 143.666 Bin TEP olarak gerçekleşmiş olup yerel enerji arzının toplam arzı karşılama oranı %27,6 olarak gerçekleşmiştir.

EİGM'nin (Enerji İşleri Genel Müdürlüğü) verilerine göre Türkiye'de 1990 ve 2016 yılları arası toplam enerji üretimi ve toplam enerji arzları Şekil 2.3'te verilmiştir. Bu miktarlara göre enerji üretimimizin toplam enerji ihtiyacımızı karşılama oranları da Şekil 2.4'te gösterilmiştir (Koçak, 2018).



Şekil 2.3 : Türkiye'de Toplam Enerji Üretimi ve Enerji Arzı.



Şekil 2.4 : Türkiye’de Enerji Üretiminin Enerji Tüketimini Karşılama Oranları.

Yukarıdaki tablolardan da açıkça görüleceği üzere Türkiye’nin enerji ihtiyacı artmakta ancak yerel üretim bu ihtiyacı karşılayamamakta, enerjide dışa bağımlılık artmaktadır. Bu bakımdan alternatif enerji kaynaklarına yönelmenin önemi ortaya çıkmakta, fosil yakıt tüketiminden uzaklaşarak daha çevreci ve yenilenebilir enerji kaynaklarına önem verme ve yatırım yapma gerekliliği bulunmaktadır.

Özellikle tükenen fosil yakıtlar olan fosil yakıtların önümüzdeki 100 yıl içerisinde tükeneceği öngörülmektedir. Bu bakımdan, elektrik enerjisi üretimi ve özellikle ulaştırma sistemleri bünyesinde kullanımı çağımızda önem kazanmaktadır. Ancak ikincil enerji kaynağı olan elektrik üretimi de tamamen yenilenebilir kaynaklarla sağlanamamaktadır.

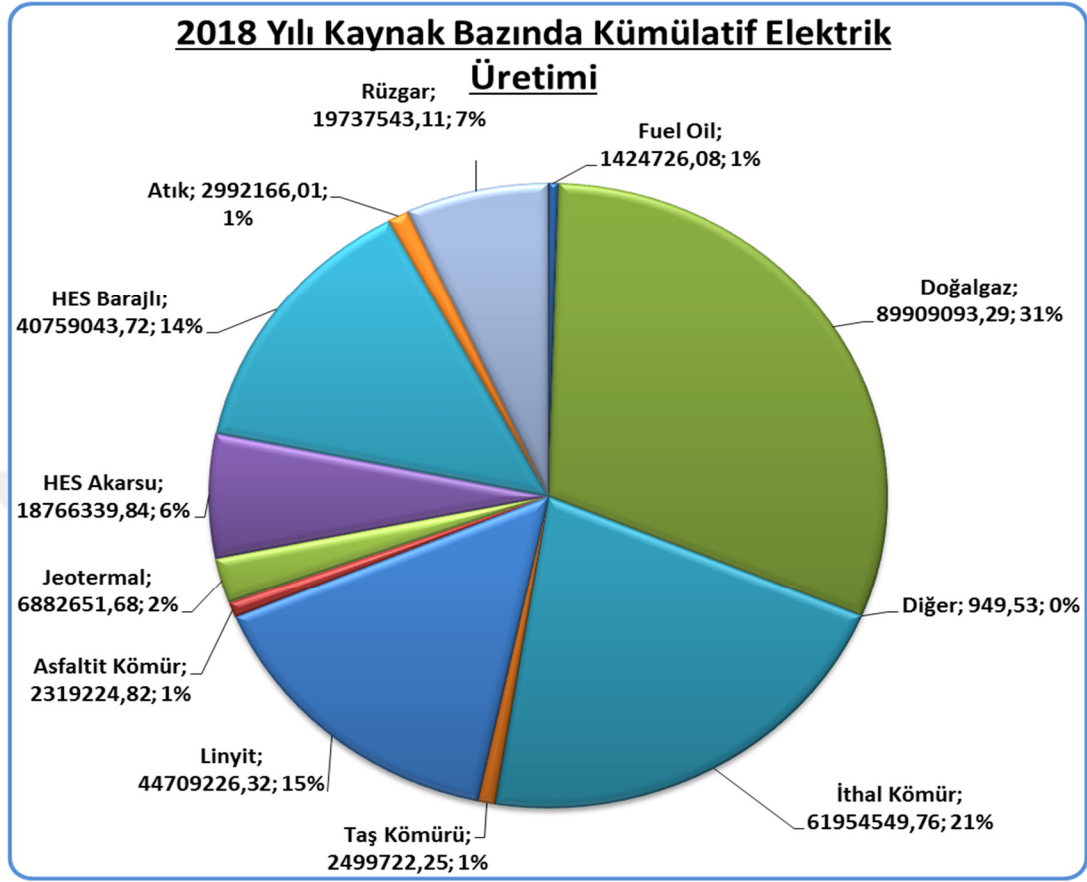
2.2 Türkiye’de Elektrik Enerjisi Üretimi

Türkiye’de elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı incelendiğinde, 1984-2017 yılları arasında termik santraller payının %56,1’den %71,2 seviyesine yükseldiği, buna karşılık yenilenebilir enerji kaynaklarının payının %43,9’dan %28,8’e gerilediği gözlemlenmektedir. Bu değişimde göze çarpan nokta doğalgaz payının çok hızlı artması, hidrolik enerji payının ise azalmasıdır. İthal kömürden elektrik üretiminin payı artarken kömürden toplam elektrik üretimi payı azalma göstermiştir. Bu durum Şekil 2.5’te gösterilmiştir (Türkyılmaz ve Bayrak, 2018).

	Kömür		Petrol Ürünleri		Doğal Gaz		Atık		Termik		Hidrolik		Rüzgar + Jeotermal + Güneş		Yenilenebilir		Toplam
	Gwh	Pay (%)	Gwh	Pay (%)	Gwh	Pay (%)	Gwh	Pay (%)	Gwh	Pay (%)	Gwh	Pay (%)	Gwh	Pay (%)	Gwh	Pay (%)	Gwh
1984	10118	33,1%	7047	23,0%	0	0,0%	0	0,0%	17165	56,1%	13426	43,9%	22	0,1%	13448	43,9%	30614
1985	15028	43,9%	7082	20,7%	58	0,2%	0	0,0%	22168	64,8%	12045	35,2%	6	0,0%	12051	35,2%	34219
1986	19437	49,0%	7001	17,6%	1341	3,4%	0	0,0%	27779	70,0%	11873	29,9%	44	0,1%	11916	30,0%	39695
1987	17654	39,8%	5496	12,4%	2528	5,7%	0	0,0%	25677	57,9%	18618	42,0%	58	0,1%	18676	42,1%	44353
1988	12487	26,0%	3305	6,9%	3240	6,7%	0	0,0%	19031	39,6%	28950	60,3%	68	0,1%	29018	60,4%	48049
1989	20270	38,9%	4248	8,2%	9524	18,3%	0	0,0%	34041	65,4%	17940	34,5%	63	0,1%	18002	34,6%	52043
1990	20181	35,1%	3942	6,9%	10192	17,7%	0	0,0%	34315	59,6%	23148	40,2%	80	0,1%	23228	40,4%	57543
1991	21562	35,8%	3293	5,5%	12589	20,9%	38	0,1%	37482	62,2%	22683	37,7%	81	0,1%	22764	37,8%	60246
1992	24571	36,5%	5273	7,8%	10814	16,1%	47	0,1%	40705	60,4%	26568	39,5%	70	0,1%	26638	39,6%	67342
1993	23760	32,2%	5175	7,0%	10788	14,6%	56	0,1%	39779	53,9%	33951	46,0%	78	0,1%	34029	46,1%	73808
1994	28235	36,0%	5549	7,1%	13822	17,6%	51	0,1%	47657	60,8%	30586	39,1%	79	0,1%	30665	39,2%	78322
1995	28047	32,5%	5772	6,7%	16579	19,2%	222	0,3%	50620	58,7%	35541	41,2%	86	0,1%	35627	41,3%	86247
1996	30414	32,1%	6540	6,9%	17174	18,1%	175	0,2%	54303	57,2%	40475	42,7%	84	0,1%	40559	42,8%	94862
1997	33860	32,8%	7157	6,9%	22086	21,4%	294	0,3%	63397	61,4%	39816	38,5%	83	0,1%	39899	38,6%	103296
1998	35688	32,1%	7923	7,1%	24838	22,4%	255	0,2%	68703	61,9%	42229	38,0%	91	0,1%	42320	38,1%	111022
1999	37031	31,8%	8080	6,9%	36346	31,2%	205	0,2%	81661	70,1%	34678	29,8%	101	0,1%	34779	29,9%	116440
2000	38186	30,6%	9311	7,5%	46217	37,0%	220	0,2%	93934	75,2%	30879	24,7%	109	0,1%	30988	24,8%	124922
2001	38418	31,3%	10366	8,4%	49549	40,4%	230	0,2%	98563	80,3%	24010	19,6%	152	0,1%	24162	19,7%	122725
2002	32149	24,8%	10744	8,3%	52497	40,6%	174	0,1%	95563	73,9%	33684	26,0%	153	0,1%	33837	26,1%	129400
2003	32253	22,9%	9196	6,5%	63536	45,2%	116	0,1%	105101	74,8%	35330	25,1%	150	0,1%	35480	25,2%	140581
2004	34448	22,9%	7670	5,1%	62242	41,3%	104	0,1%	104464	69,3%	46084	30,6%	151	0,1%	46235	30,7%	150698
2005	43193	26,7%	5483	3,4%	73445	45,3%	122	0,1%	122242	75,5%	39561	24,4%	153	0,1%	39714	24,5%	161956
2006	46650	26,5%	4340	2,5%	80691	45,8%	154	0,1%	131835	74,8%	44244	25,1%	221	0,1%	44465	25,2%	176300
2007	53431	27,9%	6527	3,4%	95025	49,6%	214	0,1%	155196	81,0%	35851	18,7%	511	0,3%	36362	19,0%	191558
2008	57716	29,1%	7519	3,8%	98685	49,7%	220	0,1%	164139	82,7%	33270	16,8%	1009	0,5%	34279	17,3%	198418
2009	55685	28,6%	4804	2,5%	96095	49,3%	340	0,2%	156924	80,6%	35958	18,5%	1931	1,0%	37889	19,4%	194813
2010	55046	26,1%	2180	1,0%	98144	46,5%	458	0,2%	155828	73,8%	51796	24,5%	3585	1,7%	55380	26,2%	211208
2011	66218	28,9%	904	0,4%	104048	45,4%	469	0,2%	171638	74,8%	52339	22,8%	5418	2,4%	57757	25,2%	229395
2012	68013	28,4%	1639	0,7%	104499	43,6%	721	0,3%	174872	73,0%	57865	24,2%	6760	2,8%	64625	27,0%	239497
2013	63786	26,6%	1739	0,7%	105116	43,8%	1171	0,5%	171812	71,5%	59420	24,7%	8921	3,7%	68342	28,5%	240154
2014	76263	30,3%	2145	0,9%	120576	47,9%	1433	0,6%	200417	79,5%	40645	16,1%	10902	4,3%	51546	20,5%	251963
2015	76166	29,1%	2224	0,8%	99219	37,9%	1758	0,7%	179366	68,5%	67146	25,6%	15271	5,8%	82417	31,5%	261783
2016	92273	33,6%	1926	0,7%	89227	32,5%	2372	0,9%	185798	67,7%	67231	24,5%	21379	7,8%	88610	32,3%	274408
2017	97561	33,0%	1971	0,7%	108169	36,6%	2797	0,9%	210498	71,2%	58450	19,8%	26563	9,0%	85013	28,8%	295511

Şekil 2.5 : Türkiye’de Elektrik Enerji Üretiminin Kaynaklara göre Dağılımı.

EİGM'nin 2018 yılı sonu verilerine göre Türkiye'nin elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre dağılımı ise Şekil 2.6'da gösterilmiştir (ETKB, 2018-52. Hafta).



Şekil 2.6 : Türkiye'de Elektrik Enerjisi Üretimi 2018 (MWh).

Çalışmanın ilerleyen kısımlarında, bu enerji kaynaklarının ve üretimin tüketime dönüşümü ve ulaştırma ölçeğinde incelenmesi verilecektir.



3. ULAŞTIRMADA ENERJİ TÜKETİMİNİN İNCELENMESİ

Dünya nüfusunun artması, teknolojik gelişmelerin hızlanmasıyla beraber insan hareketliliği giderek artmaktadır. Bu hareketliliği karşılayabilmek için ulaştırma sistemlerinde de sürekli yenilikler ve iyileştirmeler gerçekleştirilmektedir. Çünkü artan popülasyon ve bunun getirdiği hareketlilik beraberinde enerji tüketimini de artırmaktadır.

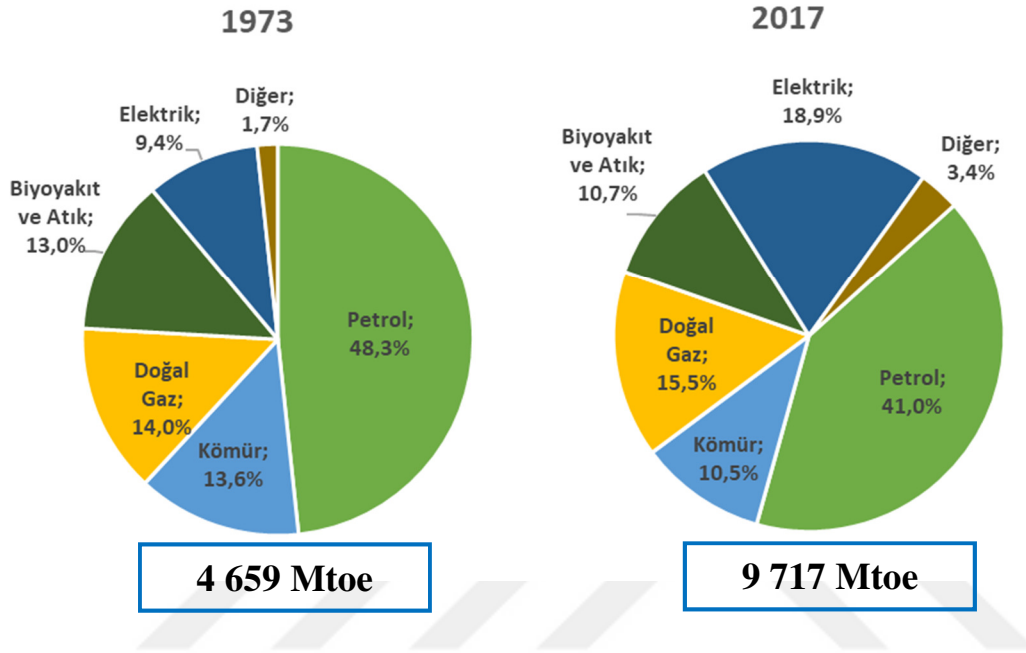
Artan enerji ihtiyacına rağmen, kaynakların kısıtlı olması ve azalması enerjinin her alanda daha verimli şekilde kullanılması zorunluluğunu getirmektedir (Yüksel ve Öztürk, 2018).

Ulaştırma sektörünün de en önemli parametrelerinden biri enerji tüketimidir. Dünya’da tüketilen enerjinin önemli bir kısmı ulaştırma sistemleri tarafından tüketilmektedir. Kaynakların sınırlı ve maliyetlerin yüksek olması sebebiyle de her ulaştırma sistemi için tüketimi azaltacak yöntemler geliştirilmeye çalışılmaktadır. İnsanoğlu daha az tüketimin ve daha etkin ulaştırma sistemlerinin arayışını sürdürmektedir. Bu sayede ulaştırmanın enerji maliyetleri düşürülecek ve düşük CO2 emisyonuyla da çevreye daha az olumsuz etki bırakılacaktır. Bu açılarından bakıldığında raylı sistem teknolojilerinin ve yüksek hızlı trenlerin taşımacılıktaki paylarının artırılması yönünde çalışmalar yapılmaktadır.

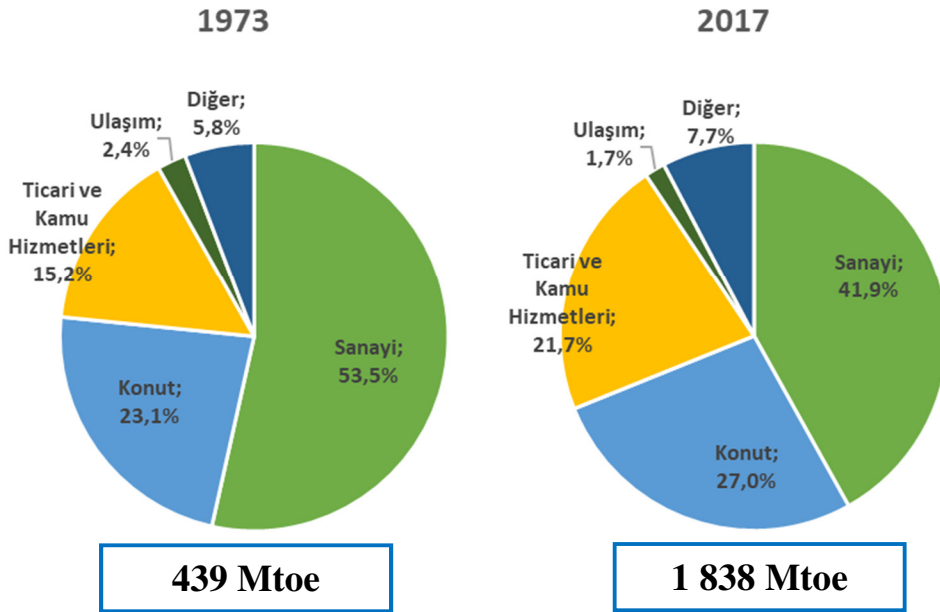
3.1 Dünya’da Ulaştırma ve Enerji Tüketimi

Enerji tüketiminin en çok gerçekleştiği alanlar endüstri, ulaşım ve evlerde tüketilen enerjilerdir. Nüfus artışlarıyla birlikte enerjiye olan ihtiyaç ve tüketim miktarı da her geçen gün artmaktadır. Dünya’daki enerji tüketimi ve bunların dağılımlarına baktığımızda, yıllar içinde enerji tüketimi konusundaki artışlar gerçekleştiğini görmekteyiz. IEA (Uluslararası Enerji Ajansı) verilerine göre, 1973 yılında dünya genelinde 4.659 Mtoe (milyon ton eşdeğer petrol) iken 2017 yılında bu miktar 9.717 Mtoe düzeyine gelmiştir. Şekil 3.1’de de görüleceği üzere 1973 yılında tüketilen enerjinin %61,9’luk kısmı petrol ve kömürden üretilen enerjiler oluşturmaktayken, bu oran 2017 yılında 51.5 düzeylerine gerilemiştir. Elektrik enerjisinin tüketiminin de

yaklaşık iki katına çıkmış olduğu görülmektedir. Ayrıca Şekil 3.2’de inceleneceği üzere, elektrik enerjisi tüketimi de 1973 yılında 439 Mtoe iken, 2017 yılı verilerine göre bu miktar 1.838 seviyesine ulaşmıştır. Petrol ve diğer fosil yakıt üretimlerinin ve tüketimlerinin azalmasından da anlaşılacağı üzere Dünya’da daha çevreci ve daha ekonomik enerji tüketme eğilimi olduğu gözlenmektedir (IEA, 2019).



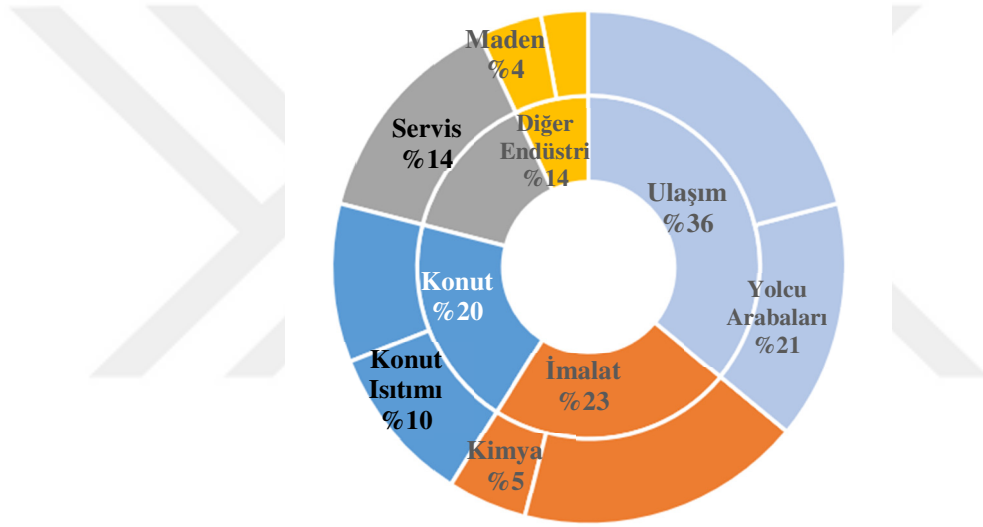
Şekil 3.1 : 1973 ve 2017 Toplam Nihai Enerji Tüketim Paylaşımaları.



Şekil 3.2 : 1973 ve 2017 Sektörlere Göre Nihai Elektrik Enerjisi Tüketim Paylaşımaları.

Bu enerji tüketimleri içinde ulaşım faaliyetlerinin büyük önemi vardır. Artan nüfus, gelişen teknoloji ile beraber ulaştırmanın talepleri de artmıştır. Ayrıca gelişen ekonomilerle birlikte özel araç sahipliğinin artmış olması da ulaştırma tipleri içinde karayolu taşımacılığının payını korumasını sağlamaktadır. Ülkelerin bireysel veya diğer ülkelerle iş birliği içinde hayata geçirdikleri ulaşım projeleri ve yatırımları da toplam enerji tüketimi içinde ulaştırmanın payını artırmaktadır.

IEA'nın enerji tüketimi etkililik trendleri 2016 verilerine göre ulaştırma sektörü %36 lık pay ile enerji tüketiminde en önemli paya sahiptir. Ardından endüstri sektörü ve evsel kullanım gelmektedir ve sektörler arası dağılımlar şekil 3.3. te verilmiştir (IEA, 2018).



Şekil 3.3 : Toplam Tüketilen Enerjinin Sektörlere Göre Dağılımı, 2016 Yılı.

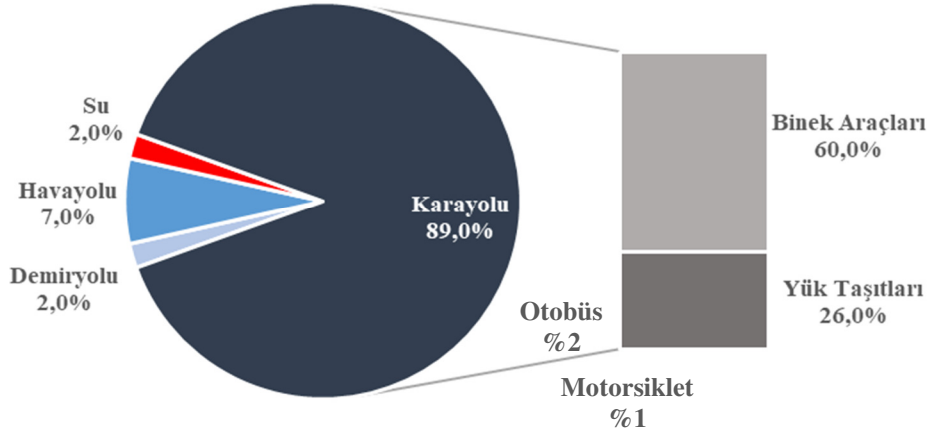
Ayrıca ulaştırma sektörü içinde farklı ulaşım yöntemleriyle gerçekleştirilen yolcu ve yük taşıma oranları Şekil 3.4'te gösterilmiştir (IEA ve UIC, 2017). Taşımacılık faaliyetlerinden kaynaklı enerji tüketiminin oranları ise Şekil 3.5'te gösterilmektedir. Buradan da anlaşılacağı üzere karayolu ile gerçekleştirilen faaliyetlerin, ulaştırmada enerji tüketiminde ciddi oranda hakimiyeti bulunmaktadır (IEA, 2018).

	Yolcu PKM	Yük TKM	Toplam TU
Karayolu	79.6%	20.2%	35.1%
Havacılık	13.7%	0.7%	4.0%
Denizyolu	-	72.2%	54.0%
Demiryolu	6.7%	6.9%	6.9%

Not: Denizyolu ulaşımı sadece yük taşımacılığı için tesis edilmiştir.

Kaynak: IEA tarafında yapılan detaylandırma IEA 2017b, UIC 2016a ve UNCTAD 2016 baz alınarak yapılmıştır.

Şekil 3.4 : Yolcu ve Yük Taşımacılığı Oranları, 2015 Yılı.



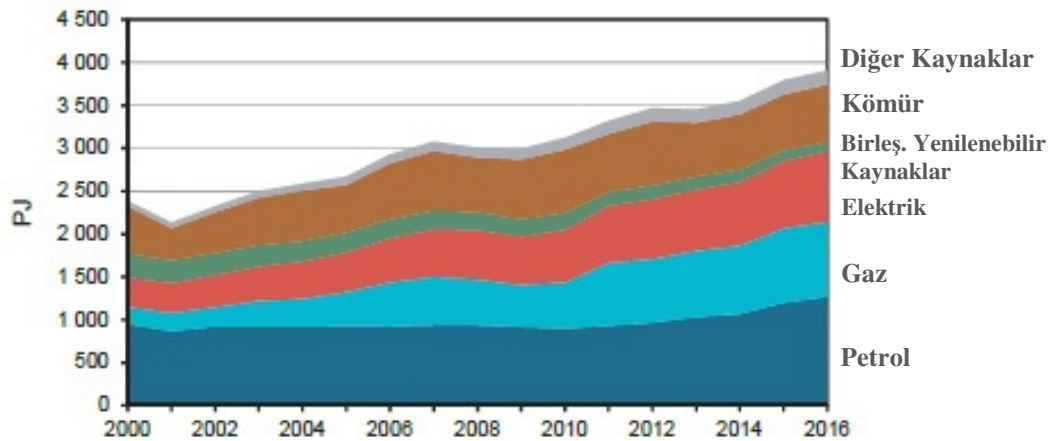
Şekil 3.5 : Dünya'da Ulaştırmada Enerji Tüketimi, 2016.

Ulaştırma sektöründeki yüksek enerji tüketimini azaltmaya yönelik daha ekonomik ve çevreci araçlar ve ulaşım sistemleri çalışmaları sürekli olarak devam etmektedir. Daha az yakıt tüketene ve CO2 emisyonu sağlayan motorların üretimi, elektrikli araç üretimi ve yaygınlaştırılması, şehir içi raylı sistemler ve şehirlerarası yüksek hızlı tren hatları bunlardan birkaçıdır. Yukarıdaki şekillerden de görüldüğü üzere, enerji tüketiminde elektrik enerjisinin payı zaman içinde artış göstermiştir. Ulaştırmadan kaynaklı elektrik enerjisi tüketimi pek değişiklik göstermese de artan ulaşım talepleri ve elektrikli araçların yaygınlaşmasıyla tüketilen enerji miktarı artmaktadır. Daha çevreci ve az enerji tüketen yöntemlere geçiş sürecinin bunda katkısı büyüktür.

Küresel olarak 2015 verilerine göre, karayolu yolu taşımacılığının %75,3'lük enerji gereksinimine ve %72,63'lük CO2 emisyonuna karşın, demiryolu taşımacılığı %1,9 luk enerji gereksinimine ve %4,2 lik CO2 emisyonuna sahiptir. Ancak demiryolu, yolcu taşımacılığı aktivitelerinde %6,3'lük, yük taşımacılığı faaliyetlerinde ise %6,9'luk paya sahiptir. Aradaki CO2 emisyonu ile taşımacılık faaliyetlerindeki bu büyüklük farkı, demiryolunun karayoluna göre daha etkin enerji (yolcu-km ve ton-km) olmasıyla açıklanabilir. Özellikle son yıllarda, yüksek hızlı demiryollarının hızlı artışı, yolcu taşımacılık hizmetlerinde en hızlı büyüyen demiryolu sistemi yapmaktadır. Küresel olarak 2005 ve 2015 yılları arasında, yüksek hızlı demiryolu aktiviteleri ortalama olarak yıllık %14 artış göstermiştir. Özellikle 2013-2015 yılları arasında %70 düzeyinde güçlü bir artış gözlemlenmiştir. Bunda, 2013-2015 yılları arasında yüksek hızlı demiryolu aktivitelerinde %170 artış gösteren Çin'in etkisi büyüktür (IEA ve UIC, 2017).

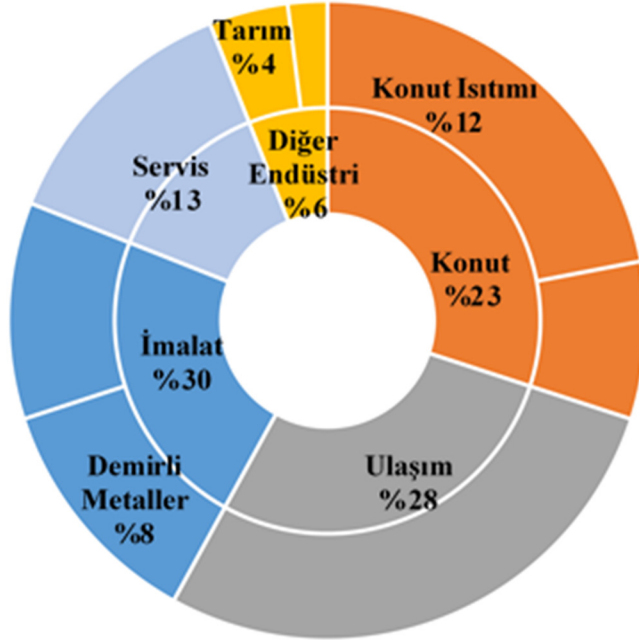
3.2 Türkiye'de Ulaştırma ve Enerji Tüketimi

Türkiye enerji ihtiyacının büyük bir bölümünü dışarıdan karşılayan bir ülke konumundadır. IEA'nın 2017 verilerine göre enerji ihtiyacının sadece %21'ini kendisi üretmekte, %79'unu dışarıdan ithal etmektedir. Yıllık enerji tüketimi 146.8 Mtoe olan Türkiye'de tüketilen kaynakların en büyük kısmını petrol, kömür ve doğalgaz gibi fosil yakıtlar oluşturmaktadır. (IEA, 2019).



Şekil 3.6 : Türkiye'de Tüketilen Enerji Kaynakları 2000-2016 Yılları Arası.

Şekil 3.6'daki oranlara bakıldığında enerjide dışa bağımlılığın olduğu açıkça görülmektedir. Enerjide dışa bağımlılığın azaltılabilmesi için enerji üretim faaliyetlerinin artırılmasının yanı sıra mevcut kaynakların verimli kullanılması da son derece önem arz etmektedir. Şekil 3.7'de, Türkiye'de 2016 verilerine göre enerji tüketiminde sektörel dağılıma bakıldığında en büyük payın %30 ile üretim faaliyetlerinde ardından %28 ile ulaştırma faaliyetlerinde olduğu görülmektedir (IEA, 2018). Ülkemizde yeni teknolojilerin kullanılmaya başlanmasıyla beraber ulaştırma sektöründe fosil yakıt kullanımı azaltılmaya ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim başlamıştır. Bunun yaygınlaştırılması, hem enerjideki dışa bağımlılığımızı azaltarak ülke ekonomimize katkı sağlayacak hem de çevreci anlayışla sera gazı etkisinin en aza indirilmesine katkıda bulunacaktır.



Şekil 3.7 : Türkiye'de Toplam Tüketilen Enerjinin Sektörlere göre Dağılımı, 2016 Yılı.

Türkiye'de ulaştırma sektörü içinde farklı ulaştırma tiplerinin oranları Şekil 3.8 ve Şekil 3.9'da gösterilmiştir (TCDD Taşımacılık A.Ş. İstatistik Yıllığı, 2017).

(1.000.000)

YILLAR	KARAYOLU		DEMİRYOLU		DENİZYOLU		HAVAYOLU		GENEL TOPLAM
	Yolcu-km	%	Yolcu-km	%	Yolcu-km	%	Yolcu-km	%	
2000	185.681	95,9	4.240	2,2	56	0,03	3.555	1,84	193.532
2001	168.211	95,9	4.213	2,4	57	0,03	2.859	1,63	175.340
2002	163.327	96,1	3.939	2,3	39	0,02	2.706	1,59	170.011
2003	164.311	95,7	4.583	2,7	41	0,02	2.752	1,60	171.687
2004	174.312	95,5	3.835	2,1	1.150	0,63	3.223	1,77	182.520
2005	182.152	95,3	3.661	1,9	1.240	0,65	3.992	2,09	191.045
2006	187.593	97,3	3.878	2,0	1.395	0,72	-	-	192.866
2007	209.115	97,4	4.080	1,9	1.561	0,73	-	-	214.756
2008	206.098	97,5	3.650	1,7	1.570	0,74	-	-	211.318
2009	212.464	97,6	3.572	1,6	1.643	0,75	-	-	217.679
2010	226.913	97,8	3.606	1,6	1.570	0,68	-	-	232.089
2011	242.265	97,8	4.002	1,6	1.570	0,63	-	-	247.837
2012	258.874	91,5	3.006	1,1	1.459	0,52	19.731	6,97	283.070
2013	268.178	90,5	3.020	1	1.667	0,56	23.357	8	296.222
2014	276.073	89,8	3.458	1,1	1.806	0,59	26.204	8,52	307.541
2015	290.734	89,2	3.708	1,1	1.836	0,56	29.790	9	326.068
2016	300.852	89,3	3.323	1	1.112	0,33	31.730	9,41	337.017
2017	314.734	88,8	3.683	1	2.109	0,59	34.018	10	354.544

* Kentiçi taşımacılık dahil değildir.

Şekil 3.8 : Türkiye’de Yolcu Taşımacılığı Oranları 2000-2017.

(1.000.000)

YILLAR	KARAYOLU		DEMİRYOLU		DENİZYOLU		HAVAYOLU		GENEL TOPLAM
	Ton-km	%	Ton-km	%	Ton-km	%	Ton-km	%	
2000	161.552	86,7	9.891	5,3	14.631	7,8	310	0,2	186.384
2001	151.421	86,9	7.558	4,3	15.001	8,6	285	0,2	174.265
2002	150.912	89,3	7.221	4,3	10.627	6,3	275	0,2	169.035
2003	152.163	88,9	8.669	5,1	10.001	5,8	276	0,2	171.109
2004	156.853	90,2	9.417	5,4	7.277	4,2	321	0,2	173.868
2005	166.831	91,3	9.152	5,0	6.439	3,5	392	0,2	182.814
2006	177.399	91,4	9.676	5,0	7.084	3,6	-	-	194.159
2007	181.330	90,3	9.921	4,9	9.573	4,8	-	-	200.824
2008	181.935	89,3	10.739	5,3	11.114	5,5	-	-	203.788
2009	176.455	89,0	10.326	5,2	11.397	5,8	-	-	198.178
2010	190.365	88,8	11.462	5,3	12.570	5,9	-	-	214.397
2011	203.072	88,0	11.677	5,1	15.959	6,9	-	-	230.708
2012	216.123	88,6	11.670	4,8	16.223	6,6	-	-	244.016
2013	224.048	88,7	11.177	4,4	17.312	6,9	-	-	252.537
2014	234.492	89,5	11.992	4,6	15.572	5,9	-	-	262.056
2015	244.329	89,8	10.474	3,9	17.204	6,3	-	-	272.007
2016	253.139	89,7	11.661	4,1	17.279	6,1	-	-	282.079
2017	262.739	89,2	12.794	4,3	18.946	6,4	-	-	294.479

Kaynak: TCDD İşletmesi Genel Müdürlüğü 2013-2017 İstatistik Yılığ

Şekil 3.9 : Türkiye’de Yük Taşımacılığı Oranları 2000-2017.

Ulaştırma Bakanlığı’nın Nisan 2019’da yayınladığı rapora göre mevcut durumda yurt içi ulaşım modları arasındaki taşıma payları; karayolu %91,8, denizyolu %0,6,

demiryolu %2,2 ve havayolu %5,4 olarak açıklanmıştır. Çizelge 3.1.'de ise Türkiye'de ulaştırma modları arasındaki enerji tüketim miktarları ve bunların ulaştırma sistemleri içindeki toplam tüketime göre payları verilmiştir (ETKB, Enerji Denge Tabloları). Tablolardan da açıkça görüldüğü üzere, karayolu taşımacılığı dünyadaki ulaştırma trendiyle paralellik göstermekte ve ülkemizde de bu alanda başı çekmektedir. Karayolu taşımacılığının enerji olarak yüksek çoğunlukla fosil yakıtları kullanması, tüketimsel açıdan artışa sebep olmakta ve çevreye daha fazla sera gazı salınımı yapmaktadır. Havayolu taşımacılığı yıllar içinde payını düzenli olarak artırmakla beraber en az enerji tüketen ve çevreye en az zarar veren demiryolu ulaşımı ise oldukça düşük seviyelerde bulunmaktadır.

Çizelge 3.1 : Türkiye'de Ulaştırma Tiplerinin Enerji Tüketimleri (BİN TEP).

	Karayolu	%	Demiryolu	%	Havayolu	%
1990	8.015	91,89%	238	2,73%	311	3,57%
1995	9.651	87,13%	276	2,49%	924	8,34%
2000	10.505	87,51%	270	2,25%	1.034	8,61%
2005	11.785	85,10%	285	2,06%	1.368	9,88%
2010	14.416	88,36%	184	1,13%	956	5,86%
2015	22.833	91,57%	209	0,84%	1.405	5,63%
2018	26.287	92,39%	215	0,76%	1.247	4,38%

	Denizyolu	%	Boru Hatları	%	TOPLAM
1990	158	1,81%		0,00%	8.722
1995	226	2,04%		0,00%	11.077
2000	195	1,62%		0,00%	12.004
2005	411	2,97%		0,00%	13.849
2010	541	3,32%	218	1,34%	16.315
2015	189	0,76%	300	1,20%	24.936
2018	398	1,40%	306	1,08%	28.453

Bu tablolara baktığımızda, her geçen yıl ulaştırma faaliyetleri için harcadığımız enerjinin artmakta olduğunu görmekteyiz. Ayrıca karayolunun diğer ulaştırma türleri arasında haracanan enerji bakımından çok büyük bir paya sahip olduğu görülmekte ve bu tüketimin de fosil yakıtlardan sağlandığı bilinmektedir. Ülkemiz adına enerjideki dışa bağımlılığımızın azaltılması adına adımlar atılması gerekmektedir. Enerji üretim potansiyelimizin artırılıp ithal edilen enerji miktarı azaltılmalı, bunun yanında ileri teknoloji ulaştırma sistemlerine geçilerek enerji kaynakları verimli kullanılmalıdır. Son yıllarda bu anlamda ülkemizde oluşan farkındalık ve beraberinde gelişen yatırım

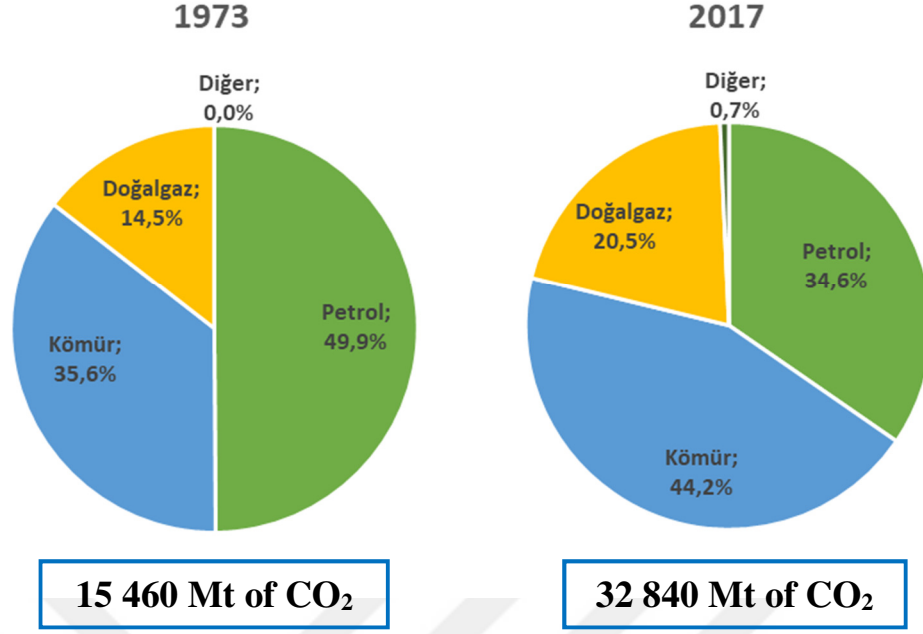
faaliyetleri ile 1950'lerden 2000'lere kadar ihmal edilmiş demiryolu projelerine hız verilmiş ve birçok yerde hem konvansiyonel hem de yüksek hızlı tren hatlarının yapımına başlanmıştır. Özellikle yüksek hızlı demiryollarının diğer ulaşım türleriyle zaman ve konfor açısından rekabet edebilir seviyede olması sebebiyle yolcular tarafından tercih sebebi haline gelmiştir. Zamanla farklı ulaşım modları arasındaki payları değiştiren yüksek hızlı demiryolları enerji tüketiminde de ülkemiz adına önemli tasarruflar sağlamaktadır.

3.3 Enerji Tüketiminden Kaynaklı Emisyonlar

İnsanlar yaşamsal faaliyetlerini sürdürmek için mecburi surette enerji tüketiminde bulunmak zorundadırlar. Ancak bu tüketimin bazı olumsuz sonuçları da vardır. Enerji tüketiminin en önemli çıktılarından biri emisyonlardır. İnsan nüfusunun artması ile beraber tüketim ihtiyacı artmakta ve buna bağlı olarak salınımlar artmakta, dolayısıyla hava kirliliği artmaktadır. Özellikle fosil yakıt kaynaklı enerji tüketimi yüksek oranda sera gazı salınımı yapmakta ve çevreye ciddi zararlar vermektedir.

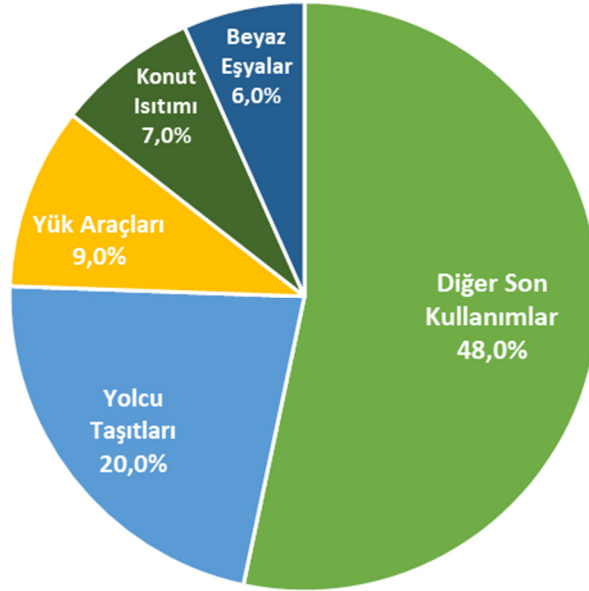
Chapman'a göre, fosil yakıtların kullanımı hem karbondioksit, metan gibi gazların atmosferdeki yoğunluğunu arttırmakta hem de çevre üzerinde çoğunlukla geri döndürülemez etkilere sebep olmaktadır. Dünya'nın ısınmasına neden olan ve sera gazı olarak adlandırılan bu gaz yoğunluğu kümülatif olarak artış göstermeye devam edecektir. Bu nedenle, bu gazların atmosferdeki yoğunluğunu belli bir seviyede tutarak daha fazla zarar vermesinin önlenmesi gerekmektedir (Şekercioğlu ve İncekara, 2016).

Kısım 3.1'de belirtildiği üzere dünyadaki enerji tüketiminin %51.5'lik payı fosil yakıtlardan sağlanmaktadır. Dolayısıyla karbondioksit salınımı da bu oran doğrultusunda gerçekleşmektedir. Bu durum Şekil 3.10'da gösterilmiştir (IEA, 2019).



Şekil 3.10 : 1973-2017 Yakıt Türüne Göre CO2 Emisyon Oranları.

Şekil 3.11’de, sektörlere göre CO2 salınım oranlarına baktığımızda ise tüketim oranlarıyla benzer sonuçlar olduğu görülmektedir.



Şekil 3.11 : Sektörlere Göre CO2 Emisyon Oranları.

3.3.1 Emisyon maddeler

Motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyon maddeleri yerel emisyonlar ve sera gazı emisyonları olarak ifade edebiliriz. Yerel emisyonlar; Hidrokarbon (HC), Azot Oksitler (NO_x), Karbonmonoksit (CO) ve partiküllerdir. Sera gazı emisyonları ise, Karbondioksit (CO₂), Metan (CH₄), Diazot Monoksit (N₂O) (Soruşbay C, Slaytlar).

Bunları haricinde sera gazı olarak Kyoto Protokolünde Hidroflorokarbonlar (HFCs), Perflorokarbonlar (PFCs) ve Sülfür Hekseflorür (SF₆) da belirtilmiştir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) 2018 raporlarında belirtildiği gibi, Kyoto Protokolü 6 adet sera gazını baz almaktadır. Çizelge 3.2 'de bu sera gazlarının sembolleri, isimleri, eşdeğer karbondioksit (GWP Global Warming Protection) değerleri, ve bu gazlara sebep olan ana etken kaynaklar gösterilmektedir. Bu değerler, CO₂ haricindeki diğer gazların CO₂'ye kıyasla ne kadar ısı tutabildiğini göstermektedir. Bu sayede sera gazı emisyonları ortak bir paydada toplanarak emisyon hesapları kolaylaştırılmıştır. Bu, çizelgeye göre ısı tutma kapasitelerine bakıldığında sera gazı etkisi açısından en tehlikeli gaz Sülfür Heksaflorür (SF₆), en tehlikesiz gaz ise Karbondioksit (CO₂) gibi gözükse de, miktar açısından bakıldığında CO₂ çok yüksek seviyelerde olduğundan durum tam tersidir (Bıyık ve Civelekoğlu, 2018).

Çizelge 3.2 : Kyoto Protokolünde Baz Alınan Sera Gazları.

Sembol	İsim	CO2 Eşdeğeri	Ana Kaynak
CO2	Karbon dioksit	1	Fosil yakıtların yanması, orman yangınları, çimento üretimi
CH4	Metan	21	Landfill sahalar, petrol ve doğal gazın üretim ve dağıtımı, çiftlik hayvanlarının sindirim sistemlerindeki fermantasyon
N2O	Diazot monoksit	310	N2O fosil yakıtların yanması, gübreler, naylon üretimi
HFCs	Hidroflorokarbonlar	140 ~ 11.700	Buzdolabı gazları, alüminyum eritme, yarı iletken üretimi
PFCs	Perflorokarbonlar	6.500 ~ 9.200	Alüminyum üretimi, yarı iletken üretimi
SF6	Sülfür Heksaflorür	23.900	Elektrik iletim ve dağıtım sistemleri, magnezyum üretimi

Tük istatistiklerine göre, Kyoto Protokolünde baz alınan sera gazı emisyonlarının Türkiye’de yıllara göre değişimleri Çizelge 3.3’te verilmiştir (TÜİK, Sera Gazı Emisyonları).

Çizelge 3.3 : Türkiye’de Yıllara göre Sera Gazı Salımları CO2 Eşdeğeri.

Sera gazı emisyonları (CO₂ eşdeğeri), 1990 - 2017

Yıl Year	Toplam Total	(Milyon ton)			
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	F-gazları F-gases
1990	219,2	151,5	42,4	24,7	0,6
1991	226,6	158,0	43,3	24,4	0,9
1992	232,8	163,9	43,2	25,0	0,7
1993	240,1	171,0	43,0	25,8	0,4
1994	234,1	167,4	42,7	23,3	0,7
1995	247,6	180,9	42,5	23,6	0,6
1996	267,2	199,5	42,9	24,3	0,6
1997	278,6	212,0	42,1	23,9	0,6
1998	280,3	212,0	42,3	25,3	0,6
1999	277,8	207,8	43,7	25,7	0,6
2000	298,9	229,8	43,6	24,8	0,7
2001	280,4	213,5	42,8	23,3	0,8
2002	286,1	221,0	40,9	23,2	1,0
2003	305,6	236,5	42,9	25,0	1,2
2004	315,0	244,5	43,5	25,5	1,5
2005	337,2	264,2	45,2	26,1	1,7
2006	358,2	281,6	46,6	28,0	1,9
2007	391,4	312,7	49,0	27,4	2,3
2008	387,6	309,3	49,9	25,9	2,4
2009	395,5	315,4	49,6	28,2	2,4
2010	398,7	314,4	51,3	29,4	3,5
2011	427,6	339,5	53,7	30,5	3,9
2012	446,9	353,7	57,1	31,6	4,6
2013	439,0	345,2	55,5	33,5	4,8
2014	458,0	361,7	57,3	33,9	5,1
2015	472,2	381,3	51,3	34,7	4,8
2016	498,5	401,2	53,9	37,1	6,3
2017	526,3	425,3	54,2	38,5	8,2

TÜİK, Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, 1990 - 2017

Tablodaki rakamlar, yuvarlamadan dolayı toplamı vermeyebilir.

Tablodaki 1990-2016 verileri revize edilmiştir.

Ormancılık ve diğer arazi kullanımından kaynaklanan emisyonlar ve yutaklar dahil edilmemiştir.

Sera gazı salınımlarının artmasıyla beraber atmosferin ısı tutma kapasitesi artmakta ve küresel ısınmaya yol açmaktadır. Bu durum günümüzde etkilerini göstermeye başlamış olup iklim değışikliklerinin oluşmasına sebebiyet vermektedir. Geleceğimiz ve Dünya'daki yaşamın devamlılığı açısından son derece önemli bu durum karşısında salınımları azaltmaya yönelik önlemler almak durumundadır.

Ayrıca bu zararlı gazların salınımları, insan sağlığı üstünde de olumsuz etki göstermektedir.

Community Assesment of Freeway Exposure and Health (CAFEH) araştırmasında bahsedildiği üzere, ince partikül ve toksikler gibi bazı emisyonların zararlı etkileri henüz son zamanlarda tanımlandı ve bununla ilgili yalnızca çok az kontrol stratejisi var. Bu araştırmada belirtildiği üzere, yoğun trafikli karayollarının yakınlarında yaşayan veya çalışan insanlar için araç emisyonu azaltım teknolojilerine rağmen akciğer rahatsızlıklarında ciddi düzeyde artışlar tecrübe edilmektedir (Victoria Transport Policy Institue, 2018).

Başkan'ın aktarımına göre, hava kirliliğinin miyokardiyal damar tıkanıklığına bağlaşık olarak kansere neden olduğu anlaşılmıştır. Shah'ın çalışmalarında kalp durması ve Laumbach ve Kipen'in çalışmalarında solunum sağlığına geniş çapta etki ettiği belirtilmiştir. Şimdi daha kapsamlı bir şekilde izin verilen hava kirliliği denetimlerinin sonucu, eski bir problem olan ve hava kirliliğinden kaynaklı olarak eskisinin çok daha ötesine geçen astım problemi de ele alınmaktadır. GDB 2010'da (Global Burden of Disease) belirtilen ve tartışmalı olarak birçok risk faktörlerinden biri olan, dizel motor egzozuna mesleki maruz kalma, konusudur. Ancak, veri setlerini ulaştırma ve ulaştırma dışı mesleklere göre ayırmak mümkün değildir. Çizelge 3.4'te OECD ülkelerinde 2005 ve 2010 yıllarına ait, çevresel hava kirliliğinden kaynaklı ölümler gösterilmektedir (OECD, 2014).

Çizelge 3.4 : OECD Ülkelerinde Hava Kirliliği Kaynaklı Ölüm.

Çevresel PM ve Ozon Kirliliğinden Dolayı Toplam Ölüm	2005	2010
Avusturalya (+)	882	1483
Avusturya	3773	3240
Belçika	6341	5811
Kanada (+)	6989	7469
Şile (+)	1329	1398
Çekya	8811	7096
Danimarka	1929	1886
Estonya (+)	191	538
Finlandiya (+)	402	450
Fransa	18457	17389
Almanya	51155	42578
Yunanistan	9054	8346
Macaristan	11712	9376
İzlanda (+)	19	22
İrlanda (+)	528	713
İsrail	2656	2548
İtalya	36314	34143
Japonya (+)	61173	65776
Kore (+)	21127	23161
Lüksemburg	184	150
Meksika (+)	17954	21594
Hollanda	8050	6741
Yeni Zelanda (+)	220	294
Norveç	393	225
Polonya	29679	25091
Portekiz (+)	3623	3842
Slovakya	4543	3805
Slovenya	1044	900
İspanya	16182	14938
İsveç (+)	1048	1077
İsviçre	3085	2744
Türkiye (+)	28045	28924
İngiltere	28345	24064
Amerika	112721	110292
OECD Toplam	497958	478104

Hava kirliliği ve zararlı gaz emisyonlarına en fazla neden olan ulaştırma sektöründe yapılacak doğru planlamalar, entegre ulaşım sistemleri ve yeni teknoloji düşük emisyonlu ve enerji tüketimli ulaştırma faaliyetleri, hava kirliliği kaynaklı ölüm oranlarında ve solunum yolu hastalıklarında azalmayı sağlayacak, küresel ısınmayı frenleyici etki yaparak Dünya'nın yaşanabilir kalmasına katkıda bulunacaktır. Hastalıklar, ölümler ve zararlı gazların atmosferdeki etkisinin azaltılması için harcanacak zaman, efor ve maliyetleri azaltmada önemli bir rol edinecektir.

3.3.2 Ulaştırmadan kaynaklı emisyonlar

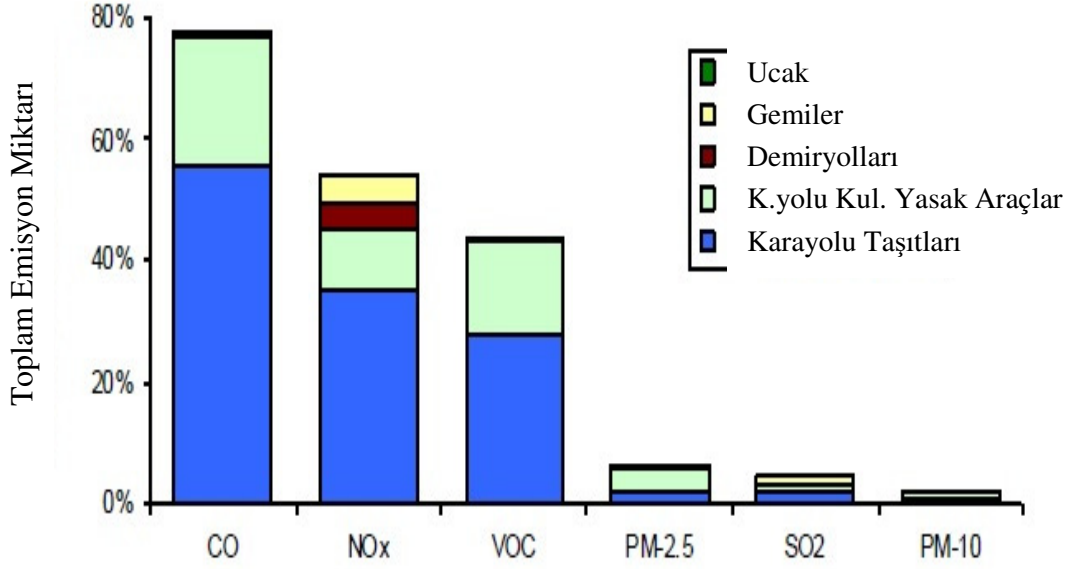
Ulaştırma sektöru, insan ve eşya hareketlerinin arabalar, tırlar trenleri gemiler, uçaklar ve diğer araçlarla hareket faaliyetlerini içermektedir. Ulaştırmadan kaynaklı sera gazı emisyonlarının en önemli kısmını, benzin gibi petrol bazlı ürünlerin içten yanmalı motorlarda yakılması sonucunda oluşan CO2 emisyonları oluşurmaktadır. Ulaştırma kaynaklı sera gazı emisyonlarının en büyük kaynağı, özel araçlar ve spor hizmetleri, pikaplar ve minivanlar gibi hafif yük kamyonlarıdır. Bu kaynaklar, ulaştırma sektöründen kaynaklı emisyonların yarısından fazlasını oluşurmaktadır. Geri kalan sera gazı emisyonları, yük tırları, ticari uçaklar, gemiler, tekneler ve trenler gibi diğer ulaştırma tiplerinden ve boru hatları ve gres yağı gibi diğer etkenlerden oluşmaktadır (US EPA, 2019).

Ulaştırma sektöru geri döndürülemeyen enerji kaynaklarının tüketimi açısından tüm sektörler içinde ciddi bir paya sahiptir (Varol, 2017).

Motorlu araçlar nedeniyle birçok bileşenden oluşan önemli boyutlarda çevre kirliliği meydana gelmekle birlikte bu çalışmanın konusu hava kirliliği özelindedir. Hava kirliliği, havadaki yabancı maddelerin insan sağlığına, canlı hayatına ve ekolojik dengeye zararlı olabilecek konsantrasyonda bulunması şeklinde tanımlanmaktadır. Kirlenmeyi oluşturan maddeler çok çeşitli olmakla birlikte en etkili olanlar; karbonmonoksit, azot oksitleri, karbonhidratlar partiküller ve kükürt oksitlerdir (Öztürk, 1999a).

Başarılı bir ulaştırma planlamasında, ulaştırma tiplerinin dengeli ve birbiri ile uyumlu bir şekilde planlanması gerekmektedir. Buna ek olarak, son dönemlerde öne çıkan konulardan biri de çevredir. Yüksek derecede karbon emisyonundan dolayı oluşan hava kirlilikleri ve devamında oluşan iklim değişiklikleri birçok ülkeyi ulaştırma konusunda çevreye daha duyarlı ve az yakıt tüketen sistemler geliştirmeye zorlamıştır (şekercioğlu ve İncekara, 2016).

Birçok hava kirleticisi için ana katkı sağlayıcı ulaştırmadır. şekil 3.12’de ulaştırmadan kaynaklı emisyon oranları ve farklı ulaşım türlerinin payları gösterilmiştir. Bu oranlar, mevcut durumda, şehirlerde ana yollarda ve tünellerde daha fazla bile olabilir (Victoria Transport Policy Institue, 2018).



Şekil 3.12 : Ulaştırmada Hava Kirletici Oranları (2002).

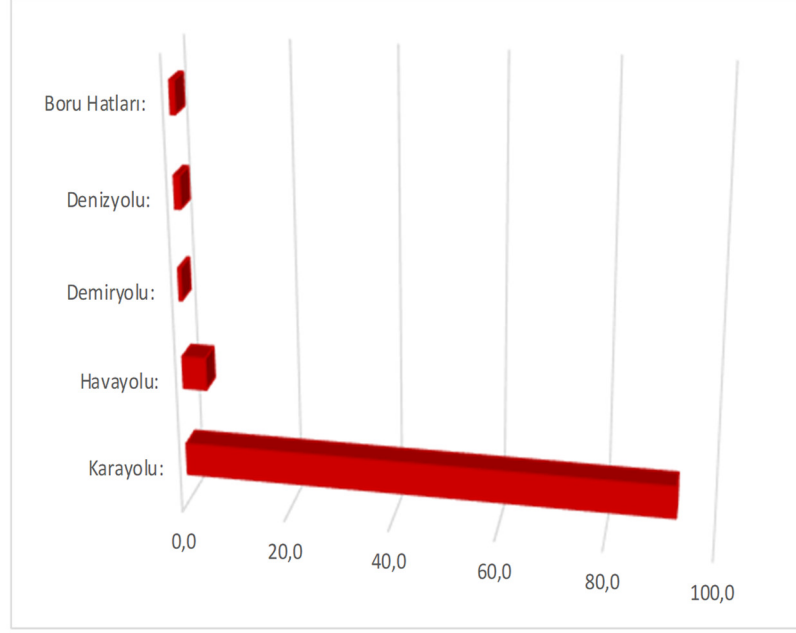
Garnault R'nin araştırmasına göre, 2006 yılında Kanada'da yapılan sera gazı emisyonları çalışmasında, sadece egzoz emisyonları hesaba katıldığında toplam emisyonlar içinde ulaştırmanın payının %31 olduğu, ulaştırmanın bütün yaşam döngüsü değerlendirildiğinde ise bu oranın %50'nin üzerinde olduğu belirtilmiştir (Victoria Transport Policy Institute, 2018).

2017'de, Amerika Birleşik Devletleri'nde ulaşırmadan kaynaklı sera gazı salınımları toplam sera gazı salınımları içinde %28,9'luk paya sahip olmuştur ve bu oranla ulaştırma faaliyetleri sera gazı salınımlarında en büyük katkıyı sağlayan sektör konumundadır (US EPA, 2019).

2017 verilerine göre yakıt tüketimi ve gazı emisyonlarının modlara göre dağılımı da Şekil 3.13'te gösterilmektedir (UAB, 2019).

**TOPLAM
EMİSYONLAR
İÇERİSİNDEKİ PAYI:**
%16,5

Karayolu : %93
Havayolu : %4,5
Denizyolu : %1,1
Demiryolu : %0,5
Boru Hatları : %0,9



Şekil 3.13 : Türkiye’de Ulaştırma Modlarının Emisyon Oranları, 2017.

Yukarıdaki çalışmalardan da görüleceği üzere, ulaştırma sektöründe sera gazı emisyonuna sebebiyet veren iki ana ulaştırma tipi karayolları ve havayolları olmaktadır. Demiryollarının ise çevreye verdiği zarar oldukça düşük olup en az sera gazı etkisine sahip ulaştırma türüdür. Kapasitesinin yüksek oluşu ile birlikte yolcu başına düşen emisyon oranları ile en çevreci ve etkili toplu taşıma türüdür.



4. YÜKSEK HIZLI DEMİRYOLLARI

Yüksek hızlı demiryolları, dünya nüfusunun artan taşımacılık taleplerine yetişmekte zorlanan mevcut taşımacılık faaliyetlerine alternatif olarak 1960'larda Japonya'da ortaya çıkmıştır. Karayolu taşımacılığının sebep olduğu trafik, yüksek kaza oranları ve çevre kirliliği ulaşımın sürdürülebilir gelişmesini engellemekte ve ekonominin gelişmesinde en büyük etken olan hareketliliği yok etmektedir. Avrupa ve Asya'nın birçok ülkesinde bu durumu değiştirmek için demiryollarına büyük önem verilmiş ve Japonya'nın ardında Avrupa'da da ileri teknoloji ürünü yüksek hızlı trenler yaygınlaşmaya başlamıştır. YHT'lerin hizmet verdiği ülkelerde 200-600 km arası mesafelerde yüksek hızlı demiryolu ile ulaşım havayoluna tercih edilmektedir (Tübitak, 1996).

Yüksek hızlı demiryolu kavramı genel olarak 250 km/saat ve üzeri hızlarla ulaşım sağlanabilecek şekilde inşa edilmiş demiryolu hatlarına verilen isimdir. Konvansiyonel hatların iyileştirilmesiyle elde edilen ve en az 200 km/saat ve üzeri hızlarda taşımacılık yapmaya olanak sağlayan hatlar da yüksek hız hatları olarak değerlendirilmektedir.

Trafik yükünün artmasının haricinde yüksek hızlı demiryollarına ihtiyaç duyulmasının diğer önemli sebepleri daha çok yolcuyla hızlı ve güvenli daha az enerji tüketerek taşıyabilmesidir. Her ne kadar ilk yatırım maliyetleri yüksek olsa da, zamandan, enerjiden, kazaların neden olduğu mali yüklerden ve arazi kullanımından sağladığı kazançlar düşünüldüğünde önemli ekonomik katkılar sağladığı açıktır.

4.1 Dünya'da Yüksek Hızlı Demiryolları

Yüksek hızlı trenler, yolcu taşımacılığında 20. yüzyılın en önemli teknolojik gelişmelerindendir. 2008 başı itibariyle dünya çapında 10.000 km olan YHT hatlarının 2020'de 25.000 km'ye çıkarılması hedeflenmektedir. Yüksek hızlı trenler 1964 yılında Japonya'da bullet train (mermi tren) olarak doğmuştur ve yılda 100 milyon yolcu taşımaktadır. Avrupa'da ise 1981'den itibaren yıllık %2,6'lık artışla büyüyen YHT'ler, yıllık 50 milyon yolcu taşımaktadır (Barron ve diğ., 2009).

Avrupa ülkelerinde yüksek hızlı trene geçiş 1981 yılında Fransa’da ilk seferini yapan Paris-Lyon hattı ile başlamıştır. Aynı yıllarda İtalya’da Roma-Floransa hattının birinci kısmı açılmıştır. İspanya’da AVE olarak adlandırılan yüksek hızlı tren hatlarının ilki olan Madrid-Sevilla hattı 1992’de hizmete açılmıştır. Almanya’da da Fransa’yı takiben 1988 yılında Würzburg-Hannover hattı ile ICE hatları işletime girdi. Birçok Avrupa ülkesinde 80’li ve 90’lı yıllarda bireysel olarak başlayan yüksek hızlı demiryolu atılımı ile birlikte Avrupa içinde yüksek hızlı demiryolu ağı oluşturulması da gündeme gelmiştir.

Kendi imkanları ile mevcut demiryollarına daha fazla hız kazandırma çabasına girmiş olan Avrupa ülkeleri, tüm Avrupa’yı birbirine bağlamayı ve mevcut hatları yüksek hıza çıkarmayı amaçlayan ve Türkiye’ye kadar uzanan TER (Trans-European North-South Railway Project) ve AGC (Trans –European Agreement on Main International Railway Lines) anlaşmalarını yürürlüğe koymuşlardır. AGC anlaşması 1989 yılında kabul edilmiş ve TER 1990 yılında Cenevre’de Türkiye’nin de aralarında olduğu 19 Avrupa ülkesi ile oluşturulmuştur. Bu anlaşmalara Türkiye de üyedir (Öztürk, 1999b).

Demiryolu pazarının payının değerlendirildiği bir çalışmada, Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi genellikle yüksek hızlı trenlerin 3 saat ve altında seyahat süresi sunduğu durumlarda havayolu ve demiryolu sistemleri içindeki payının en az %60 dolaylarında olduğu görülmüştür. Seyahat süresinin 3 saati aştığı durumlarda bu pay keskin bir düşüş yaşamıştır. Bir başka çalışmada ise Avrupa’da seçili rotalarda YHD yapımından sonra ulaştırma modları arasındaki taşımacılık paylarındaki değişimler incelenmiştir. Bu durum Çizelge 4.2.’de gösterilmiştir (Barron ve diğ., 2009).

Çizelge 4.1 : Seçili Hatlarda Seyahat Süresi ve Demiryolu Pazar Payı.

Hat (km)	Yıl	Yolculuk Süresi	Pay (%)
Tokyo-Osaka (515)	2005	2sa. 30dk	81%
Tokyo-Okayama (643)	2005	3sa. 16dk	57%
Tokyo-Hiroshima (814)	2005	3sa. 51dk	47%
Tokyo-Fukuoka (1069)	2005	4sa. 59dk	9%
Paris-Londra (257)	2005	2sa. 40dk	66%
Paris-Amsterdam (514)	2004	4sa. 10dk	45%
Brüksel-Londra (204)	2005	2sa. 20dk	60%
Paris-Cenova (339)	2003	3sa. 30dk	35%
Paris-Brüksel (183)	2006	1sa. 25dk	100%

Çizelge 4.2 : YHD'den Önce ve Sonra Pazar Payları (Seçili Rotalardan).

	YHD'den önce (1980)	YHD'den sonra (1997)
Paris-Lyon		
Karayolu	29%	21%
Demiryolu	40%	3%
Yüksek Hızlı Demiryolu	0%	70%
Havayolu	31%	6%

	YHD'den önce (1991)	YHD'den sonra (2002)
Madrid-Sevilya		
Karayolu	44%	30%
Demiryolu	16%	1%
Yüksek Hızlı Demiryolu	0%	61%
Havayolu	40%	8%

	YHD'den önce (1985)	YHD'den sonra (2000)
Hamburg-Frankfurt		
Karayolu	57%	45%
Demiryolu	23%	3%
Yüksek Hızlı Demiryolu	0%	48%
Havayolu	10%	4%

Çin'de ise 2013 yılı sonu itibariyle 10.000 km yüksek hızlı tren hattı inşa edilmiştir. İlk olarak 2003'te Quinhuangdao-Shenyang arasında 404 km ve 250 km/saat maksimum hız için tasarlanmaya başlayan yüksek hızlı tren hatları devam eden projelerle birlikte 12.000 km'ye ulaşması hedeflenmektedir. Çin'de çeşitli hatlarda 350 km/saat hızda trenler işletilmektedir (Ollivier ve diğ., 2014).

Amerika'da Los Angeles ve San Francisco arasında yapılabilecek bir yüksek hızlı demiryolu hattının ekonomik olarak karayolu ve havayolu ile yarışabilirliği incelenmeye çalışılmış ve tüm maliyetler göz önüne alınarak bir çalışma ortaya konulmuştur. Avrupa ve Japonya gibi arazi kullanımı yoğunluğunun fazla olmadığı belirtilmiş ve yüksek hızlı demiryolu hattı yapımının bu bölge için avantajlı olmadığı ortaya konulmuştur. Karayolu ve havayoluna kıyasla avantajlı hale gelebilmesi için YHT yatırımlarının daha kısa mesafeler için düşünülmesi konusunda öneride bulunulmuştur (Levinson ve diğ., 1997).

İran'da yapılması planlanan Tahran-İsfahan arası yüksek hızlı tren hattının havayolu ile rekabeti üzerine yapılan araştırmada, seyahat süresinin, bilet fiyatlarının, kolaylığın

ve konforun yolcu tercihlerinde ön plana çıktığı belirtilmiştir. Ancak, yolcu tercihlerinde seyahat süresinin diğerlerine göre daha fazla hassasiyet sağladığı vurgulanmıştır. Ayrıca, uzun süren yolculuklar, bilet fiyatları, yemek servislerinin eksikliği ve paket koltuk düzenlemeleri yüksek hızlı trenlerin sağladığı faydayı havayoluna göre düşürmektedir (Danapour ve diğ., 2018).

Yüksek hızlı trenler, nüfusu yoğun olan şehir merkezleri arasında verimli olmaktadır. Bu yönden düşünüldüğünde, hızlı tren taşımacılığının Avrupa ve Japonya'nın aksine ABD'de yaygınlaşmamasına bir neden olarak değerlendirilebilmektedir (Öztürk, 1999b).

4.2 Türkiye'de Yüksek Hızlı Demiryolları

Türkiye, çağdaş ve güçlü ülke olmanın sembollerinden biri olarak kabul edilen yüksek hızlı demiryolları ile 2000'li yılların başlarında tanışmıştır. İlk hat olarak 2003 yılında Ankara-Eskişehir hattının yapımına başlanmış, 2009 yılında Sincan-Eskişehir, 2011 yılında Polatlı-Konya, 2013'te Eskişehir-Konya ve 2014 yılında Ankara-İstanbul (Pendik) ve Konya-İstanbul arasında YHT ile yolcu taşımacılığı başlamıştır (Deniz, 2016).

Önceki dönemlerde, demiryollarının karayollarına tercih edilmemesinin ana sebebi hız problemidir. Ancak yüksek standartlara sahip yüksek hızlı demiryolları ile bu sorun ortadan kaldırılmaya başlanmıştır ve ülkemizde yüksek hızlı trenler yolcu taşımacılığında önemli bir paya sahip olmaya başlamıştır.

Ülkemizin 2023 yılı hedeflerinde, 1.213 km olan yüksek hızlı ve hızlı tren hatlarını 12.915 km'ye, 11.497 km olan konvansiyonel demiryolu hatlarını da 12.293 km'ye çıkarmak bulunmaktadır. Ayrıca 2023-2035 yılları arasında da 6.000 km ilave hızlı demiryolu yaparak, demiryolu taşımacılık paylarının yolcu taşımacılığında %15 ve yük taşımacılığında %20 seviyesine çıkarılması hedeflenmektedir. Mevcut durumda, Türkiye yüksek hızlı tren işletmeciliğinde dünyada sekizinci, Avrupa'da altıncı ülke konumundadır (UAB, 2018).

Çizelge 4.3'te ülkemizdeki konvansiyonel ve yüksek hızlı demiryolu hatlarının yıllara göre değişimleri gösterilmektedir. 2018 yılı sonu itibari ile 1.213 km YHT hattı, 11.527 km konvansiyonel demiryolu hattımız bulunmaktadır (TCDD İstatistik Yıllığı, 2014-2018).

Çizelge 4.3 : Türkiye’de Yıllara göre Demiryolu Hat Uzunlukları (Km).

Yıllar	Konvansiyonel Ana Hatlar	Konvansiyonel (İltisak+İstasyon) Hatları	Konvansiyonel Hat Toplamı	YHT Hatları	Toplam Hat Uzunluğu
2002	8.671	2.277	10.948	-	10.948
2003	8.697	2.262	10.959	-	10.959
2004	8.697	2.271	10.968	-	10.968
2005	8.697	2.276	10.973	-	10.973
2006	8.697	2.287	10.984	-	10.984
2007	8.697	2.294	10.991	-	10.991
2008	8.699	2.306	11.005	-	11.005
2009	8.686	2.322	11.008	397	11.405
2010	8.722	2.330	11.052	888	11.940
2011	8.770	2.342	11.112	888	12.000
2012	8.770	2.350	11.120	888	12.008
2013	8.846	2.363	11.209	888	12.097
2014	8.903	2.369	11.272	1.213	12.485
2015	8.947	2.372	11.319	1.213	12.532
2016	8.947	2.372	11.319	1.213	12.532
2017	9.023	2.372	11.395	1.213	12.608
2018	9.131	2.396	11.527	1.213	12.740

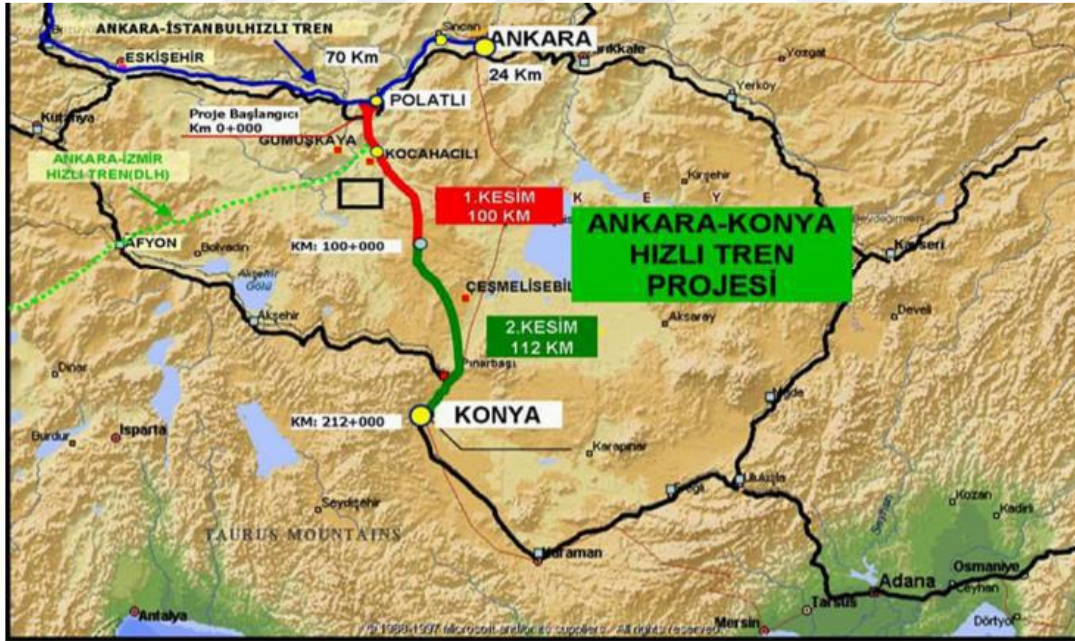
4.2.1 Mevcut ve yapılmakta olan YHT hatlarının incelenmesi

Türkiye’de yüksek hızlı demiryolu çalışmaları TER projesiyle birlikte hız kazanmış ve projelendirme çalışmalarına 1995 yılında başlanan Ankara-İstanbul YHT hattının ilk etabı olan Ankara-Eskişehir kesimi 2009 yılında açılmıştır. Eskişehir-İstanbul (Pendik) arası ise 2014 yılında hizmete girmiştir. Bu çalışma Ankara-İstanbul YHT hattı üzerinden ilerletileceği için detaylı Ankara-İstanbul YHT hattının incelenmesi başlığı altında yapılacaktır. Mevcut durumda işletimde olan YHT hatları ve uzunlukları Çizelge 4.4’te gösterilmiştir (TCDD İstatistik Yıllığı, 2014-2018).

Çizelge 4.4 : Türkiye’de İşletimde olan YHT Hatları ve Uzunlukları (Km).

Yüksek Hızlı Hat Kesimleri	Tek Hat	2. 3. ve 4. Hatlar	Toplam	Tali Hat	Genel Toplam
Ankara-Polatlı (Makas)	73	73	146	3	149
Polatlı(Makas)-Konya	213	212	425	13	438
Polatlı-Konya müselles	5	6	11	-	11
Polatlı(Makas)-Eskişehir	148	148	296	-	296
Eskişehir-Pendik	155	151	306	13	319
Toplam	594	590	1.184	29	1.213

Mevcut durumda işletimde olan bir diğer hat 2011 yılında kullanıma açılmış Ankara-Konya hattıdır. Toplam 212 km uzunlukta olup 300 km/saat hıza uygun tasarlanmıştır. Çift hatlı, elektrikli ve sinyalli olarak inşa edilmiştir. Yerli müteahhitlerce, yerli iş gücüyle ve öz kaynaklarla gerçekleştirilmiştir. Ankara’dan başlayarak Konya’ya uzanan toplam 306 km’lik hattın 94 km’si Ankara-Polatlı arasındaki kesim olup Ankara-İstanbul YHT projesi kapsamında yer almaktadır. YHT ile birlikte iki şehir arası 1 saat 45 dakikaya inmiştir. Ayrıca Ankara-İstanbul hattının açılmasıyla birlikte direkt olarak Konya-İstanbul seferleri de yapılmaya başlanmıştır. Ankara-Konya YHT projesinin güzergahı Şekil 4.1’de gösterilmiştir.

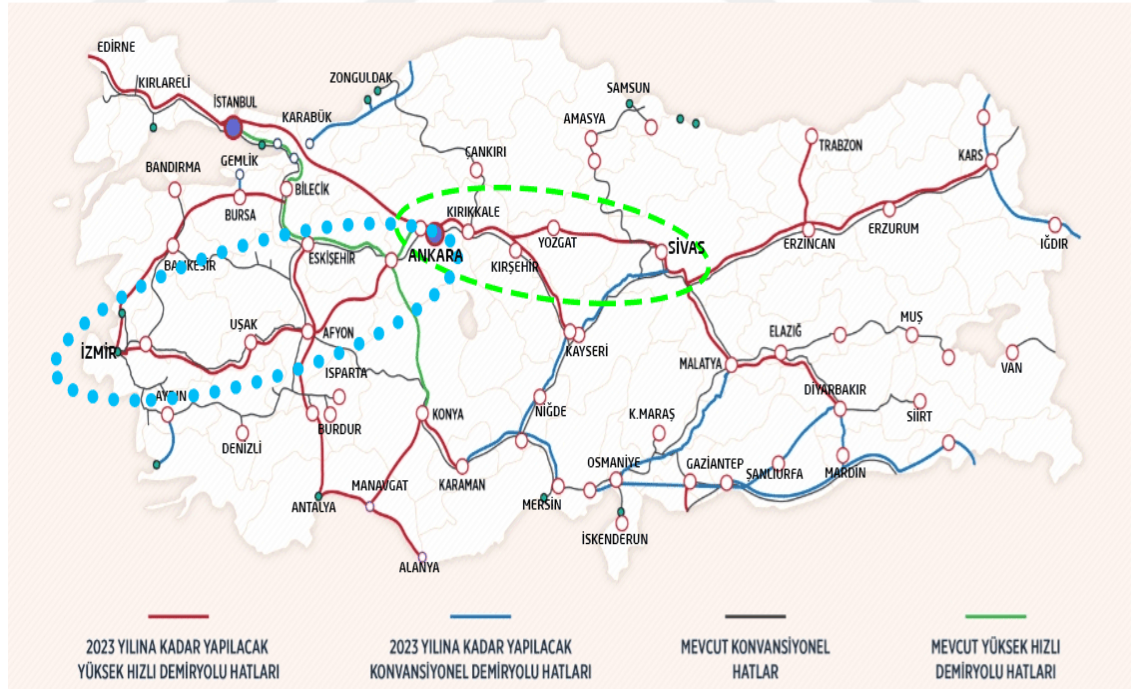


Şekil 4.1 : Ankara-Konya YHT Hattı Proje Planı (Demirezer).

Türkiye'nin en büyük ikinci ve üçüncü kentlerini birbirine bağlayacak olan Ankara-İzmir YHT hattı ise şu an inşaat aşamasındadır. Hattın toplam uzunluğu 624 km, sefer süresi 3 saat 30 dakika olarak projelendirilmiştir. Hattın güzergahı Ankara (Polatlı)-Afyon-Uşak-Manisa-İzmir (Menemen) istasyonları üzerinden geçirilmiştir. Toplam hat uzunluğuna Manisa-Salihli-Turgutlu (62 km) ve Eşme-Salihli (74 km) bağlantıları da dahil edilmiştir. Proje inşaat çalışmaları bazı kesimlerde çift hatlı bazı kesimlerde üç hatlı olarak devam etmektedir.

Yapım çalışmaları devam etmekte olan diğer YHT projesi Ankara-Sivas yüksek hızlı demiryolu projesidir. Mevcut Ankara-Sivas demiryolu hattı 603 km olup seyahat süresi 12 saattir. Ancak yapılmakta olan YHT hattı tamamlandığında, iki kent arası seyahat süresi 2 saate inecektir. Maksimum 250 km/saat hıza elverişli olarak yapılan hat 405 km uzunluğunda, çift hatlı, elektrikli ve sinyalli olarak inşa edilmektedir. Ülkemizin doğusu ile batısı arasında sağlanacak yüksek hızlı demiryolu bağlantısının önemli bir parçası olacaktır.

Şekil 4.2'de, yapılmakta olan Ankara-Sivas ve Ankara-İzmir YHT güzergahları görülmektedir.



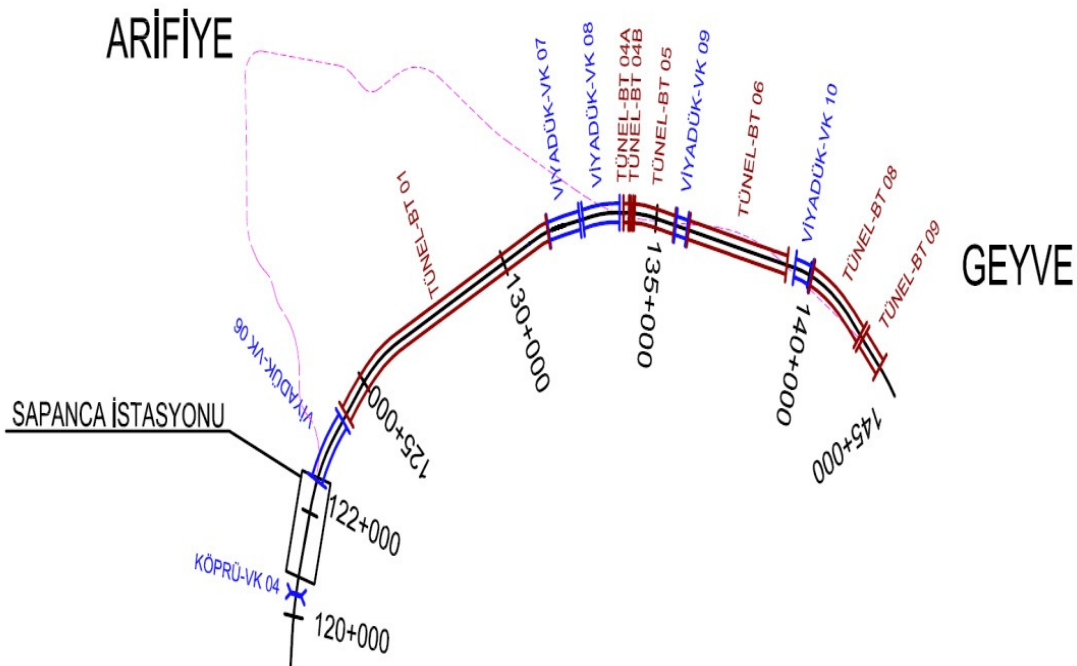
Şekil 4.2 : Mevcut ve Yapımı Devam Eden YHT Hatları Haritası (UAB).

Ayrıca Ankara-İstanbul YHT hattında, güzergah uzunluğu 14 km olan Doğançay Ripajı-1, 12 km olan Doğançay Ripajı-2 ve 8 km olan T26 tüneli çalışmaları devam

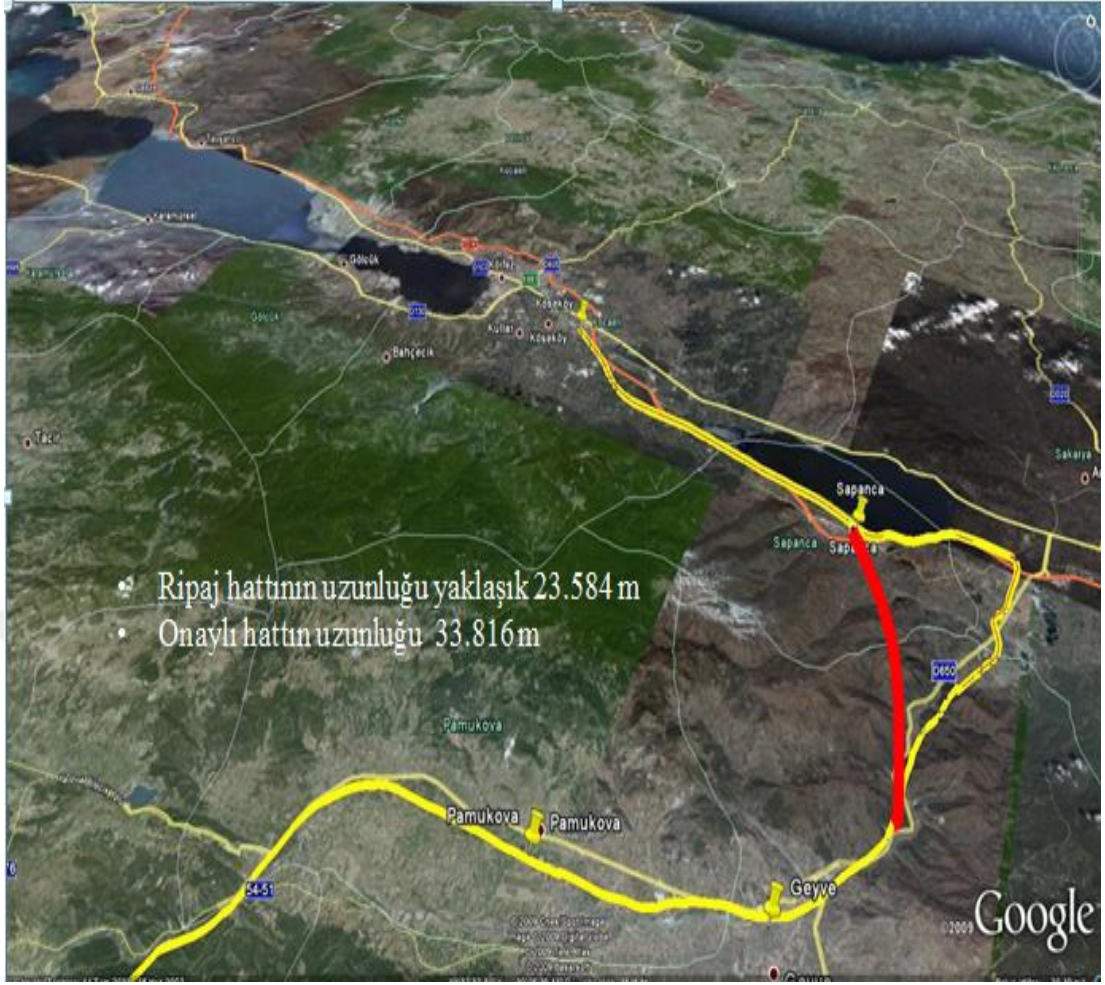
etmektedir. Doğançay Ripajı-1’de fiziki ilerleme %99,44’tür. Tünellerin kazıları ve kaplamaları tamamlanmış olup üstyapı ve Elektrifikasyon, Sinyalizasyon ve Telekomünikasyon (EST) çalışmaları devam etmektedir. Doğançay Ripajı-2’de fiziki ilerleme %5 seviyesindedir. T26 tüneli kısmında ise tünelin giriş tarafındaki 1.020 metrelik kesim halihazırda açılmış olup ıslah çalışmaları devam etmektedir. Projenin fiziki ilerlemesi %18 durumundadır (TCDD İşletmesi Gen. Müd. Faaliyet Raporu, 2018). Doğançay ripajının proje ve uydu fotoğrafı ile güzergahı Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’te gösterilmiştir. İnönü-Vezirhan-Köseköy kesiminde yer alacak tünellerden biri 7.470 metre, diğeri ise 6.100 metredir. Doğançay Ripajı olarak adlandırılan bu tüneller sayesinde Sapanca’ya direkt geçiş sağlanacaktır (Yüce, 2015).

Doğançay ripajının tamamlanmasıyla hat uzunluğu yaklaşık 10 km. kısalacaktır. TCDD 2019 Yılı Yatırım Programı’na göre 2023 yılında tamamlanması planlanan Doğançay Ripajı’nın işleme girmesiyle birlikte seyahat süresinde yaklaşık 20 dk. kısalma olacaktır (TCDD Yatırım Programı, 2019).

Ripaj: Karayolu veya demiryolu güzergahının çeşitli sebeplerle kaydırılması işlemidir.



Şekil 4.3 : Doğançay Ripajı Güzergahı (Yüce, 2015).



Şekil 4.4 : Doğançay Ripajı Güzergahı (Yüce, 2015).

Yüksek hızlı demiryollarının haricinde yapımı devam etmekte olan hızlı demiryolu projeleri ve ilerleme durumları da Şekil 4.5'te görülmektedir(TCDD İşletmesi Gen. Müd. Faaliyet Raporu, 2018).

Hat Adı	Güzergah Uzunluğu (km)	Toplam Hat Uzunluk (km)	İşin Niteliği	Fiziki İlerleme (%)
Bursa-Bilecik	106	212	Altyapı Yapımı	58
Sivas Erzincan (Sivas-Zara Kesimi)	74	148	Altyapı Yapımı	6
Konya-Karaman	102	204	Altyapı+Üstyapı Yapımı	100
Karaman-Ulukışla	135	270	Altyapı+Üstyapı Yapımı	49
Mersin-Adana 3. ve 4. Hat	67	134	Altyapı Yapımı	98
Adana-İncirlik-Toprakkale	79	158	Altyapı+Üstyapı Yapımı	14
Bahçe-Nurdağ (Fevziapaşa Varyantı)	17	34	Altyapı+Üstyapı+Elektrifikasyon Yapımı	51
Toprakkale-Bahçe (Tüneli Kesim)	13	26	Altyapı+Üstyapı+EST Yapımı	8
Nurdağ-Başpınar	56	112	Altyapı+Üstyapı Yapımı	26
Akçagöze-Başpınar Varyantı	11	22	Altyapı Yapımı	99
Aliağa-Çandarlı-Bergama HT ve Çandarlı Limanı Demiryolu Bağlantısı	57	160	Altyapı Yapımı	-
TOPLAM	717	1.480		

Şekil 4.5 : Yapımı Devam Etmekte Olan Hızlı Demiryolu Hatları.

4.2.2 TCDD'nin kullandığı yüksek hızlı trenlerin incelenmesi

Türkiye'nin işletime açılan ilk hattı olan Ankara-Eskişehir hattında işletilmek üzere İspanyol şirket CAF (Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles)'tan temin edilen HT 65000 serisi trenler satın alınmıştır. Şekil 4.6'da görülen HT 65000 serisi yüksek hızlı trenler maksimum 250 km/saat hıza uygun olup, 411 yolcu kapasitesindedir. Tren setleri 1 adet business, 1 adet yemekli ve 4 adet ekonomi vagonundan oluşmakta olup 55 adet business class, 354 adet ekonomi ve 2 adet engelli yolcu kapasitesindedir. Kafeterya kısmında 8 adet koltuk bulunmaktadır.



Şekil 4.6 : CAF HT 65000 Serisi Yüksek Hızlı Tren Seti.

İlk seferini 2009 yılında yapan tren setlerinin özellikleri;

- Dizgi: Tc-M-M-M-M-Tc
- Tren uzunluğu (mm): 158.920
- Maksimum hız (km/sa): 250
- Azami Cer Gücü: 4800 kw

Trenler, ilave 2 araçla beraber 8 araca çıkarılabilen 6 araçtan oluşmaktadır (CAF).

HT 65000 serisi trenler Ankara-İstanbul arasında hizmet vermektedirler.

TCDD bünyesinde bulunan bir diğerk yüksek hızlı tren seti Alman Siemens firmasının ürettiğı Velaro D tipi trenlerdir. Şekil 4.7’de görülen ve ilki 2015 senesinde TCDD bünyesine giren trenlerin maksimum hızı 300 km/saat ve gücü 8000 kW’tır. Uzunluğu 200,72 m olan trenlerinin HT 80000 serisi 444 yolcu, HT 80100 serisi 481 yolcu kapasitelidir (TCDD İstatistik Yıllığı, 2012-2016) Siemens’in ürettiğı HT 80000 ve HT 80100 serisi trenler Ankara-Konya arasında işletilmektedirler.

2016’da 6 adet daha tren seti filoya eklenmiş olup TCDD bünyesinde toplam 12 adet CAF 65000 serisi, 1 adet Siemens HT 80000 ve 6 adet Siemens HT 80100 serisi olmak üzere 19 adet tren seti bulunmaktadır. TCDD bünyesindeki yüksek hızlı trenler ile ilgili özet bilgiler Çizelge 4.5’te verilmiştir.



Şekil 4.7 : TCDD Siemens Velaro-D Yüksek Hızlı Tren Seti.

Çizelge 4.5 : TCDD YHT Setleri.

	CAF HT 65000	Siemens HT 80000	Siemens HT 80100
Adet	12	1	6
Tren Seti Başına Koltuk Sayısı	411	444	481
Tren Seti Uzunluğu (m)	158,92	200,72	200,72
Azami İşletme Hızı (km/saat)	250	320	300
Gücü (kW)	4.800	8.000	8.000
Katener Voltajı	25 kv 50 Hz	25 kv 50 Hz	26 kv 50 Hz
Sinyalizasyon Tipi	ETCS level 1, ATS	ETCS level 0, 1, 2	ETCS level 0, 1, 3

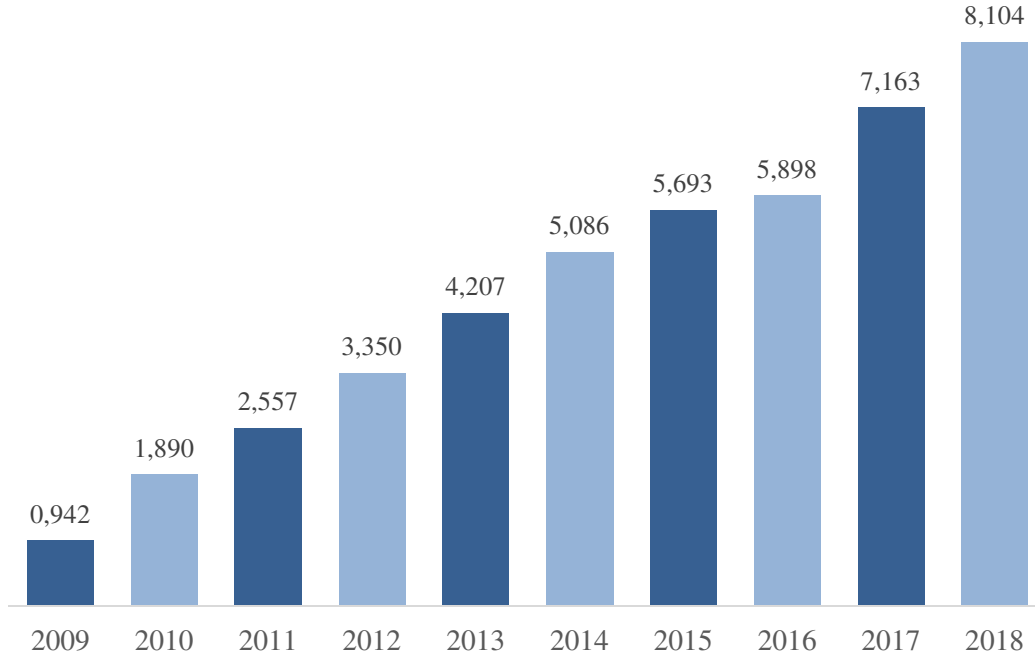
Ayrıca, TCDD'nin yatırım programında 106 adet YHT seti temini bulunmaktadır. 10 adet YHT setinin sözleşmesi imzalanmış olup imalat süreci devam etmektedir. YHT setlerinin diğer 96 adedi ise, Sanayi İşbirliği Programı (SİP) Projesi kapsamında ihale edilecek ve teknoloji transferi yapılarak gerçekleştirilecektir (UAB, 2018).

96 adet YHT setinin temini için 2017 yılında açılan ihale duyurusunda, 20 adedi en az %10 yerli katkı payı ile komple üretilmiş olarak ithal, 60 adedi en az %53 yerli katkı payı ile Türkiye'de Eskişehir'de TÜLOMSAŞ tesislerinde imal ve 16 adedi milli YHT projesi dahilinde en az %74 katkı payı ile TÜLOMSAŞ tesislerinde imal edilecektir. Yerli üretim ve test tesis kurulumu Eskişehir'de ve üretilen malların teslim yeri Ankara olacaktır (Url-1).

4.2.3 Taşınan yolcu sayılarının incelenmesi

Yüksek hızlı trenler, 2009 yılında işletmeye girdiğinden beri Türkiye'deki yolcular tarafından hızlıca benimsenmiştir. YHT hatlarındaki yolcu sayıları her sene artış göstermiştir. Özellikle zamandan sağladığı kazanç YHT'ler için tercih sebebi olurken uygulanan uygun fiyat politikaları da yolcuların seçimlerini etkileyen ana faktörlerden biri olmuştur. İşletmeye giren YHT hatlarıyla birlikte yolcu taşımacılığında demiryolunun payı da artmaya başlamıştır. Şekil 4.8'de yıllara göre YHT'lerde toplam yolcu taşıma sayıları görülmektedir (TCDD Taşımacılık A.Ş. Faaliyet Raporu,2018).

YHT Yolcu Sayısı (Milyon Kişi)



Şekil 4.8 : Türkiye’de YHT Yolcu Sayıları.

İklim şartları ve yolcu talepleri dikkate alınarak oluşturulan sefer sayıları ise 2018 yılında yaz tarifesini için 52 sefer, kış tarifesini için 44 sefer olarak gerçekleştirilmiştir. Hat bazında gerçekleşen sefer sayıları Çizelge 4.6’da gösterilmiştir (TCDD Taşımacılık A.Ş. Faaliyet Raporu, 2018).

Çizelge 4.6 : TCDD YHT Hatları 2018 Yılı Sefer Sayıları.

Hat Kesimi	Kış Tarifesi	Yaz Tarifesi
Ankara-Eskişehir	10	10
Ankara-Konya	14	20
Ankara-İstanbul (Pendik)	14	16
Konya-İstanbul (Pendik)	6	6
Toplam	44	52

Yıllar itibari ile her bir hatta taşınan yolcu sayılarına baktığımızda ise her bir hattın işleme girdikten sonra yolcu sayısı genellikle artarak ilerlemiştir. Hatların yıllara göre yolcu taşıma sayıları Çizelge 4.7’de gösterilmiştir (TCDD Taşımacılık A.Ş. Faaliyet Raporu, 2018).

Çizelge 4.7 : TCDD YHT Hatları 2009-2018 Yılları Arası Yolcu Sayıları (Bin Kişi).

Hat Kesimi	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Toplam
Ankara-Eskişehir	942	1.890	2.150	1.978	2.264	1.924	1.280	1.237	1.339	1.426	16.430
Ankara-Konya	-	-	407	1.371	1.745	1.890	1.799	1.775	2.047	2.243	13.277
Ankara-İstanbul (Pendik)	-	-	-	-	-	992	1.956	2.203	2.873	3.269	11.293
Konya-Eskişehir/İstanbul	-	-	-	-	198	279	659	684	905	1.167	3.892
TOPLAM	942	1.890	2.557	3.350	4.207	5.086	5.693	5.898	7.163	8.104	44.890

*2013 ve 2014 yıllarında Konya-Eskişehir olarak işletilen yüksek hızlı yolcu trenleri, Eskişehir-İstanbul hattının açılması ile Konya-İstanbul olarak işletilmeye devam edilmiştir.

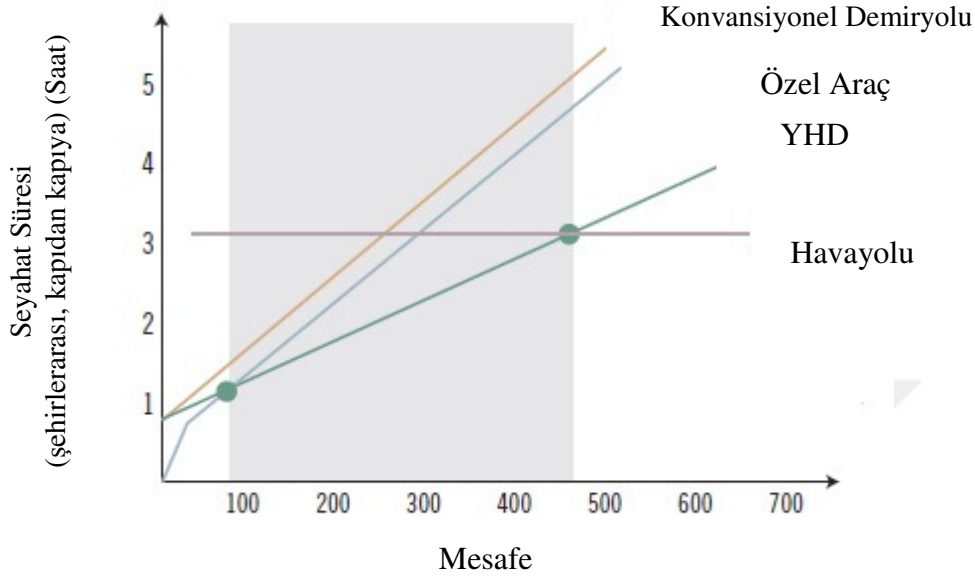
4.2.4 Türkiye’de yolcuların YHT tercihinin incelenmesi

Ulaştırma türünün seçiminde seyahat maliyeti önemli bir faktördür. Ancak, pazar araştırması ve davranışsal çalışmalar yoluyla, ulaşım modu seçiminde farklı faktörler olduğu belirlenmiştir. Bunlar hizmet kalitesi ölçüsünü gösteren; seyahat hızı, erişim kolaylığı ve hizmet güvenilirliğidir. Ancak ulaşım maliyetinin tanımlanabilmesi için bütün bunların yolcu bakış açısıyla göreceli ağırlıklarının belirlenmesi gerekmektedir (Lesley L, 2009). Bu oranlara göre ulaşım zaman maliyetinin ortaya konulabilmesi geliştirilmiş maliyet fonksiyonu ile gerçekleştirilmektedir.

Ulaştırma ekonomisinde zaman değeri, her ne kadar daha geniş manada olsa da, temelde zaman miktarını eşdeğer parasal büyüklüğe dönüştüren katsayı olmaktadır. Ölçüsü para/zaman’dır. Geliştirilmiş maliyet fonksiyonu da bu katsayılara göre kurulmaktadır (Goodwin, 1976). YHT’ler de geliştirilmiş maliyeti azaltan ulaştırma türüdür.

Farklı ulaşım modları arasında tercih yaparken, mantıklı yolcular kararlarını her bir ulaşım türü için geliştirilmiş maliyet karşılaştırması yaparak vermektedirler. Quinet ve Vickermann’ın da aktardığı gibi, bu maliyet sadece yolculuk ücretlerini değil, aynı zamanda seyahat süresini ve güvenilirlik, konfor, imkanlar ve güvenlik gibi diğer faktörleri de barındırmaktadır. Şekil 4.9’da görüldüğü gibi, yolcular için zaman maliyeti anlamına gelen ve her bir ulaşım türü için oluşturulan zaman-mesafe grafiği görülmektedir. Karşılaştırma sadece şehirlerarası kapıdan kapıya yolculuklar ve erişim ve bekleme süreleri gibi bütün seyahat süreleri dahil edilerek yapılmıştır. Şekil

4.9'dan da anlaşılacağı üzere YHD'nin, 100-500 km aralığındaki koridorlarda avantajlı olduğu görülmekte olup 500 km üzeri mesafelerde havayollarının YHD ile başarılı bir şekilde rekabet edebildiği görülmektedir (Barron ve diğ., 2009).



Şekil 4.9 : YHD Rekabet Avantaj Modeli.

Türkiye'de henüz yeni bir ulaşım türü olan Yüksek Hızlı Tren, hatların yaygınlaşması ve yüksek hızlı trenlere olan güvenin artmasıyla beraber yolcuların ulaşım tercihi olarak da gün geçtikçe artmaktadır. Bu oran henüz Avrupa'ya veya Japonya'ya kıyasla hayli düşük olmakla beraber yapılan çalışmalar ve anketler gelecekte yolcu tercihlerinde YHT'lerin önemli bir paya sahip olacağını göstermektedir.

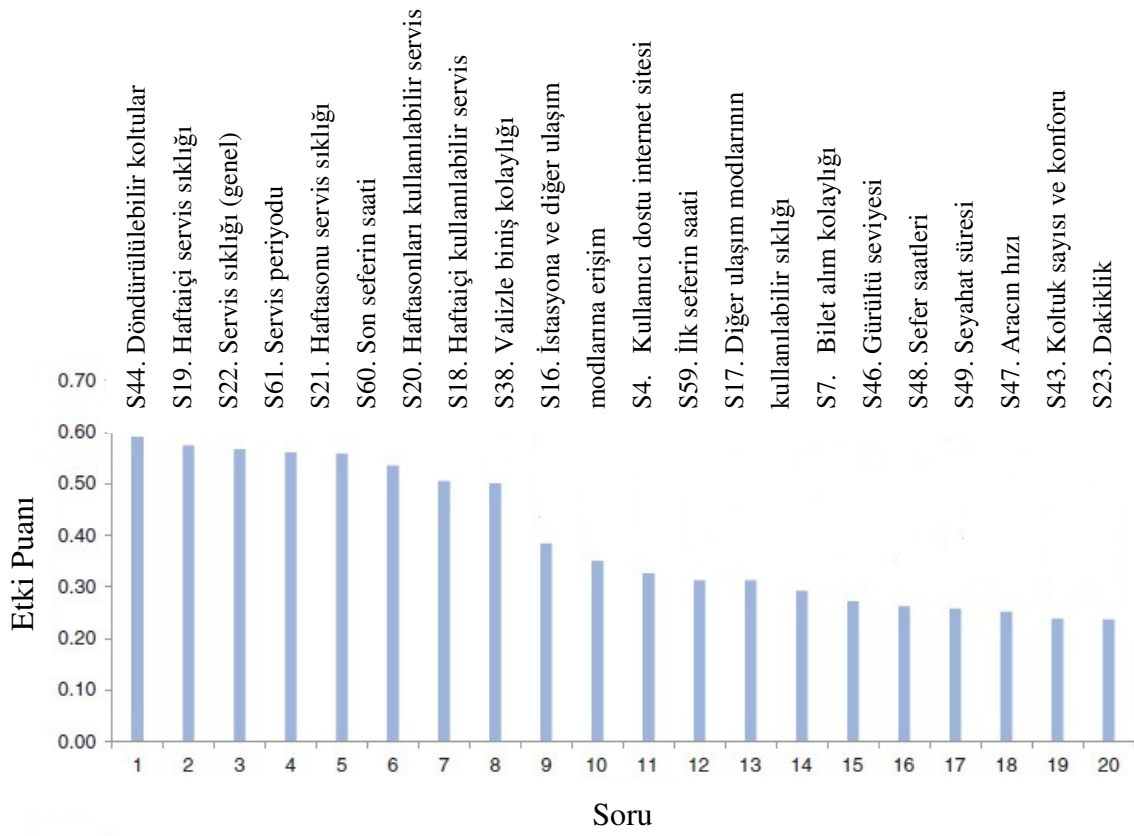
Yüksek hızlı trenler, hızlı bir ulaşım aracı olması sebebiyle zamandan tasarruf sağlamakta, vaktinde kalkış ve varış performansı ile da yolculara zaman planlaması yapmakta kolaylık sağlamaktadır. Bunların yanında konforlu ve güvenli oluşu da yolcuların ulaşım tercihlerini etkilemektedir. Nitekim Ankara-Eskişehir hattındaki YHT kullanıcılarına yönelik yapılan anket çalışmaları da bu durumu destekler niteliktedir. Farklı günlerde, farklı saatlerde, farklı yaş grupları, gelir seviyeleri ve cinsiyetlerde kişiler anket çalışmasına tabi tutulmuştur. Tercih nedenleri açısından analizlerden önem sırasına göre aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkmıştır:

1. YHT'nin zamandan tasarruf sağlaması
2. YHT'nin konforlu olması
3. YHT'nin dakik olması

4. YHT'nin güvenli bulunması
5. YHT'de bilet fiyatlarının uygun olması (Kılıçlar ve diğ., 2010)

YHT kullanıcılarının katılımıyla gerçekleştirilen bir başka anket çalışmasında da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Oturmuş bir yolcu potansiyeli olan Ankara-Konya ve Ankara-Eskişehir hatları seçilmiş ve 421 YHT kullanıcılarına yöneltilen sorularla yapılan çalışmada YHT'nin tercih edilirliliği araştırılmaya çalışılmıştır. Çıkan sonuçlara göre, YHT yolcularının genel olarak otobüs fiyatlarını baz alarak karar verdiğini ve YHT bilet fiyatlarının, uçak fiyatlarının altında kaldığı sürece YHT'nin tercih edilirliliğinin yüksek olduğunu göstermektedir. YHT bilet fiyatı uçak bilet fiyatından pahalı olduğunda, katılımcıların çoğu gelir düzeyi fark etmeksizin YHT'yi tercih etmeyeceklerini belirtmiştir. Ancak gelir düzeyi arttıkça tercih oranı da artmış ve orta/yüksek gelir grubu için %20,9'a ulaşmıştır (Yaman ve Dalkıç, 2019).

Tübitak tarafından desteklenen bir diğer çalışmada ise, tren işletiminin geliştirilmesine yönelik öneriler sunmak üzere Ankara-Eskişehir YHT hattı kullanıcıları üzerinde anket çalışması yapılmıştır. Çalışmada, YHT'nin servis kalitesini değerlendirmek için farklı zamanlarda, farklı yaş ve cinsiyetlerde, farklı gelir ve eğitim düzeylerinde 900 kullanıcıya 61 adet soru yöneltilmiş ve verilen cevaplar Etki Puanı Tekniği ile değerlendirilmiştir. Ankete katılan kullanıcıların verdiği bilgiler incelendiğinde, YHT kullanıcılarının araç sahipliği oranının yüksek oluşu dikkat çekmektedir. Kullanılan yöntem kapsamında, kullanıcılar öncelikle yöneltilen soru hakkında son 30 gün içerisinde bir sorun yaşayıp yaşamadığına göre iki farklı gruba ayrılmıştır. Ardından bu grupların, sorulara verdiği 1-5 arası (1 hiç memnun değilim, 5 çok memnunum) puanlamalar iki ayrı sütunda toplanmıştır. Aradaki fark ve problem yaşayanların yüzdesi çarpılarak etki puanı değerleri elde edilmiştir. Etki puanı en yüksek durumlar ile son 30 gün içerisinde durumla ilgili problem yaşayan kullanıcı sıralamasının hemen hemen aynı sıralamada gittiği görülmüştür. İki grubun puan aralığı sıralaması ise bunlara kıyasla daha dağınık bir yerleşim göstermiştir. Bu durum, kullanıcı algısının ve beklentilerinin büyük farklılıklar gösterebildiği olarak tanımlanabilir. Çalışmada çıkan sonuçlara göre, Ankara-Eskişehir arası YHT kullanıcıları için etki düzeyi en yüksek 20 durum Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



Şekil 4.10 : Ankara-Eskişehir YHT Kullanıcıları Etki Puanları Sıralaması.

Şekil 4.9'dan da görüleceği üzere, kullanıcılar üzerinde etki derecesi en yüksek ve YHT işletmecisinin acil olarak geliştirme yapması gereken durumlar; seyahat yönüne göre döndürlemeyen sabit koltuklar, servis sıklığı ve zamanlamalar, bagaj için yeterli alanın bulunmayışı ve bilete ve istasyona erişim kolaylığı ilgili durumlar olarak özetlenebilir (Alçura ve diğ., 2016).

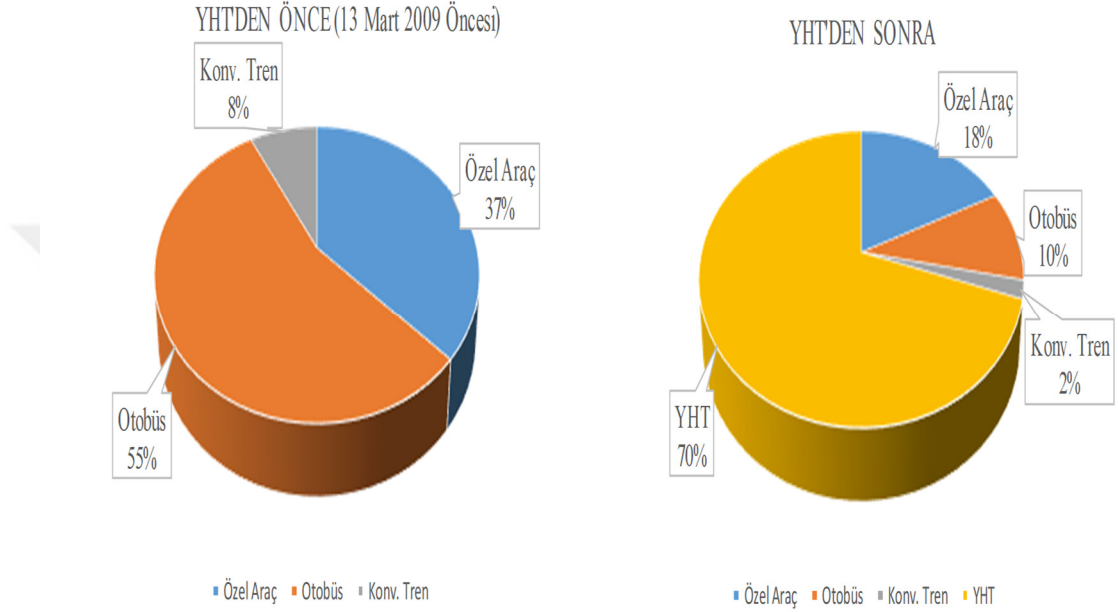
TCDD'nin yapmış olduğu yüksek hızlı trende beklentiler ve sosyal algı araştırmalarına göre, YHT ile seyahat eden yolcuların %95'i konfor, havalandırma ve sessizlik özelliklerinden memnundur. Katılımcıların ortalama %80'i YHT'lerin yaşadıkları şehrin ticari yaşamına canlılık getirdiğini, turizme katkı sağladığını ve YHT yatırımlarını devam etmesi gerektiğini düşünmektedirler. Ayrıca %90'ı, tren garının şehrin içinde olmasının YHT açısından tercih sebebi olduğunu belirtmiştir (UAB, 2018).

TCDD Taşımacılık Genel Müdürlüğü'nün genel hizmet kalitesini artırabilmek amacıyla gerçekleştirdiği YHT yolcu profili, memnuniyeti ve algı araştırması çalışmaları sonucunda genel memnuniyet oranı Eylül 2017'de %97,5 iken bu oran Şubat 2018'de %98,9 olmuştur (TCDD Taşımacılık A.Ş. Faaliyet Raporu, 2018).

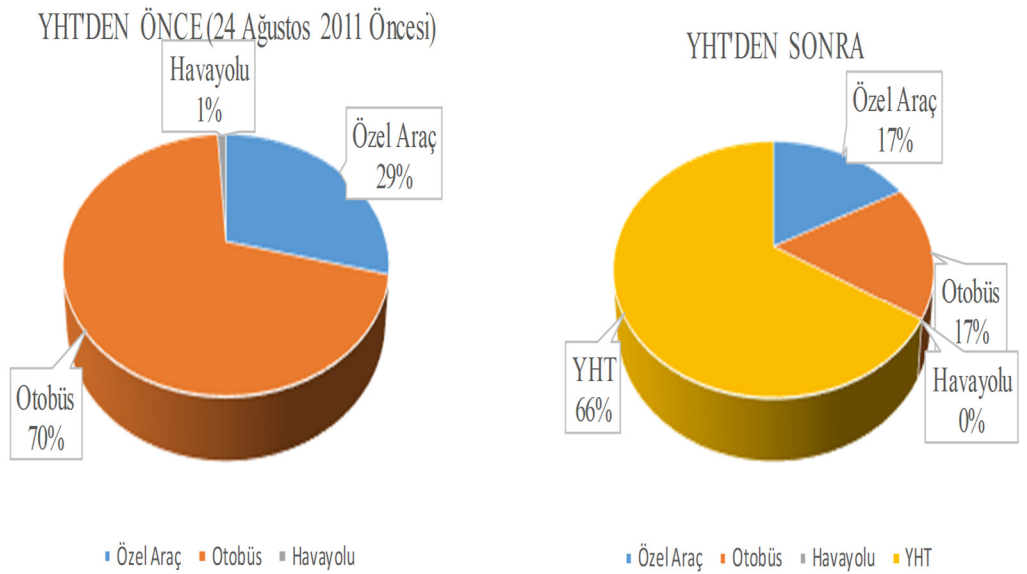
Şehirlerarası yolcu taşımacılığında, ulaştırma sistemleri arasında gerçekleşen oranlar da yukarıda bahsedilen anket, memnuniyet ve algı araştırmalarının sonuçlarını

doğrular ve tamamlar niteliktedir. YHT'ler işleme girdikten sonra yolcu tercihlerini önemli oranlarda değiştirmiştir. Mevcut işletimde olan hatlar 200-600 km aralığında bulunmakta ve hem karayolu hem de havayolu ile rekabet edebilir konumdadır.

Bu bakımdan incelendiğinde YHT öncesi ve sonrası taşımacılık payları Şekil 4.11'de Ankara-Eskişehir arası için ve Şekil 4.12'de Ankara-Konya için gösterilmiştir (TCDD İşletmesi Gen. Müd. Faaliyet Raporu, 2016).



Şekil 4.11 : YHT Öncesi ve Sonrası Ankara-Eskişehir Arası Yolcu Taşımacılığı.



Şekil 4.12 : YHT Öncesi ve Sonrası Ankara-Konya Arası Yolcu Taşımacılığı.



5. ANKARA-İSTANBUL ARASI YHT HATTININ İNCELENMESİ

Türkiye'nin en büyük iki şehri Ankara ve İstanbul ulaşım trafiği açısından en yoğun yolcu ve yük taşımacılığı hattıdır. Konvansiyonel demiryolu hattı ile iki şehir arası ortalama 7 saat sürmekte, karayolu ile ortalama 5-6 saat sürmekte ve havayolu ile ise bekleme süreleri ve havaalanlarına ulaşımı da göz önüne aldığımızda ortalama 3-4,5 saat sürmektedir. Ankara-İstanbul YHD projesi ile iki şehir arasındaki seyahat süresinin azaltarak, hızlı, güvenli ve konforlu ulaşım sağlanması hedeflenmiştir. Güzergahtaki demiryolu taşımacılığının payını %78'e çıkarmak da bir diğer hedefdir (Demirezer). Bu özellikleriyle ön plana çıkan YHD, yolcuların ulaşım tercihlerini etkilemiş ve karayolundan ve havayolundan önemli ölçüde pay almıştır. Yapılan yatırımların sağladığı enerji tasarrufu ile ülke ekonomisine ve çevreye önemli katkı sağlanmıştır.

5.1 Ankara-İstanbul YHD Proje Bilgileri

Yüksek Hızlı Tren Projesi, mevcut konvansiyonel hattan ayrı olarak çift hatlı ve 250 km/saat işletme hızına uygun olarak inşa edilmiştir. Bu proje ile iki şehir arası ekonomik ve kültürel faaliyetlerin artması hedeflenmiştir. Marmaray ile entegrasyonu sağlanarak Avrupa'dan Asya'ya kesintisiz demiryolu ulaşımı sağlanmaktadır. Mevcut konvansiyonel hattan ayrı olarak çift hatlı olarak inşa edilmiştir ve tamamı elektrikli ve sinyallidir. Projenin toplam uzunluğu 533 km. olup güzergahı Şekil 5.1'de gösterildiği gibidir (Akgüngör ve Demirel, 2007).

- Ankara-Sincan (24 Km.)
- Sincan-Esenkent (15 Km.)
- Esenkent-Eskişehir (206 Km.)
- Eskişehir-İnönü (30 Km.)
- İnönü-Vezirhan (54 Km.)
- Vezirhan-Köseköy (104 Km.)

- Köseköy-Gebze (56 Km.)
- Gebze-İstanbul/Haydarpaşa (44 Km.)

Hattın Gebze-İstanbul kısmı projeye dahil edilmemiştir. Gebze-Haydarpaşa arası Marmaray projesi ile yüzeysel metroya dönüşecek, aynı zamanda Halkalı-Gebze banliyö hattı ile de entegre olacaktır. 2 etap halinde projelendirilen hattın 1. etabı Esenkent-Eskişehir arası 206 km.'lik kesimdir. İnönü-Vezirhan ve Vezirhan-Köseköy olmak üzere iki kesimde yapılan 158 km.'lik kesim ise projenin 2. Etabını oluşturmaktadır. 1. Etabın başlangıcını oluşturan Ankara-Sincan arasındaki 24 km. 'lik kesim ise hızlı tren işletmeciliğine uygun hale getirilerek istasyonların ve banliyö hatlarının düzenlenmesi sağlanmıştır. Proje kapsamında Ankara Garı inşası, Eskişehir Garı'nın yer altına alınması da bulunmaktadır.



Şekil 5.1 : Ankara-İstanbul YHT Hattı Güzergahı.

Proje Dizayn Kriterleri:

- Uzunluk: 533 km
- Hat Sayısı: Çift hat, elektrikli, sinyalli
- Hız: 250 km/saat

- Dingil Yüğü: 22,5 ton
- Ekartman: 1.435 mm
- Min. Kurp Yarıçapı: 3.500 m
- Maks. Eğim: 130 mm
- Düşey Gabari (Min): 6.72 m
- Ray Tipi: UIC-60
- Ray Boyu: 36 m
- Kaynaklı Uzunluk: Sürekli Kaynak
- Ray Kalitesi: 900 A
- Traversler: Ön germeli, ön çekmeli monoblok B70 tipi beton traversler (Demirezer).

Eskişehir-Pendik kesiminin inşası tamamlanarak Temmuz 2014'te hizmete açılan 513 km'lik Ankara-İstanbul(Pendik) koridorunda, azami hızı 250 km/saat olan YHT ile yolculuk süresi 3 saat 55 dk. olmuştur. Bölüm 4.2.1.'de detaylandırıldığı gibi, yapım çalışmaları devam eden kesimlerden dolayı hedeflenen taşıma süresine henüz ulaşamamıştır. Eskişehir-Bursa arasında YHT bağlantılı otobüsler ve Kütahya, Afyonkarahisar, Denizli arasında da trenler çalıştırılmaya başlanarak bu şehirlere yapılacak olan seyahat sürelerinde de önemli kısalmalar sağlanmıştır (UAB, 2018).

Hat boyunca yolcu indirme bindirme yapılan istasyonlar aşağıda verilmiştir:

- Ankara
- Eryaman
- Polatlı
- Eskişehir
- Bozüyük
- Bilecik
- Arifiye
- İzmit
- Gebze

- Pendik
- Bostancı
- Söğütlüçeşme
- Halkalı

Gebze-Halkalı arası duraklar, Marmaray projesi kapsamında değerlendirilmekte olup, YHT hattı olarak Ankara-Pendik arası değerlendirilmeye alınmıştır. Ankara'dan hareket ederek Halkalı'ya direkt yapılan sefer sayısı günde 1 adet ile sınırlıdır. Bozüyük, Bilecik, Arifiye gibi istasyonlarda ise her seferde durulmamaktadır. Yine de Avrupa'daki örnekleriyle kıyaslandığında durak sayısı yüksek hızlı tren hatları içinde fazladır. Bu da iki şehir arasındaki seyahat süresini etkileyen bir diğer önemli faktördür.

Türk halkı, Ankara-İstanbul yüksek hızlı tren projesi ile unutmaya yüz tuttuğu demiryolu ulaşım sistemini yeniden tanımaya başlamış ve onu benimsemiştir. Fosil yakıtlara bağımlı olmayan, arazi kullanımı düşük, çevre dostu ve kullanım ömrü uzun bu ulaştırma sistemi ile çağın teknolojisi ve gereksinimleri yakalanmıştır. Ankara-İstanbul YHT hattı, Türkiye'nin ulaştırma sistemleri içinde ve gelecekteki ulaşım dönüşümünde oldukça önemli bir yere sahiptir. Türkiye'nin bugünkü ve gelecekteki ulaşım ağında önemli bir yapı taşıdır.

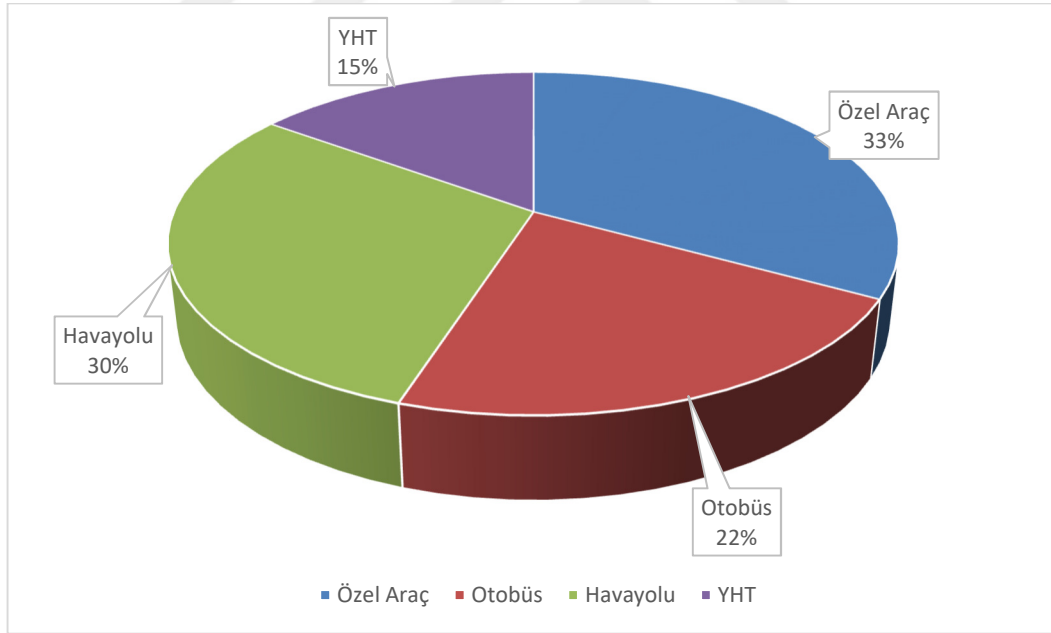
5.2 Ankara-İstanbul YHT Hattı Yolcu Sayıları ve Ulaşım Paylarının İncelenmesi

2014 yılında işleme alınan Ankara-İstanbul hattında, artan taleplerle birlikte 2018 yılında yaz döneminde karşılıklı olarak 8 sefer ve kış döneminde karşılıklı olarak 7 sefer düzenlenmektedir. 2018 yılında toplam 3.268.635 yolcu taşınmış ve toplam 5.617 sefer yapılmıştır. YHT hattı açıldıktan sonra Ankara-İstanbul arası YHT taşıma payı %15 olmuştur. (TCDD Taşımacılık A.Ş. Faaliyet Raporu, 2018). TCDD Taşımacılık Genel Müdürlüğü'nden alınan verilere göre hatta, 2019 yılında ise 3.407.051 yolcu taşınmış olup, yıllar itibari ile taşınan yolcu sayıları, doluluk oranları ve sefer sayıları Çizelge 5.1'de gösterilmiştir (TCDD Taşımacılık A.Ş. Gen. Müd., kişisel veri talebi, 17 Ocak 2020).

Çizelge 5.1 : Ankara-İstanbul YHT Hattı Yolcu ve Sefer Sayıları.

Yıl	Yolcu Sayısı	Doluluk Oranı %	Sefer Sayısı	Tren Dizisi Modeli	Tren Setlerindeki Vagon Sayısı	Tren Setlerindeki Koltuk Sayısı
2014	992.098	81	1.868	CAF	6	411
2015	1.955.690	82	3.729	CAF	6	411
2016	2.202.729	82	4.184	CAF	6	411
2017	2.872.634	84	5.312	CAF	6	411
2018	3.268.635	92	5.617	CAF	6	411
2019	3.407.051	94	5.722	CAF	6	411

Çizelge 5.1'den de görüleceği üzere Ankara-İstanbul YHT hattı, işleme girdiği günden beri yolcu sayısını ve doluluk oranını artırmaktadır. TCDD faaliyet raporu verilerine göre Ankara-İstanbul arası yolcu taşımacılığı payı %15 olmuştur. Şekil 5.2'de, mevcut durumda iki şehir arasındaki yolcu taşımacılığı payları görülmektedir (TCDD İşletmesi Gen. Müd. Faaliyet Raporu, 2016).



Şekil 5.2 : YHT Sonrası Ankara-İstanbul Arası Ulaştırma Payları.

Yüksek hızlı trenin Marmaray ile bağlantısı da tamamlanmış olup, önümüzdeki yıllarda iki şehir arasındaki yolcu taşımacılığında demiryolu payının artacağı öngörülmektedir. Bir diğer önemli bağlantı olan Doğançay Ripajı'nın tamamlanarak işleme alınmasıyla beraber Ankara-İstanbul arası seyahat süresi yaklaşık 20 dk. daha kısaltacak olup, yolcu tercihlerinde önemli rol oynayacaktır. İşleme alınacak ekspres

seferler ile de, özellikle iki şehir arasında seyahat eden yolcular için zaman tasarrufu artırılmış olacağından, doluluk oranı daha yüksek ve talebi fazla olan seferler gerçekleştirilecektir.

Yukarıdaki taşımacılık oranları; Ankara-İstanbul arası YHD'nin yapılmamış olması ve dolayısıyla YHD payının %0 olması, YHD payının %30 olması ve YHD payının hedeflenen şekilde %78 olması durumları için güncellenerek oluşacak enerji tüketimlerinin ve maliyetlerinin bahsi geçen durumlar için karşılaştırması yapılacaktır.



6. FARKLI ULAŞIM TÜRLERİ İÇİN ORTALAMA ENERJİ TÜKETİMLERİNİN VE MALİYETLERİNİN TESPİTİ

Ulaştırma sektörünün; hava kirliliği, arazi kullanımı, gürültü kirliliği, trafik sıkışıklığı, kazalar, iklim değişikliği ve enerji tüketimi maliyetleri gibi dışsal maliyetlerinin içinde en önemli konulardan biri de enerji tüketimidir. Enerji kaynakları kısıtlı olan dünyamız ve ülkemizde hem tüketim açısından hem de maliyet açısından ulaştırma sektörü, bu anlamda payı en çok olan sektörlerdendir.

2015 verilerine göre EU-28 için ulaştırma sektörüne harcanan enerji tüketimi 358,6 Mtoe olmuştur ve bu da birincil enerji tüketiminin %33'ünü oluşturmaktadır. Enerji tüketiminde karayolu %82 ile en çok paya sahip iken, uluslararası havacılık %12, iç hat uçuşlar %1,54 ve demiryolları % 1,73 paya sahiptir (Prussi ve Lonza, 2018).

400 ila 600 km arasındaki mesafeler arasındaki şehirlerarası trafik; uçak, tren, otobüs ve arabaların doğal olarak pazar payları için rekabet ettiği tek ulaşım segmentini oluşturduğu için çevre bağlamında özellikle ilginçtir (Kageson, 2009).

Ulaştırma sektörünün petrole bağımlılığı ve sonucunda yaymış olduğu emisyonlardan dolayı son yıllarda, seyahat süresi ve mesafesinden ziyade, enerji verimliliği farklı ulaşım türleri arasında önemli bir karşılaştırma parametresi olarak dikkate alınmaya başlanmıştır (Chiara ve diğ., 2017).

6.1 Yüksek Hızlı Trenlerde Ortalama Enerji Tüketimi ve Maliyeti

Yüksek hızlı trenlerde enerji tüketim değerleri çeşitli çalışmalarda kWsaat/Koltuk km, kW saat/yolcu km veya MJ/koltuk km gibi değerlerle ifade edilmektedir. Yüksek hızlı trenlerin, enerji tüketim değerleri diğer ulaşım tiplerine göre oldukça düşüktür. Yüksek taşıma kapasiteleri sayesinde de yolcu veya koltuk başına düşen enerji tüketim değeri de yüksek hızlı trenleri bu anlamda ön plana çıkarmaktadır.

Yolcu trenleri;

- İvmelenebilmek için,
- İlk hareketi sağlayabilmek için,

- Tırmanışı gerçekleştirebilmek için,
- Kontrol sistemlerine güç verebilmek için,
- Işıklandırma, ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri için enerjiye ihtiyaç duyar.

Ayrıca, koltuk-km'deki gerçek enerji tüketim değerleri aşağıdakilere bağlıdır;

- Tren Uzunluğu
- Birim uzunluktaki koltuk sayısı
- Aerodinamik
- Ağırlık
- Tünel uzunluğu ve tünel çapı
- Ortalama hız ve maksimum hız
- Durak sayıları ve ivmelenme ve yavaşlama değerleri
- Motor verimliliği ve enerji tasarruflu frenleme (Kageson, 2009).

Hattın geçtiği güzergah boyunca bulunan tünel miktarı, durak sayısı, ağırlık, hız, ivmelenme değerleri gibi değerler tüketilen enerji miktarını etkilese de dünyadaki YHT hatları üzerinde ortalama değerler elde edebilmeye yönelik çalışmalar yapılmıştır. Çizelge 6.1'de Avrupa'da farklı ülkelerde farklı YHT hatlarında gerçekleşen enerji tüketim değerleri gösterilmektedir (Chiara ve diğ., 2017).

Çizelge 6.1 : Avrupa’da Farklı YHT Hatlarında Enerji Tüketim Değerleri.

Farklı YHT Hatlarında Spesifik Enerji Tüketimi Değerleri

Ülke	Tren	Koltuklar	Spesifik Enerji Tüketimi kW h/koltuk km
Fransa	AGV	650	0,033
	TGV Duplex	545	0,037
	TGV Reseau	377	0,039
	TGV Sud Est	347	0,044
Almanya	ICE- 1	743	0,058
İtalya	ETR 500	573	0,04
	ETR 600 Pendolino	432	0,033
Japonya	Tohoku E2	815	0,026
	Tohoku E5	831	0,026
	Tokaido 700	1323	0,028
	Tokaido N700	1323	0,023
İspanya	AVE Series 1	329	0,051
	AVE Series 103 Velaro	545	0,039
İsveç	SJ2000	320	0,042
İngiltere	Class 373 Eurostar	750	0,041
	Class 390 Pendolino	439	0,033
	Class 91 InterCity 225	536	0,035
	Hitachi Super Express	649	0,028

TOSCA'nın YHT özelinde 2011 yılında yaptığı çalışmada, 510 koltuklu bir trende %65 doluluk oranında enerji tüketimi 0,061 kW-saat/yolcu-km olarak belirtilmiştir. Chiara'nın son yayınlarında, Avrupa'da birçok YHT rotasında işletimde olan hatlar değerlendirildiğinde ortalama enerji tüketimi 0,037 kW-saat/koltuk-km olarak belirtilmiştir. Benzer şekilde diğer çalışmalar, ticari tecrübeler ve Dalla Chiara'nın ortalama figürü kullanılarak %65 doluluk oranıyla YHT'lerde enerji tüketimi 0,057 kW-saat/yolcu-km olarak belirtilmiştir. Bu sonuç önceki diğer çalışmalarla yüksek ölçüde uyushmaktadır (Prussi ve Lonza, 2018).

Bir başka çalışmada ise, işletme hızı 250 km/saat olan yüksek hızlı trenler 0,041-0,065 kW-saat/koltuk-km aralığında enerjiye ihtiyaç duyduğu belirtilmiştir (Kageson, 2009).

Ankara-İstanbul arası YHT hattı için, yaklaşık 4 saatte tamamlanan bir seferde ortalama enerji tüketimi 16.640 kWh olduğu belirtilmiştir (Url-2). Bu değere göre,

HT65000 serisi trenler için 411 koltuk ve 513 km mesafe için birim enerji tüketim değeri 0,07892 kwh/koltuk-km olarak bulunmaktadır. İlerleyen kısımlarda hesaplamalar, Ankara-İstanbul YHT enerji tüketimi için bu değere göre yapılacaktır.

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) verilerine göre, Türkiye’de 2019 yılı için farklı tarihlerdeki sanayi tüketimi için elektrik tüketim bedelleri Çizelge 6.2’de verilmiş olup ortalamaları alınmıştır (Url-3).

Çizelge 6.2 : Elektrik Tüketim Bedelleri.

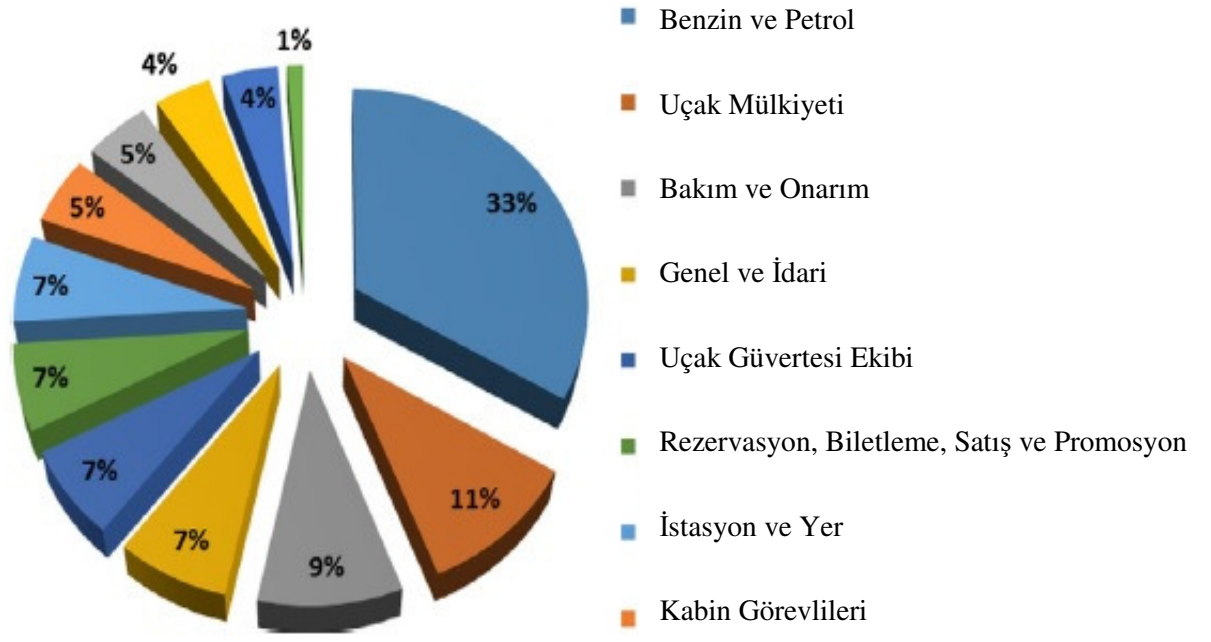
Tarih	TL/kWh
1.01.2019	0,45
1.04.2019	0,45
1.07.2019	0,52
1.10.2019	0,59
Ortalama	0,50

Bu verilere göre çalışmada, YHT’lerin elektrik enerjisi tüketim maliyetleri için ortalama elektrik bedeli olarak 0,50 TL/kWh olarak kullanılacaktır.

6.2 Havayollarında Ortalama Enerji Tüketimi ve Maliyeti

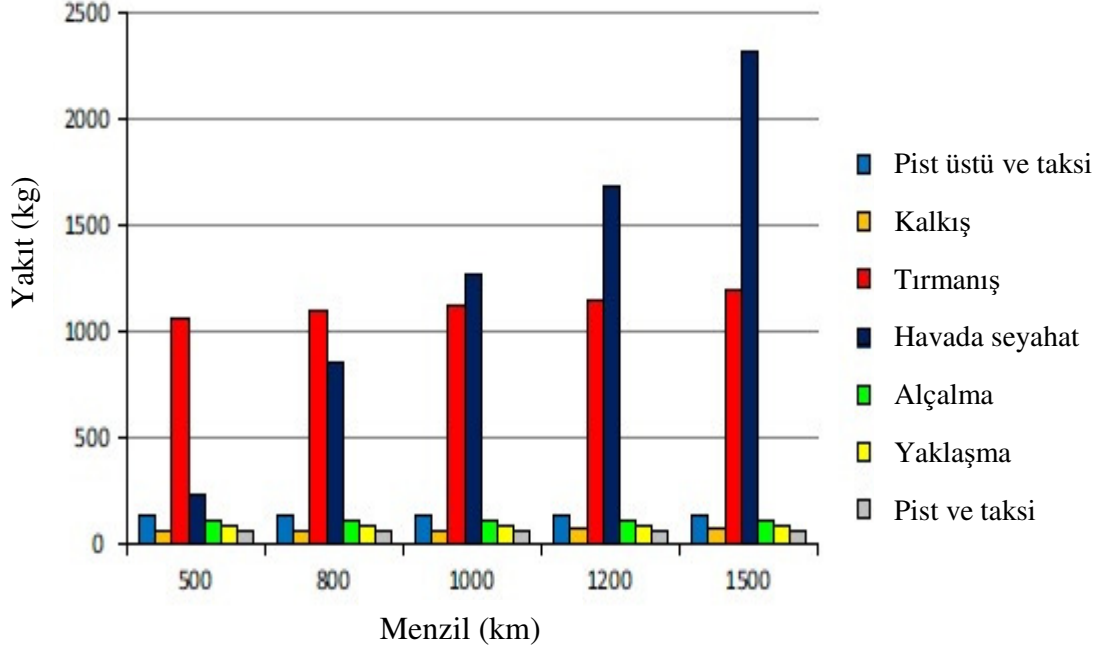
Havacılık faaliyetlerinde maliyetler içindeki pay en çok yakıt tüketimindedir. Yakıt tüketimin diğer maliyetleri içindeki payı Şekil 6.1’de gösterilmiştir (Chiara ve diğ., 2017).

Maliyet Bölümü



Şekil 6.1 : Havacılık Faaliyetlerinde Maliyet Kalemlerinin Oranları.

Havayolu taşımacılığında menzil arttıkça kalkış için harcanan enerjinin etkisi azaldığından, spesifik enerji tüketimi menzilin monoton bir şekilde azalan fonksiyonu olmaktadır. Yüksek hızlı trenlerin tersine kilometre başına enerji tüketimi menzilin zayıf bir fonksiyonudur. Uçuş için gerekli olan yakıt ihtiyacı gidilecek mesafe ile hemen hemen doğru orantılıdır. Geri kalan bütün durumlar için yakıt tüketimi hemen hemen sabittir. Kalkış esnasında tüketilen yakıt toplam tüketim içinde en büyük payı oluşturmaktadır. Bu değer de, 500-800 km arası uçuşlardan daha büyüktür. Menzillere göre yakıt tüketim değerleri Şekil 6.2’de gösterilmiştir (Chiara ve diğ., 2017).



Şekil 6.2 : Uçuş Menziline göre Yakıt Tüketim Payları.

Yolcu başına düşen enerji tüketim miktarı uçak tipine ve gidilen mesafeye göre değişiklik göstermektedir. Yolcu kapasitesi ve ağırlığı fazla uçaklar daha fazla enerji tüketirken, menzil arttıkça yolcu başına düşen enerji tüketim miktarı azalmaktadır.

Menzil uzunluğu;

- < 500 km uçuşlar kısa mesafe uçuşlar
- 500 – 1000 km arası uçuşlar orta mesafe uçuşlar
- > 1000 km uçuşlar uzun mesafe uçuşlar olarak tanımlanmaktadır.

Ayrıca uçuş aracına göre;

- Küçük bölgesel uçaklar: < 100 koltuk-tek koridor
- Dar gövdeli uçaklar: > 100 koltuk-tek koridor
- Küçük gövdeli uçaklar: < 300 koltuk-çift koridor
- Orta gövdeli uçaklar: 300-400 koltuk-çift koridor
- Büyük gövdeli uçaklar: >400 koltuk-çift koridor olarak tanımlanmaktadır.

Avrupa’da belirli şehirler arası gerçekleştirilen uçuşlar üstünde yapılan bir çalışmada, mesafelere göre enerji tüketim miktarları ve CO2 emisyon değerleri Çizelge 6.3’te

verilmiştir. Uçuşlarda yolcu sayısı değeri olarak küçük bölgesel uçaklar ve dar gövdeli uçakların ortalaması baz alınmıştır (Prussi ve Lonza, 2018).

Çizelge 6.3 : Belirli Rotalar için Enerji Tüketimi ve CO₂ Emisyonları.

Rota	Mesafe (km)	Ortalama Yakıt Tüketimi (ton)	Ortalama CO ₂ Emisyonları (ton - g/Pkm)	
Paris - Londra	348	1,75	5,51	143
Amsterdam - Frankfurt	365	1,5	4,72	116
Amsterdam - Londra	372	1,63	5,14	124
Paris - Amsterdam	400	1,88	5,91	133
Frankfurt - Paris	450	1,76	5,56	111
Frankfurt - Londra	655	2,79	8,79	102
Roma - Milano	510	2,73	8,61	128

Bir başka çalışmada ise yakıt tüketimi koltuk-km olarak değerlendirilmiştir. Modern yolcu uçaklarının yakıt tüketimi ortalama 0,029-0,039 litre/koltuk-km aralığında olduğu belirtilmiştir. Kısa menzilli uçaklar uzun menzillilere göre daha fazla önemli derecede yakmaktadır (Kageson, 2009).

Uçaklarda yakıt olarak Jet A1 olarak tanımlanan, ana maddesi kerosen olan yakıt türü kullanılmaktadır. Kerosen, parafin yağı diye bilinen gaz yağıdır. Benzine nispeten daha zor alev alır ama benzinden daha fazla ısı verir. Yüksek irtifada çok düşük sıcaklıklarda donmaması ve kaza durumunda yangın çıkma ihtimalini en az seviyeye indirmesi sebebiyle dünya genelinde uçak yakıtı olarak tercih edilmektedir (Nergiz, 2012).

Ankara-İstanbul arası gerçekleşecek uçuşlar için de ortalama yakıt tüketimi tespit edilmeye çalışılacaktır. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü 2019 yılı sonu verilerine göre, Türkiye’de iç ve dış hatlarda yolcu uçağı olarak hizmet vermekte olan toplamda 510 adet uçak bulunmaktadır. Bunların 405 adedi dar gövdeli uçaklar olup, 217 adedi Boeing’in 737 serisi dar gövdeli uçaklarıdır. Bu uçakların 183 adedi Boeing 737-800

tipi uçaklardır (SGHM, Havayolu Uçak Filosu İstatistikleri). Bu verilere göre, Türkiye’de iç hat uçuşlarda en çok kullanılan uçak tipi olan Boeing 737-800 tipi uçak üzerinden yolculuk ve enerji tüketimi çalışmaları yapılacaktır. Çizelge 6.4’te Boeing 737-800 tipi uçağın genel bilgileri gösterilmektedir (Url-4).

Çizelge 6.4 : Boeing 737-800 Genel Bilgiler ve Enerji Tüketim Değerleri.

		Esas	Maksimum 1
Yolcular	(FC/EC)	162 (12/150)	162 (12/150)
Kargo	m ³ (ft ³)	44.0 (1,555)	44.0 (1,555)
Motorlar		CFM56-7B24/3	CFM56-7B27/3B1F
Boeing-eşdeğer itme gücü / sabit nominal sıcaklık	lb/°F	23.700/86	28.400/86
Maksimum Taksi Ağırlığı	kg/(lb)	70.760 (156.000)	79.240 (174.700)
Maksimum Kalkış Ağırlığı	kg/(lb)	70.530 (155.500)	79.010 (174.200)
Maksimum İniş Ağırlığı	kg/(lb)	65.310 (144.000)	66.360 (146.300)
Maksimum Sıfır Yakıt Ağırlığı	kg/(lb)	61.680 (136.000)	62.730 (138.300)
İşletme Boş Ağırlığı	kg/(lb)	41.720 (91.990)	41.720 (91.990)
Yakıt Kapasitesi	L (U.S. gal)	26.020 (6.875)	26.020 (6.875)
Dizayn Menzili (MTOW, tam kapasite yolcu taşınması)	nmi (km)	1.970 (3.645)	3065* (5.675)*
Uçağın ses hızına oranla hızı		0,789	0,789
Kalkış Mesafesi (SL, 30 °C, MTOW)	m (ft)	2.025 (6.650)	2.230 (7.330)
İlk Seyir Yüksekliği (MTOW, ISA + 10 °C)	ft	38.300	35.900
Motor Çıkış İritfa Kabiliyeti (MTOW, ISA + 10 °C)	ft	16.600	14.900
İniş Mesafesi (MLW)	m (ft)	1.630 (5.360)	1.655 (5.440)
Yaklaşım Hızı (MLW)	kias	141	142
Yakıt Tüketimi / koltuk			
500 nmi	kg (lb)	20,5 (45,1)	20,5 (45,2)
1.000 nmi	kg (lb)	36,2 (79,7)	36,2 (79,7)

Karakteristik Görev Kuralları. 1 En yüksek isteğe bağlı ağırlık

İki sınıf koltuk düzeni.

Veriler "Teknik Eklentiler'i yansıtmaz.

İsteğe bağlı kanatçıklar.

* Yakıt hacmi sınırlı.

Türk Hava Yolları'nın verilerine göre Boeing 737-800 tipi uçaklarının koltuk sayıları 151, 165 ve 189 olarak üç farklı versiyondadır. Bu bakımdan Çizelge 6.4'teki 162 yolculu uçak için verilen enerji tüketim değeri ortalama değer olarak alınacak olup uçağın 100 km için tükettiği yakıt değeri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$1 \text{ Nmi} = 1852 \text{ m}$$

$$500 \text{ Nmi} = 926 \text{ km}$$

$$(20,5 \text{ kg/koltuk} \times 162 \text{ koltuk}) / 926 \text{ km} = 3,59 \text{ kg/km}$$

100 km için yakıt tüketimi 359 kg olarak elde edilmiştir.

1 litre Jet A1 yakıtı 0,775-0,840 kg olmaktadır (Tüpraş). Ortalama 0,80 kg/L olarak ele alınırsa, 100 km için;

$$359 \text{ kg} / 0,80 \text{ kg/L} = 448,75 \text{ L}$$

olmaktadır. Yukarıdaki hesaplara göre, uçağın 100 km için tüketeceği yakıt miktarı yaklaşık olarak 450 litre olarak kabul edildiğinde, ortalama 165 koltuklu bir uçakta 100 km'de koltuk başına ortalama 2,73 litre yakıt tüketimi gerçekleşmektedir. Bu değer, bahsedilen diğer çalışmalardaki ortalama miktarlarla da yakınlık göstermektedir.

Bu çalışma için, yolcu uçaklarında ortalama enerji tüketim değeri olarak 3,59 kg/km değeri kullanılacaktır.

2019 yılı için dünyada Jet A1 yakıtının farklı aylardaki fiyatları Çizelge 6.5'te verilmiştir (Url-5). Galon olarak verilen fiyatlar;

$$1 \text{ Galon} = 3,785 \text{ litre}$$

$$3,785 \text{ L} \times 0,80 \text{ kg/L} = 0,003 \text{ ton Jet A1 yakıtı}$$

dönüşümü yapılarak kg fiyatı elde edilmiştir.

Çizelge 6.5 : 2019 Yılı Jet A-1 Fiyatları.

Tarih	Jet A1 (\$/gallon)	Jet A1(\$/ton)
Ocak 19	1,78	593,33
Nisan 19	1,98	660,00
Temmuz 19	1,91	636,67
Ekim 19	1,86	620,00
Aralık 19	1,89	630,00
Ortalama	1,88	628,00

TCMB verilerine göre 2019 yılı için farklı aylardaki Dolar-TL kurları Çizelge 6.6'da verilmiştir.

Çizelge 6.6 : 2019 Yılı Dolar-TL Kurları.

Tarih	Dolar / TL
2.01.2019	5,34
1.04.2019	5,61
1.07.2019	5,69
1.10.2019	5,69
31.12.2019	5,95
Ortalama	5,66

Hesaplamalar, 2019 yılı için 1 Dolar = 5,66 TL üzerinden yapılacaktır.

Değerler doğrultusunda, uçak yolculuğu için yakıt tüketimi birim fiyatı;

$$628,00 \text{ \$/ton} \times 5,66 \text{ TL/\$} = 3.554,48 \text{ TL/ton}$$

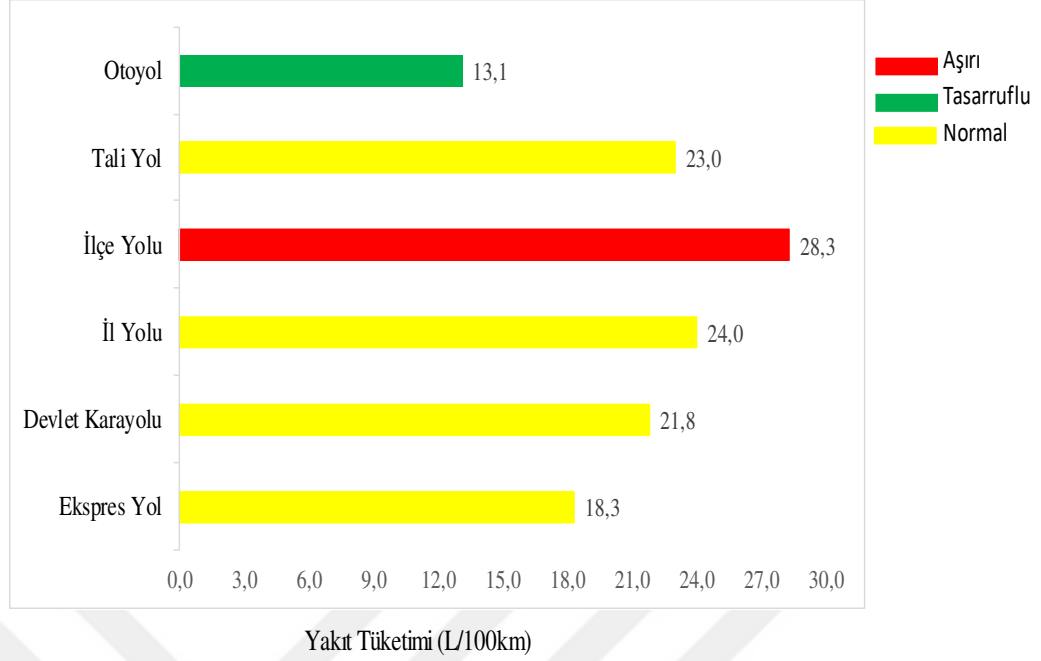
olarak elde edilmiştir.

6.3 Karayollarında Ortalama Enerji Tüketimi ve Maliyeti

Bu kısımda karayolu yolcu taşımacılığı için hem şehirlerarası otobüsler için hem de ortalama bir özel araç için yakıt tüketim değerleri tespit edilmeye çalışılacaktır.

6.3.1 Şehirlerarası otobüslerin ortalama yakıt tüketimi ve maliyeti

Yakıt tüketimleri, aracın motor gücü, ortalama yolcu kapasitesi, kat edilen mesafe, şanzıman, tekerlek titreşimi, yardımcı ekipman, frenleme ve daha fazlası gibi araç özellikleriyle oldukça alakalıdır. Modelleme çalışmasında, yakıt tüketimi ve hız arasında yüksek doğruluk yakalayabilmek için, benzer özelliklere sahip 4 otobüs markasının bilgileri toplanmıştır. Ayrıca yakıt tüketimi yol kaplama tipiyle de oldukça alakalı olduğu için çalışma; otoyol, ekspres yol, devlet karayolu, il yolu, ilçe yolu ve tali yol olmak üzere asfalt kaplamalı 6 farklı yol üzerine odaklanılarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 6.3'te modelleme sonucunda farklı yol tipleri için 100 km'de ortalama yakıt tüketim değerleri gösterilmiştir (Che ve diğ., 2016).



Şekil 6.3 : Farklı Yol Tipleri için Otobüs Ortalama Yakıt Tüketim Değerleri (L/100 km).

İngiliz firması olan Megabus, karışık trafik durumunda Stagecoach modeli için yakıt tüketiminin 0,577 litre/km olduğunu bildirmiştir. Norges (2008), Volvo verilerine göre Volvo 9700 modeli için şehirlerarası trafikte yıllık ortalama yakıt tüketiminin 0,28 litre/km olduğu belirtmiştir. Uzun vadeli iyileştirme ve geliştirmelerle bu değerlerde %25'lik bir azalma olacağı değerlendirilmiştir. Bu iyileştirme oranıyla, 2025 yılında otobanlarda, farklı hızlarda, daha az durak sayısı ile yakıt tüketiminin 0,21 litre/km düzeylerinde olacağı öngörülmüştür (Kageson, 2009).

TÜİK'ten alınan verilere göre 2018 yılı sonu itibariyle, ülkemizde şehirlerarası yolcu taşımacılığında en çok tercih edilen ve üretimi halen devam etmekte olan otobüs modeli Mercedes Travego'dur (Ek A). Mercedes Travego, Euro 6 motorları ile yukarıda bahsi geçen çalışmalardaki değerlerde yakıt tüketmektedir. Travego ve farklı markaların otobüs tipleri için yapılan motor testleri ve kullanıcı deneyimleri de ortalama yakıt tüketim değerlerini 0,21-0,27 litre/km olduğunu göstermiştir (Karadağ, 2016). Bu çalışma kapsamında, şehir geçişleri, mola ve bekleme süreleri ve farklı yük durumları da göz önüne alınarak şehirlerarası otobüslerin ortalama yakıt tüketim değeri olarak 0,25 litre/km değeri kabul edilmiştir.

Motorinin litre fiyatı, EPDK en yüksek işlem hacimli 8 firmanın akaryakıt fiyatlarına göre 2019 yılının farklı aylarının ortalaması olarak alınacaktır (Url-6). Motorin fiyatları ve ortalama motorin fiyatı Çizelge 6.7’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.7 : 2019 Yılı Motorin Fiyatları ve Ortalaması.

Tarih	TL/ L
1.01.2019	5,64
1.04.2019	6,29
1.07.2019	6,43
1.10.2019	6,47
31.12.2019	6,51
Ortalama	6,27

Hesaplamalarda, bu değerlerin ortalaması olan 6,27 TL/litre değeri kullanılacaktır.

6.3.2 Özel araçların şehirlerarası ortalama yakıt tüketimi

Özel araçlar, uzun mesafe yolculuklarda pek tercih edilmemekle birlikte kısa ve orta menzilli yolculuklarda yolcular tarafından sıkça tercih edilmektedirler. Konforlu, bireysel, belli saatlerden ve duraklardan bağımsız, kapıdan kapıya ulaşım sağlaması sebebiyle, ülkemizde ve dünyada karayolunun yolcu taşımacılığında diğer ulaşım türlerine kıyasla çok daha fazla tercih edildiğini açıklamaktadır.

Ancak özel araçların daha az kişi taşınması ve düşük doluluk oranı nedeniyle kişi başına enerji tüketimi ve sera gazı salımı fazla olmaktadır. Enerji kaynaklarının sınırlı ve pahalı olduğu ülkemizde bu ulaşım şekli enerji tüketimini ve ulaştırmadaki maliyetleri artırmaktadır.

TÜİK 2018 yılı sonu verilerine göre, trafiğe kayıtlı kara taşıtları içindeki yakıt tüketim oranları %27,9 benzin, %50,7 dizel, %20,9 LPG ve %0,4 bilinmeyen olarak açıklanmıştır (TÜİK, 2019a). Ayrıca otomobillerin yakıt cinsine göre dağılımına bakıldığında 2018 yılı sonu verilerine göre yakıt dağılımı, %24,9 benzin, %36,8 dizel, %37,9 lpg ve %0,3 bilinmeyen olarak açıklanmıştır (TÜİK, 2019b). Veriler ışığında, otomobiller için ortalama yakıt tüketimi dizel araçlar üzerinden hesaplanacaktır.

TÜİK 2018 verilerine göre, otomobillerin model yıllarına göre dağılımları Çizelge 6.8’de verilmiştir. Trafikte bulunan otomobiller içinde en yüksek payı %28,06 ile 2011-2015 model araçlar oluşturmaktadır (TÜİK, 2019c).

Çizelge 6.8 : Otomobillerin Model Yıllarına Göre Dağılımı.

Model Yılı	Adet	%
1983 öncesi-1985	453.477	3,66%
1986-1990	561.082	4,53%
1991-1995	1.352.152	10,91%
1996-2000	1.506.061	12,15%
2001-2005	1.370.520	11,05%
2006-2010	1.806.771	14,57%
2011-2015	3.478.925	28,06%
2016-2018	1.869.202	15,08%
TOPLAM	12.398.190	

Yine TÜİK'ten alınan 2018 yılı sonu verilerine göre, ülkemizde trafiğe kayıtlı 12.398.190 adet otomobil bulunmaktadır. Trafiğe kayıtlı otomobil markalarından ilk 11 sıralamadaki markalar Çizelge 6.9'da gösterilmiş olup, mevcut otomobillerin $\frac{3}{4}$ 'ünü oluşturmaktadırlar (Ek B). Bu markaların en çok trafiğe kayıtlı otomobil tipleri için ortalama yakıt tüketim değerleri belirlenmeye çalışılmıştır. Sıralamada ikinci sırada bulunan Tofaş markasının hem dizelli hem de 2011-2015 modeli araç tipi bulunmadığından, çalışmada 11. sıradaki Honda markası kullanılacaktır.

Çizelge 6.9 : Trafiğe Kayıtlı Otomobil Markaları ve Sayıları.

Sıralama	Marka	Adet
1	RENAULT	2.571.676
2	MURAT(TOFAS)	1.101.365
3	VOLKSWAGEN	1.050.872
4	FIAT	978.854
5	OPEL	879.708
6	FORD	827.637
7	HYUNDAI	742.788
8	TOYOTA	685.966
9	PEUGEOT	380.035
10	MERCEDES-BENZ	350.935
11	HONDA	350.392

Ayrıca Otomotiv Distribütörleri Derneği'nden alınan verilere göre 2009-2019 yılları arasında otomobil ve hafif ticari araç tipleri için en çok satışı gerçekleştirilen markalar incelendiğinde, mevcut durumda trafiğe kayıtlı olan markalar ile önemli ölçüde paralellik göstermektedir (Ek C). Çalışmada ortalama yakıt tüketimi hesabında kullanılmak üzere trafiğe kayıtlı otomobil tiplerinin ilk 10'u içinde bulunan markalar ve modelleri Ek D'de gösterilmiş olup, ilk 10 içinde Renault markasının beş farklı araç

tipi olduğundan, Renault markası için ortalama araç tipi olarak çalışmada kullanılmak üzere Megane tipi otomobili seçilmiştir (Ek D).

Bu bilgiler doğrultusunda Çizelge 6.10'da, yukarıda sıralaması verilen markaların trafiğe en çok kayıtlı araç tipleri için 2011-2015 model aralığındaki dizelli otomobillerinin ortalama yakıt tüketim değerleri görülmektedir. Yakıt tüketim değerleri için gerçek ortalama yakıt tüketimleri dikkate alınmıştır (Url-7).

Çizelge 6.10 : Otomobil Tiplerinin Ortalama Yakıt Tüketim Değerleri.

Tip	Tip Adet (A)	Araç Özellikleri	Ortalama Yakıt Tüketimleri (100km) (B)	$C = A \times B$	Ağırlıklı Ort. Yakıt Tüketimi $D = C / A$
Megane	395.111	Renault Megane dCi (110 hp)	6,2	2.449.688,20	
Passat	258.839	Volkswagen Passat 2.0 BlueTDI DSG (140 hp)	7,7	1.993.060,30	
Linea	230.150	Fiat Linea 1.3 Multijet (95 hp)	7,5	1.726.125,00	
Astra	433.037	Opel Astra 1.7 CDTI (125 hp)	6,5	2.814.740,50	
Focus	359.405	Ford Focus 1.6 TDCi (115 hp)	6,6	2.372.073,00	
Accent	333.984	Hyundai Accent Blue 1.6 CRDI (126 hp)	5,5	1.836.912,00	
Corolla	473.771	Toyota Corolla 1.4 D-4D Cool (90 hp)	6,3	2.984.757,30	
301	71.398	Peugeot 301 1.6 HDi Start-Stop (92 hp)	5,5	392.689,00	
C180	54.257	Mercedes Benz C 180 CDI BlueEFFICIENCY 7G-TRONIC PLUS (120 hp)	7,3	396.076,10	
Civic	241.867	Honda Civic 1.6 i-DTEC (120 hp)	5,2	1.257.708,40	
TOPLAM	2.851.819			18.223.829,80	6,39 L/100km

Yukarıdaki değerlere göre, otomobil tiplerinin sayılarına göre ağırlıklı ortalama yakıt tüketim değeri 6,39 litre/100km motorin olarak bulunmuştur. Hesaplamalarda, zel araçlar için ortalama yakıt tüketim değeri olarak bu değer kullanılacaktır. Motorinin litre fiyatı, bir önceki kısımda belirtildiği gibi 2019 yılı için 6,27 TL/litre olarak kullanılacaktır.

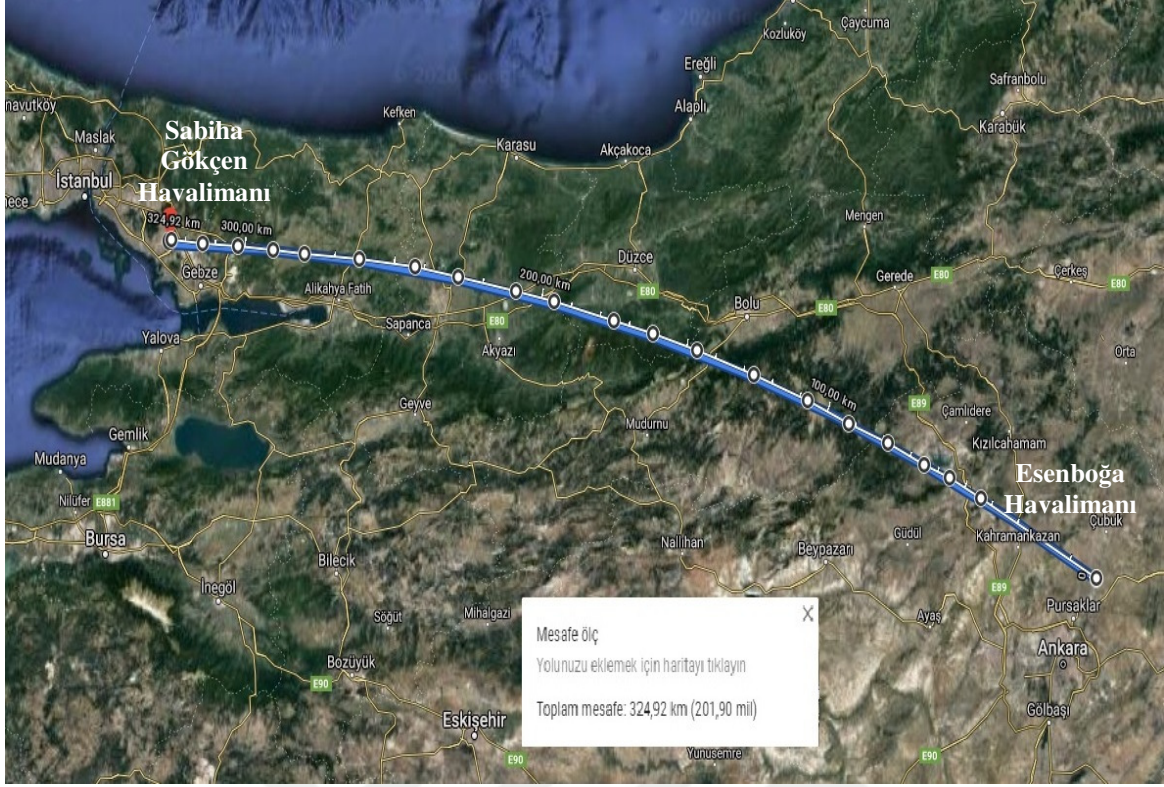




7. ANKARA-İSTANBUL ARASI YOLCU TAŞIMACILIĞININ FARKLI ULAŞTIRMA TÜRLERİ İÇİN ENERJİ TÜKETİMLERİ

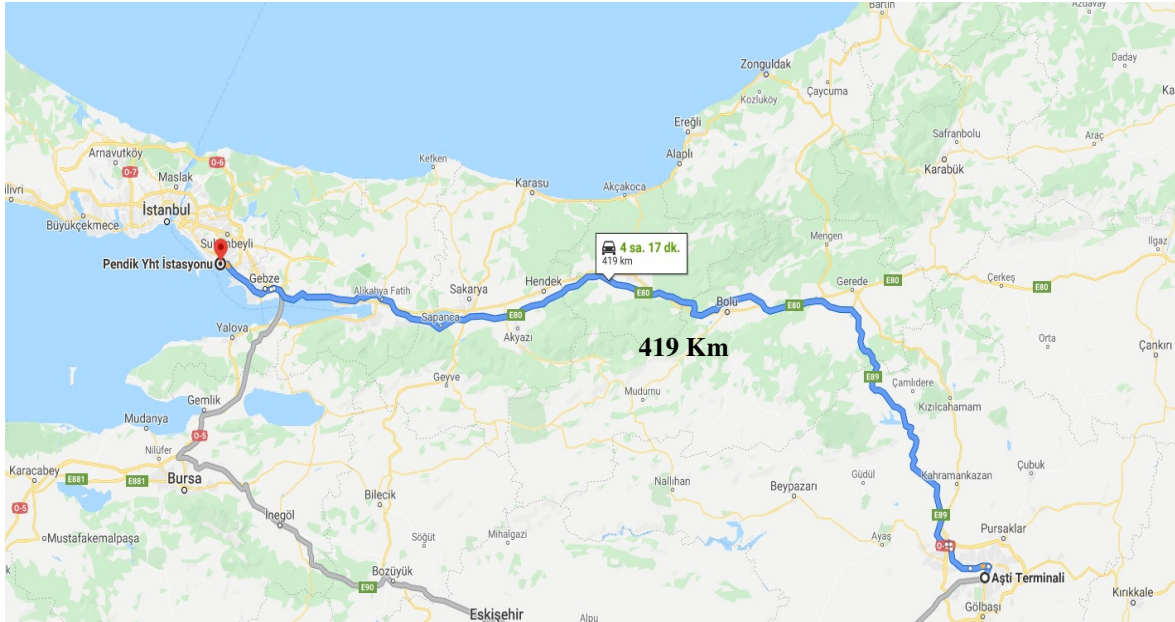
Farklı ulaştırma sistemleri arasındaki karşılaştırmalar ulaşım planlaması açısından önem taşıdığından mevcut ya da yapılması planlanan ulaşım sistemleri için birçok çalışma ortaya konulmuştur. Farklı sistemlerin birbirine kıyasla avantajları ve dezavantajlarıyla ele alınıp en uygun sistemlerin uygulanması veya mevcut olanların kapasitelerine yönelik yapılacak değişikliklerle optimuma ulaşılması ana araştırma konularından biri olmuştur. Yüksek hızlı trenlerin sağladığı en büyük avantajlar enerji tüketiminden ve zamandan sağladığı tasarruftur. Bu bölümde, Ankara-İstanbul arasında yüksek hızlı demiryollarının yolcu taşımacılığındaki oranları üzerinde yapılacak değişikliklerin farklı ulaşım sistemlerine ve enerji tüketimlerine nasıl yansıtacağı incelenecektir. Konvansiyonel trenlerin, diğer ulaşım türlerindeki gelişmelere kıyasla özellikle yolculuk süresi ve konfor açısından sürdürülebilirliği ve rekabetçiliği düşük olduğundan çalışma kapsamına dahil edilmemiştir.

Yolculuk mesafeleri için birbirine yakın başlangıç ve son noktaları oluşturabilmek adına kullanılacak mesafeler için; YHT ile seyahatte Ankara YHT Gar-İstanbul (Pendik YHT Gar), havayolu ile seyahatte Ankara Esenboğa Havalimanı-İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı ve karayolu ile seyahatte Ankara AŞTİ Otogar-İstanbul (Pendik YHT Gar) noktaları dikkate alınacaktır. YHT ile seyahat mesafesi önceki kısımlarda belirtildiği üzere 513 km'dir. Havayolu ile seyahat mesafesi 323 Km olarak belirtilmektedir (Url-8). Şekil 7.1'de de görüldüğü üzere uçuş mesafesi yaklaşık olarak 325 Km'dir. Çalışmadaki hesaplamalarda havayolu seyahat mesafesi için 325 km olarak hesaplanacaktır.



Şekil 7.1 : Ankara-İstanbul Havayolu Mesafesi.

Karayolu ile seyahat mesafesi ise Şekil 7.2'de görüldüğü üzere yaklaşık olarak 419 km olarak hesaplanacaktır.



Şekil 7.2 : Ankara-İstanbul Karayolu Mesafesi.

TCDD Taşımacılık Genel Müdürlüğü'nden elde edilen verilere göre Ankara-İstanbul YHT hattının 2014-2019 yılları arası tren doluluk oranları kısım 5.2'de Çizelge 5.1'de verilmişti. Bu veriler ışığında çalışma kapsamında tren doluluk oranı 2019 yılı için %94 değeri kullanılacaktır.

Havayolu taşımacılığı için doluluk oranlarına bakıldığında, ülkemizde en çok havayolu taşımacılığı yapmakta olan firmalardan THY iç hat uçuşlarında 2018 yılı sonu itibariyle % 85,3'lük, THY'nin alt kuruluşu olan Anadolujet ise %86,2'lik doluluk oranına ulaşmıştır (THY Faaliyet Raporu, 2018). Pegasus Havayolları ise iç hat uçuşlarında 2018 yılı sonu itibari ile %88,4'lük doluluk oranı sağlamıştır (Pegasus, 2019). Bu veriler doğrultusunda, çalışmada kullanılmak üzere Ankara-İstanbul arası havayolu taşımacılığı için ortalama uçak doluluk oranı %86 olarak belirlenmiştir.

Karayolu taşımacılığında doluluk oranları için dünyadaki çalışmalara bakıldığında, Rus ve Nash'in aktardığı üzere, bölgesel trenler ve uzun yol otobüsleri birçok durakta durdukları için araçlarını yol boyunca tamamen doldurmakta zorlanmaktadırlar. Bölgesel ve hızlı trenlerle yarış halinde olan Gothengurg-Stockholm seferleri için 2008 yılında %56 doluluk oranı belirten Swebus bile genel itibariyle bakıldığında %50 doluluk oranına nadiren ulaşmaktadır (Kageson, 2009). Otobüs kapasitesi, 41 koltuklu, 46 koltuklu ve 54 koltuklu araçlar göz önüne alınarak ortalama 47 koltuklu olarak belirlenmiştir. Yaygınlaşan YHT hatları ve havayolu taşımacılığında fiyatların ucuzlamasıyla beraber yolcu tercihlerinin bu alanlara kaydığı göz önüne alındığında, çalışmada kullanılmak üzere Ankara-İstanbul arası otobüs ile yolcu taşımacılığı doluluk oranı için yıllık ortalama %55 değeri kabul edilmiştir.

Özel araç ile yolcu taşımacılığı ele alındığında çoğu ülkede, 5 koltuklu bir araçta ortalama araç doluluk oranı 1,2-1,5 yolcu/taşıt olarak gerçekleşmektedir. Ancak uzun mesafe seyahatlerde bu oran yerel seyahatlere ve günlük kullanımlara göre daha yüksek olmaktadır. İş arkadaşları iş seyahatleri için, aileler tatil seyahatleri için trenden ve uçaktan önce özel araçlarını tercih etme eğilimi gösterebilmektedirler. YHT'lerin araç kullanımına etkisini inceleyen araştırmalarda, ortalama araç yolcu doluluğu oranı 1,5-2,2 yolcu/taşıt olarak tanımlanmıştır (Kageson, 2009). Uluslararası Toplu Taşımacılar Birliği Başkan Yardımcısı Feyzullah Gündoğdu'nun aktarımına göre, birliğin çalışmaları, belediyelerin hazırladığı master planlar, anketler ve sahada yapılan sayımlara göre ülkemizde özel otomobil ile ortalama 1,5 kişi/taşıt doluluğu ile seyahat edilmektedir (Url-9). Bu bilgiler ışığında bu çalışma kapsamında, Ankara-İstanbul

arası özel araç ile yolculuklar için şehirlerarası yolculukta araç paylaşımının biraz daha fazla olması öngörülerek araç yolcu sayısı 1,65 yolcu/taşıt olacak şekilde doluluk oranı %33 olarak kullanılacaktır.

Yukarıdaki veriler ışığında ulaştırma araçları için Ankara-İstanbul arası gerçekleşecek bir yolculukta, tek sefer için tüketilecek enerji miktarları denklem 7.1'de ve 7.2'de gösterildiği gibi aşağıdaki hesaplamalarla belirlenmeye çalışılmıştır:

$$E_s = K \times m \times E_b \quad (7.1)$$

YHT için;

$$411 \text{ koltuk} \times 513 \text{ km} \times 0,07892 \text{ kWh/koltuk-km} = 16.640 \text{ kWh}$$

$$E_s = m \times E_b \quad (7.2)$$

Uçak için;

$$325 \text{ km} \times 3,59 \text{ kg/km} = 1.166,75 \text{ kg}$$

Otobüs için;

$$419 \text{ km} \times 0,25 \text{ L/km} = 104,75 \text{ L}$$

Özel araç için;

$$419 \text{ km} \times 0,0639 \text{ L/km} = 26,77 \text{ L}$$

K: Koltuk sayısı

m: Mesafe (km)

E_b: Birim Enerji

E_s: Sefer başına enerji tüketimi

Yukarıdaki bilgiler ve hesaplamalar doğrultusunda, farklı ulaştırma modları için ortalama araç kapasiteleri, doluluk oranları, yolculuk mesafeleri, birim enerji tüketimleri ve araçların tek seferde harcadıkları enerji tüketimleri Çizelge 7.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.1 : Ankara-İstanbul Arası Ulaşım Türleri için Kullanılacak Değerler.

Ulaşım Türü	Ankara-İstanbul Arası Mesafe (km) (m)	Ortalama Araç Yolcu Kapasitesi (K)	Doluluk Oranı % (D)
YHT	513	411	94
Uçak	325	165	86
Otobüs	419	47	55
Özel Araç	419	5	33

Ulaşım Türü	Birim Enerji Tüketimi (E_b)	Tek Seferde Tüketilen Enerji (E_s)	Kullanılan Enerji Birim Fiyatı (F_b)
YHT	0,07892 Kwh/koltuk-km	16.640 Kwh	0,50 TL/kWh
Uçak	3,59 kg/km	1.166,75 Kg	3.554,48 TL/ton
Otobüs	25 L/100km	104,75 L	6,27 TL/L
Özel Araç	6,39 L/100km	26,77 L	6,27 TL/L

Mevcut durumda, Ankara-İstanbul arasında YHT 2014 senesinde işleme girmiş olup iki şehir arasındaki yolcu taşımacılığı payları 5. Bölümde Şekil 5.2’de gösterilmiştir.

TCDD verilerine göre iki şehir arasında 2019 yılında YHT ile 3.407.051 yolcu taşınmıştır. Şekil 5.2’deki oranlara göre yolcu sayıları dağıtıldığında Ankara-İstanbul arası yolculuk sayıları Çizelge 7.2’deki gibi elde edilmektedir.

Çizelge 7.2 : Ankara-İstanbul Arası Yolcu Sayıları.

	Pay (%)	Yolcu Sayısı (2019)
YHT	15	3.407.051
Havayolu	30	6.814.102
Otobüs	22	4.997.008
Özel Araç	33	7.495.512
TOPLAM	100	22.713.673

Yapılan yolculukların %15'ine tekabül eden 3.407.051 yolcu; YHD payının %0, %30 ve hedeflenen doğrultuda %78 olması durumları için 3 senaryoda farklı ulaştırma sistemleri arasında dağıtılacak ve oluşacak enerji tüketimleri ve maliyetleri değerlendirilecektir.

7.1 1. Senaryoda Tüketilecek Enerjinin Tespiti ve Maliyeti

Ankara-İstanbul arasında toplam 22.713.673 yolculuk bulunmakta olup, YHT yapılmasaydı, 2019 yılında YHT ile taşınan 3.407.051 yolcu iki şehir arasında karayolu ve havayolu ile seyahat edeceklerdi. %15'lik bu oranın diğer ulaşım türlerine mevcut durumdaki ağırlıkları ölçüsünde dağıtılmasıyla, oluşabilecek revize yolcu taşımacılık oranları denklem 7.3'teki gibi formüle edilerek tahmin edilmiştir.

$$\% = \{ [(A / (B+C+D)) \times \emptyset] + \emptyset \} \quad (7.3)$$

A: Mevcut durum YHT yüzdesi

B: Mevcut durum havayolu yüzdesi

C: Mevcut durum otobüs yüzdesi

D: Mevcut durum özel araç yüzdesi

Ø: Hesabı yapılacak ulaştırma türünün yüzdesi

Havayolu ile;

$$\{ [(15 / (30+22+33)) \times 30] + 30 \} = 35,3 \%$$

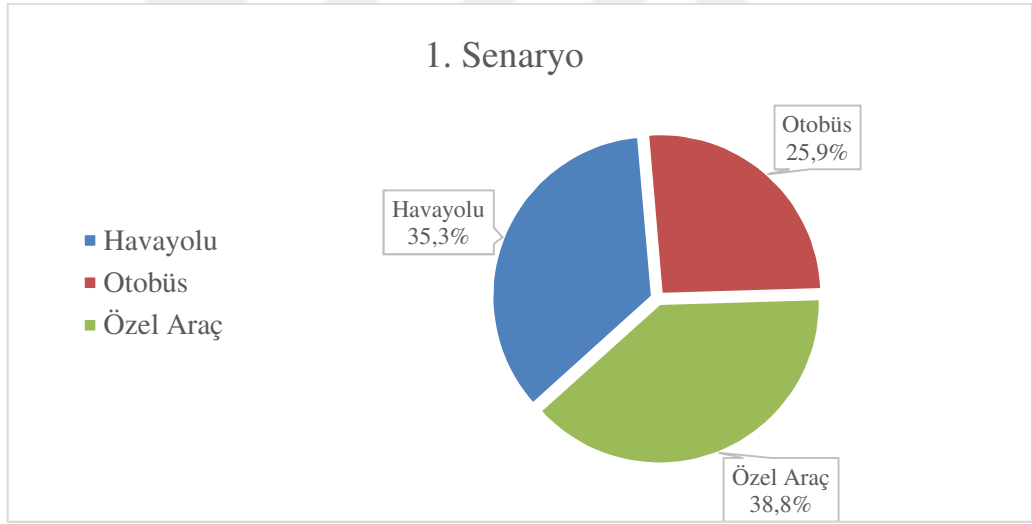
Otobüs ile;

$$\{ [(15 / (30+22+33)) \times 22] + 22 \} = 25,9 \%$$

Özel araç ile;

$$\{ [(15 / (30+22+33)) \times 33] + 33 \} = 38,8 \%$$

Hesaplamalar sonucunda elde edilen değerlere göre iki şehir arasındaki yolcu taşımacılığı faaliyetlerinin; havayolu %35,3, özel araç %38,8 ve otobüs %25,9 oranlarında gerçekleşeceği tahmin edilmiştir. Ulaştırma türlerine göre yolcu taşıma payları Şekil 7.4'te gösterilmiştir.



Şekil 7.3 : 1. Senaryo için Ankara-İstanbul Arası Yolcu Taşımacılığı.

YHD payının diğer ulaşım türlerine dağıtılmasıyla oluşan duruma göre yolcu sayıları Çizelge 7.3'te gösterilmiştir.

Not: Hesaplamalar sonucundaki eksi değerler azalışı, artı değerler artışı göstermektedir.

Çizelge 7.3 : 1. Senaryo için Yolcu Sayıları.

	Pay (%)	Yolcu Sayısı	Yolcu Sayısı Değişimi (Y _d)
YHT	0,0	0	-3.407.051
Uçak	35,3	8.017.927	1.203.825
Otobüs	25,9	5.882.841	885.833
Özel Araç	38,8	8.812.905	1.317.393
TOPLAM	100	22.713.673	0

Farklı ulaştırma araçları için Ankara-İstanbul arasında gerçekleştirilecek bir seferde harcanacak enerji tüketim miktarları daha önceden hesaplanmıştı. Yolcu sayılarındaki bu değişimin ulaştırma modları içinde sefer sayılarına, enerji tüketimine ve enerji tüketim maliyetlerine nasıl yansıtacağı denklem 7.4, denklem 7.5 ve denklem 7.6'da gösterildiği gibi aşağıdaki hesaplamalarla tespit edilmeye çalışılmıştır.

$$S_d = Y_d / (K \times D) \quad (7.4)$$

Y_d: Değişen yolcu sayısı

D: Araç doluluk oranı (%)

S_d: Değişen sefer sayısı

$$E_T = S_d \times E_s \quad (7.5)$$

E_T: Toplam enerji tüketim değişimi

$$M_e = E_T \times F_b \quad (7.6)$$

F_b: Enerji birim fiyatı

M_e: Enerji tüketim maliyeti (TL)

YHT için;

$$(-3.407.051 \text{ yolcu} / (411 \times 0,94)) = -8.819 \text{ sefer}$$

$$-8.819 \text{ sefer} \times 16.640 \text{ kWh} = -146.748.160 \text{ kWh enerji}$$

$$-146.748.160 \text{ kWh} \times 0,50 \text{ TL/kWh} = -73.374.080,00 \text{ TL}$$

Uçak için;

$$(1.203.825 \text{ yolcu} / (165 \times 0,86)) = 8.484 \text{ sefer}$$

$$8.484 \text{ sefer} \times 1.166,75 \text{ kg} = 9.898,707 \text{ ton Jet A1}$$

$$9.898,707 \text{ ton} \times 3.554,48 \text{ TL/ton} = 35.184.756,06 \text{ TL}$$

Otobüs için;

$$(885.833 \text{ yolcu} / (47 \times 0,55)) = 34.268 \text{ sefer}$$

$$34.268 \text{ sefer} \times 104,75 \text{ L} = 3.589.573,00 \text{ L motorin}$$

$$3.589.573,000 \text{ L} \times 6,27 \text{ TL/L} = 22.506.622,71 \text{ TL}$$

Özel araç için;

$$(1.317.393 \text{ yolcu} / (5 \times 0,33)) = 798.420 \text{ sefer}$$

$$798.420 \text{ sefer} \times 26,77 \text{ L} = 21.373.703,40 \text{ L motorin}$$

$$21.373.703,400 \text{ L} \times 6,27 \text{ TL/L} = 134.013.120,30 \text{ TL}$$

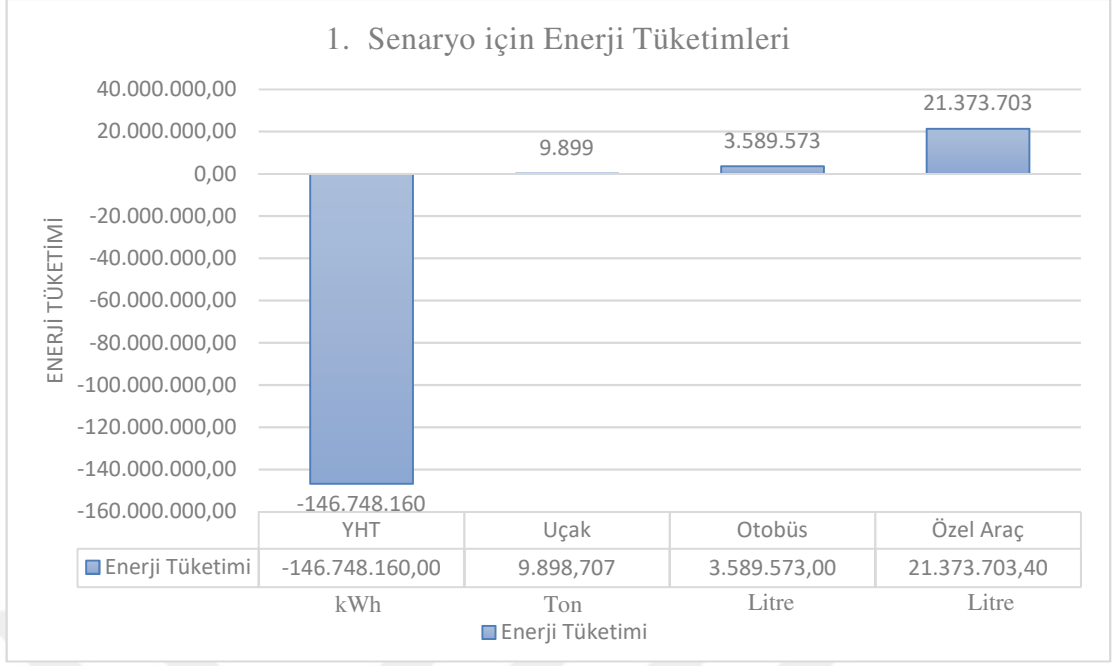
Şekil 7.4'te gösterildiği gibi olması tahmin edilen durum için yolcu sayıları bu oranlara göre dağıtılarak, farklı ulaşım türlerinde artan veya azalan enerji tüketimleri ve oluşacak maliyetler, yukarıdaki hesaplamalarla tespit edilmeye çalışılmış ve Çizelge 7.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 7.4 : 1. Senaryo için Ankara-İstanbul Arası Enerji Tüketimi ve Maliyetler.

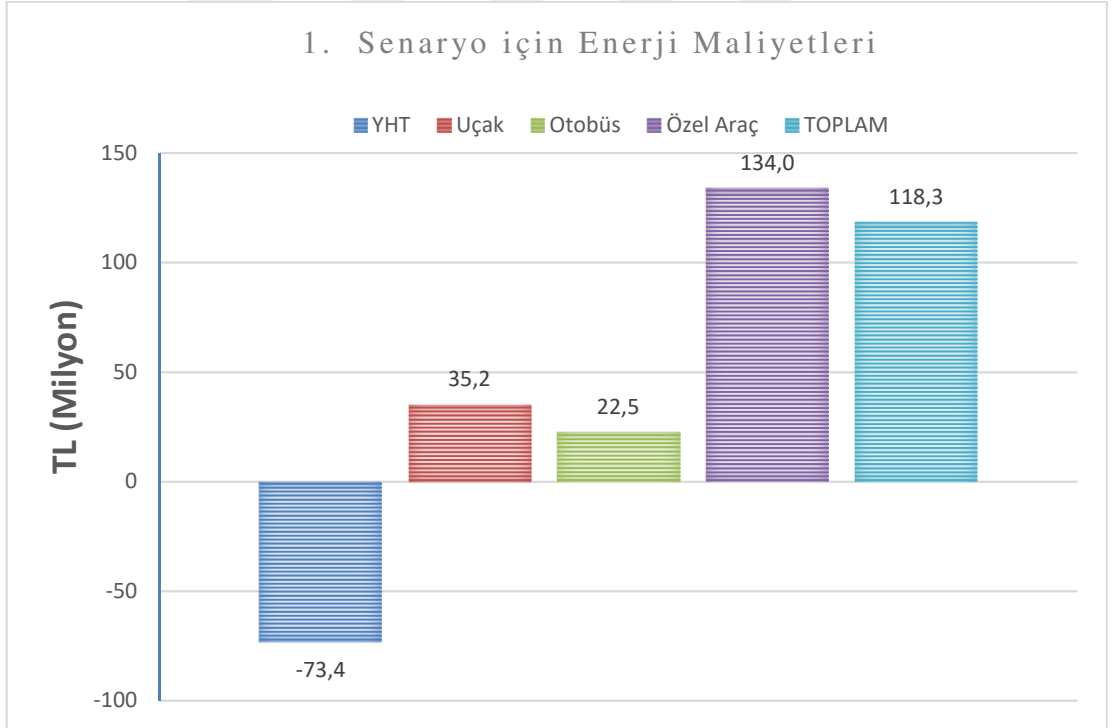
Ulaşım Türü	Mevcut Durum %	YHT %0 Durumunda Dağılımlar	Artan/Azalan Yolcu Sayısı (Y _d)	Ortalama Araç Kapasitesi (K)
YHT	15	0	-3.407.051	411
Uçak	30	35,3	1.203.825	165
Otobüs	22	25,9	885.833	47
Özel Araç	33	38,8	1.317.393	5
TOPLAM	100	100	0	

Ulaşım Türü	Doluluk Oranı % (D)	Artan/Azalan Sefer Sayısı (S _d)	Artan/Azalan Enerji Tüketim Miktarı (E _T)	Artan/Azalan Enerji Tüketim Tutarı (TL) (M _e)
YHT	94	-8.819	-146.748.160 kWh	-73.374.080,00
Uçak	86	8.484	9.898,707 Ton	35.184.756,06
Otobüs	55	34.268	3.589.573,00 L	22.506.622,71
Özel Araç	33	798.420	21.373.703,40 L	134.013.120,32
TOPLAM				118.330.419,09

Yukarıdaki değerlerden de görüldüğü gibi, Ankara-İstanbul arasında YHD yapılmamış olsaydı sadece 2019 yılı yolcu taşıma sayılarına göre diğer araç kullanımları için Şekil 7.5'te gösterildiği gibi 1 senede yaklaşık olarak 9.899 ton uçak yakıtının ve 24.963.276 litre motorinin fazladan tüketilmesi tahmin edilmektedir. Sağladığı enerji tasarrufu ile birlikte sera gazı salınımı ve bunun zararlı etkileri de azalmış oldu. Ayrıca enerjide dışa bağlı ülkemizin bu anlamda 1 senelik tasarrufu Şekil 7.6'da gösterildiği gibi yaklaşık olarak 118,3 milyon TL olması beklenmektedir.



Şekil 7.4 : 1. Senaryo için Enerji Tüketim Değerleri.



Şekil 7.5 : 1. Senaryo için Enerji Tüketim Maliyetleri.

7.2 2. Senaryoda Tüketilecek Enerjinin Tespiti ve Maliyeti

Ankara-İstanbul arasında YHD payı %30'a çıkarılırsa, 2019 yılında %15 pay ile gerçekleşen 3.407.051 yolcu sayısı 6.814.102 değerine ulaşacaktır. Öte yandan iki şehir arasında karayolu ve havayolu ile seyahat eden 3.407.051 yolcu YHT'ye kaymış olacağından bu ulaşım türlerinde taşınan yolcu sayısında ve sefer sayılarında azalma olacaktır.

%15'lik bu oranın diğer ulaşım türlerine denklem 7.7'de gösterildiği gibi mevcut durumdaki ağırlıkları ölçüsünde dağıtılmasıyla, oluşabilecek revize yolcu taşımacılık oranları tahmin edilmiştir.

$$\% = \{ \emptyset - [(A / (B+C+D)) \times \emptyset] \} \quad (7.7)$$

Havayolu ile;

$$\{ 30 - [(15 / (30+22+33)) \times 30] \} = 24,7 \%$$

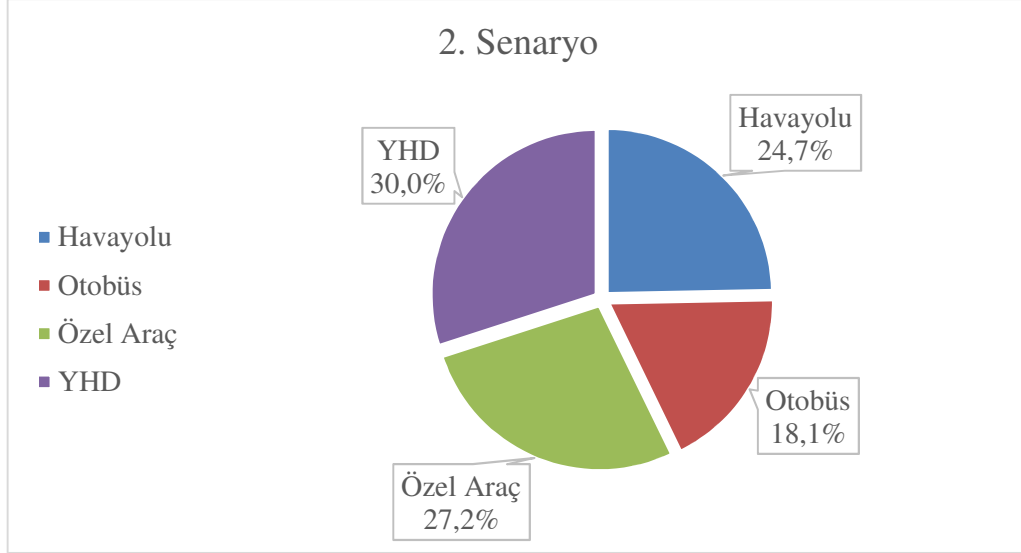
Otobüs ile;

$$\{ 22 - [(15 / (30+22+33)) \times 22] \} = 18,1 \%$$

Özel araç ile;

$$\{ 33 - [(15 / (30+22+33)) \times 33] \} = 27,2 \%$$

Hesaplamalar sonucunda elde edilen değerlere göre iki şehir arasındaki yolcu taşımacılığı faaliyetlerinin; yüksek hızlı demiryolu %30, havayolu %24,7, özel araç %27,2 ve otobüs %18,1 oranlarında gerçekleşeceği tahmin edilmiştir. Ulaştırma türlerine göre yolcu taşıma payları Şekil 7.7'de gösterilmiştir.



Şekil 7.6 : 2. Senaryo için Ankara-İstanbul Arası Yolcu Taşımacılığı.

YHD payının diğer ulaşım türlerine dağıtılmasıyla oluşan duruma göre yolcu sayıları Çizelge 7.5’te gösterilmiştir.

Çizelge 7.5 : 2. Senaryo için Yolcu Sayıları.

	Pay (%)	Yolcu Sayısı	Yolcu Sayısı Değişimi (Y _d)
YHT	30,0	6.814.102	3.407.051
Uçak	24,7	5.610.277	-1.203.825
Otobüs	18,1	4.111.175	-885.833
Özel Araç	27,2	6.178.119	-1.317.393
TOPLAM	100	22.713.673	0

Farklı ulaştırma araçları için Ankara-İstanbul arasında gerçekleştirilecek bir seferde, harcanacak enerji tüketim miktarları daha önceden hesaplanmıştır. Yolcu sayılarındaki bu değişimin ulaştırma modları içinde sefer sayılarına, enerji tüketimine ve enerji tüketim maliyetlerine nasıl yansıtacağı denklem 7.4, denklem 7.5 ve denklem 7.6’da gösterildiği gibi aşağıdaki hesaplamalarla tespit edilmeye çalışılmıştır.

YHT için;

$$(3.407.051 \text{ yolcu} / (411 \times 0,94)) = 8.819 \text{ sefer}$$

$$8.819 \text{ sefer} \times 16.640 \text{ kWh} = 146.748.160 \text{ kWh enerji}$$

$$146.748.160 \text{ kwh} \times 0,50 \text{ TL/kWh} = 73.374.080,00 \text{ TL}$$

Uçak için;

$$\begin{aligned} & (-1.203.825 \text{ yolcu} / (165 \times 0,86)) = -8.484 \text{ sefer} \\ & -8.484 \text{ sefer} \times 1.166,75 \text{ kg} = -9.898,707 \text{ ton Jet A1} \\ & -9.898,707 \text{ ton} \times 3.554,48 \text{ TL/ton} = -35.184.756,06 \text{ TL} \end{aligned}$$

Otobüs için;

$$\begin{aligned} & (-885.833 \text{ yolcu} / (47 \times 0,55)) = -34.268 \text{ sefer} \\ & -34.268 \text{ sefer} \times 104,75 \text{ L/km} = -3.589.573,00 \text{ L motorin} \\ & -3.589.573,000 \text{ L} \times 6,27 \text{ TL/L} = -22.506.622,71 \text{ TL} \end{aligned}$$

Özel araç için;

$$\begin{aligned} & (-1.317.393 \text{ yolcu} / (5 \times 0,33)) = -798.420 \text{ sefer} \\ & -798.420 \text{ sefer} \times 26,77 \text{ L} = -21.373.703,40 \text{ L motorin} \\ & -21.373.703,400 \text{ L} \times 6,27 \text{ TL/L} = -134.013.120,32 \text{ TL} \end{aligned}$$

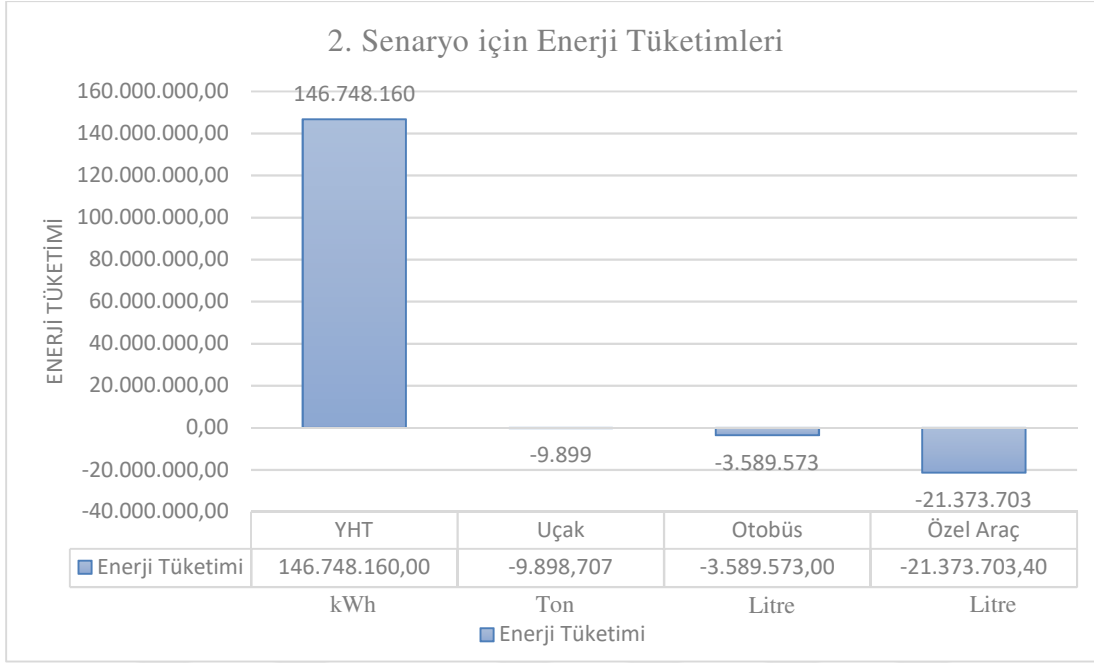
Şekil 7.7'de gösterildiği gibi olması tahmin edilen durum için yolcu sayıları bu oranlara göre dağıtılarak, farklı ulaşım türlerinde artan veya azalan enerji tüketimleri ve oluşacak maliyetler, yukarıdaki hesaplamalarla tespit edilmeye çalışılmış ve Çizelge 7.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 7.6 : 2. Senaryo için Enerji Tüketimi ve Maliyetleri.

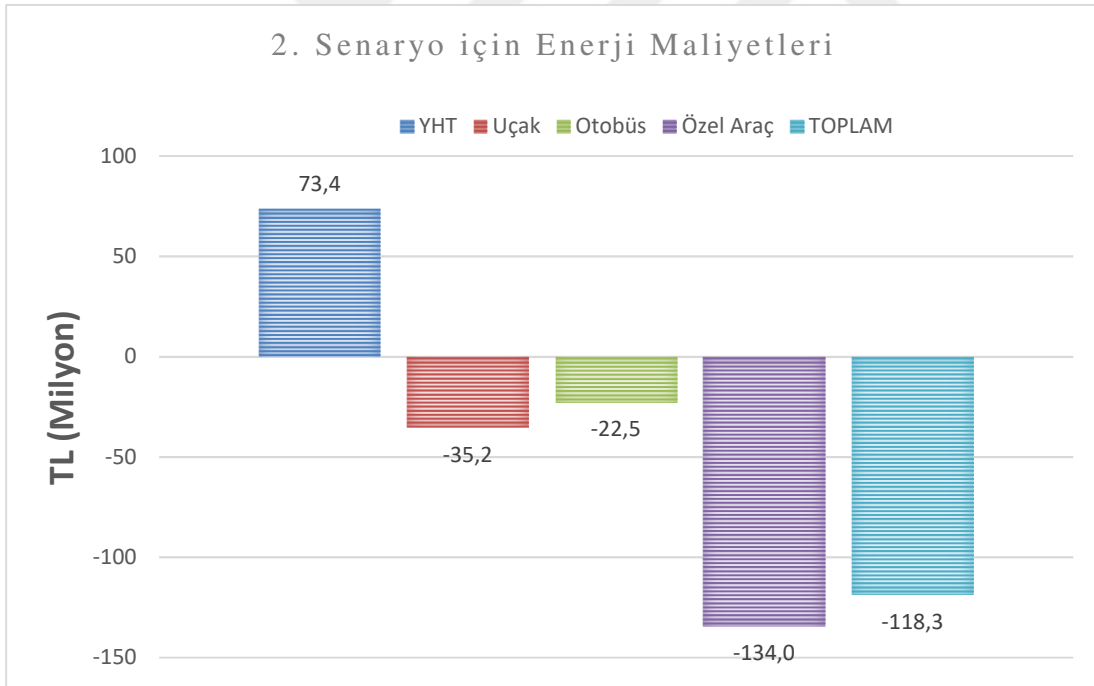
Ulaşım Türü	Mevcut Durum %	YHT %30 Durumunda Dağılımlar	Artan/Azalan Yolcu Sayısı (Y _d)	Ortalama Araç Kapasitesi (K)
YHT	15	30	3.407.051	411
Uçak	30	24,7	-1.203.825	165
Otobüs	22	18,1	-885.833	47
Özel Araç	33	27,2	-1.317.393	5
TOPLAM	100	100	0	

Ulaşım Türü	Doluluk Oranı % (D)	Artan/Azalan Sefer Sayısı (S _d)	Artan/Azalan Enerji Tüketim Miktarı (E _T)	Artan/Azalan Enerji Tüketim Tutarı (TL) (M _e)
YHT	94	8.819	146.748.160 kWh	73.374.080,00
Uçak	86	-8.484	-9.898,707 Ton	-35.184.756,06
Otobüs	55	-34.268	-3.589.573,00 L	-22.506.622,71
Özel Araç	33	-798.420	-21.373.703,40 L	-134.013.120,32
TOPLAM				-118.330.419,09

Yukarıdaki değerlerden de görüldüğü gibi, ikinci senaryoda Ankara-İstanbul arasında YHD payı %30 seviyesine çıkarılırsa sadece 2019 yılı yolcu taşıma sayılarına göre diğer araç kullanımları için Şekil 7.8’de gösterildiği gibi 1 senede yaklaşık olarak 9.899 ton uçak yakıtının ve 24.963.276 litre motorinin daha az tüketilmesi tahmin edilmektedir. Sağlayacağı enerji tasarrufu ile birlikte sera gazı salınımı ve bunun zararlı etkileri de azalmış olacaktır. Ayrıca sadece Ankara-İstanbul arası YHD’nun taşımacılık payını %30 seviyesine çekmekle 1 senelik tasarruf tutarının Şekil 7.9’da gösterildiği gibi yaklaşık olarak 118,3 milyon TL olması beklenmektedir.



Şekil 7.7 : 2. Senaryo için Enerji Tüketim Değerleri.



Şekil 7.8 : 2. Senaryo için Enerji Tüketim Maliyetleri.

7.3 3. Senaryoda Tüketilecek Enerjinin Tespiti ve Maliyeti

Ankara-İstanbul arasında YHD payı TCDD'nin hedeflerinden biri olarak %78'e çıkarılırsa, 2019 yılında %15 pay ile gerçekleşen 3.407.051 yolcu sayısı 17.716.665 değerine ulaşacaktır. Öte yandan iki şehir arasında karayolu ve havayolu ile seyahat eden 14.309.614 yolcu YHD'ye kaymış olacağından bu ulaşım türlerinde taşınan yolcu sayısında ve sefer sayılarında azalma olacaktır.

%63'lük bu oranın diğer ulaşım türlerine denklem 7.7'de gösterildiği gibi mevcut durumdaki ağırlıkları ölçüsünde dağıtılmasıyla, oluşabilecek revize yolcu taşımacılık oranları tahmin edilmiştir.

Havayolu ile;

$$\{ 30 - [(63 / (30+22+33)) \times 30] \} = 7,8 \%$$

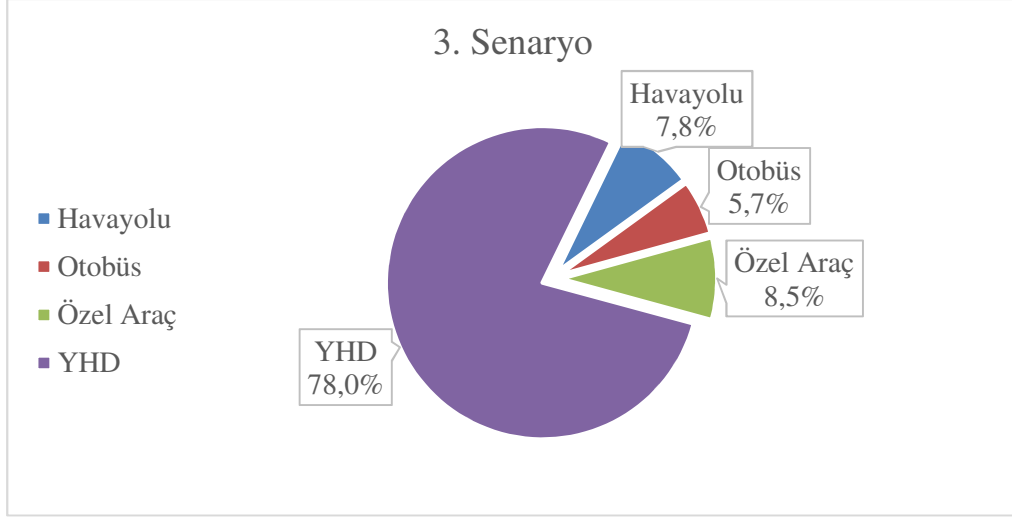
Otobüs ile;

$$\{ 22 - [(63 / (30+22+33)) \times 22] \} = 5,7 \%$$

Özel araç ile;

$$\{ 33 - [(63 / (30+22+33)) \times 33] \} = 8,5 \%$$

Hesaplamalar sonucunda elde edilen değerlere göre iki şehir arasındaki yolcu taşımacılığı faaliyetlerinin; yüksek hızlı demiryolu %78, havayolu %7,8, özel araç %8,5 ve otobüs %5,7 oranlarında gerçekleşeceği tahmin edilmiştir. Her ne kadar belirtilen seviyeye gelinmesinin uzun zaman alacak olması veya hiç erişilememesi ihtimali olsa da, yolculuk payları bu şekilde dağılmış olduğunda sağlanacak enerji tasarrufu ve mali tasarruf önemli hedeflerden biri olmaktadır. Ulaştırma türlerine göre yolcu taşıma payları Şekil 7.10'da gösterilmiştir.



Şekil 7.9 : 3. Senaryo için Ankara-İstanbul Arası Yolcu Taşımacılığı.

YHD payının diğer ulaşım türlerine dağıtılmasıyla oluşan duruma göre yolcu sayıları Çizelge 7.7’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.7 : 3. Senaryo için Yolcu Sayıları.

	Pay (%)	Yolcu Sayısı	Yolcu Sayısı Değişimi (Y _d)
YHT	78,0	17.716.665	14.309.614
Uçak	7,8	1.771.666	-5.042.436
Otobüs	5,7	1.294.679	-3.702.329
Özel Araç	8,5	1.930.662	-5.564.850
TOPLAM	100	22.713.673	0

Farklı ulaşım araçları için Ankara-İstanbul arasında gerçekleştirilecek bir seferde, harcanacak enerji tüketim miktarları daha önceden hesaplanmıştı. Yolcu sayılarındaki bu değişimin ulaşım modları içinde sefer sayılarına, enerji tüketimine ve enerji tüketim maliyetlerine nasıl yansıtacağı denklem 7.4, denklem 7.5 ve denklem 7.6’da gösterildiği gibi aşağıdaki hesaplamalarla tespit edilmeye çalışılmıştır.

YHT için;

$$(14.309.614 \text{ yolcu} / (411 \times 0,94)) = 37.039 \text{ sefer}$$

$$37.039 \text{ sefer} \times 16.640 \text{ kWh} = 616.328.960,00 \text{ kWh enerji}$$

$$616.328.960,00 \text{ kWh} \times 0,50 \text{ TL/kWh} = 308.164.480 \text{ TL}$$

Uçak için;

$$(-5.042.435 \text{ yolcu} / (165 \times 0,86)) = -35.535 \text{ sefer}$$

$$-35.535 \text{ sefer} \times 1.166,75 \text{ kg} = -41.460,461 \text{ ton Jet A1}$$

$$-41.460,461 \text{ ton} \times 3.554,48 \text{ TL/ton} = -147.370.379,42 \text{ TL}$$

Otobüs için;

$$(-3.702.329 \text{ yolcu} / (47 \times 0,55)) = -143.224 \text{ sefer}$$

$$-143.224 \text{ sefer} \times 104,75 \text{ L/km} = -15.002.714,00 \text{ L motorin}$$

$$-15.002.714,000 \text{ L} \times 6,27 \text{ TL/L} = -94.067.016,78 \text{ TL}$$

Özel araç için;

$$(-5.564.850 \text{ yolcu} / (5 \times 0,33)) = -3.372.636 \text{ sefer}$$

$$-3.372.636 \text{ sefer} \times 26,77 \text{ L} = -90.285.465,72 \text{ L motorin}$$

$$-90.285.465,720 \text{ L} \times 6,27 \text{ TL/L} = -566.089.870,06 \text{ TL}$$

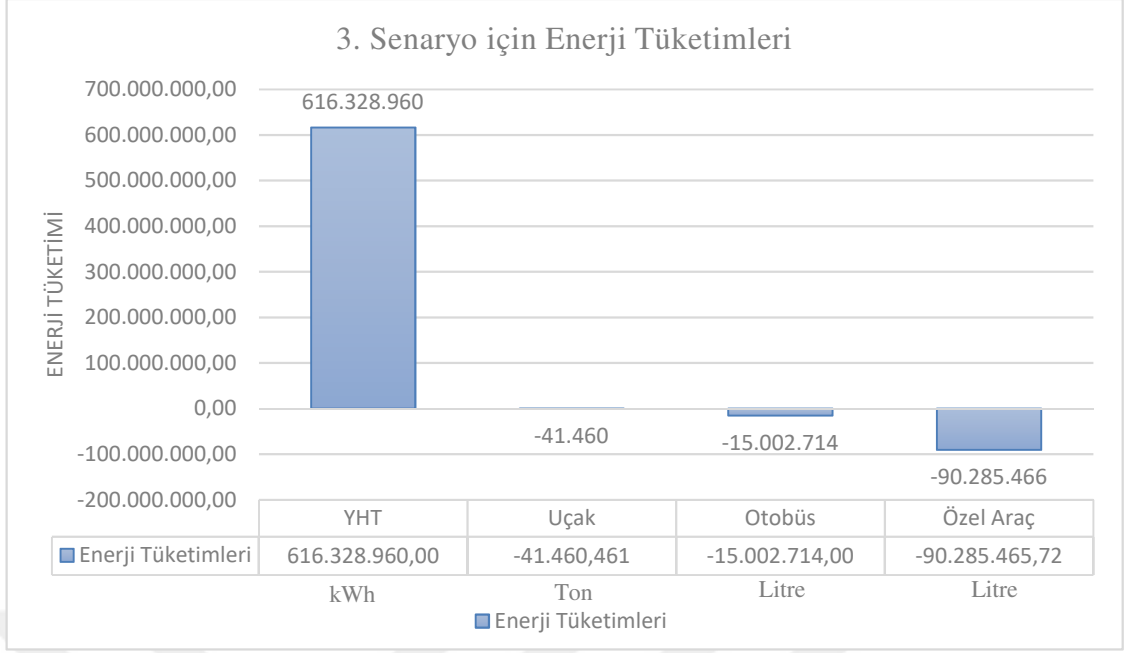
Şekil 7.10'da gösterildiği gibi olması tahmin edilen durum için yolcu sayıları bu oranlara göre dağıtılarak, farklı ulaşım türlerinde artan veya azalan enerji tüketimleri ve oluşacak maliyetler, yukarıdaki hesaplamalarla tespit edilmeye çalışılmış ve Çizelge 7.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 7.8 : 3. Senaryo için Enerji Tüketimi ve Maliyetleri.

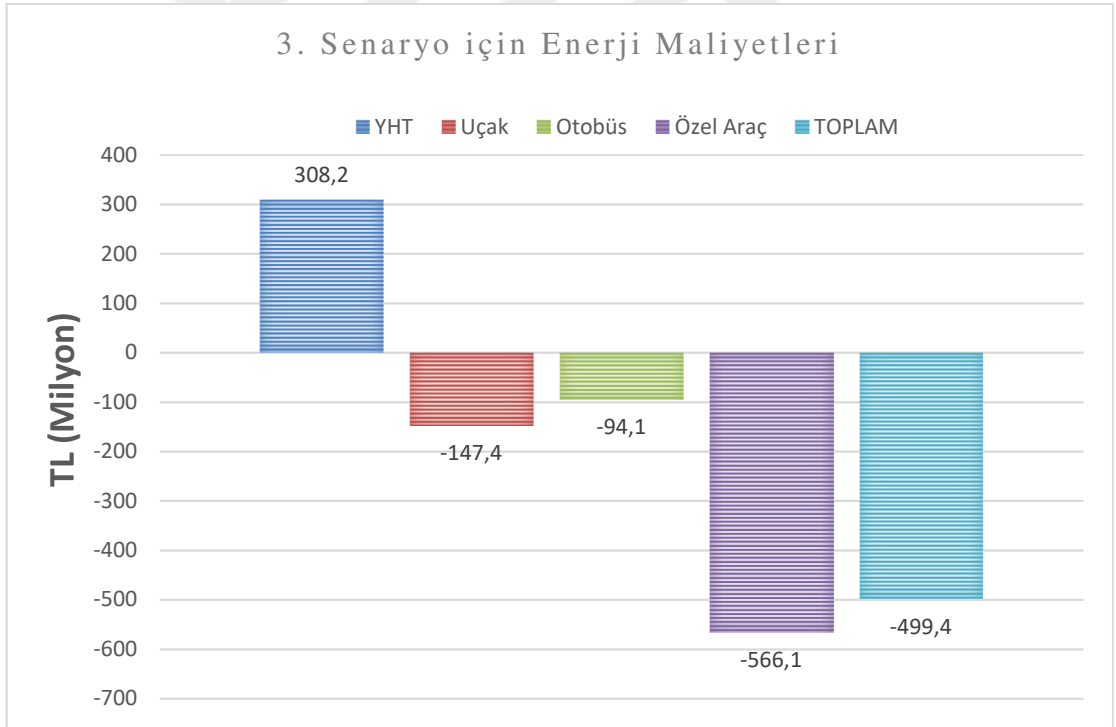
Ulaşım Türü	Mevcut Durum %	YHT %78 Durumunda Dağılımlar	Artan/Azalan Yolcu Sayısı (Y _d)	Ortalama Araç Kapasitesi (K)
YHT	15	78	14.309.614	411
Uçak	30	7,8	-5.042.435	165
Otobüs	22	5,7	-3.702.329	47
Özel Araç	33	8,5	-5.564.850	5
TOPLAM	100	100	0	

Ulaşım Türü	Doluluk Oranı % (D)	Artan/Azalan Sefer Sayısı (S _d)	Artan/Azalan Enerji Tüketim Miktarı (E _T)	Artan/Azalan Enerji Tüketim Tutarı (TL) (M _e)
YHT	94	37.039	616.328.960 kWh	308.164.480,00
Uçak	86	-35.535	-41.460,461 Ton	-147.370.379,42
Otobüs	55	-143.224	-15.002.714,00 L	-94.067.016,78
Özel Araç	33	-3.372.636	-90.285.465,72 L	-566.089.870,06
TOPLAM				-499.362.786,26

Yukarıdaki değerlerden de görüldüğü gibi, üçüncü durumda Ankara-İstanbul arasında YHD payı %78 seviyesine çıkarılırsa sadece 2019 yılı yolcu taşıma sayılarına göre diğer araç kullanımları için Şekil 7.11’de gösterildiği gibi 1 senede yaklaşık olarak 41.460 ton uçak yakıtının ve 105.288.180 litre motorinin daha az tüketilmesi tahmin edilmektedir. Sağlayacağı enerji tasarrufu ile birlikte sera gazı salınımı ve bunun zararlı etkileri de azalmış olacaktır. Ayrıca sadece Ankara-İstanbul arası YHD’nin taşımacılık payını %78 seviyesine çekmekle 1 senelik enerji tasarrufu tutarının Şekil 7.12’de gösterildiği gibi yaklaşık olarak 499,4 milyon TL olması beklenmektedir. Kısa vadede bu durum pek mümkün gözükmesede, sağlayacağı enerji tüketim tasarrufu göz önüne alınırsa, hedef olarak belirlendiğinde elde edilebilecek kazançlar ortaya konulmuştur.



Şekil 7.10 : 3. Senaryo için Enerji Tüketim Değerleri.



Şekil 7.11 : 3. Senaryo için Enerji Tüketim Maliyetleri.

7.4 Tür Dağılımı Senaryolarının Karşılıklı Olarak Değerlendirilmesi

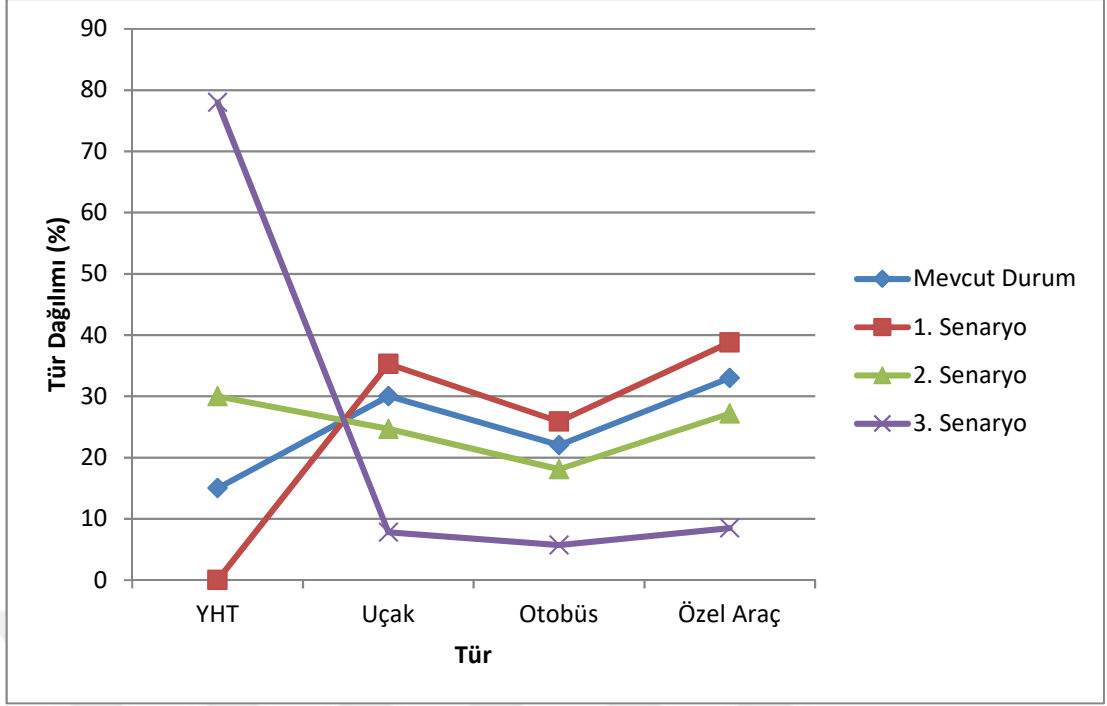
Yüksek hızlı trenlerin enerji tüketiminin az, yolcu taşıma kapasitesinin fazla olması ile birlikte diğer ulaşım türlerine göre daha az sefer yaparak enerji tüketimi açısından çok daha verimli seyahatler gerçekleştirilebilmektedir. Farklı durumlar için yukarıda ortaya konulan enerji tüketim ve maliyet değerleri de bu durumu doğrular niteliktedir.

Çalışması gerçekleştirilen 3 senaryonun; yolcu yüzde dağılımı, yolcu sayıları, yolcu sayısı değişimleri, sefer sayısı değişimleri, enerji tüketimi değişimleri ve enerji tüketim maliyeti değişimleri aşağıdaki çizelge ve şekillerde karşılaştırmalı olarak ortaya konulmuştur.

Ankara-İstanbul arası yolcu taşımacılığı dağılımları 3 farklı senaryoda, yüksek hızlı demiryolunun payının %0, %30 ve %78 olması durumları için diğer ulaştırma türleri arasında mevcut durumdaki ağırlıkları oranında dağıtılarak çizelge 7.9'da ve Şekil 7.13'te gösterildiği gibi elde edilmiştir.

Çizelge 7.9 : Yolcu Taşımacılığı Tür Dağılımları.

Ulaşım Türü	Mevcut Durum	1. Senaryo	2. Senaryo	3. Senaryo
YHT	15	0	30	78
Uçak	30	35,3	24,7	7,8
Otobüs	22	25,9	18,1	5,7
Özel Araç	33	38,8	27,2	8,5
TOPLAM	100	100	100	100

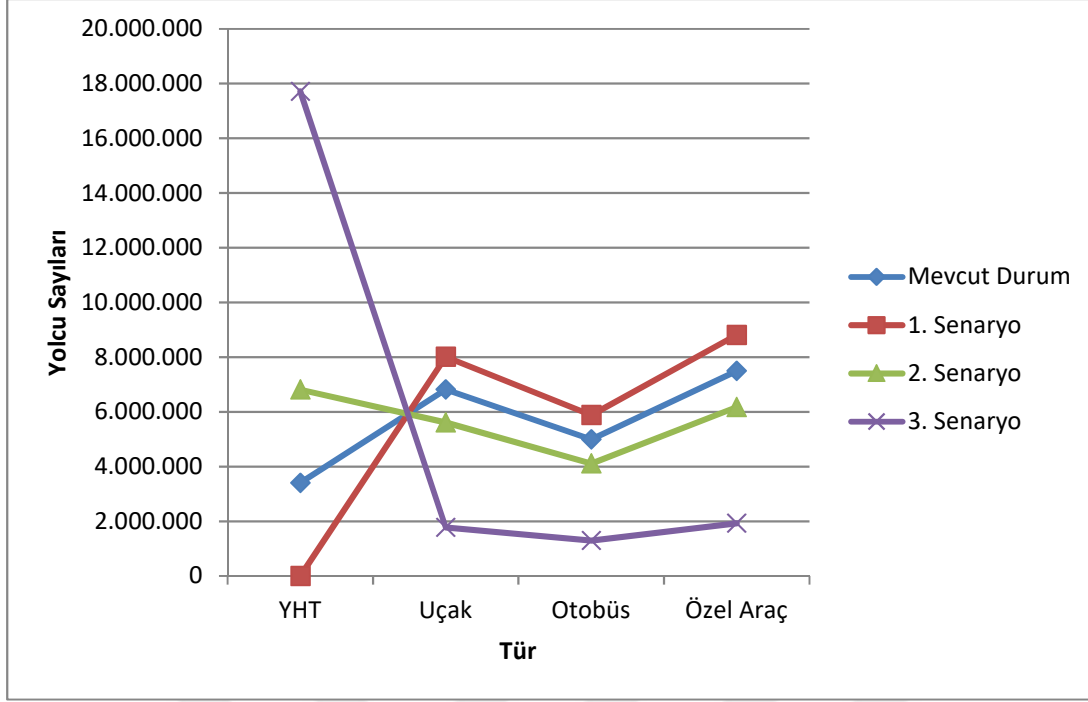


Şekil 7.12 : Yolcu Taşımacılığı Tür Dağılımları.

Mevcut durumda %15'e tekabül eden YHD taşımacılığının yolcu sayısı 3.407.051'dir. Diğer türlerin yolcu sayıları da buradan yola çıkılarak mevcut durum ve farklı senaryolar için yüzdelik paylarına göre elde edilmiştir. Senaryolardaki taşımacılık paylarına göre yolcu sayıları Çizelge 7.10'da ve Şekil 7.14'te gösterilmiştir.

Çizelge 7.10 : Yolcu Sayıları.

Ulaşım Türü	Mevcut Durum	1. Senaryo	2. Senaryo	3. Senaryo
YHT	3.407.051	0	6.814.102	17.716.665
Uçak	6.814.102	8.017.927	5.610.277	1.771.666
Otobüs	4.997.008	5.882.841	4.111.175	1.294.679
Özel Araç	7.495.512	8.812.905	6.178.119	1.930.662
TOPLAM	22.713.673	22.713.673	22.713.673	22.713.673

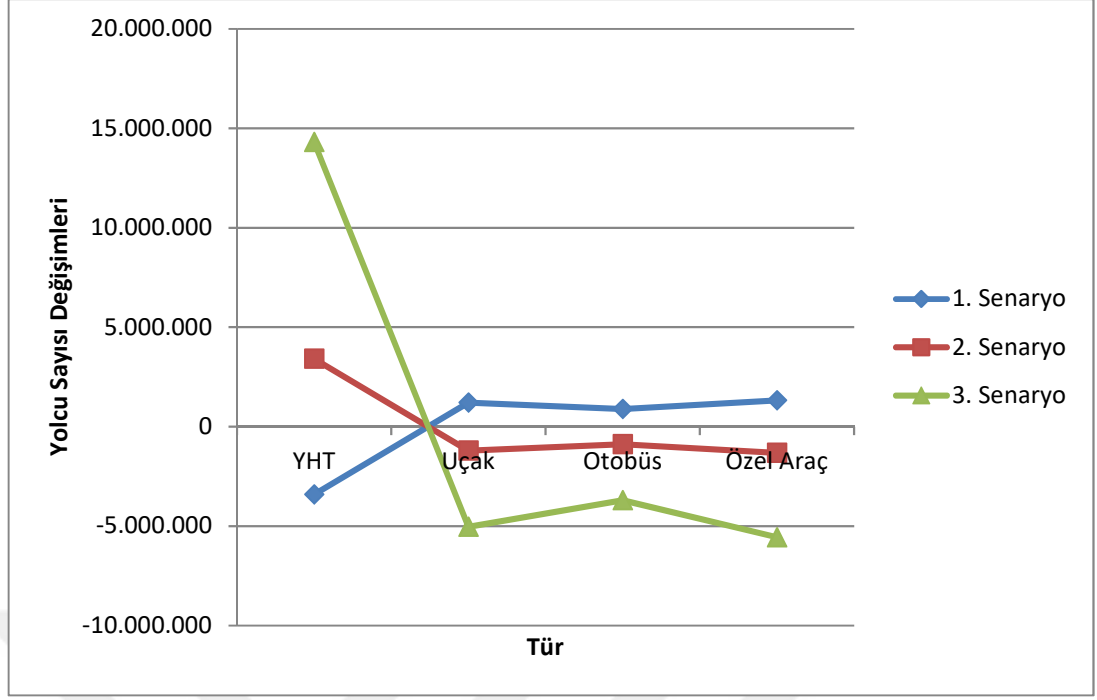


Şekil 7.13 : Yolcu Sayıları.

3 farklı senaryo için belirlenen yolcu sayılarına göre, mevcut duruma kıyasla yolcu sayılarındaki değişimler ise Çizelge 7.11 ve Şekil 7.15'te gösterilmiştir.

Çizelge 7.11 : Artan-Azalan Yolcu Sayıları.

Ulaşım Türü	1. Senaryo	2. Senaryo	3. Senaryo
YHT	-3.407.051	3.407.051	14.309.614
Uçak	1.203.825	-1.203.825	-5.042.435
Otobüs	885.833	-885.833	-3.702.329
Özel Araç	1.317.393	-1.317.393	-5.564.850
TOPLAM	0	0	0

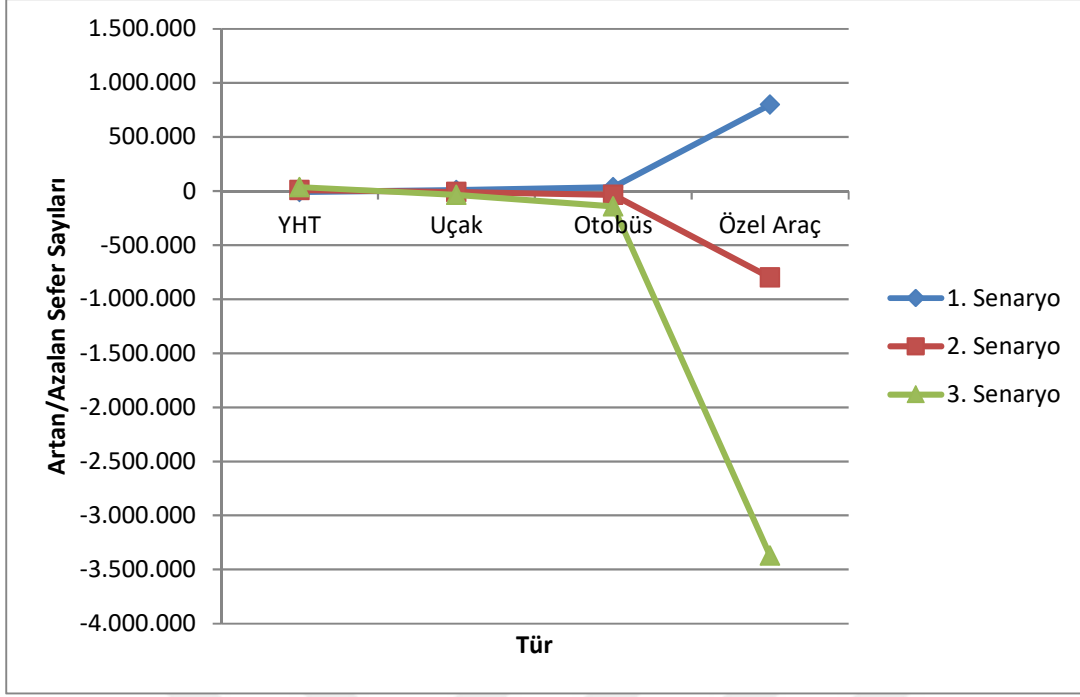


Şekil 7.14 : Yolcu Sayısı Değişimleri.

Yolcu sayılarında oluşması beklenen bu değişimlerin sonucunda farklı ulaşım türlerinde gerçekleştirilecek yolculuk sefer sayılarında da değişimler meydana gelecektir. Sefer sayılarında oluşacak değişimler, türlerin araç kapasitelerine ve araç doluluk oranlarına bağlıdır. Bu açıdan bakıldığında önceki bölümlerde belirtildiği gibi en yüksek araç kapasitesi ve araç doluluk oranı 411 koltuk ve %94 doluluk oranı ile yüksek hızlı trenlerde olduğundan sefer sayısında oluşacak değişimin daha az olması, araç kapasitesi ve doluluk oranının 5 koltuk ve %33 ile en az olduğu özel araçlarda ise daha fazla sefer sayısı beklenmektedir. Bu durum, yolcu sayılarındaki değişim üzerinden 3 farklı senaryo için incelenmiş olup çıkan sonuçlar Çizelge 7.12’de ve Şekil 7.16’da gösterilmiştir.

Çizelge 7.12 : Artan-Azalan Sefer Sayıları.

Ulaşım Türü	1. Senaryo	2. Senaryo	3. Senaryo
YHT	-8.819	8.819	37.039
Uçak	8.484	-8.484	-35.535
Otobüs	34.268	-34.268	-143.224
Özel Araç	798.420	-798.420	-3.372.636



Şekil 7.15 : Sefer Sayısı Değişimleri.

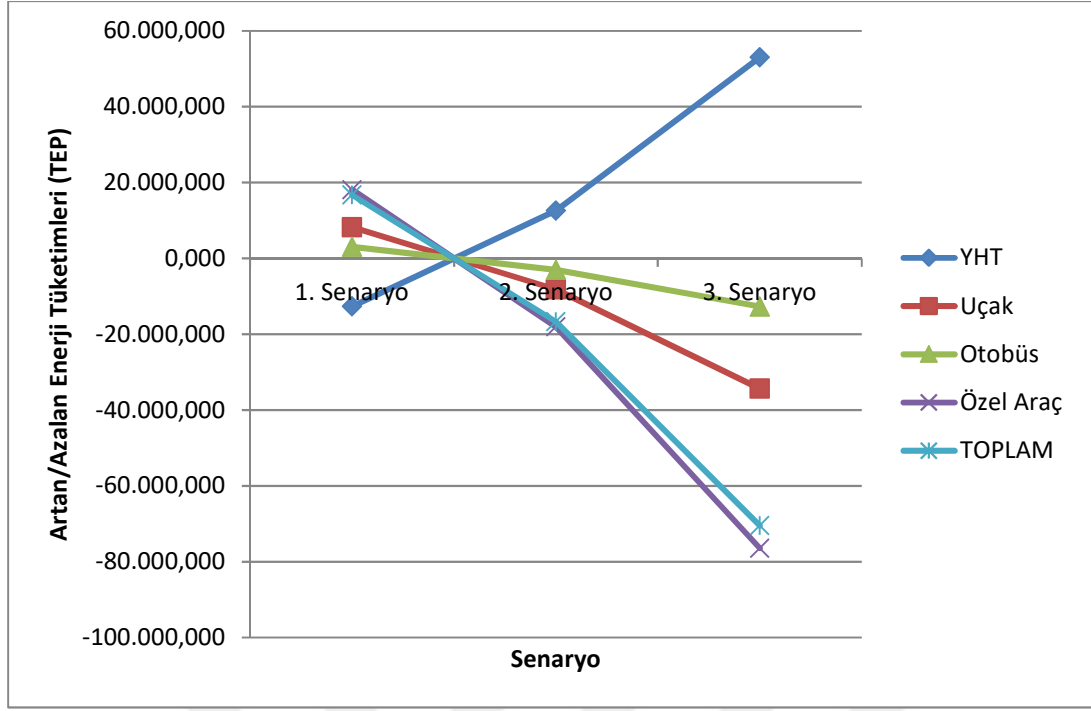
Bu sonuçlardan da görüldüğü üzere, yolculuk tercihinin yüksek hızlı trene kayması ile birlikte özellikle özel araçla gerçekleştirilen yolculuk sayılarının önemli oranda düştüğü görülmektedir. YHD payının %30 olması durumunda mevcut duruma kıyasla uçak ile 8.484, otobüs ile 34.268 ve özel araç 798.420 daha az sefer yolculuk yapılması beklenmektedir. Azalan bu seferlere karşılık, ilave 8.819 YHT seferinin gerçekleşmesi beklenmektedir. 3. senaryoda ise YHD payının %78'e çıkarılması durumunda, uçak ile 35.535, otobüs ile 143.224 ve özel araç ile 3.372.636 sefer daha az yolculuk gerçekleştirilmesi beklenmektedir. Azalan bu seferlere karşılık ise, ilave 37.039 YHT seferinin gerçekleşmesi beklenmektedir. Bu durum enerji tüketimi açısından sağlanacak tasarrufun yanında; hava kirliliği, trafik sıkışıklığı ve kaza maliyetleri gibi dışsal maliyetlerde de kazançlar sağlayacaktır.

Enerji tüketimi bakımından incelendiğinde yüksek hızlı trenler elektrik enerjisi tüketimi ile fosil yakıt tüketen diğer türlere kıyasla hem ekonomik hem de çevreci olması yönüyle ön plana çıkmaktadır. Çalışmada, farklı taşımacılık oranları için meydana gelebilecek yolcu sayısı değişimleri ve dolayısı ile oluşabilecek sefer sayısı değişimleri üzerinden enerji tüketim miktarlarındaki değişimler elde edilmeye çalışılmıştır. Özellikle bireysel seyahatlerde toplu taşıma araçlarının kullanımı hem trafik oluşumunun önlenmesi hem de enerji tüketiminin düşürülmesi bakımından önemlidir. Ankara-İstanbul arası yolcu taşımacılığı için sefer başına enerji tüketim

değerleri önceki bölümlerde hesaplandığı gibi; YHT için 16.640 kWh, uçak için 1.166,75 kg Jet-A1 yakıtı, otobüs için 104,75 L motorin ve özel araç için 26,77 L motorin olarak elde edilmiştir. Araç kapasitelerine ve araç doluluk oranlarına göre oluşması tahmin edilen sefer sayıları için enerji tüketim miktarlarındaki değişimler Çizelge 7.13'te ve Şekil 7.17'de gösterilmektedir. Enerji değişim sonuçlarını aynı diyagramda gösterebilmek için tüm enerji birimleri ton eşdeğer petrol (TEP) değerlerine çevrilmiştir. Enerji birimi dönüşümleri için, Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelikteki TEP dönüşüm katsayılarından faydalanılmıştır (Resmi Gazete, 2011).

Çizelge 7.13 : Artan-Azalan Enerji Tüketimleri.

	Ulaşım Türü	1. Senaryo	2. Senaryo	3. Senaryo
YHT	Elektrik (kWh)	-146.748.160	146.748.160	616.328.960
	Elektrik (TEP)	-12.620,342	12.620,342	53.004,291
Uçak	Jet A1 (ton)	9.898,707	-9.898,707	-41.460,461
	Jet A1 (TEP)	8.206,028	-8.206,028	-34.370,722
Otobüs	Motorin (Litre)	3.589.573,000	-3.589.573,000	-15.002.714,000
	Motorin (TEP)	3.040,368	-3.040,368	-12.707,299
Özel Araç	Motorin (Litre)	21.373.703,400	-21.373.703,400	-90.285.465,720
	Motorin (TEP)	18.103,527	-18.103,527	-76.471,789
	TOPLAM (TEP)	16.729,581	-16.729,581	-70.545,519



Şekil 7.16 : Enerji Tüketimi Değişimleri (TEP).

Bu sonuçlar da göstermektedir ki, taşımacılık payı artan ulaştırma türünün enerji tüketimi de artmaktadır. Ulaşım faaliyeti varsa elbette enerji tüketiminin de olması beklenmektedir. Ancak burada tüketilen enerjinin cinsine, miktarına, çevreye olan etkisine ve toplam maliyetlerine göre kıyaslama ve değerlendirme yapılmasında fayda vardır. 1. Senaryoda yüksek hızlı trenin olmaması durumunda 146.748.160 kWh elektrik enerjisi tüketimi azalırken, buna karşılık 9.898,707 ton Jet A1 yakıtı ve 24.963.276 litre motorin fazladan tüketilmesi beklenmektedir. 2. Senaryoda YHD payı %30 olarak ele alınmış olup, 9.898,707 ton Jet A1 yakıtı ve 24.963.276 litre motorin tasarrufu gerçekleşmesi beklenmektedir. Buna karşılık olarak, YHT seferleri ile 146.748.160 kWh ilave elektrik tüketimi gerçekleşmesi beklenmektedir. 3. Senaryoda ise artan YHT sefer sayısı ile beraber ilave 616.328.960 kWh elektrik tüketimi meydana gelirken, 41.460,461 ton Jet A1 yakıtı ve 105.288.180 litre motorin tasarrufu sağlanması beklenmektedir.

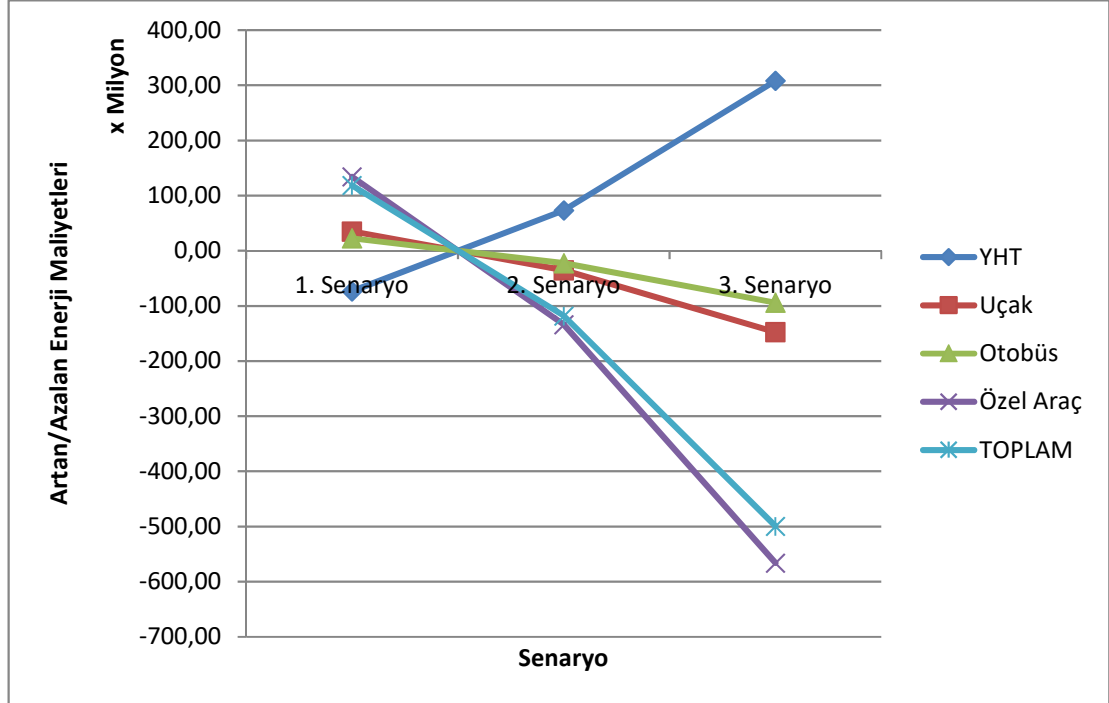
Yüksek hızlı demiryolu payının artmasıyla beraber fosil yakıt tüketiminde önemli düşüşlerin gerçekleşeceği açıkça görülmektedir. Buna karşılık elektrik tüketimi artmaktadır. Ancak yüksek hızlı demiryolu payının 3. senaryoda olduğu gibi %78 oranlarına ulaşması kısa zamanda mümkün olmasa da mevcut durumda %15 olan payın %30 ve üstü seviyelere getirilmesi ile birlikte sağlanacak tasarruf ülkemiz ve

çevremiz için fayda sağlayacaktır. Ayrıca fosil yakıt ihtiyacının çoğunu ithal ederek karşılayan ülkemiz, oluşacak elektrik ihtiyacı için de yenilenebilir enerji kaynaklarına ağırlık vermelidir.

Farklı senaryolar için gerçekleşmesi beklenen enerji tüketim değişimleri için maliyetlerdeki değişimler ise Çizelge 7.14 ve Şekil 7.18’de gösterilmektedir.

Çizelge 7.14 : Artan-Azalan Enerji Tüketim Maliyetleri (TL).

Ulaşım Türü	1. Senaryo	2. Senaryo	3. Senaryo
YHT	-73.374.080,00	73.374.080,00	308.164.480,00
Uçak	35.184.756,06	-35.184.756,06	-147.370.379,42
Otobüs	22.506.622,71	-22.506.622,71	-94.067.016,78
Özel Araç	134.013.120,32	-134.013.120,32	-566.089.870,06
TOPLAM	118.330.419,09	-118.330.419,09	-499.362.786,26



Şekil 7.17 : Enerji Tüketim Maliyeti Değişimleri (TL).

Sonuçlardan da görüldüğü üzere senaryolar sadece enerji tüketim maliyetleri açısından incelendiğinde; 2. Senaryo için 118.330.419 TL, 3. Senaryodaki duruma ulaşılması

durumunda ise 499.362.786 TL tasarruf sağlanması beklenmektedir. Bu sonuçlar, sadece Ankara-İstanbul YHT hattında enerji tüketiminden elde edilebilecek tasarruf miktarı için fikir vermesi bakımından önemlidir.

Bu maliyetlere ilave olarak; çevresel etki maliyetlerinde, zaman maliyetlerinde ve dışsal maliyetlerde sağlayacağı kazançlar ile yüksek hızlı trenler şehirlerarası ulaşımda önem verilmesi gereken modern ulaşım türüdür.

İki şehir arasındaki mesafe göz önüne alındığında yüksek hızlı trenlerin havayolu taşımacılığı ile de rekabet edebilir seviyede olduğu görülmektedir. Ancak, bütün ulaşırma türlerini en aza indirerek sadece yüksek hızlı tren ile yolculuk elbette sağlanamayacaktır. Ulaşırma sektörlerinin tüm paydaşlarını göz önünde bulundurarak, yolcu tercihlerini ve potansiyelini iyi analiz ederek yapılabilecek en yüksek düzeyde YHD taşımacılığı, enerjide dışa bağımlı olan ülkemiz için önemli bir tasarruf noktası olacaktır. Çevre dostu olması sebebiyle de ülkemiz ve dünyamız bu durumdan kazançlı çıkacaktır.

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmada, ulaştırma sistemleri arasındaki enerji tüketim farkları ve enerji tüketiminden kaynaklı meydana gelebilecek maliyetler üzerinde durulmuştur. Dünyada ve Türkiye’de, gelişen teknoloji ve artan nüfus ile oluşan enerji talebinin mevcut kaynaklarla karşılanması konusunda ileriye dönük sorunlar oluşabileceğinden dünya çapında fosil yakıt tüketiminden çevreci ve sürdürülebilir enerji tüketimine geçiş eğilimi hakimdir. Farklı enerji kaynaklarına ve enerji kaynaklarının daha verimli kullanılmasına yönelik yapılan bu çalışmalar Türkiye gibi enerjide dışa bağımlı ülkeler açısından oldukça önem arz etmektedir. Enerji tüketimin payının en yüksek olduğu alanlardan biri olan ulaştırma sistemlerinde de bu anlamda önemli gelişmeler kaydedilmektedir.

Yüksek teknolojiyle donatılmış yüksek hızlı trenler de bu alanda yapılan çalışmaların başında gelmektedir. Yolcu kapasitesinin fazla oluşu, güvenli oluşu ve enerji tüketiminin diğer ulaştırma türlerine kıyasla çok daha düşük olması sebebiyle yatırım politikalarında ön plana çıkmaya başlamışlardır. Her ne kadar ilk yatırım maliyetleri diğer ulaştırma türlerine göre yüksek olsa da; enerji ve zaman maliyetleri, hava kirliliği, arazi kullanımı, trafik sıkışıklığı ve kaza maliyetleri gibi dışsal maliyetler göz önüne alındığında uzun vadede sağladığı avantajlarla yatırım tercihlerinde ilk sıralardaki yerini almaktadır.

Bu çalışmada, ülkemizde projesi tamamlanan ve işleme başlanan Ankara-İstanbul YHT hattının ülkemize sağladığı enerji tüketim tasarrufu ve mali kazanç ortaya konulmaya çalışılmıştır. Mevcut durumda iki şehir arasındaki yolcu taşımacılığının %15 payına sahip olan YHD ile 2019 yılında 3.407.051 yolcu taşınmıştır. Çalışmada baz alınan bu yolcu potansiyelini karşılayabilmek için, yüksek hızlı tren yapılmıyaydı havayolu taşımacılığında 8.484 ilave uçak seferi yapılması ve 9.899 ton jet yakıtı tüketilmesi tahmin edilmektedir. Ayrıca karayolu taşımacılığında da ilave 34.268 otobüs seferi ve 798.420 özel araç yolcuğu gerçekleştirilmesi ve toplamda 24.963.276 litre motorin tüketilmesi tahmin edilmektedir. Sonuçlardan, Bütün bu ulaşım faaliyetlerinin maliyeti yaklaşık 118,3 milyon TL olması beklenmektedir. Benzer

durumda, YHD'nin payının %15'ten %30'a çıkarılması durumunda bahsi geçen yakıt miktarları tüketilmeyecek ve yıllık yaklaşık 118,3 milyon TL tasarruf sağlanacaktır. TCDD'nin hedefleri doğrultusunda kısa zamanda ulaşılması mümkün olmasa da YHD payının %78'e çıkarılması durumunda sağlanacak enerji tasarrufu ve mali kazançlar da ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu durumda; 35.535 uçak seferinin daha az yapılması ve 41.460 ton jet yakıtı tasarrufu sağlanması beklenmektedir. Ayrıca karayollarında, 143.224 otobüs seferi ve 3.372.636 özel araç yolculuğunun daha az yapılması ve toplamda 105.288.180 litre motorinden tasarruf edilmesi tahmin edilmektedir. Bu oranların sonucunda yıllık yaklaşık 499,4 milyon TL kazanç elde edilmesi beklenmektedir. YHD payının artışıyla beraber ulaştırma faaliyetlerindeki fosil yakıt tüketiminde ve maliyetlerde önemli düşüşlerin gerçekleşeceği açıkça görülmektedir.

Türkiye'de işletimde bulunan ve yapımı devam etmekte olan diğer YHT hatları da göz önünde bulundurularak bütüncül bir şekilde ele alındığında bu rakamlar daha iyi seviyelerde olacaktır. Türkiye'de yolcular, yapılan demiryolu yatırımlarını olumlu karşılamakta ve yatırımların devam etmesini istemektedirler. Yolcu istatistiklerine bakıldığında YHT'lerin her sene artan yolcu potansiyeli de bunu doğrular niteliktedir.

Çalışmada ayrıca, yüksek hızlı trenlerin 200-600 km arası mesafelerde havayolları ile rekabet edebilecek seviyede olduğu belirtilmiş, bu durum Ankara-İstanbul yolculuk payları ile ortaya konulmuştur.

Sonuç olarak ülkemizin, çağa uygun ve sürdürülebilir ulaşım türü olan yüksek hızlı demiryolları yatırımlarını devam ettirmesi hem yolcu tercihleri açısından hem de enerjide dışa bağımlı Türkiye'nin kaynaklarını verimli kullanabilmesi açısından önemli görülmektedir. Mevcut durumda, şehirlerarası ulaşımında 600 km'ye kadar mesafelerde enerji tüketimi açısından en verimli tür yüksek hızlı demiryoludur. Yapılan anketler, diğer çalışmalar ve dünyadaki örnekler incelendiğinde, hizmet şartları geliştirildiğinde ve yolculara gerekli güven verildiğinde yüksek hızlı trenlere talebin arttığı görülmektedir. Hat sayısının artırılması ve daha çok şehrin birbirine yüksek hızlı hatlarla bağlanması kullanım oranını artıracaktır. Ayrıca Avrupa'da ve Japonya'da olduğu gibi daha az durak sayısı ile daha hızlı ve kesintisiz seyahat imkanlarının geliştirilmesi yolcu tercihlerini etkileyecektir. Yüksek hızlı demiryolu ağının ve kullanım oranlarının geliştirilmesi hem yolcularımız hem de ülkemiz açısından fayda sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Akgüngör, A. ve Demirel, A.** (2007). Evaluation of Ankara – Istanbul high speed train project, *Transport*, 22(1), 1a-1c.
- Alçura, G., Kuşakçı, S., Şimşek, G., Gürsoy, M. ve Tanrıverdi, S.** (2016). Impact Score Technique for Analyzing the Service Quality of a High-Speed Rail System, *Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board*, 2541, 64-72
- Barron, I., Campos, J., Gagnepain, P., Nash, C., Uljed, A. ve Vickerman, R.** (2009). *Economic Analysis of High Speed Rail in Europe, Spain*.
- Bıyık, Y. ve Civelekoğlu, G.** (2018). Ulaşım Sektöründen Kaynaklı Karbon Ayak İzi Değişiminin İncelenmesi. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 2(2), 157-166.
- Che, X., Yu, Q., Ren, G. ve Liang, R.** (2016). Average Fuel Consumption Calculation Model of Touring Coach Based on OBD Data- A Case Study in City X, *International Conference on Civil, Transportation and Environment*, (pp.1370-1374).
- Chiara, B., Franco, D., Coviello, N. ve Pastrone, D.** (2017). Comparative Specific Energy Consumption between Air Transport and High-Speed Rail Transport: A Practical Assessment, *Transportation Research Part:D Transport and Environment*, 52/A, 227-243.
- Dalkılıç, G.** (2014). *High Speed Rail Development In Turkey: Government Policy, Investments and Users Perspective*. (Master). Middle East Technical University, Earth System Science, Ankara.
- Danapoura, M., Nickkarb, A., Jeihanib, M. ve Khaksara, H.** (2018). Competition between high-speed rail and air transport in Iran: The case of Tehran–Isfahan, *Case Studies on Transport Policy*, 6(4), 456-461.
- Demirezer, T.** (t.y.). *Türkiyede Hızlı Tren Projeleri ve Proje Yapıları*.
<http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/1475.pdf>.
- Deniz, T.** (2016). Türkiye’de Ulaşım Sektöründe Yaşanan Değişimler ve Mevcut Durum, *Doğu Coğrafya Dergisi*, 36, 135-156.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı.** (2019). *2019 Yılı Genel Enerji Denge Tabloları*. Enerji İşleri Genel Müdürlüğü.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı.** (2018). *52. Hafta Enerji İstatistik Bülteni*. Enerji İşleri Genel Müdürlüğü.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı.** (2006). *Enerji Sektöründe Sera Gazı Azaltımı Çalışma Grubu Raporu*. Enerji İşleri Genel Müdürlüğü.

- Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik.** (2011). *T.C. Resmi Gazete*, 28097, 27 Ekim 2011.
- Goodwin, P. B.** (1976). *Value of Time, Report of the Thirtieth Round Table on Transport Economics, European Conference of Ministers of Transport*, (pp.1-71), Paris.
- International Energy Agency. & International Union of Railways** (2017). *Railway Handbook 2017, Energy Consumption and CO2 Emissions, Focus on Passenger Rail Services*.
- International Energy Agency.** (2018). *Energy Efficiency Indicators, Highlights*.
- International Energy Agency.** (2019). *Key World Energy Statistics*.
- İstanbul Teknik Üniversitesi, Makina Fakültesi, Otomotiv Anabilim Dalı** (2009). *Ulaştırma Sektörü ve Çevre Kirliliği: Türkiye'deki Durumun Değerlendirilmesi* [PowerPoint slaytı]. Erişim adresi <https://web.itu.edu.tr/sorusbay/DOCS/DOCS/US2009.pdf>
- Kageson, P.** (2009). *Environmental Aspects of Inter-City Passenger Transport, Joint Transport Research Center, Discussion Paper, 2009-28, OECD/ITF*.
- Karadağ, F.** (2016). *Yeni Travego-Yeni Maraton Euro 6 Yakıt Tüketim Karşılaştırması*.
<<https://haber.magazinulasim.com/yeni-travego-yeni-maraton-euro-6-yakit-tuketim-karsilastirmasi-2293.html>>, erişim tarihi 18.01.2020.
- Kılıçlar, A., Sarı, Y. ve Seçilmiş, Cihan.** (2010). *Yolcuların Ulaşım Aracı Olarak Yüksek Hızlı Treni Tercih Nedenleri Üzerine Bir Araştırma. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 11(2), 195-216*.
- Koç, E. ve Şenel M. C.** (2013). *Dünyada ve Türkiye'de Enerji Durumu - Genel Değerlendirme. Mühendis ve Makina, 54(639), 32-44*.
- Koçak, Ç.** (2018). *Enerji Sektöründe Talep Tahminleri ve Türkiye Genel Enerji Değerlerinin İrdelenmesi. (Rapor No. MMO/691). Ankara : TMMOB Makine Mühendisleri Odası Raporu*.
- Lesley, L.** (2009). *Generalised Cost and the Value of Time as a Method of Patronage Forecasting. Acta Technica Jaurinensis, 2(1), 57-68*.
- Nergiz, A.** (2012). *JetA1-Uçak Yakıtı Nedir?*.
<<https://www.havayolu101.com/2012/03/20/ucak-yakiti-olarak-kullanilan-jet-a1-nedir/>>, erişim tarihi 08.10.2019.
- OECD.** (2014). *The Cost of Air Pollution, Health Impacts of Road Transport*, OECD Publishing.
- Öztürk, Z.** (1999a). *Motorlu Araçlardan Oluşan Kirlilik ve Egzoz Emisyon Regülasyonları, 2. Ulaşım ve Trafik Kongresi- Sergisi, (s.201-211)*.
- Öztürk, Z.** (1999b). *Yüksek Hızlı Demiryollarının Gelişimi ve Türkiye'nin Durumu, 2. Ulaşım ve Trafik Kongresi- Sergisi, (s.309-317)*.
- Pegasus Hava Taşımacılığı Anonim Şirketi.** (2019). *2018 1 Ocak – 31 Aralık 2018 Dönemi Yönetim Kurulu Yıllık Faaliyet Raporu*.

- Prussi, M. & Lonza, L.** (2018). Passenger Aviation and High Speed Rail: A Comparison of Emissions Profiles on Selected European Routes, *Journal of Advanced Transportation*, 2018, 1-10.
- Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü.** (2018). *Havayolu Uçak Filosu İstatistikleri*. <http://web.shgm.gov.tr/>.
- Şekercioğlu, S. ve İncekara, B.** (2016). Ulaştırma Politikalarının Dönüşümü: Sera Gazı Azaltımının Planlaması. 12. *Ulaştırma Kongresi*, 181-190. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum).
- T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü.** (t.y.). *Faaliyet Raporu 2016*. Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı.
- T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü.** (t.y.). *2014-2018 İstatistik Yıllığı*. Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı İstatistik ve Analiz Şubesi.
- T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü.** (t.y.). *Faaliyet Raporu 2018*. Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı Stratejik Planlama Şubesi Müdürlüğü.
- T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü.** (t.y.). *2012-2016 İstatistik Yıllığı*. Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı İstatistik ve Analiz Şubesi.
- TCDD Taşımacılık A.Ş. Genel Müdürlüğü.** (t.y.). *2018 Faaliyet Raporu*. Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı.
- TCDD Taşımacılık A.Ş. Genel Müdürlüğü.** (2020). Kişisel veri talebi. 17 Ocak, Ankara.
- TCDD Genel Müdürlüğü.** (t.y.). *2019 Yılı Yatırım Programı*. Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı.
- TCDD Taşımacılık A.Ş. Genel Müdürlüğü.** (t.y.). *2017 İstatistik Yıllığı*. Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- TÜBİTAK.** (1996). *Yüksek Hızlı Tren TÜBİTAK Raporu*.
- Türk Hava Yolları.** (t.y.). *2018 Faaliyet Raporu*.
- Türkiye İstatistik Kurumu.** (2019a). *Kullanılan Yakıt Türüne Göre Motorlu Kara Taşıt Sayısı, 2004-2018 Yılları Arası*.
- Türkiye İstatistik Kurumu.** (2019b). *Trafiğe Kayıtlı Otomobillerin Yakıt Cinsine Göre Dağılımı, 2004-2019 Yılları Arası*.
- Türkiye İstatistik Kurumu.** (2019c). *Model Yıllarına Göre Motorlu Kara Taşıt Sayısı, 1983-2018 Yılları Arası*.
- Türkiye İstatistik Kurumu.** (t.y.). *Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, 1990-2017*, TÜİK Ankara.
- Türkiye Petrol Rafinerileri Anonim Şirketi.** (t.y.). *Ürün Spesifikasyonu Gazyağı Tipi Jet Yakıtı ve Ürün Spesifikasyonu Gazyağı Tipi Jet Yakıtı*.
- Türkyılmaz, O. ve Bayrak, Y.** (2018). Elektrik Üretimi: Mevcut Durumu ve Analizi (Rapor No. MMO/691). Ankara : TMMOB Makine Mühendisleri Odası Raporu.

- Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı.** (2018). *Ulaşan ve Erişen Türkiye 2018 Demiryolu.*
- Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı.** (Nisan, 2019). *Ulaştırma Sektöründe Enerji Verimliliği Hedefler, Engeller ve Fırsatlar.* Avrupa Birliği ve Dış İlişkiler Genel Müdürlüğü.
- United States Environmental Protection Agency.** (2019). *Sources of Greenhouse Gas Emissions,* (pp.1-6).
- Varol, S.** (2017). *İstanbul Karayolu Yolcu Taşımacılığında Elektrikli Araç Kullanımının İncelenmesi.* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Victoria Transport Policy Institute.** (Nisan, 2018). *Transportation Cost and Benefit Analysis II – Air Pollution Costs,* (pp.1-27).
- Yaman, H. T. ve Dalkıç, G.** (2019). Evaluation of the pricing preferences and value of time for High Speed Rail (HSR) users in Turkey, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 34(1), 255-273.*
- Yüce, A. N.** (2015). *Ülkemizde Planlanan, Yapılmakta Olan ve Yapılan Yüksek Hızlı Demiryolu Hatlarının İncelenmesi ve Karşılaştırılması.* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yüksel, T. ve Öztürk, Z.** (2018). TRANSİST 2018 Bildiri Kitabı. *Raylı Sistemlerde Enerji Verimliliğini Arttıran Yöntemlerin İncelenmesi,* (s.187-192).
- Url-1** <<https://www.ilan.gov.tr/detay-ihale-duyurulari-mal-alimi-yht-seti-alinacaktir-381834.html>>, erişim tarihi 15.10.2019.
- Url-2** <<https://www.enerjiatlas.com/haber/yuksek-hizli-tren-elektrik-tuketimi-yirmibin-konuta-esdeger>>, erişim tarihi 10.02.2020.
- Url-3** <<https://www.epdk.org.tr/Detay/Icerik/3-1327/elektrik-faturalarina-esas-tarife-tablolari>>, erişim tarihi 13.02.2020.
- Url-4** <https://web.archive.org/web/20140725005129if_/http://www.boeing.com/assets/pdf/commercial/startup/pdf/737ng_perf.pdf>, erişim tarihi 25.10.2019.
- Url-5** <<https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=jet-fuel&months=60>>, date retrieved 18.02.2020.
- Url-6** <<https://bildirim.epdk.org.tr/bildirim-portal/faces/pages/tarife/petrol/yonetim/bultenSorgula.xhtml>>, erişim tarihi 22.02.2020.
- Url-7** <<http://arabamkacyakar.com/>>, erişim tarihi 19.02.2020.
- Url-8** <<https://www.ucusbilgileri.net/istanbul-sabiha-gokcen-ile-ankara-esenboga-ucakla-kac-saat.html>>, erişim tarihi 12.02.2020.
- Url-9** <<https://www.aa.com.tr/tr/turkiye/turkiyede-otobuslerle-30-ozel-araclarla-1-5-kisi-tasiniyor/1601032>>, erişim tarihi 20.02.2020.

EKLER

EK A: TÜİK 2018 Yılı Sonu İtibariyle Trafiğe Kayıtlı Şehirlerarası Otobüsler

	Yıl	Cinsi	Marka	Tipi	Sayı
1	2018	OTOBÜS	MERCEDES-BENZ	TRAVEGO	4544
2	2018	OTOBÜS	MERCEDES-BENZ	O403	3784
3	2018	OTOBÜS	MERCEDES-BENZ	TOURISMO	2521
4	2018	OTOBÜS	TEMSA	SAFİR	2149
5	2018	OTOBÜS	MITSUBISHI	SAFİR	1187
6	2018	OTOBÜS	MAN	LIONS CLASIC	1159
7	2018	OTOBÜS	NEOPLAN	TOURLINER	890
8	2018	OTOBÜS	MITSUBISHI	MARATON	780
9	2018	OTOBÜS	MAN	FORTUNA	627
10	2018	OTOBÜS	MAN	LIONS COACH	546
11	2018	OTOBÜS	MAN	LIONS CITY	535
12	2018	OTOBÜS	MAN	S 2000	408
13	2018	OTOBÜS	MERCEDES-BENZ	INTOURO	296
14	2018	OTOBÜS	NEOPLAN	STARLINER	265
15	2018	OTOBÜS	TEMSA	MARATON	181
16	2018	OTOBÜS	NEOPLAN	CITYLINER	180
17	2018	OTOBÜS	BMC	MEGASTAR	166
18	2018	OTOBÜS	TEMSA	DIAMOND	163
19	2018	OTOBÜS	TEMSA	METROPOL	149
20	2018	OTOBÜS	SETRA	S 417	142

EK B: TÜİK 2018 Yılı Sonu İtibariyle Trafiğe Kayıtlı Toplam Otomobiller

MARKA	ADET	MARKA	ADET
1 RENAULT	2.571.676	26 LAND ROVER	45.087
2 MURAT(TOFAS)	1.101.365	27 MITSUBISHI	41.150
3 VOLKSWAGEN	1.050.872	28 JEEP	25.655
4 FIAT	978.854	29 SUBARU	17.756
5 OPEL	879.708	30 ALFA ROMEO	17.485
6 FORD	827.637	31 MINI	17.040
7 HYUNDAI	742.788	32 DAIHATSU	12.928
8 TOYOTA	685.966	33 PORSCHE	11.381
9 PEUGEOT	380.035	34 CHRYSLER	10.168
10 MERCEDES-BENZ	350.935	35 ANADOL	7.486
11 HONDA	350.392	36 ROVER	7.398
12 DACIA	295.548	37 GEELY	6.288
13 BMW	278.994	38 CHERY	5.188
14 NISSAN	258.886	39 JAGUAR	5.159
15 SKODA	238.963	40 DODGE	2.470
16 AUDI	201.252	41 LANCIA	2.393
17 CITROEN	200.132	42 SMART	1.556
18 KIA	159.217	43 SAAB	1.555
19 SEAT	151.843	44 IKCO	943
20 CHEVROLET	126.793	45 INFINITI	780
21 LADA	86.915	46 ISUZU	582
22 VOLVO	71.829	47 BENTLEY	287
23 DİĞER	60.224	48 LAMBORGHINI	122
24 MAZDA	55.669	49 DS	104
25 SUZUKI	50.736	TOPLAM	12.398.190

EK C: Otomotiv Distribütörleri Derneği 2009-2019 Yılları Otomobil ve Hafif Ticari Araç Satış Sayıları

Model / Yıl	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	TOPLAM
RENAULT	72470	94.943	119.488	89.205	108.311	98.743	117.363	121.707	130.276	85.839	64.977	1.103.322
FIAT	84820	109.938	128.869	102.432	97.593	89.128	109.490	106.106	120.049	70.058	76.251	1.094.734
FORD	84725	119.133	133.277	106.166	108.155	86.833	118.640	109.604	111.064	65.428	47.107	1.090.132
VOLKSWAGEN	37353	63.840	81.911	92.840	112.056	108.647	139.043	134.535	117.481	66.834	48.496	1.003.036
HYUNDAI	64332	49.888	49.005	46.119	49.602	46.475	51.743	51.762	52.265	33.502	23.900	518.593
OPEL	24710	41.572	54.437	49.825	55.993	39.255	47.000	55.471	44.707	20.960	18.059	451.989
TOYOTA	24939	40.058	37.996	34.576	38.443	35.991	50.924	52.832	45.209	33.978	24.301	419.247
PEUGEOT	30438	43.395	34.915	29.562	34.034	24.122	34.411	35.563	40.482	30.152	28.861	365.935
DACIA	9791	19.168	21.339	28.964	36.395	34.469	44.812	47.529	48.370	29.918	20.006	340.761
MERCEDES-BENZ	12725	17.562	21.025	21.964	30.444	31.128	38.790	40.736	34.631	22.438	14.936	286.379
CITROEN	13484	28.862	30.439	30.544	30.003	22.414	28.270	25.418	22.757	12.302	12.033	256.526
NISSAN	7325	13.264	20.319	20.120	19.295	19.697	26.428	32.053	34.822	26.346	13.067	232.736
HONDA	16200	16.259	13.309	16.516	15.415	13.790	16.278	20.501	26.421	28.661	20.354	203.704
BMW	6729	12.034	15.018	15.247	20.705	26.174	31.221	27.166	19.564	12.728	9.583	196.169
SKODA	3403	6.332	7.590	10.118	12.833	14.537	22.107	28.876	24.679	21.340	15.369	167.184
AUDI	6251	9.656	12.064	13.720	14.987	17.809	20.279	22.005	21.585	13.295	10.024	161.675
KIA	6171	9.652	10.494	12.715	13.648	13.074	17.983	18.350	14.528	9.641	6.342	132.598
SEAT	2568	5.113	6.059	5.811	11.065	12.697	16.911	20.637	16.064	10.383	5.914	113.222
CHEVROLET	10408	18.061	23.610	18.492	12.506	572						83.649
MITSUBISHI	5534	6.499	8.042	4.465	5.240	5.538	5.858	4.739	4.250	4.159	2.627	56.951
VOLVO	2271	3.276	4.662	5.247	5.021	6.060	6.939	4.100	4.470	5.943	4.155	52.144
ISUZU	3051	3.372	2.909	2.684	2.838	4.009	3.674	3.414	2.678	2.238	925	31.792
SUZUKI	1576	1.662	1.340	1.780	1.623	958	177	3.931	4.316	2.878	2.381	22.622
KARSAN	3156	2.963	3.027	2.418	1.631	1.381	2.124	1.693	1.573	960	511	21.437
IVECO	794	1.130	1.833	1.673	2.204	2.524	2.710	2.175	2.566	1.598	1.326	20.533
LAND ROVER	1648	2.315	2.139	1.590	1.323	1.207	1.577	2.108	1.879	1.248	1.371	18.405
JEEP	443	573	888	799	973	1.960	3.507	2.192	2.357	2.430	2.123	18.245
MAZDA	3032	2.553	1.848	1.013	1.380	1.300	1.761	1.427	1.412	1.005	417	17.148
MINI	584	708	1.735	1.758	1.557	1.071	1.739	1.688	1.480	1.373	1.254	14.947

Model/ Yil	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	TOPLAM
Model/ Yil	2009	2.010	2.011	2.012	2.013	2.014	2.015	2.016	2.017	2.018	2.019	TOPLAM
SUBARU	1162	1.134	761	640	1.101	1.402	1.737	1.584	1.726	1.471	662	13.380
CHERY	2554	2.650	2.045	810	492	325	394	144	0			9.414
DFM	2468	2.505	3.407	921	39							9.340
TATA	1795	1.742	1.857	1.044	642	416	396	9				7.901
ALFA ROMEO	262	699	898	1.052	1.030	967	847	634	320	203	253	7.165
GEELY	1241	1.995	1.405	1.019	623	95	25	0	0			6.403
PORSCHE	247	390	442	497	517	588	861	827	670	565	361	5.965
PROTON	908	1.169	1.113	760	715	707	500	51				5.923
JAGUAR	263	213	168	84	97	52	336	481	339	220	244	2.497
LANCIA	311	307	178	276	782	210	2	0				2.066
DAIHATSU	830	619	379	0	0							1.828
BMC	852	615	0	0	0							1.467
DS								400	119	236	269	1.024
SMART	37	50	60	96	110	76	88	192	105	35	44	893
INFINITI		94	102	41	37	6	43	120	122	18	0	583
MASERATI	17	26	24	18	40	83	73	72	76	55	45	529
CHRYSLER	212	174	47									433
DODGE	339	72	1									412
LADA	290	101	10	0	0	0	0					401
LEXUS	0	0	0	0	0	0	13	64	101	56	85	319
IKCO	203	112	0									315
OTOKAR	230	0	0	0	0	0	0	0	0			230
FERRARI	17	23	23	21	23	11	10	18	16	18	20	200
BENTLEY	8	14	10	18	21	21	19	9	16	10	9	155
MAHINDRA	108	33	0									141
ASTON MARTIN			20	10	1			29	25	16	18	119
LAMBORGHINI	9	4	6	2	4	2	6	7	7	3	9	59
SAAB	56	2	0	0								58

EK D: TÜİK 2018 Yılı Sonu İtibariyle Trafiğe Kayıtlı Toplam Otomobil Türleri (İlk 80 Sıralama)

	Yıl	Cinsi	Marka	Tipi	Sayı
1	2018	OTOMOBİL	RENAULT	R12	560258
2	2018	OTOMOBİL	TOYOTA	COROLLA	473771
3	2018	OTOMOBİL	OPEL	ASTRA	433037
4	2018	OTOMOBİL	MURAT(TOFAS)	SAHİN	414234
5	2018	OTOMOBİL	RENAULT	MEGANE	395111
6	2018	OTOMOBİL	RENAULT	R9	375632
7	2018	OTOMOBİL	RENAULT	SYMBOL	369061
8	2018	OTOMOBİL	FORD	FOCUS	359405
9	2018	OTOMOBİL	HYUNDAI	ACCENT	333984
10	2018	OTOMOBİL	RENAULT	CLIO	333371
11	2018	OTOMOBİL	MURAT(TOFAS)	DOGAN	322919
12	2018	OTOMOBİL	VOLKSWAGEN	PASSAT	258839
13	2018	OTOMOBİL	VOLKSWAGEN	POLO	257361
14	2018	OTOMOBİL	HONDA	CIVIC	241867
15	2018	OTOMOBİL	FIAT	LINEA	230150
16	2018	OTOMOBİL	OPEL	CORSA	223622
17	2018	OTOMOBİL	FORD	FIESTA	209664
18	2018	OTOMOBİL	VOLKSWAGEN	GOLF	202177
19	2018	OTOMOBİL	RENAULT	FLUENCE	198236
20	2018	OTOMOBİL	MURAT(TOFAS)	KARTAL	197753
21	2018	OTOMOBİL	VOLKSWAGEN	JETTA	160235
22	2018	OTOMOBİL	HYUNDAI	İ 20	143749
23	2018	OTOMOBİL	NISSAN	QASHAQAI	123845
24	2018	OTOMOBİL	FIAT	AEGEA	119520
25	2018	OTOMOBİL	FIAT	ALBEA	116277
26	2018	OTOMOBİL	OPEL	VECTRA	115338
27	2018	OTOMOBİL	RENAULT	R19	111825
28	2018	OTOMOBİL	DACIA	DUSTER	102660
29	2018	OTOMOBİL	DACIA	SANDERO	97978
30	2018	OTOMOBİL	FIAT	PALIO	96287
31	2018	OTOMOBİL	HYUNDAI	GETZ	81445
32	2018	OTOMOBİL	AUDI	A3	78642
33	2018	OTOMOBİL	SKODA	OCTAVIA	73450
34	2018	OTOMOBİL	TOYOTA	AURIS	73363
35	2018	OTOMOBİL	FIAT	TEMPRA	73328
36	2018	OTOMOBİL	PEUGEOT	301	71398
37	2018	OTOMOBİL	FIAT	PUNTO	70964
38	2018	OTOMOBİL	PEUGEOT	206	66380
39	2018	OTOMOBİL	SEAT	LEON	64933
40	2018	OTOMOBİL	BMW	520	63176

	Yıl	Cinsi	Marka	Tipi	Sayı
41	2018	OTOMOBİL	BMW	320	62209
42	2018	OTOMOBİL	FIAT	UNO	61139
43	2018	OTOMOBİL	CITROEN	C ELYSEE	60978
44	2018	OTOMOBİL	TOYOTA	YARIS	60871
45	2018	OTOMOBİL	DİGER	DİGER	60224
46	2018	OTOMOBİL	MURAT(TOFAS)	131	59881
47	2018	OTOMOBİL	DACIA	LOGAN	58549
48	2018	OTOMOBİL	MURAT(TOFAS)	124	57780
49	2018	OTOMOBİL	CITROEN	C4	57072
50	2018	OTOMOBİL	VOLKSWAGEN	TIGUAN	56601
51	2018	OTOMOBİL	MERCEDES-BENZ	C 180	54257
52	2018	OTOMOBİL	FIAT	TIPO	50339
53	2018	OTOMOBİL	MURAT(TOFAS)	BİLİNMIYOR	48798
54	2018	OTOMOBİL	LADA	SAMARA	48767
55	2018	OTOMOBİL	KIA	SPORTAGE	48333
56	2018	OTOMOBİL	PEUGEOT	307	47006
57	2018	OTOMOBİL	AUDI	A4	46959
58	2018	OTOMOBİL	FORD	ESCORT	45395
59	2018	OTOMOBİL	SEAT	IBIZA	45164
60	2018	OTOMOBİL	MERCEDES-BENZ	E 200	44172
61	2018	OTOMOBİL	FORD	TAUNUS	43048
62	2018	OTOMOBİL	HYUNDAI	TUCSON	43036
63	2018	OTOMOBİL	SKODA	SUPERB	41842
64	2018	OTOMOBİL	HONDA	CRV	40512
65	2018	OTOMOBİL	SKODA	FABIA	40494
66	2018	OTOMOBİL	NISSAN	MICRA	40468
67	2018	OTOMOBİL	VOLKSWAGEN	BORA	40004
68	2018	OTOMOBİL	OPEL	INSIGNIA	37920
69	2018	OTOMOBİL	HYUNDAI	ELENTRA	37715
70	2018	OTOMOBİL	HYUNDAI	İ 30	37506
71	2018	OTOMOBİL	MERCEDES-BENZ	C 200	37109
72	2018	OTOMOBİL	RENAULT	LAGUNA	35515
73	2018	OTOMOBİL	RENAULT	R11	34948
74	2018	OTOMOBİL	FORD	MONDEO	34620
75	2018	OTOMOBİL	RENAULT	KANGOO	34127
76	2018	OTOMOBİL	CITROEN	C3	34034
77	2018	OTOMOBİL	FORD	TRANSIT	32448
78	2018	OTOMOBİL	CHEVROLET	AVEO	31786
79	2018	OTOMOBİL	TOYOTA	AVENSIS	30826
80	2018	OTOMOBİL	KIA	RIO	30796

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Onur KUTLU
Doğum Tarihi ve Yeri : 5 Mayıs 1992
E-posta : oonurkutlu@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2016, İstanbul Teknik Üniversite, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği
- **Yükseklisans** : -, İstanbul Teknik Üniversite, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Ulaştırma Mühendisliği Programı

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2016-2017 Studio3 Mimarlık'ta Şantiye Şefi olarak görev aldı.
- 2017 yılından itibaren MAKYOL İnşaat. San.Tur. ve Tic. A.Ş. 'de Teknik Ofis Mühendisi olarak görev almaktadır.