

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MARMARAY PROJESİNİN KARAYOLU ULAŞIMINDAN
KAYNAKLANAN SERA GAZI EMİSYONLARINA ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Rifat Kohen YANAROCAK**

Anabilim Dalı: MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

Programı: OTOMOTİV

HAZİRAN 2007

**MARMARAY PROJESİNİN KARAYOLU ULAŞIMINDAN
KAYNAKLANAN SERA GAZI EMİSYONLARINA ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Rifat Kohen YANAROCAK
(503041716)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 7 Mayıs 2007
Tezin Savunulduğu Tarih: 13 Haziran 2007**

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Cem SORUŞBAY

Diğer Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Metin ERGENEMAN (İ.T.Ü.)

Prof. Dr. Orhan DENİZ (Y.T.Ü.)

HAZİRAN 2007

ÖNSÖZ

150’den fazla ülkeden yaklaşık 600 değerlendirmeci ve 300 delegenin katıldığı 2007’de Fransa’nın başkenti Paris’te düzenlenen “İklim Değişikliği” konulu panelde yayınlanan BM İklim Raporunda da, küresel ısınmanın son 50 yılda yüzde 90 oranında insan eliyle yaratıldığı ve asırlarca süreceği belirtilmiştir.

Böylesine insan kaynaklı bir sorunun çözülebilmesi amacıyla Türkiye’de yürütülen çalışmaların başında gelen Marmaray Projesi’nin sera gazı emisyonlarının azaltılmasına katkısı ve insanların araç kullanım alışkanlıklarına vermeleri gereken yönlerin araştırıldığı bu yüksek lisans tez çalışmamda akılcı yorumları ve değerli yardımlarıyla bana yol gösteren danışmanım Sayın Prof. Dr. Cem SORUŞBAY ve değerli hocam Sayın Prof. Dr. Metin ERGENEMAN’a sonsuz teşekkür eder, saygılar sunarım.

Ayrıca tüm eğitim öğretim hayatım ve bu çalışmam boyunca benden yardımlarını esirgemeyen ve en yoğun ve stresli zamanlarımda bile beni sabırla destekleyen başta anne ve babam olmak üzere tüm dostlarıma da teşekkürü bir borç bilirim.

Haziran 2007

Rıfat Kohen YANAROCAK

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	ix
ÖZET	x
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ	1
2. KÜRESEL ISINMA, KÜRESEL ISINMANIN ETKİLERİ, SERA GAZLARI, TÜRKİYE VE DÜNYANIN DURUMU	4
2.1. Küresel Isınma ve Sera Etkisi	4
2.2. Küresel Isınmanın Etkileri ve Tüm Dünyadan Örnekler	5
2.3. İklim Değişikliğine Yönelik Atılan Amatör Adımlar	7
2.4. İklim Değişikliğine Yönelik Atılan Profesyonel Adımlar	7
2.4.1. Kyoto Protokolü	9
2.4.2. Diğer “Taraflar Protokolleri”	10
2.4.3. Türkiye’nin Attığı Profesyonel Adımlar	12
2.5. Sera Gazları ve Türkiye’nin Enerji Kaynaklı Salımları	14
2.5.1. Karbondioksit (CO ₂) Salımları	16
2.5.2. Metan (CH ₄) Salımları	19
2.5.3. Diazotmonoksit (N ₂ O) Salımları	20
2.5.4. F Gazları (Hidroflorokarbonlar (HFC), Kükürt Heksaflorid (SF ₆)) Salımları	21
2.6. Sera Gazı Salımlarına İlişkin Göstergelerde Beklenen Eğilimler	22
2.6.1. Kişi Başına CO ₂ Salımları	22
2.6.2. Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH) Başına CO ₂ Salımları	23
2.6.3. CO ₂ / Toplam Birincil Enerji Arzı	24
2.6.4. CO ₂ / Toplam Nihai Enerji Tüketimi	25
2.7. İstanbul’da Ulaştırma Sektörü ve Özellikleri	26
2.7.1. Karayolu Ulaşımı	26
2.7.2. Demiryolu Ulaşımı	27
2.7.3. Denizyolu Ulaşımı	29
3. MARMARAY PROJESİ VE SERA GAZI SALINIMINA OLAN ETKİSİ	30
3.1. Genel Tanıtım	30
3.2. Marmaray Projesinin Hedefleri	33

3.3. Marmaray Projesinin Yolculuk Süresi ve Güzergahı	35
3.4. Marmaray Projesinin Diğer Raylı Sistemlerle Bağlantısı	36
3.5. Marmaray Projesinin Sera Gazı Emisyonlarına Etkisinin Hesabı	38
3.5.1. IPCC Metodolojisi	38
3.5.2. TIER Yaklaşımları	39
3.5.2.1. TIER 1 Yaklaşımı	39
3.5.2.2. TIER 2 ve TIER 3 Yaklaşımları	41
4. TIER II VE TIER III YAKLAŞIMLARIYLA MARMARAY PROJESİNİN SERA GAZI EMİSYONLARINA ETKİSİ VE DİĞER SENARYOLAR	45
4.1. Araç Parkı Dağılımına Uygun Pilot Bölgenin Seçimi	46
4.2. Marmaray Hattını Kullanacak Günlük Yolcu Sayısının Belirlenmesi	48
4.3. Marmaray Hattının Farklı Güzergahlarının Belirlenmesi	50
4.4. Marmaray Projesinin Sera Gazı Emisyonlarına Etkisi	51
4.4.1. Gebze – Aydıntepe Güzergahının Emisyonlara Etkisi	53
4.4.2. Aydıntepe – Maltepe Güzergahının Emisyonlara Etkisi	55
4.4.3. Maltepe – Üsküdar Güzergahının Emisyonlara Etkisi	57
4.4.4. Üsküdar – Yenimahalle Güzergahının Emisyonlara Etkisi	59
4.4.5. Yenimahalle – Halkalı Güzergahının Emisyonlara Etkisi	61
4.4.6. Tüm Marmaray Hattının Emisyonlara Etkisi	63
4.5. Çeşitli Senaryolar Çerçevesinde Marmaray Hattının İncelenmesi	66
4.5.1. EURO III Standartlarındaki veya Dizel Otomobillerin Yaygınlaşması	66
4.5.2. Boğaz Geçişlerinin Araç Dağılımına Uyarlanması	68
4.5.3. Toplu Taşımacılığa Önem Verilmesi	73
5. SONUÇLAR	76
KAYNAKLAR	81
ÖZGEÇMİŞ	84

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
BM	: Birleşmiş Milletler
BMİDÇS	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
CDM	: Clean Development Mechanism
CFC	: Chlorofluorocarbon
COP	: Conference of the Parties
COPERT	: Computer Programme To Calculate Emissions From Road Transport
CORINAIR	: Co-ordinated Information on the Environment in the European Community AIR
ÇHC	: Çin Halk Cumhuriyeti
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
ETM	: Emission Trading Mechanism
GHG	: Green House Gases
GCC	: Global Climate Campaign
GSYİH	: Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
GÜ	: Gelişmiş Ülkeler
GYÜ	: Gelişme Yolundaki Ülkeler
HFC	: Hydrofluorocarbon
HRS	: Hafif Raylı Sistem
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change
İDO	: İstanbul Deniz Otobüsleri
İETT	: İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel İşletmeleri
JIM	: Joint Implementation Mechanism
KP	: Kyoto Protokolü
LPG	: Liquified Petroleum Gas
MTEP	: Milyon Ton Eşdeğer Petrol
NMVOC	: Non-Methane Volatile Organic Compounds
OECD	: Organisation for Economic Co-operation and Development
ÖHO	: Özel Halk Otobüsü
PEGSÜ	: Pazar Ekonomisine Geçiş Sürecindeki Ülkeler
PFC	: Perfluorocarbon
SSCB	: Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği
TCDD	: Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
TDİ	: Türkiye Denizcilik İşletmeleri
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UNFCCC	: United Nations Framework Convention on Climate Change
WMO	: World Meteorological Organization
WWF	: World Wildlife Fund

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1 Ek-II ülkeleri.....	13
Tablo 2.2 Pazar ekonomisine geçiş sürecindeki ülkeler	13
Tablo 2.3 Ekosistemlere ve sektörler göre küresel karbon dengesi (Gt).....	14
Tablo 2.4 1990-2020 döneminde dünya enerji ilişkili CO ₂ salımlarında yakıt payları (%).....	16
Tablo 2.5 Yakıt cinsine göre birincil enerji tüketimi ve istemi.....	16
Tablo 2.6 Sektörlere göre yakıt tüketiminden kaynaklanan CO ₂ salımları.....	17
Tablo 2.7 Sektörlere göre yakıt tüketiminden kaynaklanan CH ₄ salımları.....	19
Tablo 2.8 Sektörlere göre yakıt tüketiminden kaynaklanan N ₂ O salımları.....	21
Tablo 2.9 1990-2010 döneminde CO ₂ / toplam birincil enerji arzı.....	24
Tablo 2.10 1990-2010 döneminde CO ₂ /toplam nihai enerji tüketimi.....	25
Tablo 2.11 İstanbul kent içi ulaşımında yolculukların türlere göre dağılımı.....	26
Tablo 2.12 Yıllara göre tramvay yolculuk sayıları.....	28
Tablo 2.13 Banliyö hatlarında yıllara göre günlük yolcu sayıları.....	28
Tablo 3.1 Dünya metropollerinde toplu taşımacılığın payları.....	31
Tablo 3.2 Marmaray projesine entegre edilecek hatlar.....	37
Tablo 3.3 Benzinli otomobil emisyon faktörleri.....	43
Tablo 3.4 Dizel otomobil emisyon faktörleri.....	43
Tablo 3.5 LPG otomobil emisyon faktörleri.....	43
Tablo 3.6 Hafif dizel (minibüs ve kamyonet) emisyon faktörleri.....	43
Tablo 3.7 Ağır dizel (otobüs ve kamyon) emisyon faktörleri.....	44
Tablo 4.1 2004 ve 2005 yıllarında İstanbul ve Türkiye araç parkı ve yüzdeler.....	46
Tablo 4.2 2004 yılında İstanbul’da ulaşımdan kaynaklanan emisyonlar.....	48
Tablo 4.3 Marmaray hattının günlük yolcu kapasitesi.....	49
Tablo 4.4 Senaryo I’e göre araç doluluk oranları ve toplam yolcu sayısı.....	51
Tablo 4.5 Senaryo II’e göre araç doluluk oranları ve toplam yolcu sayısı.....	52
Tablo 4.6 Gebze – Aydıntepe güzergahının emisyonlarının Senaryo I’e göre hesabı.....	54
Tablo 4.7 Gebze – Aydıntepe güzergahının emisyonlarının Senaryo II’e göre hesabı.....	54
Tablo 4.8 Aydıntepe - Maltepe güzergahının emisyonlarının Senaryo I’e göre hesabı.....	56
Tablo 4.9 Aydıntepe - Maltepe güzergahının emisyonlarının Senaryo II’ye göre hesabı.....	56
Tablo 4.10 Maltepe – Üsküdar güzergahının emisyonlarının Senaryo I’e göre hesabı.....	58
Tablo 4.11 Maltepe - Üsküdar güzergahının emisyonlarının Senaryo II’ye göre hesabı.....	58

Tablo 4.12	Üsküdar – Yenimahalle güzergahının emisyonlarının Senaryo I’e göre hesabı.....	60
Tablo 4.13	Üsküdar – Yenimahalle güzergahının emisyonlarının Senaryo II’ye göre hesabı.....	60
Tablo 4.14	Yenimahalle – Halkalı güzergahının emisyonlarının Senaryo I’e göre hesabı.....	62
Tablo 4.15	Yenimahalle - Halkalı güzergahının emisyonlarının Senaryo II’ye göre hesabı.....	62
Tablo 4.16	Tüm Marmaray hattının emisyonlarının Senaryo I’e göre hesabı...	63
Tablo 4.17	Tüm Marmaray hattının emisyonlarının Senaryo II’ye göre hesabı	64
Tablo 4.18	Tüm güzergahların emisyonlarının karşılaştırılması.....	64
Tablo 4.19	Tüm güzergahların kişi başına düşen emisyonlarının karşılaştırılması.....	65
Tablo 4.20	EURO III ve dizel otomobil sayısının artışının Senaryo I’e göre emisyonlara etkisi.....	67
Tablo 4.21	EURO III ve dizel otomobil sayısının artışının Senaryo II’ye göre emisyonlara etkisi.....	68
Tablo 4.22	Bostancı – Bakırköy güzergahının Senaryo I’e göre emisyonlara etkisi.....	69
Tablo 4.23	Bostancı – Bakırköy güzergahının Senaryo II’ye göre emisyonlara etkisi.....	70
Tablo 4.24	Bostancı – Bakırköy güzergahının Boğaziçi modeli kullanılarak Senaryo I’e göre emisyonlara etkisi.....	70
Tablo 4.25	Bostancı – Bakırköy güzergahının Boğaziçi modeli kullanılarak Senaryo II’ye göre emisyonlara etkisi.....	71
Tablo 4.26	Bostancı – Bakırköy güzergahının FSM modeli kullanılarak Senaryo I’e göre emisyonlara etkisi.....	72
Tablo 4.27	Bostancı – Bakırköy güzergahının FSM Modeli kullanılarak Senaryo II’ye göre emisyonlara etkisi.....	72
Tablo 4.28	Toplu taşımacılığın arttırılmasının Senaryo I’e göre emisyonlara etkisi.....	73
Tablo 4.29	Toplu taşımacılığın arttırılmasının Senaryo II’ye göre emisyonlara etkisi.....	75

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1	: 1906 – 2005 yılları arasındaki global ve kıtasal sıcaklık değişimleri.....	1
Şekil 2.1	: Doğal sera etkisinin işleyişi	5
Şekil 2.2	: Doğal hayatı koruma derneği üyelerinin sloganı.....	7
Şekil 2.3	: Ulaşım sektöründen kaynaklanan CO ₂ emisyonları	18
Şekil 2.4	: Tüm sektörlerden kaynaklanan CH ₄ emisyonları.....	20
Şekil 2.5	: Tüm sektörlerden kaynaklanan N ₂ O emisyonları.....	21
Şekil 2.6	: 1996 – 2004 yılları arasındaki toplam F gazları emisyonları.....	22
Şekil 2.7	: Türkiye’de yakıt tüketiminden kaynaklanan kişi başına CO ₂ salımlarının 1970-2010 dönemindeki değişimleri.....	23
Şekil 2.8	: Türkiye’de yaratılan katma değer başına yakıt tüketiminden kaynaklı CO ₂ salımlarının 1970-2010 dönemindeki değişimleri...	24
Şekil 2.9	: CO ₂ /toplam birincil enerji arzında 1990-2010 dönemindeki değişimler	25
Şekil 2.10	: CO ₂ /toplam nihai enerji tüketiminde 1990-2010 dönemindeki değişimler.....	25
Şekil 2.11	: İstanbul kara ulaşım yolculuk payları.....	27
Şekil 2.12	: İstanbul raylı ulaşım yolculuk payları.....	27
Şekil 3.1	: 1995 ve 2002 yıllarında 1000 kişi başına düşen araç sayısının değişimi.....	31
Şekil 3.2	: Marmaray projesindeki yer altı istasyonlarının yerleşimi.....	33
Şekil 3.3	: Raylı sistemin araçlı yolculuklardaki payı.....	35
Şekil 3.4	: Marmaray projesi güzergahı ve yolculuk süresi.....	36
Şekil 3.5	: Marmaray projesinin diğer raylı sistemlerle bağlantıları.....	37
Şekil 4.1	: Taksim – 4. Levent metrosunun kapasite ve kullanım değerleri...	49
Şekil 4.2	: Gebze – Aydıntepe güzergahının şematik görünümü.....	53
Şekil 4.3	: Aydıntepe – Maltepe güzergahının şematik görünümü.....	55
Şekil 4.4	: Maltepe – Üsküdar güzergahının şematik görünümü.....	57
Şekil 4.5	: Üsküdar - Yenimahalle güzergahının şematik görünümü.....	59
Şekil 4.6	: Yenimahalle - Halkalı güzergahının şematik görünümü.....	61
Şekil 4.7	: Farlı güzergahlardaki CO ₂ emisyonunun senaryolara göre değişimi.....	65

SEMBOL LİSTESİ

\$	: Dolar
a	: Yakıt tipi (dizel, benzin, LPG gibi)
A.Ş.	: Anonim Şirketi
b	: Sektör faaliyeti (karayolu, demiryolu, havayolu gibi)
c	: Emisyon kontrol özellikleri
CH ₄	: Metan
CO	: Karbon monoksit
CO ₂	: Karbon dioksit
CO ₂ /GSYİH	: Gayri safi yurt içi hasıla başına düşen karbon dioksit miktarı
CO ₂ /kişi	: Kişi başına düşen karbon dioksit miktarı
dk	: Dakika
EF	: Emisyon faktörü
EF _{SO₂}	: Kükürt dioksit gazının emisyon faktörü
Gg CO ₂ /1000 TEP	: Bin ton eşdeğeri petrol başına düşen gigagram karbon dioksit miktarı
Gg	: Gigagram
Gt	: Gigaton
k	: Değişken katsayı
kg CO ₂ /\$	: Dolar başına düşen kilogram karbon dioksit miktarı
kg	: Kilogram
kg/TJ	: Terajoule başına düşen kilogram miktarı
km	: Kilometre
m	: Metre
n	: Kükürt azaltma teknolojisinin yüzdesel verimi
N ₂ O	: Diazot monoksit
NO _x	: Azot oksit
°C	: Derece santigrad
ppm	: Parts per million
Q	: Net kalori değeri
r	: Külde kalan yüzdesel kükürt miktarı
s	: Yakıtın yüzdesel kükürt içeriği
SF ₆	: Kükürt hekzaflorid
SO ₂	: Kükürt dioksit
t CO ₂ /1000\$	: Bin dolar başına düşen ton cinsinden karbon dioksit miktarı
t	: Motosiklet miktarı
Tg	: Teragram
TJ	: Terajoule
x	: Otomobil miktarı
y	: Otobüs miktarı
yolcu/yıl	: Yıl başına düşen yolcu miktarı
z	: Minibüs miktarı

MARMARAY PROJESİNİN KARAYOLU ULAŞIMINDAN KAYNAKLANAN SERA GAZI EMİSYONLARINA ETKİSİ

ÖZET

Dünyamızı tehdit eden en büyük çevre sorunlarından birisi olarak adlandırılan küresel ısınma ve iklim değişikliği olgusu, en başta fosil yakıt kullanımı, sanayileşme, enerji üretimi, ormansızlaşma ve diğer insan etkinlikleri sonucunda ortaya çıkmış, ekonomik büyüme ve nüfus artışı bu süreci daha da hızlandırmıştır. Bu durumun nedeni olarak görülen, insan kaynaklı atmosfere salınan sera gazı emisyonlarının miktarı da her geçen gün artmaktadır. Ulaştırma sektörü ise yaklaşık %16'lık payıyla sera gazı emisyonlarının salınımındaki önemli etkenlerden biridir.

Ulaştırma sektörünün sera gazı emisyonlarının salınımındaki payını azaltabilmek amacıyla ülkemizde çeşitli projeler yürütülmektedir. Bu projelerin en önemlilerinden biri ise, İstanbul boğazı demiryolu boğaz tüp geçişi ve Gebze – Halkalı banliyö hatlarının iyileştirilmesi projesi olarak adlandırılan Marmaray projesidir. Bu çalışma kapsamında da Marmaray projesinin sera gazı emisyonlarına etkisi araştırılmıştır.

Hesaplamalar esnasında IPCC tarafından önerilen ve detaylı TIER 2 ve TIER 3 yaklaşımları olarak anılan modeller kullanılmıştır. Böylece Marmaray projesinin CO₂, CH₄, N₂O, NO_x, CO ve NMVOC gazlarının atmosfere daha az salınımına olan katkısı hesaplanmıştır. Ayrıca daha gerçekçi bir sonuç elde edebilmek amacıyla Marmaray hattında tüketilen enerjinin üretilmesi için atmosfere salınan CO₂ miktarı bulunmuş, böylece net salınan CO₂ emisyonu hesaplanmıştır. Araç doluluk oranlarına göre geliştirilmiş senaryolarla günde en az 530 ton en çok 3780 ton CO₂'in daha az salınacağı elde edilmiştir.

Bunun yanı sıra Marmaray projesinin verilerinden yararlanarak oluşturulan modeller sayesinde, insanların araç kullanım alışkanlıklarına yön verebilecekleri bir kaynak oluşturulmuştur. Sonuç olarak yüksek emisyon standartlarındaki veya düşük emisyon faktörüne sahip araçların kullanılmasının, toplu taşımacılığın tercih edilmesinin ve emisyon hesaplamaları yapılırken boğaz köprüsü geçişlerinin dikkate alınmasının gerekliliği ortaya çıkmıştır.

THE EFFECTS OF THE MARMARAY PROJECT ON THE GREENHOUSE GASES CAUSED BY THE ROAD TRANSPORTATION

SUMMARY

The global warming and climate change fact which is counted to be the biggest environmental threat for our world, first appeared because of the usage of fossil fuels, industrialization, energy production, deforestation and other human activities, then economic growth and increase in the population has accelerated this process. The amount of the human based greenhouse gases that are released to the atmosphere seems to be the reason of this and increases day by day. With its 16% portion, transportation sector is one of the most important factors in the amount of the greenhouse gases released to the atmosphere.

Several projects are under process in our country to be able to lower the portion of the transportation sector about the releases of the greenhouse gases. One of the most important projects is bosphorus railway tunnel cross and the rehabilitation of the Gebze-Halkalı railways which is also called as Marmaray. In the frame of this thesis the effects of the Marmaray project to the greenhouse gas emissions are studied.

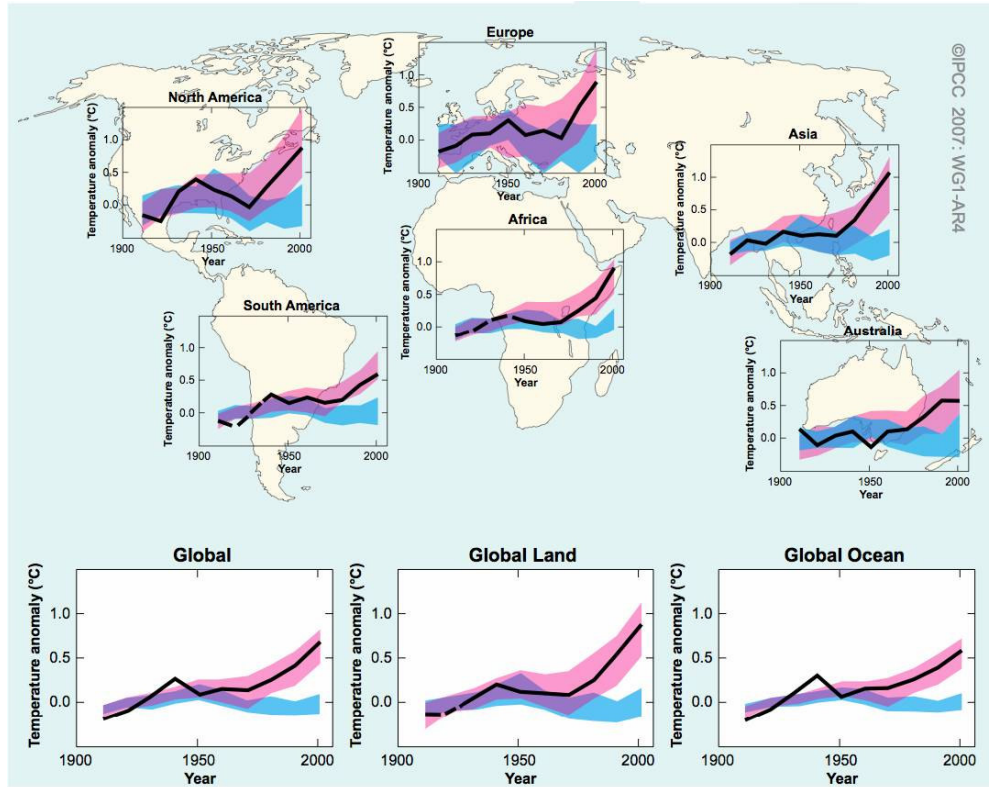
During the calculations detailed TIER 2 and TIER 3 approaches recommended by IPCC are used. So the amount of the CO₂, CH₄, N₂O, NO_x, CO and NMVOC gases released less to the atmosphere, with the usage of Marmaray is calculated. Also to be able to gain a more realistic result, the amount of CO₂ gases released to produce the energy that will be used by the Marmaray line is found so the net amount of the CO₂ gas released is calculated. With the scenarios built up according to the passenger amounts in the vehicles, min 530 ton, max 3780 ton CO₂ will be released less per day.

Beside this, with the models built up according to the data of the Marmaray project, a source that can give a way to the vehicle usage habits of people is obtained. In conclusion the importance of using of the vehicles with high emission standards or low emission factors, preferring the bulk transportation or taking into consideration the real bosphorus cross data during emission calculations is understood.

1. GİRİŞ

Yapılan çalışmalar sonucu global olarak yer yüzeyinin ortalama ısısının son yüzyılda 0.6°C (Avrupa’da ise 1.2°C) artış gösterdiği gözlenmiştir. Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) verilerine göre, son 150 yılın en sıcak yılı 1998, en sıcak ikinci yılı ise 2002 olmuştur. 1990 yılından 2100 yılına kadar global anlamda yer yüzeyinin ortalama ısı değerinin ise $1.4 - 5.8^{\circ}\text{C}$ artış göstereceği tahmin edilmektedir. [11]

Şekil 1.1 1906 – 2005 yılları arasında global ve kıtasal olarak bu sıcaklık değişimlerini daha ayrıntılı olarak göstermektedir.



Şekil 1.1: 1906 – 2005 Yılları Arasındaki Global ve Kıtasal Sıcaklık Değişimleri [1]

Yukarıda belirttiğimiz, dünya yüzeyindeki ısınma artışlarının küçük olması, problemin ne kadar önemli olduğu konusunda yanıltıcı sonuçlara neden olmamalıdır. BM Hükümetlerarası İklim Değişimi Paneli, eğer sera gazlarının salımı konusunda gerekli önlemler alınmazsa 2100 yılına gelindiğinde ortalama sıcaklığın üç dereceden

fazla artmasının olası olduğunu ortaya koymuştur. Üç derecelik artış çok fazlaymış gibi görünmese de son buzul çağıının bu miktarda bir soğuma sonucu gerçekleştiğini gözden kaçırmamak gerekmektedir. Bu şekildeki bir iklim değişikliğinin etkileri şimdiden belirtilerini göstermektedir ve sürdürülebilir kalkınma bağlamında düşündüğümüzde, ileride çok büyük felaketlere yol açabilecektir. [23]

Bilim adamları, 1990'lı yılların sonunda ortaya çıkan El-Nino felaketi ve 2002 yılında Avrupa'yı vuran ve özellikle Almanya, Çek Cumhuriyeti ve Avusturya için son yüzyılın en büyük doğal afeti olarak görülen büyük sel felaketlerinin, iklim değişikliği sonucu ortaya çıktığını iddia etmektedirler. En son olarak, 10 Ağustos 2003 tarihinde İngiltere'nin 100.1 Fahrenheit derece ile, 130 yıl önce düzenli sıcaklık ölçümlerinin yapılmaya başlandığı tarihten bu yana en sıcak gününü yaşaması, iklim değişikliği ile ilişkilendirilmektedir. İklim değişikliği sonucu, önümüzdeki dönemlerde dünyanın bazı bölgelerinde aşırı kuraklıklar baş gösterirken, diğer bölgelerde ise sel felaketlerinin meydana geleceği tahmin edilmektedir. Örneğin; Akdeniz ülkesi olan İspanya, Yunanistan ve Türkiye'de ortalama yağışların her on yıl içinde %5'e varan oranda bir azalma kaydedeceği tahmin edilmektedir. Küresel ısınma sonucu Kuzey ve Güney Kutupları'nda, özellikle yaz aylarında buzulların kalınlığının % 40 azaldığı ve çok büyük buzul kütlelerinin koptuğu görülmüş, ayrıca dünya deniz seviyesinin 0.1–0.2 metre artış gösterdiği gözlenmiştir. Bunlara ek olarak, son on yılda, karadaki kar örtüsü ve buzlanmanın önemli miktarda azaldığı görülmüştür.

İklim değişikliği sonucu ortaya çıkan kasırgalar, seller ve aşırı kuraklıklar, bio-çeşitliliğin ve bazı hayvan türlerinin yok olması tehlikesini de ortaya çıkarmaktadır. Global düzeyde yukarıda belirttiğimiz bu gelişmeler, ekonomi, tarım, sanayi, turizm, sigortacılık sektörleri başta olmak üzere birçok alanda çok ciddi tehlikeler arz etmektedir.

Son yüzyılda ciddi bir artış gösterdiğini belirttiğimiz küresel ısınmanın en önemli nedeni, sera gazlarının (GHG) sanayileşmeyle birlikte insanoğlunun faaliyetleri sonucu atmosfer içindeki emisyonlarının çok önemli oranlarda artmasıdır. [11]

İklim değişikliğine neden olan başlıca altı tane sera gazı vardır. Bunların içinde en önemlisi CO₂ gazıdır ve toplam sera gazı miktarı içindeki payı % 80 civarındadır. Diğer sera gazları ise büyüklük sırasına göre Metan (CH₄), Diazotmonoksit (N₂O),

Hidroflorokarbon (HFC), Perflorokarbon (PFC) ve KükürtHekzaFlorid (SF₆) olarak sıralanabilir.

Sera gazları içinde en önemlisi olan CO₂ gazı salımı, çok önemli oranda ekonominin her sektöründe kullanılan fosil yakıtların (kömür, petrol, doğal gaz) yakılması sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle enerji politikaları ve çevre ilişkisi, sera gazı salımlarının azatlımı açısından büyük önem arz etmektedir. [11]

Yukarıdaki bilgiler ışığında bu çalışmadaki amaç, küresel ısınmaya önemli oranda etkisi olan fosil yakıtların tüketimi sonucu ortaya çıkan sera gazı emisyonlarının, Türkiye’de ulaştırma sektöründeki payının araştırılması ve günümüzde yapımı süren ve Asrın Projesi olarak nitelendirilebilecek İstanbul Boğazı Demiryolu Boğaz Tüp Geçişi ve Gebze-Halkalı Banliyö Hatlarının İyileştirilmesi (Marmaray) gibi projeler ve oluşturulacak olası senaryoların bu emisyonların azaltılması yönündeki etkileri konusunda yol gösterici bir kaynak oluşturmaktır.

Bu projeler ve olası senaryoların sağladığı emisyon miktarları azalımının hesaplanmasında IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) tarafından önerilen TIER yaklaşımları kullanılmıştır. Öncelikle mevcut planlar ışığında oluşturulan projenin sağlayacağı düşünülen emisyon düşüşü miktarları tüm sera gazları için ayrı ayrı bulunmuş, daha sonrada toplu taşıma imkanlarının daha sık kullanımı veya etkin taşıt kullanımı gibi senaryolar geliştirilerek bu emisyon düşüşüne katkıları araştırılmıştır.

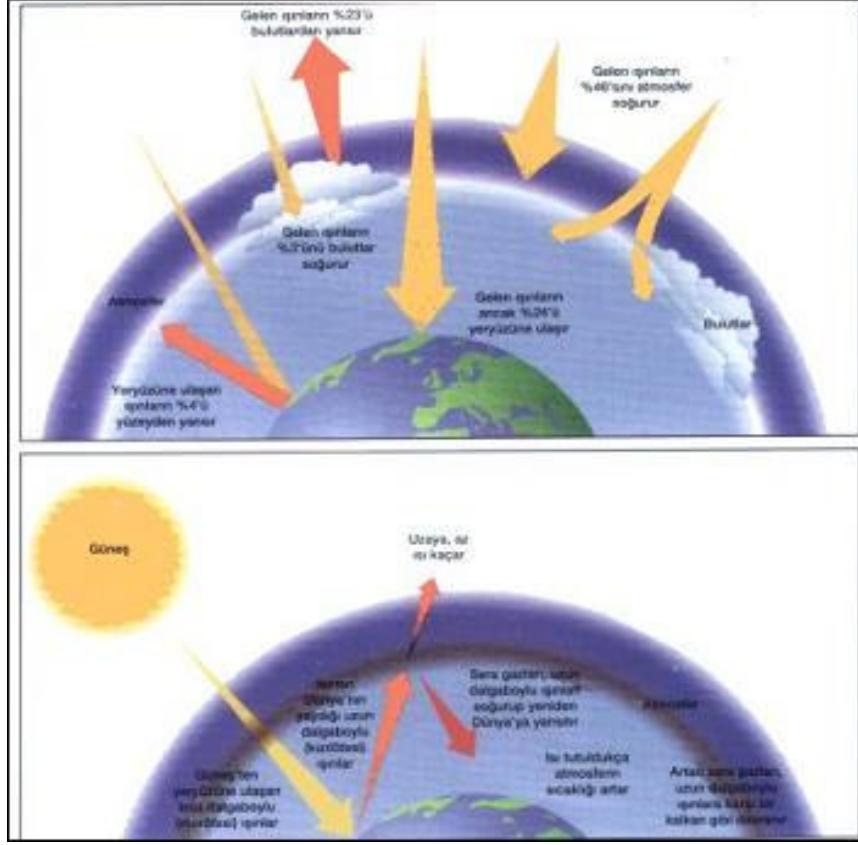
2. KÜRESEL ISINMA, KÜRESEL ISINMANIN ETKİLERİ, SERA GAZLARI, TÜRKİYE VE DÜNYANIN DURUMU

2.1. Küresel Isınma ve Sera Etkisi

Güneş'in iç bölgelerinde oluşan füzyon tepkimeleri sırasında, çok büyük miktarlarda enerji açığa çıkar. Bu enerji yavaş yavaş Güneş'in yüzeyine doğru iletilir ve oradan da bütün dalga boylarındaki elektromanyetik dalgalar biçiminde uzaya yayılır. Güneş sistemindeki gezegenler, büyüklüklerine ve Güneş'e olan uzaklıklarına göre, bu enerjinin küçük bir bölümünü paylaşırlar geri kalanı, uzayda yayılmayı sürdürür.

Dünya'ya gelen ışınların yaklaşık dörtte biri (% 23), bulutlardan yansarak uzaya döner. Geri kalan enerjinin yaklaşık dörtte birini (% 28) stratosferdeki ozon tabakasıyla troposferdeki bulutlar ve su buharı soğurur. Atmosferin soğurduğu ışınların % 90'ı bizim göremediğimiz kızılötesi ve morötesi ışınlar, % 10'u da görünür ışındır. Bir başka deyişle atmosfer, Güneş'ten gelen görünür ışınların onda dokuzunun yeryüzüne geçişini engellemez. Yeryüzüne ulaşan bu ışınlar da onu ısıtır. Tropikal kuşaktan yükselen sıcak hava kutuplara doğru, soğuk kutup havası da yüzeye inip ekvatora doğru yönelir. Böylece atmosfer olayları, su çevrimi, karbon çevrimi vb. süreçler işleyerek dünyada yaşamın sürmesi sağlanır.[16]

Gelen ışınlarla ısınan Dünya, tıpkı dev bir radyatör gibi davranmaya başlar. Ancak bu ısıyı Güneş gibi tüm dalga boylarında yayamaz; yalnızca kızılötesi ışınlar biçiminde yayabilir. Ne ki yüzeyden yayılan bu ışınların yalnızca küçük bir bölümü uzaya gidebilir. Çünkü atmosferdeki su buharı, karbondioksit ve metan molekülleri bu ışınları soğurur; sonra da yüzeye doğru yansır. Böylece Dünya'nın yüzeyi ve troposfer, olması gerekenden daha sıcak olur. Bu olay, Güneş ışınlarıyla ısınan ama içindeki ısıyı dışarıya bırakmayan seraları andırır ve bu nedenle de doğal sera etkisi olarak bilinir. [16] Şekil 2.1 doğal sera etkisinin nasıl işlediğini göstermektedir.



Şekil 2.1: Doğal Sera Etkisinin İşleyişi

Bu sürecin başlıca aktörleri olan, su buharı, karbon dioksit ve metan da sera etkisi yapan gazlar ya da kısaca sera gazları olarak anılırlar. Bunların yanı sıra diazotmonoksit (N_2O) ve kloroflorokarbonlar (CFC) da sera etkisi yapar. Ancak bunların atmosferdeki oranları çok küçüktür.

Dengeli bir sera etkisinin Dünya'daki yaşam için büyük bir önemi vardır. Çünkü dünyayı sıcak ve yaşanabilir kılar. Eğer bu etki olmasaydı yeryüzünde ortalama sıcaklık $-18^{\circ}C$ dolayında olurdu. Öte yandan şiddetli bir sera etkisi de Dünya'yı Venüs gibi çok sıcak bir gezegen yapabilirdi. Sera etkisinin, Dünya'yı olduğundan daha sıcak yapmasının yalnızca insan için değil tüm canlı türleri için yaşamsal bir önemi vardır. Hatta Dünya'da yaşamın başlamasının bile sera etkisiyle belki bir ilişkisi olabilir. [16]

2.2. Küresel Isınmanın Etkileri ve Tüm Dünyadan Örnekler

Yeryüzü ısısındaki uzun dönemli artış küresel ısınma ya da sera etkisi olarak adlandırılmaktadır. Küresel ısınmanın, buzulların erimesi, deniz suyunun yükselmesi,

bazı bölgelerde sel ve kuraklık gibi afetlerin gerçekleşme olasılıklarının artışı gibi fiziksel etkileri; bazı bitki ve hayvan popülasyonlarında azalma, kısıtlı uyum kapasiteleri nedeniyle iklim değişikliğine çok duyarlı olan doğal sistemlere zarar verme gibi biyolojik etkileri; su kaynakları, tarım, ormancılık, kıyı bölgeleri ve deniz sistemlerini tehlikeye atma ve halihazırda bazı bölgelerde kıt olan su kaynaklarının azalması, ve bunun insan sağlığına olumsuz etkileri ve hastalık riskini artırması gibi insani etkileri; ve enerji talebindeki değişim etkileri bulunmaktadır. Aşağıda tüm dünya basınında yer alan ve bilim çevrelerini acil önlemler almaya yöneltten sayısız örnekten birkaçı sıralanmıştır:

- Kuzey Kutbu'na en yakın ülkelerden biri olan İzlanda'da Haziran'da hava sıcaklığı 24 derece olarak ölçülmüştür. Kutup ayıları kış uykusundan erken uyanmaya başlamıştır. [27]
- Dünyanın en yüksek noktası olan Everest tepesi küresel ısınma nedeniyle alçalma göstermiştir. Himalaya Dağları üzerinde bulunan 8848 metrelik yüksekliğindeki tepe, Çinli uzmanlara göre zirvesinde bulunan buzulların erimesi nedeniyle 1.3m kısalmıştır. [27]
- 1912 yılından bu yana Tanzanya'daki Kilimanjaro dağının 5 bin 895 metre yükseklikteki zirvesinde karların yüzde 80'i erimiş, 2020'ye kadar zirvedeki karların tamamen yok olacağı tahmin edilmektedir. [27]
- Kuzey Kutbu'ndaki Eskimolar da sıcaktan bunalmıştır. Kanada'nın Montreal kentinin 1600 kilometre kuzeyindeki Eskimo köyü Kuujuaq'ta köyün yerlileri, geçen yaz kendilerini bunaltan sıcaklar yüzünden 10 adet klima ve 20 buzdolabı satın almıştır. [27]
- 1880 yılından günümüze kadar olan dönemi kapsayan araştırmalara göre Aralık 2006 – Şubat 2007 döneminde son 127 yılın en sıcak kışı yaşanmıştır. Küresel ortalama sıcaklık, 20. yüzyıl ortalamasından 1,3 derece daha yüksek çıkmıştır. Normalde Mart'ta yağmur ve kardan geçilmeyen İtalya, İngiltere ve Fransa'da ilkbahar havası yaşanmaya başlanmıştır. Uzmanlara göre bahar 20 gün erken gelmiştir. [27]
- Moskova'da papatyalar ve menekşeler çiçek açmıştır. Dondurucu soğuğuyla tanınan başkentte Ocak ayı ortalama sıcaklığı 7 dereceye yükselmiştir. [27]

2.3. İklim Değişikliğine Yönelik Atılan Amatör Adımlar

Tüm dünyada gerçekleşen bu gelişmeler çeşitli çevre, organizasyon ve kişilerin, tüm bu olaylara tepkiler vermesine neden olmuştur. Aşağıda bu değişik tepki çeşitlerinden birkaçı maddeler halinde sıralanmıştır:

- Hollywood'un en iyilerinin belirlendiği 79'uncu Oscar Töreni'ne, küresel ısınma ve çevre hassasiyeti damga vurdu. Los Angeles'teki törende bir ilk yaşandı. 3400 davetlinin çoğu limuzin yerine, hibrid ve elektrikli araçlarıyla geldi. Törenin yapıldığı Kodak Theatre'ın ilk kez karbon emisyon değerleri ölçülüp açıklandı. Akşam yemeğinde konuklara organik gıdalar servis edildi. Oscar zarfları bile geri dönüşümlü plastikten yapıldı. [27]
- Avrupa Birliği'ne ait enerji bakanlarının 15 Şubat'ta Brüksel'de yaptığı toplantı sırasında Doğal Hayatı Koruma Derneği – World Wildlife Fund (WWF) üyeleri, enerji bakanlarını, günün sevgililer günü olmasından da hareketle, CO₂ emisyonlarını azaltmak için çalışmaya davet ettiler. Sloganları ise çok anlamlıydı: “Make love, not CO₂ – Aşk yapın, CO₂ değil”. Şekil 2.2 bu sloganı atmak için kullanılan pankartı göstermektedir. [28]



Şekil 2.2: Doğal Hayatı Koruma Derneği Üyelerinin Sloganı [28]

- İngiltere merkezli çevre örgütü Global Climate Campaign - Küresel Isınma Kampanyası'nın (GCC) Türkiye'deki çalışmalarını yürüten Gökşen Şahin, 01.03.2007 akşamı 19.55-20.00 saatleri arası herkesi küresel ısınmaya karşı eyleme çağırdı. Bu eylemdeki amaç insanlara karbondioksit salımının yüzde 49'unun enerji, yüzde 27'sinin ulaşımından kaynaklandığını hatırlatmak ve 5 dk. bunlara mola vermelerini sağlamaktı. [27]

2.4. İklim Değişikliğine Yönelik Atılan Profesyonel Adımlar

Dünya genelinde bir çevre bilincinin ortaya çıkması ve çevresel bozulmanın canlı yaşamı üzerinde ciddi tehditler oluşturmaya başladığının anlaşılmasıyla birlikte,

özellikle uluslararası alanda önemli adımlar atılmaya başlanmıştır. Bu sürecin başlamasındaki ilk adımı, 1988 yılında Birleşmiş Milletler Çevre Programı ve Dünya Meteoroloji Örgütü'nün desteğiyle kurulan “Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli – Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)” oluşturmaktadır. Oluşturulan bu panel, insan kaynaklı iklim değişikliği riskinin anlaşılması konusuna ilişkin bilimsel, teknik ve sosyo-ekonomik bilgilerin değerlendirilmesi amacına yöneliktir. Panel, 1990, 1996 ve 2001 yıllarında üç tane geniş çaplı değerlendirme raporu yayınlamıştır. Bu değerlendirme raporlarının yanında, özel raporlar da hazırlamakta ve teknik çalışmalar da yapmaktadır. Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli'nin yapmış olduğu tüm bu çalışmalar, uluslararası politika ve iklim değişikliği hakkındaki müzakerelerde yol gösterici rehberler olarak kullanılmaktadır. [11]

Küresel ısınmanın, gelecekte çok ciddi sonuçlar doğuracağını anlaşılması ve bu ısınmanın büyük ölçüde insanoğlunun kendi faaliyetleri sonucu oluştuğunun anlaşılması üzerine, hükümetler ani önlemler alınması konusunda harekete geçme ihtiyacı hissetmişlerdir. Bu bağlamda, Birleşmiş Milletler himayesi altında uluslararası görüşmeler başlamış ve 1992 Rio Zirvesi'yle önemli bir adım atılmıştır.

Haziran 1992'de Rio de Janeiro'da, bu çabalar sonucu Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda “İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi – United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)” imzaya açılmıştır.

50 ülkenin imzalamasına müteakip, Mart 1994'te yürürlüğe giren Rio Sözleşmesi'nde, “ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluk” ilkesi benimsenerek, ulusal ve bölgesel farklılıklarını hesaba katarak, tüm taraflara insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının azaltılması için ortak yükümlülükler verilmiştir. [26]

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin (İDÇS) iki eki bulunmaktadır. Ek I'de, pazar ekonomisine geçmiş Doğu Avrupa ve Eski Sovyet ülkeleri ile OECD üyesi ülkeler bulunmakta, Ek II'de ise sadece OECD üyesi ülkeler bulunmaktadır. Rio Sözleşmesi'ne göre, Ek I ülkelerinin temel sorumluluğu, küresel ısınmayı önlemek amacıyla, sera gazı emisyonlarını azaltıcı politikalar uygulamak ve 2000 yılına kadar toplam sera gazı emisyonlarını 1990 seviyesine indirmektir. Ek II ülkeleri ise, Ek I'de belirtilen yükümlülüklerle ilave olarak, Ek'ler dışındaki

gelişmekte olan ülkelere, iklim değişikliğinin önlenmesi konusunda maddi ve teknolojik destek sağlamakla yükümlü kılınmışlardır.

UNFCCC tarafından alınan karar gereği, yukarıda belirttiğimiz objektiflerin gerçekleştirilmesi, geliştirilmesi ve gözetilmesi amacıyla, her yıl tüm tarafların söz sahibi olduğu “Taraflar Konferansı – Conference of The Parties (COP)” düzenlenmesi kararlaştırılmıştır. [11]

2.4.1. Kyoto Protokolü

Kyoto Protokolü olarak anılan III. Taraflar Konferansı (COP3), 1997’de Japonya’nın Kyoto şehrinde düzenlenmiş ve daha detaylı bir şekilde iklim değişikliğine yol açan sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik yükümlülükler ve uygulanabilecek mekanizmalar belirtilmiştir.

Kyoto Protokolü’nün en önemli maddesinde, Ek I’e dahil olan ülkelerin sera gazı salımlarını, 2008-2012 yılı bütçe döneminde, 1990 seviyesinin %5 altına indirmeleri öngörülmüştür. Belirtilen bu hedef, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi bağlamında, iklim değişikliğini önlemeye yönelik, atılan ilk esaslı adım olarak görülmektedir. Kyoto Protokolü’ne göre bu hedefe ulaşırken, bazı ülke veya blokların emisyon azaltımı hedefleri farklılık göstermektedir. Örneğin; 1990 yılı emisyon seviyesinin altına indirme bağlamında; Avrupa Birliği ortalama olarak % 8, ABD % 7, Japonya % 6 ve Rusya % 0 hedefleri belirlenmiştir. Türkiye’nin Avrupa Birliği’ne adaylık süreci ile ilgili olarak, AB üye ülkelerinin belirlenen hedefe ulaşırken “Yük Paylaşımı - Burden Sharing” ilkesi gereği bazı üye ülkeler çok fazla emisyon indirimi taahhüdü altına girerken, bazı ülkeler 1990 seviyesinin daha da üstünde sera gazı emisyonu üretebileceklerini de belirtmek gerekir. [6]

Kyoto Protokolü’nde belirlenen bir diğer önemli husus ise, Ek I ülkelerinin sera gazı emisyon oranlarını azaltmak için uygulayacakları ulusal politikalar haricinde, buna ek olarak, “Kyoto Mekanizmaları” olarak bilinen üç mekanizmayı uygulayarak belirlenen hedeflere ulaşabilecekleridir. Diğer ülkelerle ortak hareketi gerektiren bu esneklik mekanizmaları;

- Ortak Yürütme Mekanizması (Joint Implementation): Protokol’de yer alan esneklik mekanizmalarından biri, 6. maddede düzenlenen “Ortak Yürütme” mekanizmasıdır. Bu esneklik mekanizmasına göre, emisyon hedefi belirlemiş bir ülke, emisyon hedefi belirlemiş diğer bir ülkede, emisyon azaltıcı projelere

yatırım yaparsa, emisyon azaltma kredisi (Emission Reduction Unit) kazanır ve kazanılan bu krediler toplam hedeften düşülür. [6]

- Temiz Kalkınma Mekanizması (Clean Development Mechanism): Kyoto Protokolü’nde yer alan bir diğer mekanizma ise, 12. maddede düzenlenen “Temiz Kalkınma Mekanizması”dır. Bu mekanizmada, emisyon hedefi belirlemiş bir ülke, emisyon hedefi belirlememiş az gelişmiş bir ülke ile işbirliğine giderek, o ülkede sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik projeler yaparsa, “Sertifikalandırılmış Emisyon Azaltma Kredisi (Certified Emission Reductions)” kazanır ve toplam hedeften düşülür. [6]
- Emisyon Ticareti (Emission Trading): Kyoto Protokolü’nün 17. maddesinde düzenlenmiş olan “Emisyon Ticareti Mekanizması”, emisyon hedefi belirlemiş ülkelerin, taahhüt ettikleri indirimi tutturmak için, ilave olarak kendi aralarında emisyon ticareti yapabilmelerine imkan tanımaktadır. Söz konusu madde uyarınca, sera gazı emisyonunu belirlenen hedeften daha da fazla miktarda azaltan bir Ek I ülkesi, gerçekleştirmiş olduğu söz konusu bu ek indirimi, başka bir taraf ülkeye satabilmektedir. Son yıllarda ülkelerin CO₂ salımlarına bakıldığında, emisyon ticareti bağlamında, en büyük alıcılar ABD (eğer Kyoto Protokolü’nü imzalarsa), Japonya ve bazı Avrupa Birliği ülkeleri, en önemli satıcılar ise Rusya, Ukrayna, bazı Doğu Avrupa Ülkeleri ve Kazakistan (eğer Kyoto Protokolü’nü imzalarsa) olacaktır. [6]

Emisyon Ticareti Mekanizması sonucu, uluslararası piyasada on milyarlarca dolara ulaşan yeni bir iktisadi araç ortaya çıkacaktır. Bu tutar, ABD’nin Kyoto Protokolü’ne imza atıp atmamasına göre büyük değişiklik arz etmektedir. ABD’nin Kyoto Protokolü’ne dahil olması durumunda ton başına emisyon ticaretinin 100 dolar ve üzeri olabileceği, dışında bulunması halinde ise ton başına 0-10 dolar arasında gerçekleşeceği tahmin edilmektedir. [11]

2.4.2. Diğer “Taraflar Protokolleri”

Kyoto Protokolü’nün uluslararası geçerlilik kazanması için, 1990 yılındaki toplam CO₂ emisyonunun en az % 55’inden sorumlu ve Ek I’deki ülkelerin de içinde bulunduğu, en az 55 ülkenin imzalaması şartı öngörülmüştür. 1997 Kyoto Protokolü sonrası toplanan yıllık Taraflar Konferansı’nın temel hedefi, protokolün hayata geçirilmesi için uygulanacak politikaların ve anlaşmazlığa yol açan noktaların

giderilmesine yönelik atılacak adımların belirlenmesi yönünde olmuştur. Bu bağlamda, 1998 yılında, Bounes Aires’de yapılan Taraflar Konferansı’nda (COP4), protokolün iki yıl sonra (COP6) yürürlüğe girmesi amacıyla alınacak tedbirlerin belirlenmesi için katılımcılar “Bounes Aires Hareket Planı” üzerinde anlaşmaya varmışlardır. Ne yazık ki, Kasım 2000’de Lahey’de toplanan VI. Taraflar Konferansı (COP6), özellikle ABD ve Avrupa Birliği arasında büyük tartışmalara neden olmuş ve bir konsensüs sağlanamadan başarısızlıkla sona ermiştir. Görüş ayrılığının temel nedeni, ABD’nin yukarıda belirttiğimiz esneklik mekanizmalarını (özellikle Emisyon Ticareti Mekanizması) sınırsız kullanabilme isteğine karşın, Avrupa Birliği emisyon oranlarını azaltırken bu mekanizmaların ek olarak kullanılması gerektiğini, asıl yapılması gerekenin yerel eylem planları ile ülke içinde azaltmaya gidilmesi esasına dayanmaktadır. Esasen, dünya nüfusunun % 4’ünü oluşturmaya karşın, global sera gazı emisyonunun %25’inden sorumlu olan ABD’nin, hızlı ekonomik büyümesi sonucu ilk yükümlülük dönemi (2008-2012) için % 35 oranında bir indirim yapması beklenmektedir. Buna karşın ABD, büyümesinden ya da uyguladığı politikalarda önemli bir değişikliğe gitmeden, esneklik mekanizmaları ve karbon yutakları yolu ile yükümlülüğünü yerine getirmek istemektedir.

COP6’da bir mutabakata varılamadığı için, bunun devamı sayılacak ve COP6.5 olarak adlandırılan yeni bir konferansın Bonn’da toplanmasına karar verilmiştir. Maalesef COP6.5’den önce, ABD başkanı George W. Bush, Çin ve Hindistan gibi gelişmekte olan ülkelerin iklim değişikliği ile mücadelede bir yükümlülük almadığını ve protokolün yükümlülüğü sadece gelişmiş ülkelere verdiği gerekçesiyle, Mart 2001’de Kyoto Protokolü’nden çekilme kararı almıştır.

ABD’nin Kyoto Protokolü’nden çekilmesine rağmen, Temmuz 2001’de, Bonn’da toplanan Taraflar Konferansı, Bounes Aires Eylem Planı Kararları’nı sonuçlandırma konusunda anlaşmaya varmışlardır. Bir sonraki Taraflar Konferansı olan Kasım 2001 Marakeş toplantısında (COP7) çok önemli bir adım atılmış ve Kyoto Protokolü’nün ne şekilde uygulanacağına ve sorunlu konulara yönelik maddeler üzerinde anlaşmaya varılmıştır. Marakeş Sözleşmesi olarak da bilinen bu konferansta, gelişmekte olan ülkelere yönelik uygulanacak politikalar, söz konusu ülkelerin de katılımı ile daha somut bir hale getirilmiştir. Bunun yanında, Kyoto Mekanizmalarının ne şekilde uygulanacağı yönünde de detaya gidilmiş ve bazı yumuşatıcı kararlar alınmıştır. [11]

Kyoto Protokolü'nün yürürlüğe girmesi için, 1990 yılındaki toplam CO₂ emisyonunun en az %55'inden sorumlu ve Ek I ülkelerinin de bulunduğu en az 55 ülkenin imzalaması şartı bulunmaktadır. İnsan kaynaklı sera gazı emisyonlarının iklim sistemi üzerindeki olumsuz etkisini önlemek ve bu emisyonları belirli bir seviyede durdurmak amacıyla 1992 yılında kabul edilen ve 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe giren İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesine bugüne kadar 189 ülke ile Avrupa Birliği taraf olmuştur. [11]

2.4.3. Türkiye'nin Attığı Profesyonel Adımlar

Birleşmiş Milletler Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli, iklim değişikliğine yönelik hükümetlerin politikalar belirleyerek önlem alması için "İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi" taslağını hazırlamış ve 1992 yılında Rio de Janeiro'da yapılan BM Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda imzaya sunulmuştur. Türkiye OECD üyesi olduğu için hem sera gazı salımlarını azaltmada birinci derecede sorumlu olacak Ek I ülkeleri grubuna, hem de az gelişmiş ülkelerin salımlarının azaltılması için finansal ve teknik destek sağlayacak Ek II ülkeleri grubuna dahil edilmiştir. Bunun üzerine Türkiye, ilkesel bazda sıcak baktığı halde, bu koşullar altında yükümlülüklerini yerine getiremeyeceği gerekçesiyle, İDÇS'yi 1992 Rio Konferansı'nda imzalamamış ve sonrasında da taraf olmamıştır.

Bunun devamında, 1997 Kyoto Konferansı'nda Türkiye'nin iki ekten de çıkartılması için verilen önergeler kabul edilmediğinden, Kyoto Protokolü'ne de taraf olmamıştır. Türkiye'nin İDÇS karşısındaki tutumu, Rio'dan Kyoto'ya kadarki dönem olan 1992-1997 ile 1997 sonrası dönemleri için önemli farklılıklar arz etmektedir. Üçüncü Taraflar Konferansı olan Kyoto'ya kadar, Türkiye'nin genel tutumu, her iki ekten de çıkartılması ve/veya ülkenin özel şartlarını hesaba katarak kolaylıklar sağlanırsa İDÇS'ye taraf olunması yönündedir. 1997 yılı sonrasında ise, İDÇS sürecine dahil olmanın somut yollarını araştıran daha ılımlı bir yaklaşım içinde olmuştur. Bu bağlamda, Kasım 2000'deki Lahey Konferansı'nda (COP6), Türkiye Ek II'den çıkarılması kaydı ve eski sosyalist ülkelere sağlanan kolaylıklardan faydalandırılması durumunda, Ek I ülkesi olarak İDÇS'ye taraf olabileceğini belirtmiştir. Lahey Konferansı'nda alınan karara bağlı olarak, 7. Taraflar Konferansı olan Marakeş Konferansı'nda Türkiye'nin Ek II'den çıkartılması kabul edilmiştir. [11] Tablo 2.1 1992 İktisadi İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı - Organisation for Economic

Co-operation and Development (OECD) ve Avrupa Birliği Ülkelerinin oluşturduğu Ek-II Ülkelerini göstermektedir. [18]

Tablo 2.1: Ek-II Ülkeleri [18]

ABD	Finlandiya	İsveç	Lüksembourg
Almanya	Fransa	İsviçre	Norveç
Avustralya	Hollanda	İtalya	Portekiz
Avusturya	İngiltere	İzlanda	Yeni Zelanda
Belçika	İrlanda	Japonya	Yunanistan
Danimarka	İspanya	Kanada	AB Ülkeleri

Tablo 2.2 ise Pazar Ekonomisine Geçiş Sürecindeki Ülkeleri göstermektedir ki bu iki tabloyu oluşturan ülkelerin tümü Ek-I ülkeleri olarak anılmaktadır. Türkiye bu iki tabloya da yer almamasına karşın Ek-I ülkeleri arasında yer almaktadır.

Tablo 2.2: Pazar Ekonomisine Geçiş Sürecindeki Ülkeler [18]

Estonya	Rusya Fed.	Hırvatistan
Slovakya	Litvanya	Ukrayna
Macaristan	Letonya	Polonya
Slovenya	Romanya	Bulgaristan
Belarus	Çek Cumh.	

Son olarak Türkiye'nin Sözleşmeye taraf oluşu ile birlikte her yıl sunmakla yükümlü olduğu Sera Gazı Emisyon Ulusal Envanteri, resmi olarak ilk defa 15 Nisan 2006 tarihi itibari ile UNFCCC sekreteryasına sunulmuştur. Her yıl 15 Nisan itibariyle tüm taraf ülkelerin de sunduğu ulusal envanter, ilk defa kapsamlı ve resmi olarak ilgili kuruluşlarca Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) koordinatörlüğünde tamamlanıp Çevre ve Orman Bakanlığınca UNFCCC'ye iletildi. Bu envanter gerek içeriği, gerek çalışmanın kalitesi, gerekse belirsizlik analizlerini de içeren ayrıntılı

hesaplamalarıyla daha önce birçok sefer bu envanteri hazırlayan ülkelere de örnek teşkil edecek şekilde hazırlanmıştır.

2.5. Sera Gazları ve Türkiye'nin Enerji Kaynaklı Salımları

Küresel ısınmaya yol açan sera gazları; esas olarak, fosil yakıtların yakılması (enerji ve çevrim), sanayi (enerji ilişkili ve kimyasal süreçler, çimento üretimi, vb. gibi enerji dışı), ulaştırma (kara ve hava taşıtları, deniz taşımacılığı, vb. gibi), arazi kullanımı değişikliği, katı atık yönetimi ve tarımsal (enerji ilişkili ve arazi yakma, çeltik ekimi, hayvancılık, gübreleme gibi enerji dışı) etkinliklerden kaynaklanmaktadır. Geçen 150 yıl içinde, fosil yakıt kullanımı ve çimento üretiminden 265 milyar ton (Gt), arazi kullanım değişikliğinden 124 Gt olmak üzere toplam 389 Gt karbon atmosfere salınmıştır. Bunun 214 Gt'ü karasal ekosistemler ve okyanuslar tarafından geri alınmış, atmosferde 175 Gt karbon fazlalığı oluşmuştur. Her yıl insan kaynaklı net 3,2 milyar ton karbon atmosfere katılmaktadır. Bunda en büyük pay, enerji üretimi için fosil yakıt kullanımı ve sanayi üretimine aittir. [5]

Tablo 2.3 çeşitli ekosistem ve sektörleri ve neden oldukları karbon salımlarını, bunun sonucu olarak da yıllık atmosferde biriken karbon miktarını göstermektedir.

Tablo 2.3: Ekosistemlere ve Sektörlere Göre Küresel Karbon Dengesi (Gt) [5]

Ekosistem ve sektör	Atmosfere / atmosferden (Yıllık)	
	Salım	Alım
Karasal ekosistemler (bitki örtüsü, toprak, çürüntü materyali, bataklıklar, sulak alanlar, meralar, tarım alanları)	60,0	61,4
Arazi kullanım değişikliği (ormansızlaşma, tarım turizm, yerleşim vb.)	1,6	0,5
Okyanuslar	90,0	92,0
Fosil yakıt yakılması ve çimento üretimi (enerji, sanayi, ulaştırma, inşaat)	5,5	0,0
Toplam	157,1	153,9
Fark (atmosferde kalan net insan kaynaklı karbon tutarı)	3,2	

Fosil yakıtların yakılması, ormansızlaşma, arazi kullanımı değişiklikleri, tarımsal etkinlikler ve sanayi süreçleri ile atmosfere salınan sera gazlarının atmosferdeki

birikimleri, sanayi devriminden beri hızla artmaktadır. Bu ise, atmosferin doğal sera etkisini kuvvetlendirerek, şehirleşmenin de katkısı ile, dünyanın yüzey sıcaklıklarının artmasına neden olmaktadır.

Bu çalışma çerçevesinde Türkiye'nin özellikle enerji sektöründen ve bu sektör içerisinde de özellikle ulaştırmadan kaynaklanan sera gazı emisyonları incelenecek ve bu emisyonların miktarını azaltacak projelerin etkileri irdelenecektir.

Enerji kaynaklı sera gazı salımları, karbon kökenli yakıt tüketiminden ve uçuculardan kaynaklanmaktadır. Türkiye, yakıt tüketiminden kaynaklanan salımlar açısından, gelişmekte olan ülkeler arasında ayrı bir yere sahiptir. Türkiye'nin toplam CO₂ salımlarında en büyük pay, gelişmekte olan ülkelerin tersine kömürden değil petrolün yakılmasından gelmektedir. Üstelik, 1990-2020 döneminde petrolün payı, %48'den % 58'e yükselecektir. Bu dönemde en belirgin düşüş, kömürde gözlenecek ve kömürün toplamdaki payı % 46'dan % 27'ye düşecektir. Bu süreçte önemli etmenlerden biri, Türkiye'nin, konutların ısıtılmasında ve özellikle elektrik üretiminde büyük ölçüde doğal gaza ağırlık verecek oluşudur. Gerçekte, görece olarak çevre dostu doğal gaz kullanımına geçiş hedefi, Türkiye'yi, hem Hazar'dan gelecek doğal gaz için iyi bir pazar yapacak, hem de küresel salımlardaki artış ile bölgesel ve yerel hava kirliliğine kömür yakılmasının yaptığı önemli katkının azaltılması açısından, olumlu politikalar uygulayan ve önlemler alan bir ülke konumuna getirecektir. Ancak, bu noktada, Türkiye'nin bu kez giderek doğal gaz konusunda dışa bağımlı olmaya başladığını göz ardı etmemek gerekiyor. Petrolün payının yükselişi, özellikle sanayi ve ulaştırma sektörlerinin petrole dayalı sürdürülebilir olmayan bir enerji tüketim yapısına sahip olmasının sonucudur. İleride KP ya da olası bir “gönüllü yükümlülük” düzenlemesi kapsamında, Türkiye ile aynı grupta yer alabilecek olan Kore Cumhuriyeti'nin durumu da Türkiye'ye benzemektedir. Bu ülkenin toplam CO₂ salımlarında petrolün payı sürekli artarak, 2020'de dünyada rekor sayılabilecek bir seviye olan % 67'ye ulaşacaktır. 1990-2020 döneminde kömürün payı % 35'den % 23'e gerilerken, sıvılaştırılmış biçimde alınan ve boru hattı ile taşınandan daha pahalı doğal gazın payı ise % 3'den % 10'a çıkacaktır. [5]

Tablo 2.4 1990-2020 döneminde dünya enerji ilişkili CO₂ salımlarındaki yakıt paylarını gelişmiş ülkeler (GÜ) ve gelişme yolundaki ülkelere (GYÜ) birkaç örnek göstererek incelemektedir.

Tablo 2.4: 1990-2020 döneminde dünya enerji ilişkili CO₂ salımlarında yakıt payları (%) [5]

	1990			2010			2020		
	Petrol	Kömür	Gaz	Petrol	Kömür	Gaz	Petrol	Kömür	Gaz
GÜ'ler	50	33	17	48	28	24	47	26	27
ABD	44	36	20	42	35	23	42	34	24
Batı Avrupa	51	34	15	53	18	29	51	15	34
Japonya	65	24	11	57	27	16	56	25	19
GYÜ'ler	41	50	9	37	48	15	35	46	19
ÇHC	16	83	1	15	81	4	14	79	7
Hindistan	29	66	5	28	60	12	29	54	17
Kore Cumhuriyeti	62	35	3	65	27	8	67	23	10
Türkiye	48	46	6	55	32	13	58	27	15
Öteki Ülkeler*	31	41	28	25	30	45	25	22	53
DÜNYA	43	40	17	40	37	23	39	36	25

* Eski SSCB ve Doğu Avrupa Ülkeleri.

Türkiye'nin yakıt tüketiminden kaynaklanan salımlarının hesaplanmasında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nca (ETKB) hazırlanan enerji denge tabloları kullanılmıştır. Tablo 2.6 yakıt cinsine göre birincil enerji tüketimi ve istemi milyon ton eşdeğer petrol (MTEP) cinsinden göstermektedir. [5]

Tablo 2.5: Yakıt Cinsine Göre Birincil Enerji Tüketimi ve İstemi [5]

Yakıt Cinsleri	MTEP									
	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1998	2000	2005	2010
Toplam birincil enerji arzı	19,38	26,79	31,30	38,22	52,07	61,62	69,28	91,25	128,74	176,93
Katı yakıtlar										
Taşkömürü	2,88	3,03	2,82	3,78	6,15	5,91	7,39	11,67	15,60	33,28
Linyit	1,73	2,69	3,97	7,93	9,77	10,57	12,28	13,01	15,66	23,16
Asfaltit	0,02	0,20	0,24	0,23	0,12	0,03	0,01	0,04	0,04	0,04
Petrokok	0,90	-	-	-	0,27	0,74	0,83	-	-	-
Petrol										
Petrol ¹	7,61	13,57	15,47	17,24	22,69	27,89	28,71	36,41	40,87	48,23
Doğalgaz	-	-	0,02	0,06	3,12	6,22	9,17	18,59	41,88	48,92
Diğer										
Nükleer	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,66
Yenilenebilir ²	6,23	7,29	8,66	8,80	10,01	10,32	10,70	11,53	14,69	19,64
Ticaret	-	0,01	0,12	0,18	-0,06	-0,06	0,19	-	-	-

¹ Enerji dışı kullanım (parafin, beyaz ispirto, yağ, bitüm gibi petrol ürünleri) hariç;

² Odun, canlıkütle, hidrolik, jeotermal, güneş ve rüzgarı içerir.

2.5.1. Karbondioksit (CO₂) Salımları

Sera gazları içerisinde en bol miktarda bulunanı okyanuslar, denizler, göller ve akarsulardan buharlaşma yoluyla atmosfere karışan su buharıdır. Karbon dioksit (CO₂) ise ikinci en fazla bulunan sera gazıdır. Organik maddenin çürümesi, hayvan ve insanların solunumu, yanardağ patlamaları gibi birçok doğal olaylar sonucu

atmosfere dahil olmaktadır. Ayrıca, insanlar fosil yakıtlar, katı atıklar, ağaç ve ağaç ürünleri yakmak suretiyle evlerini ısıtmak, motorlu taşıtlar kullanmak ve elektrik üretmek amaçlarıyla atmosfere dahil olan karbon dioksit miktarını arttırmışlardır. 18'nci yüzyılın ortalarındaki Sanayi Devrimi'nden bu yana atmosferdeki miktarı 281 ppm'den 368 ppm'e ulaşarak %31'lik bir artış göstermiştir. [2]

Yakıt tüketiminden kaynaklanan karbondioksit (CO₂) salımları incelendiğinde, 1970 yılında 41.581 bin ton (Gg) olan CO₂ salımlarını, 1990 yılında 142.727 Gg'a ve 1998 yılında da 198.744 Gg'a ulaştığı anlaşılmaktadır. 2000 ve 2004 yıllarındaki CO₂ salımları incelendiğinde de sırasıyla 216.196 ve 249.542 Gg değerleri bulunmuştur. Enerji denge çizelgelerinde verilen projeksiyon verileri kullanıldığında, CO₂ salımlarının 2010 yılında 272.533 Gg'a ulaşacağı ortaya çıkmaktadır. Öngörülen yakıt tüketimi tutarları gerçekleşirse, 1990 yılına göre 2000 yılında % 51 olarak gerçekleşen artış, 2010 yılında % 90 oranına ulaşacaktır.

Yıllara göre sektörlerin yakıt tüketiminden kaynaklanan toplam salıma katkı payları incelendiğinde, 1970 yılında toplam CO₂ salımlarının %28'si enerji ve çevrim, %26'sı sanayi, % 24'ü ulaştırma ve % 22'si diğer sektörlerden (konut, hizmet, ticaret, tarım, vb.) kaynaklanırken, bu oranlar 1990 yılında % 36 enerji ve çevrim, %26 sanayi, % 19 ulaştırma ve % 19 diğer sektörler olarak gerçekleşmiştir. 2004 yılında %34 olarak gerçekleşen enerji ve çevrim sektörünün yanında, sanayi sektörü %31, ulaştırma %18 ve diğer sektörler de % 17 olarak yer almaktadır. 2010 yılında ise, enerji ve çevrim sektörünün payının artarak % 46'ya ulaşması beklenmektedir. 2010 yılında, sanayi, ulaştırma ve diğer sektörlerin beklenen payları ise sırasıyla, %27, %16 ve %11'dir. [5]

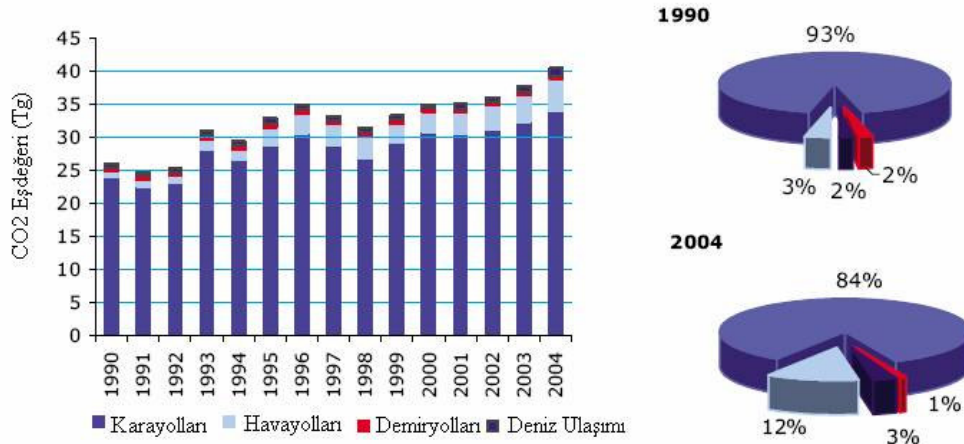
Bu değerlendirmelere göre, gelecek yıllarda en önemli salım kaynağının enerji ve çevrim sektörü olacağı ve 2010'larda toplam salımın yaklaşık yarısının bu sektörden kaynaklanacağı öngörülmektedir. Tablo 2.6 sektörlere göre yakıt tüketiminden kaynaklanan CO₂ salımlarını göstermektedir.

Tablo 2.6: Sektörlere Göre Yakıt Tüketiminden Kaynaklanan CO₂ Salımları [5]

Sektörler	CO ₂ Salımları (Gg)									
	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1998	2000	2004	2010
Enerji ve Çevrim	11560	16496	20437	33279	51094	61271	75832	82491	95214	103987
Sanayi	10628	17673	20864	24573	37385	41560	57530	62582	72234	78890
Ulaştırma	10116	15967	16025	18885	26443	33665	32274	35108	40523	44257
Diğer	9277	15072	18361	24530	27805	32686	33108	36015	41570	45400
Toplam	41581	65208	75687	101267	142727	169182	198744	216196	249542	272533

1990-2004 yılları arasında ulaşım sektöründen kaynaklanan arazi kullanımı değişiklikleri haricindeki toplam CO₂ emisyonları ise 55,8%'lik bir artışla 26 Tg'dan 40,5 Tg'a ulaşmıştır. Bu ulaşım sektöründeki CO₂ emisyonları açısından 1990 yılında kişi başına 0,46 tondan 2004 yılında 0,56 tona karşılık gelmektedir. Bunun yanı sıra ulaşım sektöründeki CO₂ emisyonları 1990 yılında 0,17 kg CO₂/\$'dan 2004 yılında 0,14 kg CO₂/\$'a gerilemiş ve toplam CO₂ emisyonlarındaki payı da 15%'ten 12%'ye düşmüştür. Bu düşüş ulaştırma sektöründe daha verimli enerji tüketimine karşı bir eğilimin oluşmaya başladığını göstermektedir. Bu verimliliğin altında yatan nedenler düşük karbon içerikli alternatif yakıtların kullanımı ve dizel veya LPG'li yolcu taşıtlarının sayısındaki artış ile açıklanabilir. Gidilen mesafe başına salınan CO₂ miktarının benzinli taşıtlara göre daha düşük olduğu dizel araçlarının kullanımı her geçen gün yaygınlaşmaktadır. [13]

2004'te kara ulaşımından kaynaklanan CO₂ emisyonlarının toplam CO₂ emisyonlarına oranı 84%'tür. Bu oranı 12% ile sivil havacılık, 3% ile deniz ulaşımı ve 1% ile demiryolu ulaşımı izlemektedir. Kara ulaşımında son teknoloji ürünü motorlar ve alternatif yakıt kaynakları araçların km başına harcadıkları emisyon miktarını azaltmıştır. 1990 – 2004 yılları arasında taşıt – km başına harcanan emisyon miktarı 8,7% azalmıştır. Bunun yanı sıra 2003 ve 2004 yıllarında tüketiciye sağlanan vergi avantajı sayesinde 320.000 eski taşıtın trafikten çekilmesi CO₂ emisyonlarında 4,9%'luk azalma sağlamıştır. Şekil 2.3 Türkiye'de 1990 – 2004 yılları arasında ulaştırma sektöründen kaynaklanan CO₂ emisyonunu göstermektedir. Ayrıca ulaşım sektörünü oluşturan dört ana maddenin paylarının 1990 ve 2004 senelerinde oranlarının ne şekilde değişime uğradığı da aynı grafikte incelenebilmektedir. [13]



Şekil 2.3: Ulaşım Sektöründen Kaynaklanan CO₂ Emisyonları [13]

2.5.2. Metan (CH₄) Salımları

Metan (CH₄), atmosfer içerisinde daha etkili yalıtkanlık yaratan bir gazdır. Aynı miktardaki karbon dioksit oranla en az 20 kat daha fazla ısıyı tutabilmektedir. Kömür, doğal gaz ve petrolün üretim ve taşınması esnasında atmosfere dahil olmaktadır. Metan, büyükbaş hayvanlar başta olmak üzere kimi hayvanların sindirim yan ürünü olarak ortaya çıkmasının yanında atık alanlarındaki organik maddelerin bozulmasından da meydana gelmektedir. Sanayi Devrimi'nden bu yana atmosferdeki metan miktarı iki kattan daha fazla artmıştır. [2]

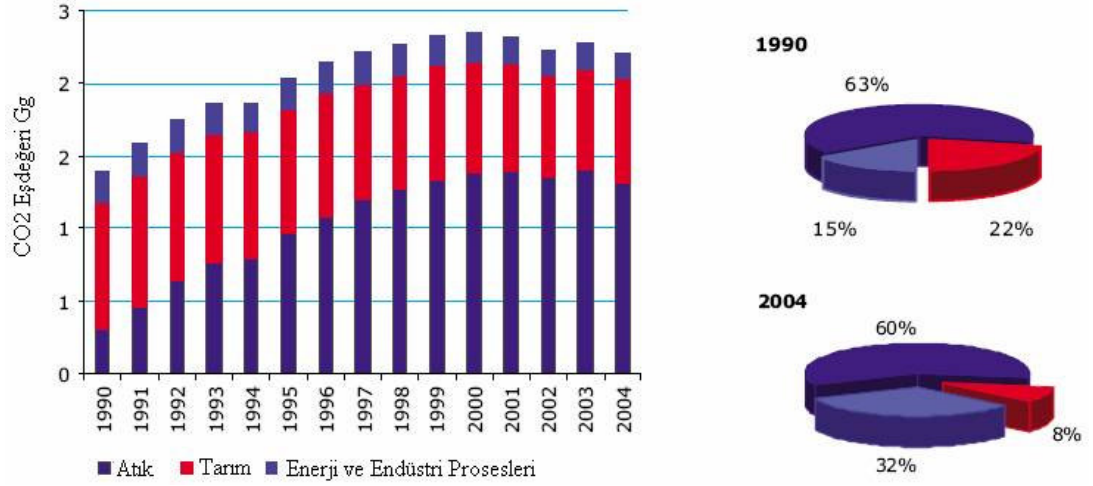
Yakıt tüketiminden kaynaklanan metan (CH₄) salımları, yaklaşık olarak 1970 yılında 93 Gg, 1990'da 150 Gg ve 1998'de 130 Gg olarak gerçekleşirken, bu değer 2000'de 171 Gg olarak ölçülmüştür. 2010 yılında ise 174 Gg'a ulaşması beklenmektedir. [5]

Tablo 2.7 sektörler göre yakıt tüketiminden kaynaklanan CH₄ emisyonlarını göstermektedir.

Tablo 2.7: Sektörlere Göre Yakıt Tüketiminden Kaynaklanan CH₄ Salımları [5]

Sektörler	CH ₄ Salımları (Gg)									
	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1998	2000	2005	2010
Çevrim ve enerji	0,15	0,30	0,35	0,48	0,67	0,85	1,06	1,40	2,22	2,95
Sanayi	1,04	1,45	1,80	2,37	3,52	3,79	5,19	5,62	8,16	13,77
Ulaştırma	1,37	2,27	2,20	2,28	3,58	4,79	4,90	14,69	17,51	21,93
Diğer	90,10	106,22	123,78	140,87	141,91	126,25	119,02	149,35	140,59	135,07
TOPLAM	92,66	110,25	128,13	146,01	149,67	135,68	130,17	171,06	168,48	173,71

CH₄ salımlarında diğer sektörler (atıklar, konut, hizmet, ticaret ve tarım vb.) en büyük paya sahiptir. 1990 ile 2004 yılları arasında 29,2 Tg'dan 46,3 Tg CO₂ eşdeğerine ulaşarak % 58,5 gibi bir artış gösteren katı atık üretimi bu emisyon türündeki en büyük paya sahiptir. Şekil 2.4 tüm sektörler tarafından salınan toplam CH₄ emisyonu miktarının 1990 – 2004 yılları arasındaki değişimini ve farklı sektörlerin 1990 ve 2004 yıllarında toplam CH₄ emisyonunda sahip oldukları payları karşılaştırmalı olarak göstermektedir. [13]



Şekil 2.4: Tüm Sektörlerden Kaynaklanan CH₄ Emisyonları [13]

Metan salım tutarları değerlendirilirken, “Küresel Isınma”ya yaptığı katkısı göz önünde bulundurulmalıdır. 100 yıllık dönem için 1 ton CH₄ salımının CO₂ eşdeğeri ya da başka bir deyişle küresel ısınma potansiyeli karşılığı 21 tondur.

2.5.3. Diazotmonoksit (N₂O) Salımları

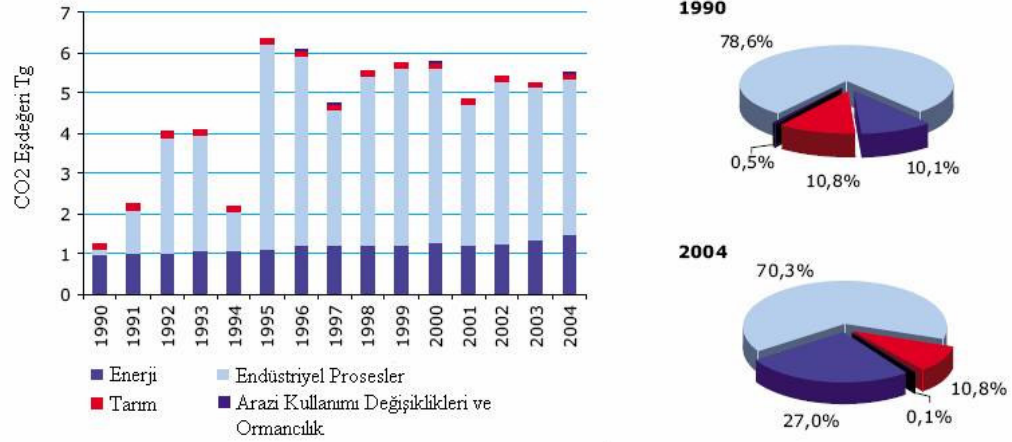
Diazot monoksit (N₂O), esas olarak tarım topraklarının işlenmesi ve fosil yakıtların yakılması sonucu ortaya çıkmaktadır. Çok güçlü yalıtıcılık özelliği olan bir gazdır. Aynı miktardaki karbon dioksitin tuttuğundan yaklaşık 300 kat fazla ısı tutma özelliğine sahiptir. Atmosferdeki miktarı, sanayileşme öncesindeki düzeyle kıyaslandığında %17’lik bir artış göstermiştir. [2]

Yakıt tüketiminden kaynaklanan diazotmonoksit (N₂O) salımları, 1970 yılında 1,45 Gg, 1990’da 2,79 Gg ve 1998’de 3,24 Gg olarak gerçekleşmiş, bu değer 2000’de 3,69 Gg’a ulaşmıştır. 2010’da ise bu değer 6,07 Gg’a ulaşması beklenmektedir. Tablo 2.8 sektörlere göre yakıt tüketiminden kaynaklanan N₂O salımlarını göstermektedir. [5]

Tablo 2.8: Sektörlere Göre Yakıt Tüketiminden Kaynaklanan N₂O Salımları [5]

Sektörler	N ₂ O Salımları (Gg)									
	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1998	2000	2005	2010
Çevrim ve enerji	0,08	0,13	0,15	0,29	0,39	0,53	0,69	0,76	1,05	1,85
Sanayi	0,16	0,23	0,29	0,37	0,52	0,53	0,76	0,76	1,01	1,75
Ulaştırma	0,10	0,15	0,14	0,17	0,24	0,33	0,32	0,54	0,66	0,83
Diğer	1,11	1,30	1,49	1,59	1,64	1,51	1,47	1,62	1,62	1,63
TOPLAM	1,45	1,82	2,08	2,42	2,79	2,91	3,24	3,69	4,34	6,07

N₂O salımlarında 1990 - 2004 yıllarını incelediğimizde en büyük payı tarım sektörünün ve kimya endüstrisinin özellikle de nitrik asit (HNO₃) üretiminin oluşturduğu gözlemlenmiştir. Öyle ki bu yıllar arasında nitrik asit arzıyla orantılı olarak N₂O salımlarında artış veya azalış görülmüş ve sonuç olarak da Şekil 2.5'te de gözlemlenebilen durum oluşmuştur. [13]



Şekil 2.5: Tüm Sektörlerden Kaynaklanan N₂O Emisyonları [13]

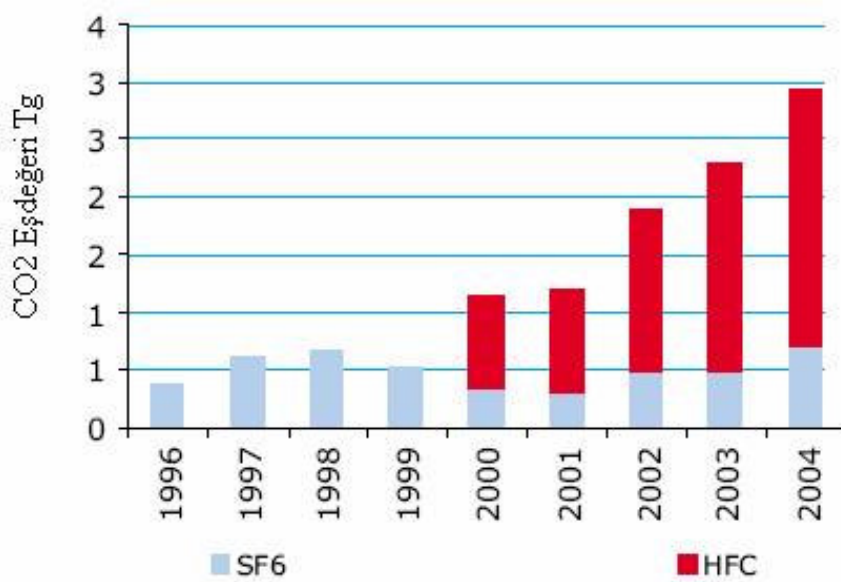
N₂O salım tutarları değerlendirilirken, N₂O'nun da küresel ısınma potansiyeli göz önünde bulundurulmalıdır. 100 yıllık dönem için 1 ton N₂O salımının CO₂ eşdeğeri karşılığı 310 tondur.

2.5.4. F Gazları (Hidroflorokarbonlar (HFC), Kükürt Heksaflorid (SF₆)) Salımları

F gazları modern ve teknolojik bir hayatın devamı için gerekli üretim işlemleri sonucunda da meydana gelmektedir. Örnek olarak alüminyumun eritilmesinden perflorlu bileşikler meydana gelmektedir. Otomobil koltukları, mobilyalar ve yalıtımda kullanılan köpükler de dahil olmak üzere birçok maddenin üretimi

enasasında hidroflorokarbonlar meydana gelmektedir. Kimi gelişmekte olan ülkelerde montajı yapılan buzdolaplarına hâlâ soğutucu gaz olarak kloroflorokarbonlar kullanılmaktadır. [2]

F gazları olarak nitelendirilen hidroflorokarbonlar (HFC) ve kükürt heksaflorid (SF_6) emisyonları 1996 – 2004 yılları arasında 374 Gg'dan 2933 Gg CO_2 eşdeğerine ulaşmıştır. Endüstride kullanılan bu gazlardan kaynaklanan emisyonlar tamamen ihracat miktarına bağlıdır çünkü bu gazların yurtiçi üretimi yoktur. SF_6 emisyonlarının kayıtları 1996 yılından itibaren tutulmaktadır ve elektrikli aletler endüstrisi tarafından salınmaktadır. HFC'lar ise Montreal Protokolü'nde kullanımı yasaklanan kloroflorokarbonların (CFC) yerine 2000 yılından itibaren endüstride kullanılmaya başlanmıştır. Tüm endüstri kolları tarafından üretim amaçlı kullanılan HFC'ların oranı, 2004 yılında F gazları arasında 76%'lık bir değere ulaşmıştır. 2000 – 2004 yılları arasında HFC emisyonlarının değeri 818 Gg'dan 2229 Gg'a ulaşmıştır. Şekil 2.6 1996 – 2004 yılları arasındaki toplam F gazları emisyonlarını göstermektedir. [13]



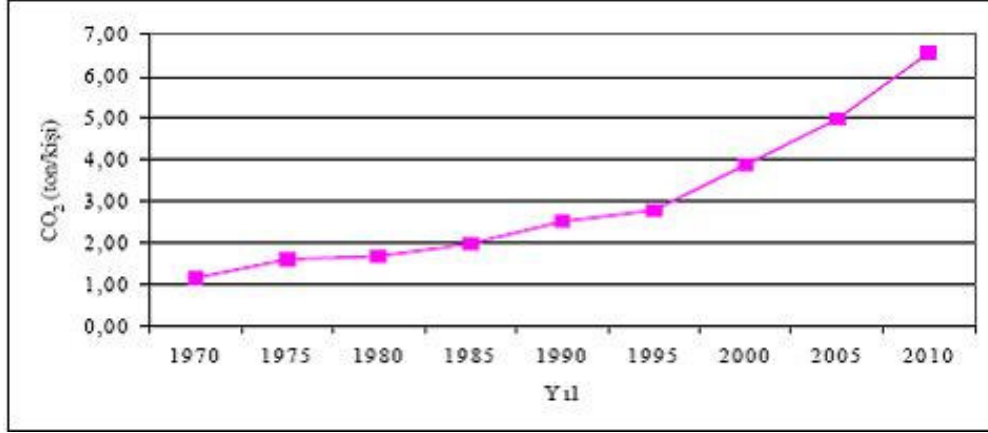
Şekil 2.6: 1996 – 2004 Yılları Arasındaki Toplam F Gazları Emisyonları [13]

2.6. Sera Gazı Salımlarına İlişkin Göstergelerde Beklenen Eğilimler

2.6.1. Kişi Başına CO_2 Salımları

Türkiye'nin kişi başı CO_2 salım değerleri 1970'den 2000 yılına kadar 1 ton CO_2 /kişi'den 3,88 ton CO_2 /kişi'ye çıkmıştır. Bu değer Türkiye'deki kişi başı enerji

tüketiminde öngörülen artışı koşut olarak, 2005’de 4,98’e ve 2010’da 6,56’ya ulaşması beklenmektedir. Kişi başı CO₂ salımlarında 2000’den başlayarak hızlı bir artış eğiliminin gerçekleşeceği öngörülmektedir. [5] Şekil 2.7 Türkiye’de yakıt tüketiminden kaynaklanan kişi başına CO₂ salımlarının 1970-2010 dönemindeki değişimlerini göstermektedir.

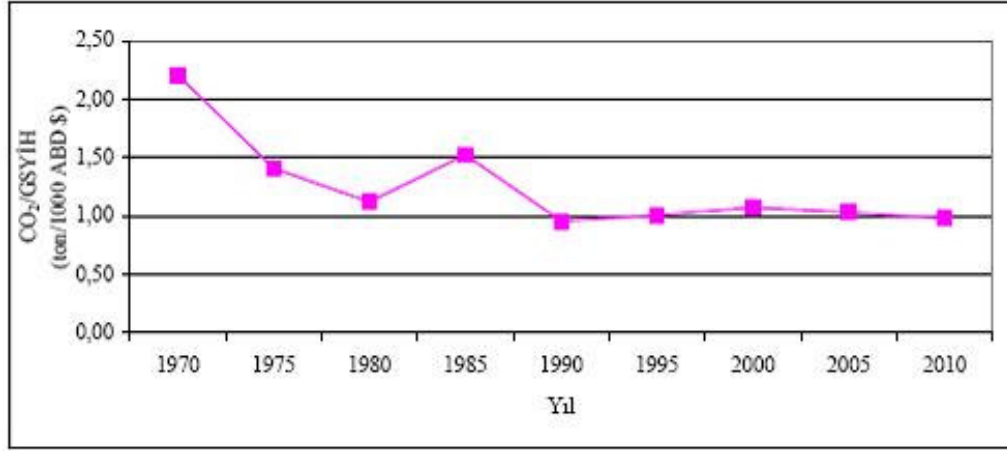


Şekil 2.7: Türkiye’de yakıt tüketiminden kaynaklanan kişi başına CO₂ salımlarının 1970-2010 dönemindeki değişimleri [5]

2.6.2. Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH) Başına CO₂ Salımları

Ekonomik kalkınmaya paralel olarak, Türkiye’de gayri safi yurtiçi hasıla (GSYİH) sürekli bir artış göstermektedir. 1990 yılında 149,2 milyar ABD Doları (1987 yılı fiyatıyla) olan GSYİH, 1997 yılında 188,7 milyar ABD Doları’na ulaşmıştır. 2001 yılında yaşanan ekonomik krizin ardından kısa zaman içerisinde düzelen ekonominin de etkisiyle artan bu değer 2004 yılında 300 milyar ABD Doları’na ulaşmıştır. 2010 yılında GSYİH’nın 496,5 milyar ABD Doları olması beklenmektedir. Öte yandan, hızlı sanayileşmeye bağlı olarak artan enerji gereksiniminin karşılanmasında fosil yakıtların ağırlıklı olarak kullanılması nedeniyle CO₂ salımları da artmaktadır. GSYİH ve CO₂ salım değerlerindeki artış hızına bakıldığında, aralarında çok yakın bir ilişki olduğu söylenebilir. Genel olarak, CO₂ / GSYİH oranı 1,0 Ton/CO₂ /1000 ABD Doları dolayında olup, zaman içinde çok küçük bir değişim göstermektedir. GSYİH değerlerine göre CO₂ salımları incelendiğinde, 1970’de 1 ABD Doları’lık katma değer artışına karşılık 2,25 ton CO₂ salımı gerçekleşirken, 1990’da 0,96 ve 1995’de 1,01 ton olarak gerçekleştiği bulunur. 2000-2010 döneminde 1 ABD Doları katma değer başına yaklaşık 1 ton CO₂ salımı düşeceği öngörülmektedir. [5]

Şekil 2.8 Türkiye’de yaratılan katma değer başına yakıt tüketiminden kaynaklı CO₂ salımlarının 1970-2010 dönemindeki değişimlerini göstermektedir.



Şekil 2.8: Türkiye’de yaratılan katma değer başına yakıt tüketiminden kaynaklı CO₂ salımlarının 1970-2010 dönemindeki değişimleri [5]

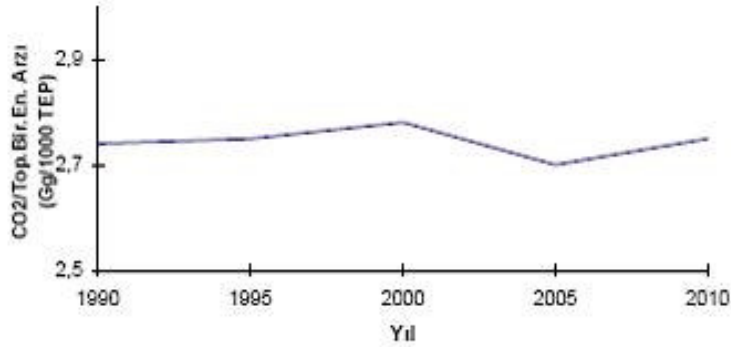
2.6.3. CO₂ / Toplam Birincil Enerji Arzı

Yukarıdaki paragraflarda da görüldüğü gibi, hızlı bir artış gösteren enerji gereksiniminin karşılanmasında fosil yakıtların kullanılmasından dolayı, artan enerji üretimi ve tüketimine bağlı olarak CO₂ salımlarında da artış görülmektedir. Türkiye’nin CO₂ salımlarındaki bu artışın toplam birincil enerji arzındaki artış oranları ile paralellik gösterdiği izlenmektedir. 1990-2000 yılları arasındaki CO₂/toplam birincil enerji arzı değerlerine bakıldığında, bu benzerlik daha iyi anlaşılmaktadır. Tablo 2.9 1990-2010 döneminde CO₂/toplam birincil enerji arzını göstermektedir. [5]

Tablo 2.9: 1990-2010 döneminde CO₂/ toplam birincil enerji arzı [5]

Yıl	CO ₂ / toplam birincil enerji arzı (Gg/1000 TEP)
1990	2,74
1995	2,75
2000	2,78
2005	2,70
2010	2,75

Şekil 2.9 ise CO₂/toplam birincil enerji arzında 1990-2010 dönemindeki değişimleri grafiksel olarak göstermektedir.



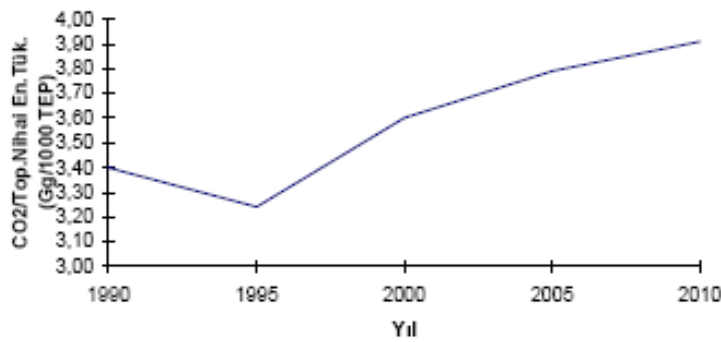
Şekil 2.9: CO₂/toplam birincil enerji arzında 1990-2010 dönemindeki değişimler [5]

2.6.4. CO₂ / Toplam Nihai Enerji Tüketimi

Öte yandan, toplam nihai enerji tüketimi dikkate alındığında, CO₂ salımları ile birincil enerji arzı arasındaki paralellik burada görülmemektedir. Tablo 2.10 ve Şekil 2.10'da da görüleceği üzere, CO₂/toplam nihai enerji tüketiminde, 1995 yılından başlayarak belirgin bir artış eğilimi görülmektedir. 1990 yılında 3,40 Gg/1000 TEP olan CO₂/toplam nihai enerji tüketiminin 2010 yılında 3,91 Gg/1000 TEP düzeyine çıkacağı öngörülmektedir. [5]

Tablo 2.10: 1990-2010 döneminde CO₂ /toplam nihai enerji tüketimi [5]

Yıl	CO ₂ /toplam nihai enerji tüketimi (Gg/1000 TEP)
1990	3,40
1995	3,24
2000	3,60
2005	3,79
2010	3,91



Şekil 2.10: CO₂/toplam nihai enerji tüketiminde 1990-2010 dönemindeki değişimler [5]

2.7. İstanbul’da Ulaştırma Sektörü ve Özellikleri

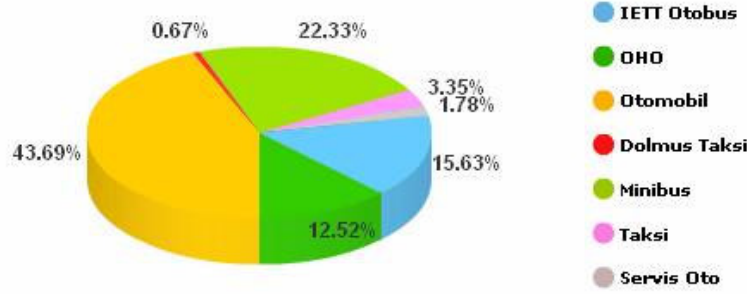
İstanbul’un kent içi ulaşımında karayolu sistemleri, %90,54’lük pay ile büyük bir ağırlığa sahiptir. Kentin üç tarafının denizlerle çevrilmiş olmasına rağmen, kent içi ulaşımındaki deniz ulaşımı sistemlerinin payı (%3,33) oldukça düşüktür. Benzer şekilde, kent içi ulaşımında %6,13’lük paya sahip olan raylı sistemlerin yetersiz kaldığı görülmektedir. Tablo 2.11’de kent içi ulaşım sistemlerinin payları ve kent içi ulaşımındaki bütün türler arasında yolculukların dağılımı görülmektedir. [21]

Tablo 2.11: İstanbul Kent İçi Ulaşımında Yolculukların Türlere Göre Dağılımı [21]

	Taşıma Türü	Araç Sayısı	Günlük Ortalama Taşıma	Türü içerisindeki payı (%)	Genel İçerisindeki Payı(%)
KARAYOLU TAŞIMASI	İETT	2463	1.400.000	14,75	13,35
	ÖHO	2046	1.121.000	11,81	10,69
	Otomobil	1.522.521	3.100.000	32,66	29,57
	Minibüs(Ticari-kayıtlı)	5860	2.000.000	21,07	19,08
	Dolmuş	590	70.000	0,74	0,67
	Taksi(kayıtlı)	17.416	750.000	7,90	7,15
	Servis(kayıtlı)	32.000	1.050.000	11,06	10,02
	Toplam	1.582.896	9.491.000	100,00	90,54
RAYLI TAŞIMA	Banliyö(TCDD)	58	102.888	16,01	0,98
	Metro	32	140.000	21,78	1,34
	Hafif Metro	76	200.000	31,12	1,91
	Tramvay	55	185.000	28,78	1,76
	Nostaljik Tramvay (Tünel-taksim)	2	1550	0,24	0,01
	Nostaljik Tramvay(Kadıköy-moda)	4	1800	0,28	0,02
	Tünel (Finüküler)	2	10.800	1,68	0,10
	Teleferik (Kabin)	4	700	0,11	0,01
	Toplam	233	642.738	100,00	6,13
DENİZ TAŞIMASI	İDO	83	254.307	72,80	2,42
	Deniz Motorları	100	95.000	27,20	0,91
	Toplam	183	349.307	100,00	3,33
GENEL TOPLAM		1.583.312	10.483.045		100,00

2.7.1. Karayolu Ulaşımı

İstanbul’un kentsel ulaşım altyapısı incelendiğinde, karayolu sistemlerinin ağırlıklı olduğu görülebilir. Karayolu türleri arasında yolculukların %43,69’lık bölümü özel araçlarla gerçekleştirilmektedir. Bunu %28,15 ile İETT ve özel halk otobüsleriyle yapılan yolculuklar, %22,33’lük oranla da minibüsler izlemektedir. Şekil 2.11 tüm türlerin karayolu ulaşımı içerisindeki paylarını göstermektedir. Karayolu ulaşımı içerisindeki toplu taşımanın payı %59,5’tur. Kent içi ulaşımın genelindeki toplu taşıma payı ise %70,43’tür. [21]

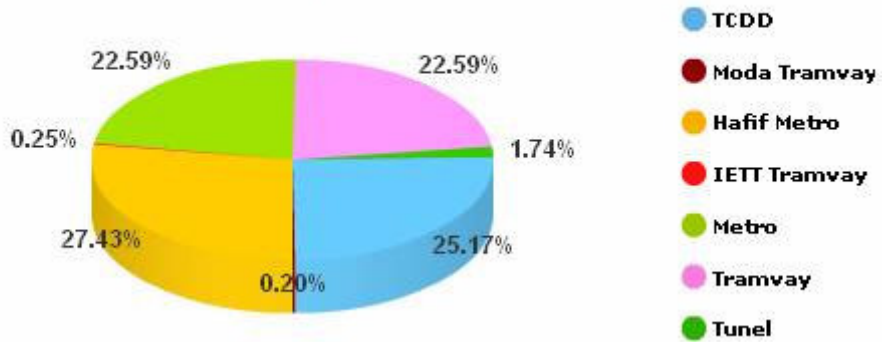


Şekil 2.11: İstanbul Kara Ulaşım Yolculuk Payları [10]

İstanbul kent içi ulaşımında birden fazla kuruluşun söz sahibi olması ve buna bağlı koordinasyon problemleri ile ilgili olarak çalışmalar yapılmakta ve kent içi ulaşımında kombine sistemler giderek yaygınlaştırılmaktadır. İstanbul'da araç sahipliği oranındaki hızlı artış mevcut karayolu sistemlerini kapasite olarak zorlamakta, bu durum yeni karayolu ulaşım yatırımlarına ihtiyacı da beraberinde getirmektedir. Buna karşılık kent parçalı bir topografik yapıya sahiptir. Ayrıca, kentin yoğun yerleşim alanlarında ihtiyaç duyulan karayolu ağı sistemleri yüksek istimlak ve kamulaştırma giderlerini gerekli kılmaktadır. Bu nedenle, son yıllarda kentin engebeli coğrafyasının sağladığı avantajlar değerlendirilerek, karayollarında yaşanan trafik sıkışıklığına rahatlama sağlamak amacıyla karayolu kavsak ve tünel inşaatlarına ağırlık verilmektedir. [21]

2.7.2. Demiryolu Ulaşımı

Raylı sistemlerle yapılan yolculukların %75'ini metro ve tramvay yolculukları oluşturmaktadır. Metro ve tramvay ile yapılan yolculuk sayılarının yıllar itibarı ile giderek artmakta olduğu görülmektedir. [21] Şekil 2.12 tüm türlerin demiryolu ulaşımı içerisindeki paylarını göstermektedir.



Şekil 2.12: İstanbul Raylı Ulaşım Yolculuk Payları [10]

Bu bağlamda son iki yılın tramvay yolcu sayıları incelendiğinde %15’lik bir artış olduğu görülmektedir. Diğer taraftan banliyö hattında yapılan yolculuklarda son yıllarda %50’yi asan bir azalma yaşanmaktadır. [21] Tablo 2.12 ve Tablo 2.13 sırasıyla tramvay ve banliyö hatlarındaki yolcu sayısının yıllara göre değişimini göstermektedir.

Tablo 2.12: Yıllara Göre Tramvay Yolculuk Sayıları [21]

Yıl	Yolculuk Sayısı (yolcu/yıl)
1994	43.365.000
1995	43.306.000
1996	45.216.000
1997	48.286.000
1998	46.789.000
1999	41.602.000
2000	39.637.000
2001	46.982.000
2002	44.891.357
2003	43.767.431
2004	50.548.210
2005	57.567.739

Tablo 2.13: Banliyö Hatlarında Yıllara Göre Günlük Yolcu Sayıları [21]

Yıllar	Haydarpaşa-Gebze	Sirkeci-Halkalı	Toplam
1990	105.000	118.300	223.300
1991	106.000	116.400	222.400
1992	101.000	120.100	221.100
1993	108.700	138.200	246.900
1994	82.900	116.500	199.400
1995	77.900	92.300	171.200
1996	80.900	82.600	163.500
1997	82.300	93.600	175.900
1998	78.900	93.400	172.300
1999	65.800	77.500	143.300
2000	54.600	69.000	123.600
2001	47.100	55.739	102.839
2002	40.948	51.840	92.338
2003	39.877	53.841	93.718
2004	36.206	58.891	95.097
2005	35.812	58.744	94.556

Bunun nedenleri arasında yolculuk konforunun düşmesi, fiyat politikası uygulamalarına bağlı olarak kısa mesafe yolculuklarında minibüsün tercih edilmesi, deniz otobüsü ve metro gibi alternatif taşıma türlerinin revaçta olması sayılabilir. İstanbul’da giderek yaygınlaştırılan raylı sistemlerden Avrupa yakasındaki hafif metro, tramvay ve Taksim – 4.Levent arasındaki metro en yaygın olarak kullanılan türlerdendir.

İstanbul Metropoliten Alanı'nın çok merkezli ve lineer yerleşim yapısı ve bu alanda görülen hızlı gelişme potansiyeli, ulaşım sorunlarının giderilmesinde mevcut raylı sistemlerin geliştirilmesini gerekli kılmaktadır. Raylı sistem hattının 72 km'si eski teknoloji ve verimsiz işletim sistemi ile merkezi yönetime (TCDD) bağlı olarak, 48 km'si modern teknoloji ve prodüktif işletim sistemi ile İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından işletilmektedir. Gelişmiş metropollerdeki raylı sistemlerle kıyaslandığında, toplam 120 km mevcut raylı sistem hat uzunluğunun 300–350 km civarına yükseltilmesi gerektiği görülmektedir. [21]

2.7.3. Denizyolu Ulaşımı

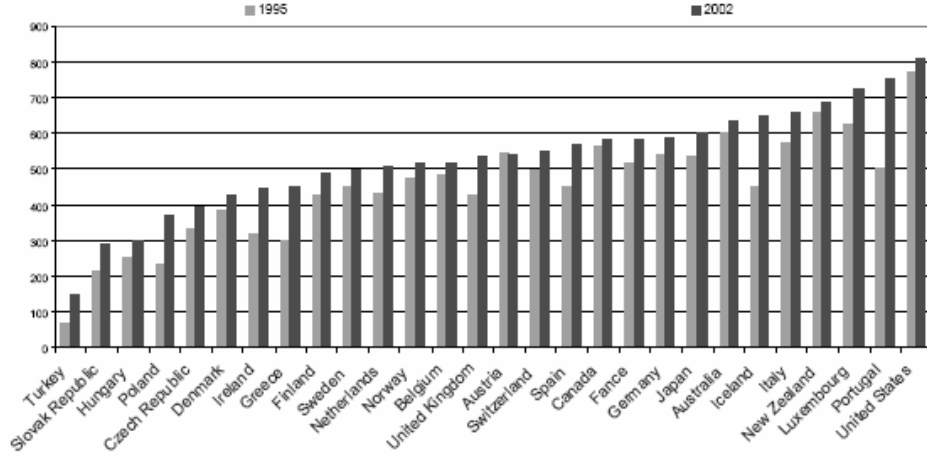
İstanbul'da kent içi deniz ulaşımı 26 Mart 2005 tarihine kadar Türkiye Denizcilik İşletmeleri (TDİ), özel olarak işletilen deniz motorları ve İstanbul Büyükşehir Belediyesince işletilen deniz otobüsleri tarafından sağlanıyordu. Bu tarihten sonra TDİ'nin bu yetkiyi İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne bağlı İDO A.Ş.'ye (İstanbul Deniz Otobüsleri A.Ş.) devretmesiyle birlikte artık kent içi deniz ulaşımı İDO ve özel olarak işletilen deniz motorları tarafından sağlanmaktadır. İstanbul kent içi ulaşımında %3,33'lik paya sahip olan deniz ulaşımı içersindeki İDO toplam olarak 2/3'lük orana sahiptir. 2005 yılı içersinde İDO toplam olarak 4.429.145 araç ve 56.516.921 yolcu taşınması yapmıştır. TDİ'den intikal eden ulaşım imkânlarının daha etkin ve verimli olarak kullanılması suretiyle, hem İDO'nun deniz ulaşımı içersindeki payı hem de deniz ulaşımının kent genel ulaşımı içersindeki payı daha da artacaktır. İstanbul Büyükşehir Belediyesinin hizmet alanındaki deniz ulaşım filosunun güçlendirilmesi ve kapasitesinin artırılması için yeni yatırımlar yapılmaktadır. Ayrıca şehir hatlarında kullanılmakta olan eski vapurların yenilenmesi, iskelelerin rehabilite edilmesi ve sayılarının artırılması doğrultusunda yoğun çalışmalar başlatılmıştır. Bu uygulamalarla deniz ulaşımının kent içi taşımacılıktaki payının artırılması hedeflenmektedir. [21]

3. MARMARAY PROJESİ VE SERA GAZI SALINIMINA OLAN ETKİSİ

3.1. Genel Tanıtım

İstanbul, metropollerin birçoğunda olduğu gibi arazi kullanımı ve ulaşım problemleri yaşamaktadır. İstanbul'da görülen trafik ve ulaşım sorunlarının çözümünde 90'lı yıllara kadar araçların hareketliliğini esas alan projeler geliştirilerek hayata geçirilmiştir. Trafik sıkışıklığının yaşandığı yolların birçoğuna alternatif olarak yeni yollar açılmış, mevcut yollar genişletilmiş ve katlı kavşaklar yapılmıştır. İstanbul'da kara yolu, demir yolu, deniz yolu ile bireysel ve toplu taşımaya ilişkin planlama, yönetim, işletim ve denetim işlevlerini yerine getiren gerek yolcu, gerekse yük taşımacılığı yapan birçok kurum ve kuruluş bulunmaktadır. İstanbul'da ulaşım işlevini yürüten birden fazla kurum ve kuruluşun bulunması, kent içi ulaşımın planlanmasında ve farklı ulaşım alternatiflerinin işletilmesinde güçlüklerle ve organizasyon sorunlarına neden olmaktadır. Ancak, son yıllarda ulaşım türleri arasında entegrasyonu kuvvetlendirecek önemli politikalar izlenmekte, kamu ya da özel kurumlar tarafından işletilen toplu taşıma türleri arasında es güdüm yaygınlaştırılmaktadır.

İstanbul'da kişi başına düşen araç sahipliği oranı her geçen gün artmasına rağmen, bu oran halen gelişmiş ülkelerin standartlarının altındadır. Avrupa şehirlerinde bu oran 1000 kişi için 350–400 otomobil iken günümüzde bu oran İstanbul'da 150'nin üzerindedir. [21] Şekil 3.1 değişik dünya ülkelerinin 1995 ve 2002 yıllarında 1000 kişi başına düşen araç sayısını göstermektedir.



Şekil 3.1: 1995 ve 2002 Yıllarında 1000 Kişi Başına Düşen Araç Sayısının Değişimi

Özel araç sahipliğinin diğer ülkelere kıyasla düşük olması toplu taşıma araçlarına duyulan gereksinimi arttırmaktadır. Bunun sonucu olarak İstanbul kent içi ulaşımındaki toplu taşıma payı gelişmiş metropoller ile karşılaştırıldığında hayli yüksektir. Tablo 3.1 farklı dünya metropollerindeki toplu taşımanın paylarını göstermektedir. Ayrıca İstanbul’da raylı sistemin toplu taşımacılıktaki payının diğer metropollere oranla ne kadar düşük olduğu da belirtilmiştir.

Tablo 3.1: Dünya Metropollerinde Toplu Taşımacılığın Payları [21]

Kentler	Toplu Taşımanın Yolcu-Km Payı (%)	Raylı Sistemin Toplu Taşımadaki Yolcu-Km Payı (%)
New York	10,8	76,0
Paris	30,5	82,8
Londra	29,9	74,2
Toronto	23,6	55,1
Tokyo	63,6	96,1
Sydney	15,8	62,6
Hong Kong	82,3	43,4
Bangkok	33,3	0,4
Manila	66,7	6,2
İstanbul	73,9	5,7

Araç sahiplilik oranının düşüklüğüne bağlı olarak toplu taşımaya duyulan ihtiyacın yüksek olması, geleceğe yönelik toplu ulaşım yatırımlarının gerçekleştirilmesinde ve sürdürülebilir ulaşım politikalarının şekillenmesinde önemli bir faktördür. İstanbul Büyükşehir Belediyesi yatırımlarının %50’den fazlası ulaşımaya yönelik bulunmaktadır.

Ulaşım yatırımlarının büyük bölümü ise raylı sistemlerdeki yeni projeler ve iyileştirmelerden oluşmaktadır.

İstanbul, coğrafi özellikleri ve tabii güzelliklerinin yanında, 2500 yılı asan bilinen geçmişinin tarihî ve kültürel mirasını da barındırmaktadır. Kentin parçalı ve engebeli coğrafi yapısı ulaşım sorunun çözümünde bazı zorluklar oluşturmakla birlikte, birtakım farklı çözüm alternatiflerinin uygulanmasına da imkan sağlamaktadır. Sahip olunan kültürel eserlerin ve tarihî kent dokusunun korunması mecburiyeti, ulaşım sorununun çözümünde birtakım sınırlamalar getirmektedir. Bütün bunlar İstanbul'un ulaşım sorunun çözümünde raylı sistem, özellikle metro uygulamalarının diğer ulaşım türleri ile entegre edilmesinin önemini ve gerekliliğini ortaya koymaktadır. İstanbul ile diğer dünya metropollerinin raylı sistemleri karşılaştırıldığında kentin, mevcut durumdaki raylı sistem altyapısının oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Ayrıca, raylı sistem altyapısının geliştirilmesi kentin yaşam kalitesine önemli katkılar sağlayacaktır. [21]

Bütün bu bilgiler dikkate alınarak projelendirilmiş, İstanbul'un iki yakasını, Avrupa yakasında bulunan Halkalı ve Asya yakasında bulunan Gebze ilçelerini, kesintisiz modern ve yüksek kapasiteli bir banliyö demiryolu sistemi ile bağlayacak olan Marmaray projesi, 76 km uzunluğunda olup İstanbul'da bu ulaşım – raylı sistem entegrasyonunun en önemli parçasıdır. Proje, bu bağlamda temel olarak İstanbul'daki banliyö demiryolu sisteminin iyileştirilmesi ve Demiryolu Boğaz Tüp Geçişi inşasına dayanmaktadır.

İstanbul Boğazının her iki yakasındaki demiryolu hatları, İstanbul Boğazı'nın altından geçecek olan bir demiryolu tünel bağlantısı ile birbirine bağlanacaktır. Hat, Kazlıçeşme'de yeraltına girecek; yeni yeraltı istasyonları olan Yenikapı ve Sirkeci boyunca ilerleyecek, İstanbul Boğazının altından geçecek, ve diğer bir yeni yer altı istasyonu olan Üsküdar'a bağlanacak ve Söğütlüçeşme'de tekrar yüzeye çıkacaktır. [4] Şekil 3.2 Marmaray Projesi kapsamındaki yer altı istasyonlarını göstermektedir.

Proje, şu anda dünyadaki en büyük ulaşım altyapı projelerinden birisidir. İyileştirilmiş ve yeni demiryolu sisteminin tamamı, yaklaşık 76 km uzunluğunda olacaktır. Ana yapılar ve sistemler, batırma tüp tünel, delme tüneller, aç-kapa tüneller, hemzemin yapılar, 3 yeni yeraltı istasyonu, 36 yerüstü istasyonu (yenileme ve iyileştirme), işletim kontrol merkezi, sahalar, atölyeler, bakım tesisleri, yerüstüne

inşa edilecek olan yeni bir üçüncü hat dahil olmak üzere, mevcut hatların iyileştirilmesi, tamamen yeni elektrikli ve mekanik sistemler ve temin edilecek olan modern demiryolu araçlarını kapsayacak olan 4 bölümden oluşacaktır.

- 1) Mühendislik ve Müşavirlik Hizmetleri
- 2) BC1 Demiryolu Boğaz Tüp Geçiş İnşaatı
- 3) CR1 Banliyö Hatlarının İyileştirilmesi ve Elektro-Mekanik İşler
- 4) CR2 Demiryolu Araçları Temini



Şekil 3.2: Marmaray Projesin'deki Yer Altı İstasyonlarının Yerleşimi [4]

3.2. Marmaray Projesinin Hedefleri

Bu proje ile, İstanbul'da 1984 yılından bu yana gerçekleştirilen kapsamlı bilimsel çalışmalar sonucunda kentteki mevcut yapımı devam eden ve planlanan raylı sistemlerle bütünleşecek bir “Boğaz Demiryolu Geçişi” projesi ile mevcut Banliyö Demiryolu hatlarını İstanbul Boğazı altında bir tüp tünelle birleştiren bir proje ortaya çıkmıştır.

Dünyanın en kuvvetli ve üstelik çift yönlü akıntı şartlarında batırma yöntemiyle inşa edilecek olan bu tüp tünel, hem boğazın 58 metre altından geçerek dünyanın en derin

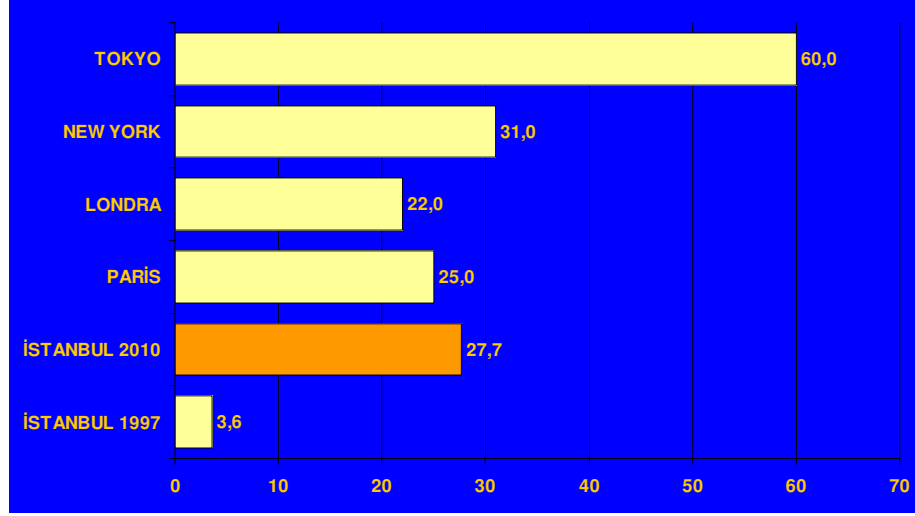
batırma tüneli olma özelliğini taşıyacak, hem de dünyanın en sıkışık deniz trafiği altında inşa edilen batırma tünel geçidi olma özelliğine de sahip olacaktır. [4]

Proje sayesinde;

- İstanbul Metrosu ile Yenikapı'da entegrasyon sağlanarak, Yenikapı –Taksim –Şişli –4 Levent – Ayazağa'ya yolcuların güvenilir, hızlı ve konforlu bir toplu taşıma sistemi ile seyahat etmesi sağlanacak,
- Kadıköy-Kartal arasında inşa edilecek olan Hafif Raylı Sistemi ile entegrasyon sağlanarak yolcuların güvenilir, hızlı ve konforlu bir toplu taşıma sistemi ile seyahat etmesi sağlanacak,
- Kent ulaşımı içinde Raylı Sistemlerin payı artacak,
- En önemlisi Avrupa ile Asya'yı demiryolu ile birbirine bağlayarak Asya ve Avrupa yakaları arasında yüksek kapasiteli toplu taşıma imkanı sağlanacak,
- Tarihi ve kültürel çevrenin korunmasına katkı sağlanacak,
- Boğazın genel yapısında bir değişikliğe yol açılmayacak,deniz ekolojik yapısı korunacak,
- Marmaray projesinin hizmete girmesi ile Gebze-Halkalı arasında 2-10 dakikada bir sefer yapılacak ve bir yönde saatte 75.000 yolcu taşıma kapasitesi sağlanacak,
- Yolculuk süreleri kısıllanacak,
- Mevcut Boğaz Köprülerinin yükü hafifletilecek,
- İş ve kültür merkezlerine kolay, rahat ve çabuk ulaşım sağlayarak kentin değişik noktalarını birbirlerine yaklaştıracak ve kentin ekonomik yaşamına da canlılık katacaktır.

Ayrıca dünya genelindeki büyük şehirlerde demiryolu sistemlerinin etkinliği, genellikle toplam yolculuk sayısına karşılık, demiryolu ve metro sistemleriyle yapılan tüm yolculukların yüzdesi ile ölçülmekte ve izlenmektedir. Birkaç yıl önce bu yolculuk yüzdesi, Tokyo'da %60, New York'ta %31, Londra'da %22, Paris'te %25 iken, bu oran İstanbul'da sadece %3.6 idi. Bu rakamlar açıkça gösteriyor ki İstanbul'da insanlara günlük ulaşım ihtiyaçları çerçevesinde etkin tren sistemlerini kullanma imkanının sunulabilirliği açısından değerlendirildiğinde, ciddi düzeyde geciktirilmiş iş yükü bulunmaktadır. Marmaray Projesi tamamlandığında ve insanlar yeni sistemleri kullanmaya alıştıklarında, bu yüzdenin yaklaşık olarak %28 oranına yükseleceği tahmin edilmektedir. Bu gerçekleştiği takdirde, İstanbul'un ulaşım etkinliği ve çevresel çözümleri, dünya genelindeki diğer büyük şehirlerle

karşılaştırılabilir düzeye erişecektir. [4] Şekil 3.3 raylı sistemin araçlı yolculuklardaki payını göstermektedir.



Şekil 3.3: Raylı Sistemin Araçlı Yolculuklardaki Payı [4]

3.3. Marmaray Projesinin Yolculuk Süresi ve Güzergahı

Marmaray Demiryolu Projesinin güzergahı, İstanbul Boğaz Geçişi hariç olmak üzere, mevcut banliyö demiryolu hattının güzergahına benzerlik göstermektedir. Bir başka ifadeyle, Halkalı ile Kazlıçeşme ve Söğütlüçeşme ile Gebze arasındaki mevcut istasyonların çoğu bugünkü yerlerinde kalacak; fakat binalar revizyon ve onarımdan geçirilecek veya tamamen yeni binalar inşa edilecektir. Bunlara ek olarak, Yenikapı, Sirkeci ve Üsküdar'da yeni yeraltı istasyonları inşa edilecek ve demiryolu teknolojisi, modern sistemler ve demiryolu araçları kullanılarak iyileştirilecektir. [4]

Halkalı'dan Gebze'ye bir yolculuk, Sirkeci'den Haydarpaşa'ya feribotla geçiş dahil olmak üzere, tipik koşullar altında 185 dakika sürmektedir. İyileştirilmiş banliyö demiryolu sistemi hizmete açıldığında, bu yolculuk 105 dakika sürecektir. Bir başka ifadeyle yolcular, bu yolculuktan 80 dakika kazanacaklardır. Yukarıda belirtilen durum dahil olmak üzere, yolculuk süresi ile ilgili diğer örnekler, aşağıda liste halinde sunulmuştur:

- Gebze ve Halkalı arası 105 dakika
- Bostancı ve Bakırköy arası 37 dakika
- Söğütlüçeşme ve Yenikapı arası 12 dakika
- Üsküdar ve Sirkeci arası 4 dakika



Şekil 3.5: Marmaray Projesinin Diğer Raylı Sistemlerle Bağlantıları [4]

Bu iki proje tamamlandıktan sonra Yenikapı istasyonu, İstanbul'un Avrupa yakasındaki en önemli aktarma istasyonlarından biri haline gelecektir; Asya yakasında ise Üsküdar istasyonu aynı öneme sahip olacak ve aynı işlevi görecektir. Her iki istasyonda, otobüs yolcuları, feribot yolcuları, hafif raylı sistem trenlerini (HRS) ve tramvay hatlarını kullanan yolcular ve yayalar için gerekli aktarma tesisleri bulunacaktır. [4] Tablo 3.2'de belirtilen ulaşım sistemleri, Marmaray Projesi ve Metro Projesi ile entegre edilecektir.

Tablo 3.2: Marmaray Projesine Entegre Edilecek Hatlar [4]

Marmaray Projesi İstasyonlar	Bağlanan Demiryolu Sistemi Hattı
Yenikapı	Metro Sistemi (Yenikapı-Taksim-Şişli -4.Levent-Ayazağa)
Yenikapı	Yenikapı Ayazağa Metrosunun bir uzantısı olan metro sistemi (Yenikapı-Bağcılar-Mahmutbey-İkitelli)
Yenikapı	(HRS) hafif raylı ulaşım sistemi (Yenikapı-Otogar-Yenibosna-Atatürk Havalimanı)
Yenikapı	(HRS) hafif raylı ulaşım sistemi (Yenikapı-Otogar-Bağcılar)

İbrahimağa	(HRS) hafif raylı ulaşım sistemi (Kadıköy-Kartal)
Üsküdar	(HRS) hafif raylı ulaşım sistemi (Üsküdar-Ümraniye)
Küçükçekmece	(HRS) hafif raylı ulaşım sistemi (Bakırköy-Avcılar-Beylikdüzü)
Sirkeci	Tramvay sistemi (Kabataş-Eminönü-Zeytinburnu)

3.5. Marmaray Projesinin Sera Gazı Emisyonlarına Etkisinin Hesap Metodu

3.5.1. IPCC Metodolojisi

1992 yılında kabul edilen ve 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe giren Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne bugüne kadar 189 ülke ile Avrupa Birliği taraf olmuştur. Bu sözleşmede iklim değişikliğinin, küresel olarak çevre ve ekonomik gelişme için ana tehlike olduğu tüm katılımcı ülkeler tarafından onaylanmıştır ve taraflar kendilerine amaç olarak atmosferdeki sera gazı birikimlerini, iklim sistemi üzerindeki tehlikeli insan kaynaklı etkiyi önleyecek bir düzeyde durdurmayı seçmişlerdir. Üstelik böyle bir düzeye, ekosistemin iklim değişikliğine doğal bir şekilde uyum sağlamasına, gıda üretiminin zarar görmeyeceği ve ekonomik kalkınmanın sürdürülebilir şekilde devamına izin verecek bir zaman dahilinde ulaşılmalıdır.

150'den fazla ülkeden yaklaşık 600 değerlendirmeci ve 300 delegenin katıldığı 2007'de Fransa'nın başkenti Paris'te düzenlenen "İklim Değişikliği" konulu panelde yayınlanan BM İklim Raporunda da, küresel ısınmanın son 50 yılda yüzde 90 oranında insan eliyle yaratıldığı ve asırlarca süreceği belirtilmiştir. [27]

Böylesine insan kaynaklı bir sorunun çözülebilmesi amacıyla, 1996 yılında bu bahsedilen hedefleri tamamlamak isteyen sözleşmeye taraf olan ülkelere yardımcı olunabilmesi için IPCC kılavuzu tekrar düzenlenerek oluşturulmuştur. Üç kitaptan oluşan bu kılavuzun ilki ulusal envanter için veri toplama, değerlendirme ve raporlama aşamalarını anlatırken, ikincisi hesaplamalar ve bu hesaplarda kullanılacak verileri içeren tablolardan oluşmaktadır. Üçüncü ve son kitap ise ülkelerin hesaplamalarda kullanabileceği ortalama değerleri içermektedir. [14]

Enerji, endüstriyel prosesler, tarım ve atıklar gibi ana başlıklardan oluşan IPCC kılavuzundan, bu çalışma kapsamında, mobil kaynakların neden olduğu emisyonların

hesabında yararlanılmak üzere, enerji ana başlığından faydalanılmıştır. Özellikle ulaştırma sektöründeki fosil yakıtların yanması sonucu oluşan emisyonlar hesaplanmış, bu yakıtların değişik ulaşım kaynaklarında değişik koşullar altında neden olduğu emisyon miktarları karşılaştırılmıştır.

Sonuç olarak doğrudan ve dolaylı sera gazı özelliği taşıyan CO₂, CH₄, N₂O, NO_x, CO, NMVOC ve SO₂ emisyonlarının hesabı yapılmıştır. Doğrudan yakıtın yakılmasıyla ilişkili olan ve bu nedenle de yakıtın yanma verimini gösteren CO₂ emisyonu hesaplanırken de, CH₄, N₂O, NO_x, CO ve NMVOC gibi emisyon değerleri yanma koşulları ve teknolojisi, emisyon standartları ve yakıt karakteristikleri gibi faktörlere bağlı olan diğer emisyonlarının hesabında da TIER kavramları kullanılmıştır. Farklı ülkelerce hazırlanan Sera Gazları Emisyonu Ulusal Bildirimlerin değerlendirilmesine temel oluşturmak amacıyla tek bir formatta sunum yapılması için geliştirilen TIER kavramları bu çalışmanın temelini oluşturmaktadır.

3.5.2. TIER Yaklaşımları

Belirli bir faaliyet veya teknoloji detaylarına göre IPCC'nin emisyon hesaplamaları TIER olarak adlandırılan çeşitli seviyelere bölünmüştür. TIER 1, TIER 2 ve TIER 3 olarak adlandırılan bu seviyelerden TIER 1 metodu ne kadar az veri içeren basit bir yöntemse TIER 3 metodu da o kadar fazla değişik parametrenin, hesaplamanın içinde yer aldığı daha karmaşık bir yöntemdir.

3.5.2.1. TIER 1 Yaklaşımı

TIER 1 yaklaşımı, araç parkı, işletme koşulları, yakıt tüketimi, emisyon faktörleri, araçların teknoloji düzeyi gibi hususlarda ayrıntılı verinin mevcut olmadığı durumlarda CO₂ ve diğer sera gazı emisyonlarının belirli yaklaşıklıkla tahmin edilebilmesi amacıyla geliştirilmiş, bir ülkede ne kadar yakıt kullanılıyorsa onunla orantılı olarak ortaya çıkacak olan emisyonun hesaplanabileceği prensibine göre uygulanan bir yöntemdir. [7]

Yöntem çerçevesinde CO₂ emisyonları için ayrı, CH₄, N₂O, NO_x, CO ve NMVOC emisyonları için ayrı ve SO₂ emisyonları için ayrı olmak üzere üç farklı yaklaşım oluşturulmuştur. Bu çalışma kapsamındaki emisyonların hesabında TIER 1 yöntemi kullanılmadığı için bu yaklaşımların metodlarından kısaca bahsedilecek fakat ayrıntılı hesaplama yapılmayacaktır. [8] Buna göre;

– CO₂ emisyonlarının hesabındaki yaklaşım:

Yakıtın yanması sonucu oluşan CO₂ emisyonlarının hesaplanması prosesi altı adımda incelenebilir:

1. Her yakıt veya ürün tipi için yakıt tüketimi hesaplanır.
2. Eğer gerekliyse bu yakıt verisi genel bir enerji birimine (TJ) dönüştürülür.
3. Her bir yakıt veya ürün tipi için karbon emisyon faktörü seçilir ve yakıtların toplam karbon içeriği hesaplanır.
4. Uzun zaman diliminde ürünlerde depolanan karbon miktarı hesaplanır. (Ulaştırma sektöründe yakıt tamamen yakılmak ve enerji üretmek için kullanıldığından bu adım ihmal edilebilir.)
5. Yanma sürecinde oksitlenmeyen karbon miktarı hesaba katılır. (Ulaştırma sektörü hesabında kullanılan yakıt sıvı yakıtlar olduğu için buradaki kayıp çok azdır. Fakat hassas bir hesaplama için IPCC tarafından önerilen değerler olan, petrol ürünleri için 0.99, gaz halindeki yakıtlar için ise 0.995 kullanılmaktadır.)
6. Net karbon değeri, CO₂'nin moleküler ağırlığının karbonun molekül ağırlığına oranı (44/12) yardımıyla, CO₂ şekline dönüştürülür.

– CH₄, N₂O, NO_x, CO, NMVOC emisyonlarının hesabındaki yaklaşım:

IPCC tarafından önerilmiş olan emisyon faktör değerleri ile yakıt tüketim değerleri çarpılarak her gazın emisyon değeri bulunur.

$$\text{Emisyonlar} = \sum(\text{EF}_{ab} \times \text{Tüketim}_{ab}) \quad (3.1)$$

EF : Emisyon faktörü (kg / TJ)

Tüketim : Enerji değeri cinsinden yakıt tüketimi (TJ)

a : Yakıt tipi (dizel, benzin, LPG gibi)

b : Sektör faaliyeti (karayolu, demiryolu, havayolu gibi)

– SO₂ emisyonlarının hesabındaki yaklaşım:

SO₂ bir sera gazı olmamasına karşın atmosferde bulunması iklimi etkilemektedir. Fotokimyasal olarak üretilmiş olan çeşitli oksitleyicilerle reaksiyona girerek sülfat aerosolleri oluştururlar. Kükürt içeren yakıtların yakılmasıyla atmosfere salınırlar. SO₂ emisyonlarının hesabı ise 3.2 denklemiyle hesaplanan emisyon faktörünün yakıt tüketimi ile çarpılmasıyla bulunur. SO₂ emisyon faktörü şu şekilde bulunur:

$$EF_{SO_2} [kg / TJ] = 2x \left(\frac{s}{100} \right) x \frac{1}{Q} x 10^6 x \left(\frac{100-r}{100} \right) x \left(\frac{100-n}{100} \right) \quad (3.2)$$

EF_{SO_2} : SO_2 gazının emisyon faktörü (kg/TJ)

2 : SO_2/S moleküler ağırlıkları oranı (kg/kg)

s : Yakıtın yüzdesel kükürt içeriği (değişik yakıtlar için farklı değerler almaktadır) (%)

Q : Net kalori değeri (TJ/kt)

r : Külde kalan yüzdesel kükürt miktarı (ulaştırma sektöründe sıvı yakıtlar kullanıldığı için göz ardı edilebilir) (%)

n : Kükürt azaltma teknolojisinin yüzdesel verimi (farklı teknolojilere göre değişen bu değer ortalama 50% olarak alınabilir)

10^6 : Birim değiştirme katsayısı

3.5.2.2. TIER 2 ve TIER 3 Yaklaşımları

Tier 2/3 yaklaşımında ise ayrıntılı veriler kullanılarak, CO_2 ve diğer emisyonların, genel yakıt tüketimi üzerinden değil, araç grubu başına ortaya çıkan emisyonlardan hareketle belirlenmesi amaçlanmaktadır. Mobil kaynaklardan oluşan emisyonların hesabında aşağıdaki faktörler bilinmelidir:

- Taşıt sınıfı
- Yakıt tüketimi
- İşletme koşulları
- Emisyon kontrol teknolojisi özellikleri
- Araçların yaşı
- Bakım/Ayar durumu

Bu kategorilere göre belirlenen emisyon faktörleri ile araç aktivitesi (aracın tükettiği enerji veya gittiği yol uzunluğu) çarpılarak emisyonlar elde edilir. [8]

$$\text{Emisyonlar} = \Sigma(EF_{a w c} \times \text{Aktivite}_{a w c}) \quad (3.3)$$

EF : Emisyon faktörü (g / km)

Aktivite : Tüketilen enerji miktarı veya verilen mobil kaynağın katettiği yol uzunluğu

- a : Yakıt tipi (dizel, benzin, LPG gibi)
w : Araç tipi (özel otomobil, hafif dizel, ağır dizel gibi)
c : Emisyon kontrol özellikleri

Araçlar öncelikle ulaştırma grubuna göre ayrıldıktan sonra her grup kendi içinde kategorilerine (otomobil, otobüs, minibüs gibi) ve kullandıkları yakıt sınıfına (dizel, benzin, LPG gibi) göre düzenlenir. Eğer mevcutsa emisyon kontrol teknolojilerine göre de daha alt gruplara ayırmak mümkündür. Aktivite değeri olarak araçların aldıkları yol (menzil) göz önüne alınacaksa, her grup için bu değerler belirlenmelidir.

Araçların enerji tüketim ve/veya menzil değerleri de belirlendikten sonra her araç grubunu uygun olan emisyon faktörü ile çarpmak gereklidir. Her grup için ortaya çıkan emisyon değerleri de toplanarak genel toplama ulaşılır. [8]

IPCC Kılavuzunda verilen emisyon faktörleri Kuzey Amerika ve Avrupa için iki ayrı bölüm halinde verilmiştir. Amerikan emisyon faktörleri MOBILE5 modeli kullanılarak geliştirilmiştir. Bu model Amerikan Çevre Koruma Dairesi tarafından geliştirilmiş ve güncellenmiş olan modellerden biridir. Avrupa verileri ise CORINAIR COPERT (Co-ordinated Information on the Environment in the European Community AIR) modeli yardımıyla elde edilmiştir.

Bu çalışmada araç özelliklerinin Türkiye'deki taşıt parkına benzerliğinden ötürü Avrupa emisyon yaklaşımı kullanılmıştır. Avrupa Birliği tarafından geliştirilmiş olan COPERT modeli ile elde edilen emisyon faktörlerinden yararlanılarak, Marmaray projesinin emisyonların azaltılmasına olan katkısını belirlemek amacıyla öncelikle Türkiye ve İstanbul taşıt parklarını oluşturan değişik türdeki araçların yüzdeleri karşılaştırılmış ve İstanbul taşıt parkı özelliklerinin kullanılması daha uygun bulunmuştur. Daha sonra da geliştirilen değişik senaryolar ışığında bu katkının gösterdiği değişimler karşılaştırmalı bir şekilde incelenmiştir. Burada unutulmaması gereken nokta Marmaray projesinin katkısı incelenirken insanların kendi araçları yerine Marmaray hattını tercih edebilecekleri türdeki araçların emisyonların azaltılmasına olan katkısının dikkate alındığıdır. Bir başka deyişle İstanbul araç parkı içinde bulunan bir traktör veya kamyonun etkisi dikkate alınmamıştır. Tablo 3.3, Tablo 3.4, Tablo 3.5, Tablo 3.6 ve Tablo 3.7 bu hesaplamalarda kullanılan değişik emisyon standardı ve yakıt tipindeki değişik araç türlerinin, g/km, g/kg yakıt ve g/MJ cinsinden emisyon faktörlerini göstermektedir.

Tablo 3.3: Benzinli otomobil emisyon faktörleri [9]

Birimler	NO _x	CH ₄	NMVOC	CO	N ₂ O	CO ₂
Emisyon Kontrolü Yok (Ortalama Yakıt Tüketimi 11,2 l/100 km)						
g/km	2,2	0,07	5,3	46	0,005	270
g/kg yakıt	27	0,8	63	550	0,06	3180
g/MJ	0,6	0,02	1,5	13	0,001	73
ECE 15/04 Emisyon Standardı (Ortalama Yakıt Tüketimi 8,3 l/100 km)						
g/km	2,3	0,07	4,5	19	0,005	200
g/kg yakıt	37	1,1	72	300	0,08	3180
g/MJ	0,8	0,03	1,7	6,9	0,002	73
EURO I Emisyon Standardı (Ortalama Yakıt Tüketimi 8,3 l/100 km)						
g/km	0,5	0,02	0,5	2,9	0,05	205
g/kg yakıt	8,2	0,3	7,1	45,9	0,8	3180
g/MJ	0,12	0,007	0,2	1	0,02	73
EURO III Emisyon Standardı (Ortalama Yakıt Tüketimi 8,5 l/100 km)						
g/km	0,5	0,02	0,5	2,9	0,05	205
g/kg yakıt	8,2	0,3	7,1	45,9	0,8	3180
g/MJ	0,12	0,007	0,2	1	0,02	73

Tablo 3.4: Dizel otomobil emisyon faktörleri [9]

Birimler	NO _x	CH ₄	NMVOC	CO	N ₂ O	CO ₂
Ortalama Yakıt Tüketimi 7,3 l/100 km						
g/km	0,7	0,005	0,2	0,7	0,001	190
g/kg yakıt	11	0,08	3	12	0,2	3140
g/MJ	0,3	0,002	0,07	0,3	0,004	74

Tablo 3.5: LPG otomobil emisyon faktörleri [9]

Birimler	NO _x	CH ₄	NMVOC	CO	N ₂ O	CO ₂
Ortalama Yakıt Tüketimi 11,2 l/100 km						
g/km	2,2	0,06	1,5	7,1	—	180
g/kg yakıt	37	1	25	120	—	3030
g/MJ	0,9	0,02	0,6	2,6	—	65

Tablo 3.6: Hafif dizel (minibüs ve kamyonet) emisyon faktörleri [9]

Birimler	NO _x	CH ₄	NMVOC	CO	N ₂ O	CO ₂
Ortalama Yakıt Tüketimi 10,9 l/100 km						
g/km	1,4	0,005	0,4	1,6	0,02	280
g/kg yakıt	16	0,06	4,6	18	0,2	3140
g/MJ	0,4	0,001	0,1	0,4	0,004	74

Tablo 3.7: Ağır dizel (otobüs ve kamyon) emisyon faktörleri [9]

Birimler	NO _x	CH ₄	NMVOC	CO	N ₂ O	CO ₂
	Ortalama Yakıt Tüketimi 29,9 l/100 km					
g/km	10	0,06	1,9	9	0,03	770
g/kg yakıt	42	0,2	8	36	0,1	3140
g/MJ	1	0,006	0,2	0,9	0,003	74

4. TIER II VE TIER III YAKLAŞIMLARIYLA MARMARAY PROJESİNİN SERA GAZI EMİSYONLARINA ETKİSİ VE DİĞER SENARYOLAR

Detaylı metodlar olan TIER II ve TIER III yaklaşımlarında emisyon hesap işlemlerinin adım adım iyileştirilmesi sonucu bir yaklaşımdan diğerine geçilmiştir. Genel olarak TIER II yaklaşımıyla, yakıt tüketim grupları ayrılmakta ve bunlara uygun olan emisyon faktörleri kullanılarak hesaplamalar yapılmaktadır. TIER III yaklaşımında ise yakıt tüketim değerlerinden farklı olarak araçların aldıkları yol uzunluğu veya ton-km biriminde taşınan yük değeri gibi unsurlar hesaba katılarak bunlara uygun emisyon faktörleri yardımıyla hesap yapılır. Özellikle bu aşamada araçların kullandıkları emisyon teknolojisi de hesaba katılmaktadır.

Marmaray projesinin sera gazları emisyonlarına etkisinin hesaplandığı bu çalışmada da doğrudan bu prosedür uygulanmıştır. Farklı yakıt tüketim gruplarına ayrılan araçlar, ayrıca kullandıkları emisyon teknolojisine göre de sınıflandırılmış, daha sonra Marmaray hattını gündelik kullanacak yolcu sayısından hareketle araç parkı dağılımı uygun olan pilot bir bölge seçilmiştir. Araç doluluk oranlarına göre oluşturulmuş en iyi ve en kötü senaryolar çerçevesinde bu yolcuların kullanacakları araç sayıları belirlenmiştir. Buna ek olarak Marmaray güzergahı 5 farklı bölgeye ayrılarak araçların alacakları yol uzunlukları bulunmuş, bunlara uygun emisyon faktörleri tespit edilmiş ve buradan hareketle farklı araç türlerinin ilk önce birer tanesinin, daha sonradan da hesaplanmış araç sayıları ile çarpılarak tümünün sera gazı emisyonlarına etkisi hesaplanmıştır. Daha sonra bu beş farklı bölgedeki sera gazı miktarları toplanarak Marmaray projesinin sera gazı emisyonlarına olan toplam etkisi bulunmuştur. Son olarak hesaplanan araçların emisyon standartlarına ve yolcu kapasitelerine göre araç parkı içindeki yüzdeleri değiştirilerek oluşturulmuş modeller yine araç doluluk oranlarına göre en iyi ve en kötü senaryolar ışığında incelenmiş ve insanların araç kullanım alışkanlıklarına örnek teşkil edecek bir kaynak oluşturulmuştur. Bu hesaplamalarda kullanılan emisyon faktörleri TIER yaklaşımlarının anlatıldığı 3.5.2 no'lu bölümdeki Tablo 3.3 ve Tablo 3.7 arasındaki tablolarda verilen değerlerden seçilmektedir.

4.1. Araç Parkı Dağılımına Uygun Pilot Bölgenin Seçimi

Yukarıda da bahsedildiği gibi hesaplamalar öncesinde farklı yakıt tüketim gruplarına ayrılan araçlar, kullandıkları emisyon teknolojisine göre de sınıflandırılmıştır. Bu bağlamda otomobil grubu benzinli, dizel ve LPG'li olarak, benzinli otomobiller de emisyon kontrolsüz, ECE 15.04, EURO I ve EURO III standartlarına göre sınıflandırılmıştır. Bunun haricinde minibüs ve otobüsler dizel motosikletler ise benzinli araçlar olarak kabul edilmiştir.

Daha sonra araç parkı dağılımı uygun olan pilot bölgenin Marmaray projesinin de direkt içinde bulunduğu İstanbul veya genel olarak Türkiye'nin de alınabilmesi olasılığı araştırılmıştır. Bu amaçla Türkiye İstatistik Kurumu'nun ulaştırma sektörüyle ilgili istatistiklerinden 2004 ve 2005 yıllarına ait araç parkı dağılımları bulunmuş ve yüzdeler karşılaştırılmıştır. [24] Tablo 4.1 2004 ve 2005 yıllarında İstanbul ve Türkiye araç parkı dağılımı ve araçların yüzdelerini göstermektedir. Daha önce de belirtildiği gibi Marmaray projesinin katkısı incelenirken insanların kendi araçları yerine Marmaray hattını tercih edebilecekleri türdeki araçların emisyonların azaltılmasına olan katkısının dikkate alınmıştır.

Tablo 4.1. 2004 ve 2005 yıllarında İstanbul ve Türkiye araç parkı ve yüzdeler [24]

2004 Yılı Türkiye Araç Verileri	Otomobil						Minibüs	Otobüs	Motosiklet	TOPLAM
	Benzinli				Dizel	LPG				
	Kontrolsüz	15.04	EURO I	EURO III						
Araç Sayısı	2437662	805826	379212	345530	118255	793081	259924	133361	1162845	6435696
Yüzdeleri	38%	13%	6%	5%	2%	12%	4%	2%	18%	100%
2005 Yılı Türkiye Araç Verileri	Otomobil						Minibüs	Otobüs	Motosiklet	TOPLAM
	Benzinli				Dizel	LPG				
	Kontrolsüz	15.04	EURO I	EURO III						
Araç Sayısı	2883863	953328	448625	408777	139901	938250	338539	163390	1441066	7715740
Yüzdeleri	37%	12%	6%	5%	2%	12%	4%	2%	19%	100%

2004 Yılı İstanbul Araç Verileri	Otomobil						Minibüs	Otobüs	Motosiklet	TOPLAM
	Benzinli				Dizel	LPG				
	Kontrolsüz	15.04	EURO I	EURO III						
Araç Sayısı	750821	248201	116801	106426	36424	244276	58156	39886	55057	1656047
Yüzdeleri	45%	15%	7%	6%	2%	15%	4%	2%	3%	100%
2005 Yılı İstanbul Araç Verileri	Otomobil						Minibüs	Otobüs	Motosiklet	TOPLAM
	Benzinli				Dizel	LPG				
	Kontrolsüz	15.04	EURO I	EURO III						
Araç Sayısı	794450	262624	123588	112611	38540	258470	60674	43241	75873	1770071
Yüzdeleri	45%	15%	7%	6%	2%	15%	3%	2%	4%	100%

Tablo 4.1'de görüldüğü gibi 2004 ve 2005 yılları arasındaki araç yüzdelerinde dikkate değer bir farklılık olmamasına rağmen, iki yılda da Türkiye ve İstanbul araç yüzdeleri arasında büyük farklılıklar vardır. En belirgin farklılık Türkiye'de otomobillerin yüzdesi yaklaşık %76 iken bu oranın İstanbul'da %91 olmasıdır.

Ayrıca motosikletlerin yüzdesi de Türkiye’de %18 iken İstanbul’da bu oran ancak %3’lerdedir. Bu durumun en belirgin iki sebebi İstanbul’un gelir seviyesinin Türkiye ortalamasından yüksek olması nedeniyle otomobil sahibi insan oranının fazla olması ve otomobil kullanılabilecek yol ağı dağılımının İstanbul’da Türkiye’ye oranla daha gelişmiş olmasıdır.

Bütün bu değerler de göstermektedir ki Marmaray projesinin sera gazlarına olan etkisi hesaplanırken İstanbul araç parkının kullanılması daha gerçekçi sonuçlar verecektir. Ayrıca hesaplamalarda 2004 yılı araç dağılımından yararlanılmıştır.

Bu temel veriler ışığında İstanbul’da sadece belirtilen ulaşım araçlarından kaynaklanan emisyonların hesabında şu yöntem izlenir: [9]

$$\text{Emisyon [kt]} = \text{Emisyon Faktörü [g/km]} \times \text{Menzil [km]} \times 10^{-9} \quad (4.1)$$

Denklem 4.1’deki her farklı türdeki araçtan birer tanesinin emisyon değeri o türe ait araç sayılarıyla çarpılarak toplam emisyon bulunmuş olur.

$$\text{Toplam Emisyon [kt]} = \text{Emisyon [kt]} \times \text{Araç Sayısı} \quad (4.2)$$

Bu hesaplamayı yaparken her taşıt gurubunun bir yılda gittiği mesafeyi (menzil) belirlemek gerekir. Bu değerler için kesin bir kaynak bulunmasa da toplam yakıt tüketim değerleri, araç sayısı ve 100 km’deki ortalama yakıt tüketimleri yardımıyla araçların yıllık menzillerini ortalama olarak elde etmek mümkün olmaktadır.

Örneğin İstanbul’daki emisyon kontrolü olmayan benzinli bir otomobilden kaynaklanan CO₂ emisyon miktarı şu şekilde hesaplanır:

$$\text{Emisyon kontrolü olmayan araç sayısı} = 750821$$

$$\text{Araçların ortalama yıllık menzilleri} = 10300 \text{ km}$$

$$\text{CO}_2 \text{ Emisyon Faktörü} = 270 \text{ g/km}$$

$$\text{Emisyon [kt]} = 270 \times 10300 \times 10^{-9} = 0,028 \text{ kt}$$

$$\text{Toplam Emisyon [kt]} = 0,028 \times 750821 = 2088,03 \text{ kt}$$

Bu yöntemden hareketle İstanbul’da 2004 yılında araç parkındaki belirlenmiş araçların CO₂, NO_x, CH₄, NMVOC, CO ve N₂O emisyonlarını hesaplamak mümkün olmaktadır. Tablo 4.2 2004 yılında İstanbul’da ulaşımdan kaynaklanan emisyon değerlerini göstermektedir.

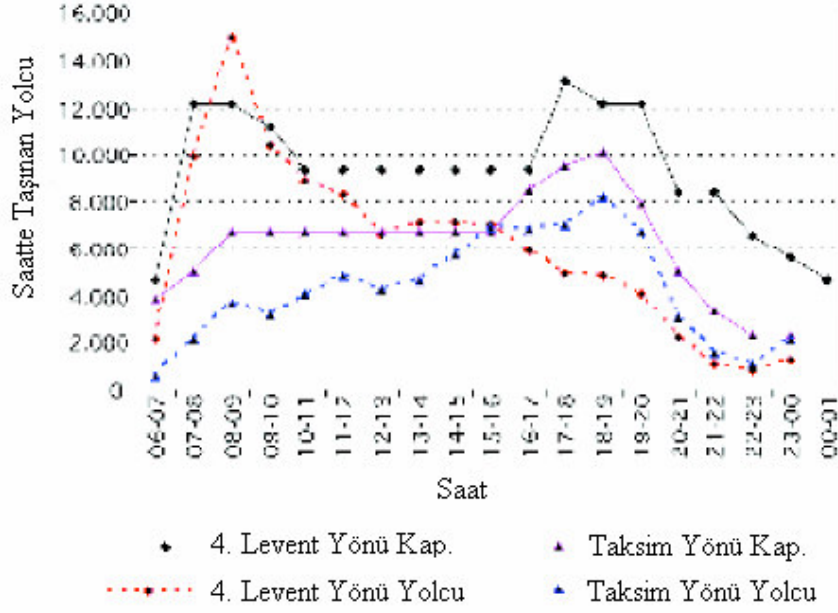
Tablo 4.2. 2004 yılında İstanbul’da ulaşımdan kaynaklanan emisyonlar

2004 Yılı İstanbul Araç Verileri	Otomobil						Mimibüs	Otobüs	Motosiklet	TOPLAM	
	Benzinli				Dizel	LPG					
	Kontrolsüz	15.04	EURO I	EURO III							
Araç Sayısı	750821	248201	116801	106426	36424	244276	58156	39886	55057	1656047	
Yüzdeleri	45%	15%	7%	6%	2%	15%	4%	2%	3%	100%	
Emisyon Faktörü (g/km)	CO ₂	270	200	205	205	190	180	280	770	95	
	NO _x	2,2	2,3	0,5	0,5	0,7	2,2	1,4	10	0,08	
	CH ₄	0,07	0,07	0,02	0,02	0,005	0,06	0,005	0,06	0,15	
	NMVOOC	5,3	4,5	0,5	0,5	0,2	1,5	0,4	1,9	16	
	CO	46	19	2,9	2,9	0,7	7,1	1,6	9	22	
	N ₂ O	0,005	0,005	0,05	0,05	0,01	0	0,02	0,03	0,002	
Ortalama Yıllık Menzıl (km)	10300	10300	10300	10300	10300	24000	20400	68300	1750		
Yakıt Tüketimleri (l/100km)	11,20	8,30	8,30	8,50	7,30	11,20	10,90	29,90	4,00		
Emisyon Miktarı (kt)	CO ₂	2088,03	511,29	246,62	224,72	71,28	1055,27	332,19	2097,64	9,15	6636,21
	NO _x	17,01	5,88	0,60	0,55	0,26	12,90	1,66	27,24	0,01	66,11
	CH ₄	0,54	0,18	0,02	0,02	0,00	0,35	0,01	0,16	0,01	1,30
	NMVOOC	40,99	11,50	0,60	0,55	0,08	8,79	0,47	5,18	1,54	69,70
	CO	355,74	48,57	3,49	3,18	0,26	41,62	1,90	24,52	2,12	481,40
	N ₂ O	0,04	0,01	0,06	0,05	0,00	0,00	0,02	0,08	0,000	0,28

4.2. Marmaray Hattını Kullanacak Günlük Yolcu Sayısının Belirlenmesi

Marmaray hattının sera gazı emisyonlarına etkisini hesaplayabilmek amacıyla günlük bu hattı kullanacak kişi sayısının da hesaplanması gerekmektedir. Böylelikle hesaplanmış bu yolcu adedinin değişik senaryolar çerçevesinde ve değişik güzergahlar boyunca kullanacakları araç sayısı belirlenecektir. Daha sonra İstanbul araç parkının dağılımına uygun şekilde sınıflandırılacak olan bu araç sayıları, ilgili emisyon faktörü ve belirlenen güzergah uzunluğuyla çarpılarak emisyon miktarları hesaplanacaktır.

Marmaray hattının tek yönde saatte 75000 yolcu taşıma kapasitesine sahip olacağı tasarlanmaktadır. Tabi bu rakam projenin hayata geçirildiği ilk dönemlerde hedeflenen rakam olup kısa bir süre içerisinde bu rakamın en az iki katına ulaşılacağı düşünülmektedir. [4] Sabah 6.30 ile gece 24.00 saatleri arasında yolcu taşımak amacıyla hizmet verecek olan hatta, taşınacak yolcu sayısını daha kesin bir yaklaşıklıkla belirleyebilmek amacıyla günümüzde kullanılan mevcut sistemlerde gün içerisinde farklı saat dilimlerindeki kullanılma oranları incelenmiştir. İstanbul metrosu olarak da bilinen, yaklaşık 8 km uzunluğundaki ve günde tek yönde 70.000 yolcu taşıma kapasitesine sahip Taksim – 4.Levent arasındaki metro hattı örnek olarak kullanılmıştır. Şekil 4.1 İstanbul metrosunun kapasite ve çift yönlü kullanım değerlerini göstermektedir.



Şekil 4.1. Taksim – 4. Levent metrosunun kapasite ve kullanım değerleri

Şekil 4.1’de de görüldüğü gibi Taksim – 4. Levent metrosu işe geliş ve dönüş saatleri olan sabah 6.00 – 10.00 ve akşam 17.00 – 20.00 saatleri arasında yüksek kapasite ile (~%85), günün orta saatleri olan 10.00 – 17.00 saatleri arasında orta kapasite ile (~%55), akşam saat 20.00’den sonra da düşük kapasite ile (~%30) faaliyet göstermektedir. Bu kapasite oranlarını yaklaşık olarak Marmaray hattına uyarladığımızda aşağıda Tablo 4.3’te görülen toplam yolcu sayısı hesaplanmıştır.

Tablo 4.3. Marmaray hattının günlük yolcu kapasitesi

MARMARAY Yolcu Taşıma Kapasitesi		150000 yolcu/saat
Çalışma Saatleri		6.30-24.00 (1050dk)
Günlük Taşınacak Yolcu Sayısı	6.30-10.00 (85% kap.)	446250
	10.00-17.00 (55% kap.)	577500
	17.00-20.00 (85% kap.)	382500
	20.00-24.00 (30% kap.)	180000
	TOPLAM (yolcu/gün)	1586250

4.3. Marmaray Hattının Farklı Güzergahlarının Belirlenmesi

Marmaray hattı 76,54 km uzunluğa sahip 7'si şehirler arası raylı yolculuklarda transfer istasyonu görevi görecektir 37 adet yer üstü, 3 adet yer altı istasyondan oluşan dev bir projedir. Bu çalışma kapsamında kullanılan yöntem ise bu hattın günlük kapasitesi olan yolcu sayısının Marmaray'ı değil de normalde kullandıkları araçları tercih etmeleri durumunda neden olacakları sera gazı emisyonları miktarının, aslında bu hattın sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik olan etkisi olduğu prensibine dayanmaktadır. Fakat Marmaray hattını kullanacak her yolcunun 76,54 km'lik mesafenin tümünü her gün gittiklerinin kabulü hesaptaki gerçeklik payını ortadan kaldıracaktır. Tabi ki en kötü senaryo olarak bu kabul edilebilir fakat bu çalışma kapsamında Marmaray hattı beş farklı güzergaha bölünerek hem daha doğru bir hesaplama yöntemine gidilmiş, hem de yaklaşık 15'er km olan bu güzergahların, farklı iki nokta arasındaki emisyonların hesaplanmasında kullanılabilir bir kaynak oluşturması amaçlanmıştır. Bu bağlamda Marmaray hattı aşağıda uzunluklarıyla belirtilen beş farklı güzergaha ayrılmıştır:

- Gebze – Aydıntepe (yaklaşık mesafe : 13,68 km)
- Aydıntepe – Maltepe (yaklaşık mesafe : 16,57 km)
- Maltepe – Üsküdar (yaklaşık mesafe : 17,74 km)
- Üsküdar – Yenimahalle (yaklaşık mesafe : 12,84 km)
- Yenimahalle – Halkalı (yaklaşık mesafe : 15,71 km)

Her bir güzergah boyunca emisyonlar araçların doluluk oranlarının, sera gazı emisyonlarının salımına olan etkisine dikkat çekmek amacıyla iki farklı senaryo altında incelenmiştir. Bunlardan Marmaray hattının etkisini en düşük olarak gösteren Senaryo I'e göre her otomobil 4, her otobüs 100, her minibüs 25 ve her motosiklet 1 kişi taşıdığı kabul edilmiştir. Marmaray hattının etkisini en yüksek olarak gösteren Senaryo II'ye göre ise her otomobil 1, her otobüs 10, her minibüs 3 ve her motosiklet 1 kişi taşıdığı kabul edilmiştir.

Ayrıca toplam hesaplanmış günlük yolcu sayısının sadece %90,54'ünün, yani İstanbul'daki karayolu ulaşımı kullanım oranı kadarının etkisi bu hesaplamalarda dikkate alınmıştır. Böylece örneğin denizyolunu seçen bir yolcunun neden olmayacağı emisyon salım miktarı hesaplamalarda kullanılmamıştır.

4.4. Marmaray Projesinin Sera Gazı Emisyonlarına Etkisi

Daha önce oluşturulmuş olan beş farklı güzergahın her birinde kullanılmak üzere geliştirilmiş ve araç doluluk oranını irdeleyen iki farklı senaryodan bahsedilmiştir. Bu iki modelden Senaryo I'e göre her otomobil 4, her otobüs 100, her minibüs 25 ve her motosiklet 1 kişi taşıdığı kabul edilmiştir. Tablo 4.4 bu doluluk oranlarını ve karayolu kullanım oranına göre belirlenmiş toplam yolcu sayısını göstermektedir.

Tablo 4.4. Senaryo I'e göre araç doluluk oranları ve toplam yolcu sayısı

Otomobil (x)	4 Kişi	MARMARAY Toplam	1586250 Kişi
Otobüs (y)	100 Kişi	Karayolu (% 90,54)	1436191 Kişi
Minibüs (z)	25 Kişi	Demiryolu (% 6,13)	97237 Kişi
Motosiklet (t)	1 Kişi	Denizyolu (% 3,33)	52822 Kişi

Tablo 4.4'te de görüldüğü gibi x – otomobil sayısını, y – otobüs sayısını , z – minibüs sayısını ve t – motosiklet sayısını temsil etmektedir. Bu rakamlara göre farklı türdeki araç sayılarını belirleyebilmek için aşağıdaki denklem oluşturulmuştur:

$$4.x + 100.y + 25.z + t = 1436191 \quad (4.3)$$

Bu denklemde yerine koyulmak üzere her bir araç türü, İstanbul araç parkı içindeki dağılımlarına göre bir k sabitine eşitlenmiştir. Buna göre:

$$x = 91k, y = 2k, z = 4k, t = 3k \quad (4.4)$$

Bu değerler 4.3 denkleminde yerine konularak 4.5 denklemi elde edilmiş ve k sabitinin değeri bulunmuştur:

$$\begin{aligned} 4.91k + 100.2k + 25.4k + 3k &= 1436191 \\ 364k + 200k + 100k + 3k &= 1436191 \\ 667k &= 1436191 \\ k &= 2153 \end{aligned} \quad (4.5)$$

k sabiti yerine konularak bu sayıdaki yolcunun Marmaray hattı yerine her bir araç türünden kaç adet kullanması gerektiği hesaplanmıştır:

$$\begin{aligned} otomobil(x) &= 195923 & minibüs(z) &= 8612 \\ otobüs(y) &= 4306 & motosiklet(t) &= 6459 \end{aligned} \quad (4.6)$$

Senaryo II'ye göre ise her otomobil 1(%25 doluluk), her otobüs 10(%10 doluluk), her minibüs 3(%12,5 doluluk) ve her motosiklet 1(%100 doluluk) kişi taşıdığı kabul edilmiştir. Tablo 4.5 bu doluluk oranlarını ve karayolu kullanım oranına göre belirlenmiş toplam yolcu sayısını göstermektedir.

Tablo 4.5. Senaryo II'e göre araç doluluk oranları ve toplam yolcu sayısı

Otomobil (x)	1 Kişi	MARMARAY Toplam	1586250 Kişi
Otobüs (y)	10 Kişi	Karayolu (%90,54)	1436191 Kişi
Minibüs (z)	3 Kişi	Demiryolu (%6,13)	97237 Kişi
Motosiklet (t)	1 Kişi	Denizyolu (%3,33)	52822 Kişi

Bu rakamlara göre farklı türdeki araç sayılarını belirleyebilmek için aşağıdaki denklem oluşturulmuştur:

$$x + 10.y + 3.z + t = 1436191 \quad (4.7)$$

Bu denklemde yerine koyulmak üzere her bir araç türü, İstanbul araç parkı içindeki dağılımlarına göre bir k sabitine eşitlenmiştir. Buna göre:

$$x = 91k, y = 2k, z = 4k, t = 3k \quad (4.8)$$

Bu değerler 4.7 denkleminde yerine konularak 4.8 denklemi elde edilmiş ve k sabitinin değeri bulunmuştur:

$$\begin{aligned} 91k + 10.2k + 3.4k + 3k &= 1436191 \\ 91k + 20k + 12k + 3k &= 1436191 \\ 126k &= 1436191 \\ k &= 11398 \end{aligned} \quad (4.9)$$

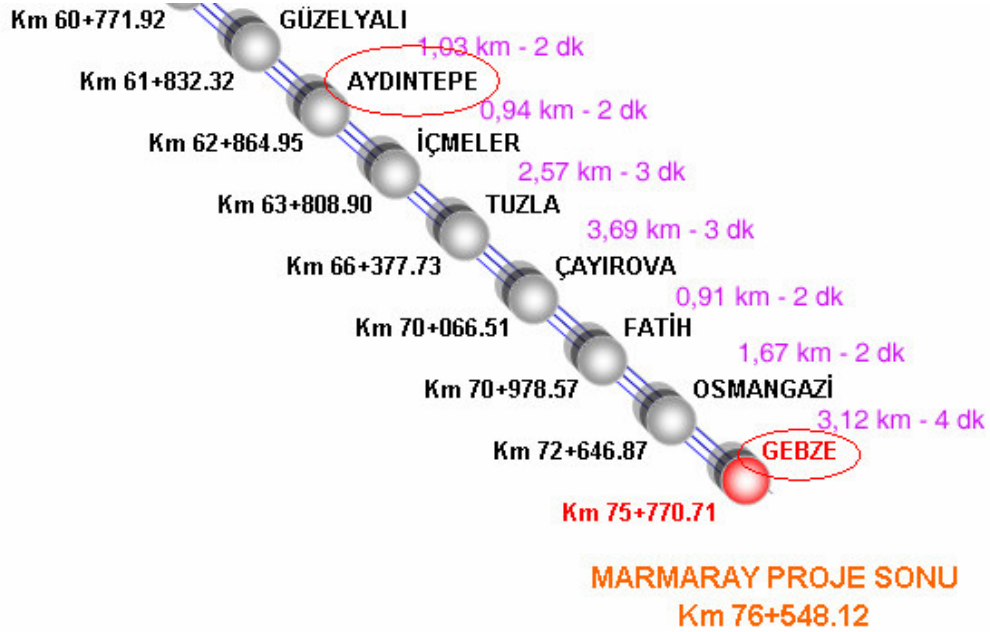
k sabiti yerine konularak bu sayıdaki yolcunun Marmaray hattı yerine her bir araç türünden kaç adet kullanması gerektiği hesaplanmıştır:

$$\begin{aligned} otomobil(x) &= 1037218 & minibüs(z) &= 45592 \\ otobüs(y) &= 22796 & motosiklet(t) &= 34194 \end{aligned} \quad (4.10)$$

4.6 ve 4.10 denklemlerinde elde edilmiş araç sayıları emisyon faktörleri ve farklı güzergahlara göre değişiklik gösteren yol uzunluklarıyla çarpılarak her bir senaryo ve her bir güzergah için emisyon değerleri bulunmuş olur.

4.4.1. Gebze – Aydıntepe Güzergahının Emisyonlara Etkisi

Şekil 4.2 yaklaşık 13,68 km uzunluğunda ve 7 yer üstü istasyonundan oluşan Gebze – Aydıntepe güzergahının şematik görünümünü göstermektedir. Ayrıca her bir istasyon arasındaki mesafe ve dur kalk süreleriyle beraber iki istasyon arasındaki zaman da belirtilmiştir.



Şekil 4.2. Gebze – Aydıntepe güzergahının şematik görünümü [4]

Gebze – Aydıntepe güzergahının sera gazı emisyonlarına etkisini incelemek amacıyla öncelikle Senaryo I ele alınmıştır. Değişik yakıt türleri ve emisyon standartlarına göre sınıflandırılmış araçların Senaryo I'e göre hesaplanan emisyon değerleri Tablo 4.6'da gösterilmiştir.

Metandan (CH_4) 20 kat, diazotmonoksitten (N_2O) ise 300 kat daha az ısı tutma kapasitesi olan karbondioksitin (CO_2) miktarı, bu büyük farklılıklara rağmen CO_2 'nin sera gazları arasında ne denli önemli olduğunu göstermektedir.

Ayrıca emisyon kontrolü bulunmayan araçların örnek olarak CO_2 emisyonları göz önüne alındığında, tüm araçlardan kaynaklanan CO_2 emisyonlarının %51'ini oluşturması, bu tip araçların trafikten çekilmesi durumunda ulaşımdan kaynaklanan sera gazı emisyonları çerçevesinde büyük yararlar sağlanacağını göstermektedir.

Tablo 4.6. Gebze – Aydıntepe güzergahının emisyonlarının Senaryo I'e göre hesabı

SENARYO 1		Otomobil						Minibüs	Otobüs	Motosiklet	TOPLAM
		Benzinli				Dizel	LPG				
		Kontrolsüz	15.04	EURO I	EURO III						
Araç Sayısı		97876	32355	15226	13874	4748	31844	8612	4306	6459	215300
Yüzdeleri		45%	15%	7%	6%	2%	15%	4%	2%	3%	100%
Emisyon Faktörü (g/km)	CO ₂	270	200	205	205	190	180	280	770	95	
	NO _x	2,2	2,3	0,5	0,5	0,7	2,2	1,4	10	0,08	
	CH ₄	0,07	0,07	0,02	0,02	0,005	0,06	0,005	0,06	0,15	
	NMVOG	5,3	4,5	0,5	0,5	0,2	1,5	0,4	1,9	16	
	CO	46	19	2,9	2,9	0,7	7,1	1,6	9	22	
	N ₂ O	0,005	0,005	0,05	0,05	0,01	0	0,02	0,03	0,002	
Ortalama Günlük Menzil (km)		13,68	13,68	13,68	13,68	13,68	13,68	13,68	13,68	13,68	
Yakıt Tüketimleri (l/100km)		11,20	8,30	8,30	8,50	7,30	11,20	10,90	29,90	4,00	
Emisyon Miktarı (t)	CO ₂	361,52	88,52	42,70	38,91	12,34	78,41	32,99	45,36	8,39	709,14
	NO _x	2,95	1,02	0,10	0,09	0,05	0,96	0,16	0,59	0,01	5,93
	CH ₄	0,09	0,03	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,01	0,18
	NMVOG	7,10	1,99	0,10	0,09	0,01	0,65	0,05	0,11	1,41	11,53
	CO	61,59	8,41	0,60	0,55	0,05	3,09	0,19	0,53	1,94	76,96
	N ₂ O	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,03

Değişik yakıt türleri ve emisyon standartlarına göre sınıflandırılmış araçların Senaryo II'ye göre hesaplanan emisyon değerleri ise Tablo 4.7'de gösterilmiştir.

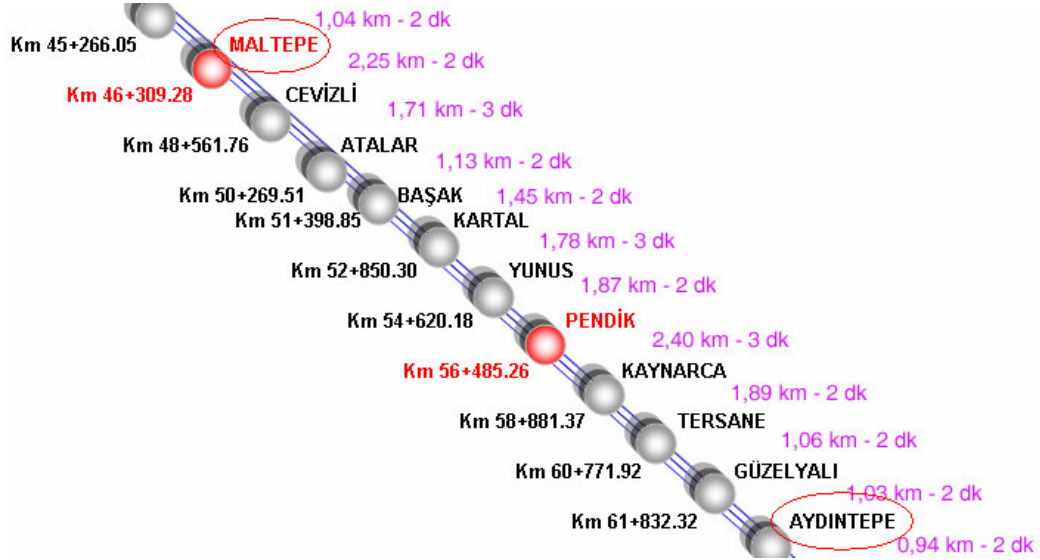
Tablo 4.7. Gebze – Aydıntepe güzergahının emisyonlarının Senaryo II'e göre hesabı

SENARYO 2	Otomobil						Minibüs	Otobüs	Motosiklet	TOPLAM	
	Benzinli				Dizel	LPG					
	Kontrolsüz	15.04	EURO I	EURO III							
Araç Sayısı	518158	171289	80607	73447	25137	168580	45592	22796	34194	1139800	
Yüzdeleri	45%	15%	7%	6%	2%	15%	4%	2%	3%	100%	
Emisyon Faktörü (g/km)	CO ₂	270	200	205	205	190	180	280	770	95	
	NO _x	2,2	2,3	0,5	0,5	0,7	2,2	1,4	10	0,08	
	CH ₄	0,07	0,07	0,02	0,02	0,005	0,06	0,005	0,06	0,15	
	NMVOG	5,3	4,5	0,5	0,5	0,2	1,5	0,4	1,9	16	
	CO	46	19	2,9	2,9	0,7	7,1	1,6	9	22	
	N ₂ O	0,005	0,005	0,05	0,05	0,01	0	0,02	0,03	0,002	
Ortalama Günlük Menzil (km)	13,68	13,68	13,68	13,68	13,68	13,68	13,68	13,68	13,68		
Yakıt Tüketimleri (l/100km)	11,20	8,30	8,30	8,50	7,30	11,20	10,90	29,90	4,00		
Emisyon Miktarı (t)	CO ₂	1913,87	468,65	226,05	205,98	65,34	415,11	174,64	240,12	44,44	3754,19
	NO _x	15,59	5,39	0,55	0,50	0,24	5,07	0,87	3,12	0,04	31,38
	CH ₄	0,50	0,16	0,02	0,02	0,00	0,14	0,00	0,02	0,07	0,93
	NMVOG	37,57	10,54	0,55	0,50	0,07	3,46	0,25	0,59	7,48	61,02
	CO	326,07	44,52	3,20	2,91	0,24	16,37	1,00	2,81	10,29	407,41
	N ₂ O	0,04	0,01	0,06	0,05	0,00	0,00	0,01	0,01	0,001	0,18

İki tablo incelendiğinde en göze çarpan farklılık, araç doluluk oranlarının azalmasıyla artan araç sayısının özellikle CO₂ emisyonları incelendiğinde 5,3 katına çıktığı ve bu oranın emisyon miktarları açısından ne kadar önemli olduğudur.

4.4.2. Aydınıtepe – Maltepe Güzergahının Emisyonlara Etkisi

Şekil 4.3 yaklaşık 16,57 km uzunluğunda ve 11 yer üstü istasyonundan oluşan Aydınıtepe - Maltepe güzergahının şematik görünümünü göstermektedir. Ayrıca her bir istasyon arasındaki mesafe ve dur kalk süreleriyle beraber iki istasyon arasındaki zaman da belirtilmiştir.



Şekil 4.3. Aydınıtepe – Maltepe güzergahının şematik görünümü [4]

Aydınıtepe – Maltepe güzergahının sera gazı emisyonlarına etkisini incelemek amacıyla öncelikle Senaryo I ele alınmıştır. Değişik yakıt türleri ve emisyon standartlarına göre sınıflandırılmış araçların Senaryo I'e göre hesaplanan emisyon değerleri Tablo 4.8'da gösterilmiştir.

Bu hesaplamalar arasında diğer dikkati çeken bir diğer sera gazı da toplam emisyonlar içerisinde yaklaşık %12'lik payıyla 2. sırada yer alan karbonmonoksit (CO) gazıdır. Üstelik bu gazın küresel ısınma ve çevre sağlığının yanı sıra, çok zehirli olması nedeniyle direkt insan sağlığı üzerinde de etkisi vardır. Kandaki oksijeni taşıma görevine sahip olan hemoglobine bağlanma yeteneği oksijene oranla yaklaşık 200 kere daha fazladır. Bu nedenle CO ortamında bulunan bir kişinin solunum yoluyla aldığı CO, kandaki normal hemoglobini bozar, vücut hücrelerinin oksijen alma olanağını engelleyerek zehirlenmeye ve boğulmaya neden olur.

Emisyon kontrolü olmayan benzinli otomobillerdeki CO emisyon faktörü bir başka deyişle emisyon miktarı katalitik konvertörlü EURO III araçlarının 15, dizel otomobillerin ise yaklaşık 65 katıdır. Bu da teknolojinin önemini göstermektedir.

Tablo 4.8. Aydıntepe - Maltepe güzergahının emisyonlarının Senaryo I'e göre hesabı

SENARYO 1	Otomobil						Minibüs	Otobüs	Motosiklet	TOPLAM
	Benzinli				Dizel	LPG				
	Kontrolsüz	15.04	EURO I	EURO III						
Araç Sayısı	97876	32355	15226	13874	4748	31844	8612	4306	6459	215300
Yüzdeleri	45%	15%	7%	6%	2%	15%	4%	2%	3%	100%
Emisyon Faktörü (g/km)	CO ₂	270	200	205	205	190	180	280	770	95
	NO _x	2,2	2,3	0,5	0,5	0,7	2,2	1,4	10	0,08
	CH ₄	0,07	0,07	0,02	0,02	0,005	0,06	0,005	0,06	0,15
	NMVOG	5,3	4,5	0,5	0,5	0,2	1,5	0,4	1,9	16
	CO	46	19	2,9	2,9	0,7	7,1	1,6	9	22
	N ₂ O	0,005	0,005	0,05	0,05	0,01	0	0,02	0,03	0,002
Ortalama Günlük Menzil (km)	16,57	16,57	16,57	16,57	16,57	16,57	16,57	16,57	16,57	
Yakıt Tüketimleri (l/100km)	11,20	8,30	8,30	8,50	7,30	11,20	10,90	29,90	4,00	
Emisyon Miktarı (t)	CO ₂	437,89	107,23	51,72	47,13	14,95	94,98	39,96	54,94	858,95
	NO _x	3,57	1,23	0,13	0,11	0,06	1,16	0,20	0,71	7,18
	CH ₄	0,11	0,04	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,21
	NMVOG	8,60	2,41	0,13	0,11	0,02	0,79	0,06	0,14	13,96
	CO	74,60	10,19	0,73	0,67	0,06	3,75	0,23	0,64	93,21
	N ₂ O	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04

Değişik yakıt türleri ve emisyon standartlarına göre sınıflandırılmış araçların Senaryo II'ye göre hesaplanan emisyon değerleri ise Tablo 4.9'de gösterilmiştir.

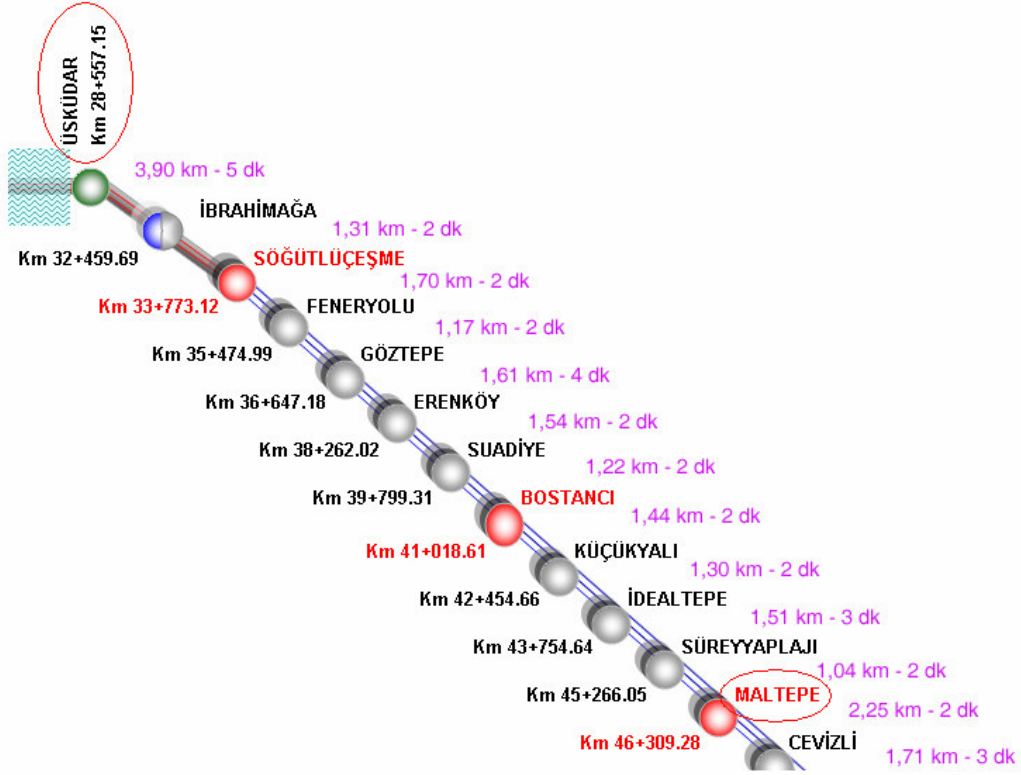
Tablo 4.9. Aydıntepe - Maltepe güzergahının emisyonlarının Senaryo II'ye göre hesabı

SENARYO 2		Otomobil					Minibüs	Otobüs	Motosiklet	TOPLAM	
		Benzinli				Dizel					LPG
		Kontrolsüz	15.04	EURO I	EURO III						
Araç Sayısı		518158	171289	80607	73447	25137	168580	45592	22796	34194	1139800
Yüzdeleri		45%	15%	7%	6%	2%	15%	4%	2%	3%	100%
Emisyon Faktörü (g/km)	CO ₂	270	200	205	205	190	180	280	770	95	
	NO _x	2,2	2,3	0,5	0,5	0,7	2,2	1,4	10	0,08	
	CH ₄	0,07	0,07	0,02	0,02	0,005	0,06	0,005	0,06	0,15	
	NMVOG	5,3	4,5	0,5	0,5	0,2	1,5	0,4	1,9	16	
	CO	46	19	2,9	2,9	0,7	7,1	1,6	9	22	
	N ₂ O	0,005	0,005	0,05	0,05	0,01	0	0,02	0,03	0,002	
Ortalama Günlük Menzil (km)		16,57	16,57	16,57	16,57	16,57	16,57	16,57	16,57	16,57	
Yakıt Tüketimleri (l/100km)		11,20	8,30	8,30	8,50	7,30	11,20	10,90	29,90	4,00	
Emisyon Miktarı (t)	CO ₂	2318,19	567,65	273,81	249,49	79,14	502,81	211,53	290,85	53,83	4547,29
	NO _x	18,89	6,53	0,67	0,61	0,29	6,15	1,06	3,78	0,05	38,01
	CH ₄	0,60	0,20	0,03	0,02	0,00	0,17	0,00	0,02	0,08	1,13
	NMVOG	45,51	12,77	0,67	0,61	0,08	4,19	0,30	0,72	9,07	73,91
	CO	394,95	53,93	3,87	3,53	0,29	19,83	1,21	3,40	12,47	493,48
	N ₂ O	0,04	0,01	0,07	0,06	0,00	0,00	0,02	0,01	0,001	0,22

Farklı iki senaryoya bağlı tablolar incelendiğinde, araç doluluk oranının azalması ve buna bağlı olarak artan araç sayısını yalnızca CO₂'nin değil diğer tüm emisyonların da artmasına neden olduğu görülebilmektedir.

4.4.3. Maltepe – Üsküdar Güzergahının Emisyonlara Etkisi

Şekil 4.4 yaklaşık 17,74 km uzunluğunda ve 11 yer üstü istasyonu, 1 yer altı istasyonundan oluşan Maltepe – Üsküdar güzergahının şematik görünümünü göstermektedir. Ayrıca her bir istasyon arasındaki mesafe ve dur kalk süreleriyle beraber iki istasyon arasındaki zaman da belirtilmiştir.



Şekil 4.4. Maltepe – Üsküdar güzergahının şematik görünümü [4]

Maltepe – Üsküdar güzergahı gerek 3 tanesi şehirler arası transfer istasyonu olmak üzere en fazla istasyon içeren hat olması, gerek seçilen güzergahlar arasında en uzun hat olması, gerek minibüs yolu ve Bağdat caddesine oluşturacağı alternatif sayesinde trafik yoğunluğunu düşürecek olması, gerekse de Anadolu ve Avrupa yakalarını birleştiren delme tüp geçidinin Anadolu yakasındaki başlangıç ayağı olan Üsküdar istasyonunu içermesi bakımından büyük önem arz etmektedir.

Maltepe - Üsküdar güzergahının sera gazı emisyonlarına etkisini incelemek amacıyla öncelikle Senaryo I ele alınmıştır. Değişik yakıt türleri ve emisyon standartlarına göre sınıflandırılmış araçların Senaryo I'e göre hesaplanan emisyon değerleri Tablo 4.10'da gösterilmiştir.

Tablo 4.10. Maltepe – Üsküdar güzergahının emisyonlarının Senaryo I'e göre hesabı

SENARYO 1		Otomobil						Minibüs	Otobüs	Motosiklet	TOPLAM
		Benzinli				Dizel	LPG				
		Kontrolsüz	15.04	EURO I	EURO III						
Araç Sayısı		97876	32355	15226	13874	4748	31844	8612	4306	6459	215300
Yüzdeleri		45%	15%	7%	6%	2%	15%	4%	2%	3%	100%
Emisyon Faktörü (g/km)	CO ₂	270	200	205	205	190	180	280	770	95	
	NO _x	2,2	2,3	0,5	0,5	0,7	2,2	1,4	10	0,08	
	CH ₄	0,07	0,07	0,02	0,02	0,005	0,06	0,005	0,06	0,15	
	NMVOG	5,3	4,5	0,5	0,5	0,2	1,5	0,4	1,9	16	
	CO	46	19	2,9	2,9	0,7	7,1	1,6	9	22	
	N ₂ O	0,005	0,005	0,05	0,05	0,01	0	0,02	0,03	0,002	
Ortalama Günlük Menzıl (km)		17,74	17,74	17,74	17,74	17,74	17,74	17,74	17,74	17,74	
Yakıt Tüketimleri (l/100km)		11,20	8,30	8,30	8,50	7,30	11,20	10,90	29,90	4,00	
Emisyon Miktarı (t)	CO ₂	468,81	114,80	55,37	50,45	16,00	101,68	42,78	58,82	10,89	919,60
	NO _x	3,82	1,32	0,14	0,12	0,06	1,24	0,21	0,76	0,01	7,69
	CH ₄	0,12	0,04	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,02	0,23
	NMVOG	9,20	2,58	0,14	0,12	0,02	0,85	0,06	0,15	1,83	14,95
	CO	79,87	10,91	0,78	0,71	0,06	4,01	0,24	0,69	2,52	99,80
	N ₂ O	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,04

Değişik yakıt türleri ve emisyon standartlarına göre sınıflandırılmış araçların Senaryo II'ye göre hesaplanan emisyon değerleri ise Tablo 4.11'de gösterilmiştir.

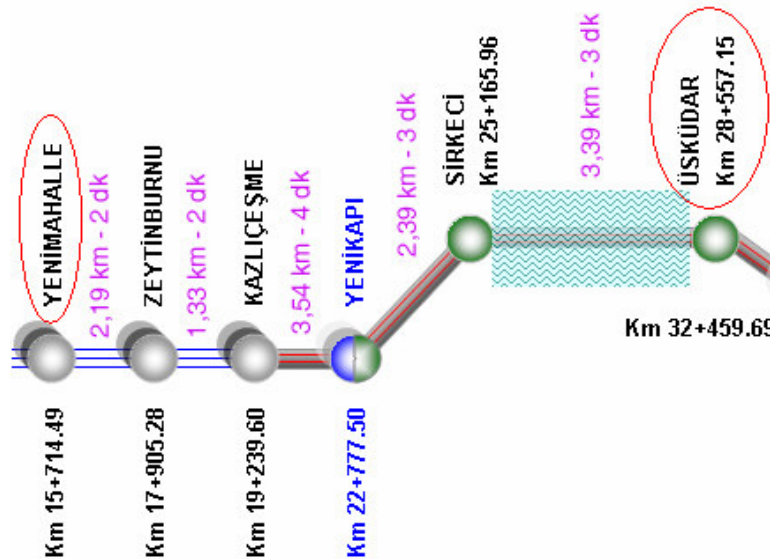
Tablo 4.11. Maltepe - Üsküdar güzergahının emisyonlarının Senaryo II'ye göre hesabı

SENARYO 2		Otomobil					Minibüs	Otobüs	Motosiklet	TOPLAM	
		Benzinli				Dizel					LPG
		Kontrolsüz	15.04	EURO I	EURO III						
Araç Sayısı		518158	171289	80607	73447	25137	168580	45592	22796	34194	1139800
Yüzdeleri		45%	15%	7%	6%	2%	15%	4%	2%	3%	100%
Emisyon Faktörü (g/km)	CO ₂	270	200	205	205	190	180	280	770	95	
	NO _x	2,2	2,3	0,5	0,5	0,7	2,2	1,4	10	0,08	
	CH ₄	0,07	0,07	0,02	0,02	0,005	0,06	0,005	0,06	0,15	
	NMVOG	5,3	4,5	0,5	0,5	0,2	1,5	0,4	1,9	16	
	CO	46	19	2,9	2,9	0,7	7,1	1,6	9	22	
	N ₂ O	0,005	0,005	0,05	0,05	0,01	0	0,02	0,03	0,002	
Ortalama Günlük Menzıl (km)		17,74	17,74	17,74	17,74	17,74	17,74	17,74	17,74	17,74	
Yakıt Tüketimleri (l/100km)		11,20	8,30	8,30	8,50	7,30	11,20	10,90	29,90	4,00	
Emisyon Miktarı (t)	CO ₂	2481,87	607,73	293,14	267,11	84,73	538,31	226,46	311,39	57,63	4868,37
	NO _x	20,22	6,99	0,71	0,65	0,31	6,58	1,13	4,04	0,05	40,69
	CH ₄	0,64	0,21	0,03	0,03	0,00	0,18	0,00	0,02	0,09	1,21
	NMVOG	48,72	13,67	0,71	0,65	0,09	4,49	0,32	0,77	9,71	79,13
	CO	422,84	57,73	4,15	3,78	0,31	21,23	1,29	3,64	13,35	528,32
	N ₂ O	0,05	0,02	0,07	0,07	0,00	0,00	0,02	0,01	0,001	0,23

Özellikle en uzun güzergah olması, Maltepe – Üsküdar güzergahına ait emisyon miktarlarının, diğer güzergahlara ait tablolarla karşılaştırıldığında iki senaryo için de en yüksek emisyon değerlerine sahip olmasına neden olmaktadır.

4.4.4. Üsküdar – Yenimahalle Güzergahının Emisyonlara Etkisi

Şekil 4.5 yaklaşık 12,84 km uzunluğunda ve 3'ü yer altında 3'ü yer üstünde olmak üzere toplam 6 istasyonundan oluşan Üsküdar - Yenimahalle güzergahının şematik görünümünü göstermektedir. Ayrıca her bir istasyon arasındaki mesafe ve dur kalk süreleriyle beraber iki istasyon arasındaki zaman da belirtilmiştir.



Şekil 4.5. Üsküdar - Yenimahalle güzergahının şematik görünümü [4]

Üsküdar – Yenimahalle güzergahı 12,84 km’lik toplam uzunluğuyla en kısa güzergah olmasına karşın, şu an halen inşası devam etmekte olan ve boğazın 58 metre altından geçerek dünyanın en derin batırma tüneli olma özelliğini taşıyacak olan tüp tüneli bulundurması bakımından önemlidir. Anadolu ve Avrupa yakasını raylı sistemle birleştirecek olan bu tüp tünel ayrıca yolcu taşımacılığı yapılan saatler dışında mevcut banliyö hattına eklenecek üçüncü bir hat üzerinden yapılacak olan yük taşımacılığında da kullanılabilecektir. Son olarak tek yönde saatte 75000 yolcu kapasitesiyle boğaz köprüleri trafiğinde oluşan sıkışıklıklara karşı da önemli bir alternatif teşkil edecektir.

Üsküdar - Yenimahalle güzergahının sera gazı emisyonlarına etkisini incelemek amacıyla öncelikle Senaryo I ele alınmıştır. Değişik yakıt türleri ve emisyon standartlarına göre sınıflandırılmış araçların Senaryo I'e göre hesaplanan emisyon değerleri Tablo 4.12'da gösterilmiştir.

Tablo 4.12. Üsküdar – Yenimahalle güzergahının emisyonlarının Senaryo I’e göre hesabı

SENARYO 1		Otomobil						Minibüs	Otobüs	Motosiklet	TOPLAM
		Benzinli				Dizel	LPG				
		Kontrolsüz	15.04	EURO I	EURO III						
Araç Sayısı		97876	32355	15226	13874	4748	31844	8612	4306	6459	215300
Yüzdeleri		45%	15%	7%	6%	2%	15%	4%	2%	3%	100%
Emisyon Faktörü (g/km)	CO ₂	270	200	205	205	190	180	280	770	95	
	NO _x	2,2	2,3	0,5	0,5	0,7	2,2	1,4	10	0,08	
	CH ₄	0,07	0,07	0,02	0,02	0,005	0,06	0,005	0,06	0,15	
	NMVOG	5,3	4,5	0,5	0,5	0,2	1,5	0,4	1,9	16	
	CO	46	19	2,9	2,9	0,7	7,1	1,6	9	22	
	N ₂ O	0,005	0,005	0,05	0,05	0,01	0	0,02	0,03	0,002	
Ortalama Günlük Menzil (km)		12,84	12,84	12,84	12,84	12,84	12,84	12,84	12,84	12,84	
Yakıt Tüketimleri (l/100km)		11,20	8,30	8,30	8,50	7,30	11,20	10,90	29,90	4,00	
Emisyon Miktarı (t)	CO ₂	339,32	83,09	40,08	36,52	11,58	73,60	30,96	42,57	7,88	665,60
	NO _x	2,76	0,96	0,10	0,09	0,04	0,90	0,15	0,55	0,01	5,56
	CH ₄	0,09	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,17
	NMVOG	6,66	1,87	0,10	0,09	0,01	0,61	0,04	0,11	1,33	10,82
	CO	57,81	7,89	0,57	0,52	0,04	2,90	0,18	0,50	1,82	72,23
	N ₂ O	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,03

Değişik yakıt türleri ve emisyon standartlarına göre sınıflandırılmış araçların Senaryo II’ye göre hesaplanan emisyon değerleri ise Tablo 4.13’de gösterilmiştir.

Tablo 4.13. Üsküdar – Yenimahalle güzergahının emisyonlarının Senaryo II’ye göre hesabı

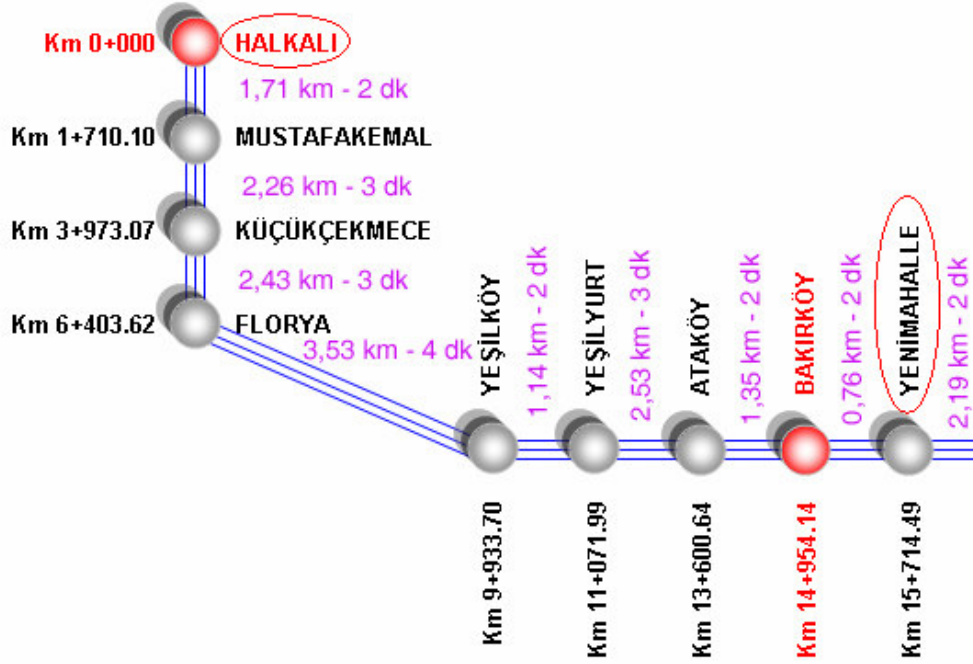
SENARYO 2		Otomobil					Minibüs	Otobüs	Motosiklet	TOPLAM	
		Benzinli				Dizel					LPG
		Kontrolsüz	15.04	EURO I	EURO III						
Araç Sayısı		518158	171289	80607	73447	25137	168580	45592	22796	34194	1139800
Yüzdeleri		45%	15%	7%	6%	2%	15%	4%	2%	3%	100%
Emisyon Faktörü (g/km)	CO ₂	270	200	205	205	190	180	280	770	95	
	NO _x	2,2	2,3	0,5	0,5	0,7	2,2	1,4	10	0,08	
	CH ₄	0,07	0,07	0,02	0,02	0,005	0,06	0,005	0,06	0,15	
	NMVOG	5,3	4,5	0,5	0,5	0,2	1,5	0,4	1,9	16	
	CO	46	19	2,9	2,9	0,7	7,1	1,6	9	22	
	N ₂ O	0,005	0,005	0,05	0,05	0,01	0	0,02	0,03	0,002	
Ortalama Günlük Menzil (km)		12,84	12,84	12,84	12,84	12,84	12,84	12,84	12,84	12,84	
Yakıt Tüketimleri (l/100km)		11,20	8,30	8,30	8,50	7,30	11,20	10,90	29,90	4,00	
Emisyon Miktarı (t)	CO ₂	1796,35	439,87	212,17	193,33	61,32	389,62	163,91	225,38	41,71	3523,67
	NO _x	14,64	5,06	0,52	0,47	0,23	4,76	0,82	2,93	0,04	29,45
	CH ₄	0,47	0,15	0,02	0,02	0,00	0,13	0,00	0,02	0,07	0,88
	NMVOG	35,26	9,90	0,52	0,47	0,06	3,25	0,23	0,56	7,02	57,27
	CO	306,04	41,79	3,00	2,73	0,23	15,37	0,94	2,63	9,66	382,39
	N ₂ O	0,03	0,01	0,05	0,05	0,00	0,00	0,01	0,01	0,001	0,17

Özellikle en kısa güzergah olması, Maltepe – Üsküdar güzergahına ait emisyon miktarlarının, diğer güzergahlara ait tablolarla karşılaştırıldığında iki senaryo için de en düşük emisyon değerlerine sahip olmasına neden olmaktadır.

4.4.5. Yenimahalle – Halkalı Güzergahının Emisyonlara Etkisi

Şekil 4.6 yaklaşık 15,71 km uzunluğunda ve 2'si şehirler arası transfer istasyonu olmak üzere toplam 9 istasyonundan oluşan Yenimahalle - Halkalı güzergahının şematik görünümünü göstermektedir. Ayrıca her bir istasyon arasındaki mesafe ve dur kalk süreleriyle beraber iki istasyon arasındaki zaman da belirtilmiştir.

MARMARAY PROJE BAŞLANGICI



Şekil 4.6. Yenimahalle - Halkalı güzergahının şematik görünümü [4]

Üsküdar – Yenimahalle güzergahında bulunan ve 76,54 km’lik hattın en büyük yer altı bağlantı istasyonu olma özelliğini taşıyan Yenikapı istasyonu sayesinde Taksim üzerinden Ayazağa’ya, Bağcılar üzerinden İkitelli’ye ve Otogar üzerinden Atatürk Havalimanına kadar ulaşılacak ve böylece doğu batı doğrultusunda Halkalı’ya kadar uzanacak olan hattın erişemediği kuzey güney yönündeki önemli istasyonlarla bağlantı da sağlanacaktır.

Yenimahalle – Halkalı güzergahının sera gazı emisyonlarına etkisini incelemek amacıyla öncelikle Senaryo I ele alınmıştır. Değişik yakıt türleri ve emisyon standartlarına göre sınıflandırılmış araçların Senaryo I’e göre hesaplanan emisyon değerleri Tablo 4.14’da gösterilmiştir.

Tablo 4.14. Yenimahalle – Halkalı güzergahının emisyonlarının Senaryo I'e göre hesabı

SENARYO 1		Otomobil					Minibüs	Otobüs	Motosiklet	TOPLAM	
		Benzinli				Dizel					LPG
		Kontrolsüz	15.04	EURO I	EURO III						
Araç Sayısı		97876	32355	15226	13874	4748	31844	8612	4306	6459	215300
Yüzdeleri		45%	15%	7%	6%	2%	15%	4%	2%	3%	100%
Emisyon Faktörü (g/km)	CO ₂	270	200	205	205	190	180	280	770	95	
	NO _x	2,2	2,3	0,5	0,5	0,7	2,2	1,4	10	0,08	
	CH ₄	0,07	0,07	0,02	0,02	0,005	0,06	0,005	0,06	0,15	
	NMVOG	5,3	4,5	0,5	0,5	0,2	1,5	0,4	1,9	16	
	CO	46	19	2,9	2,9	0,7	7,1	1,6	9	22	
	N ₂ O	0,005	0,005	0,05	0,05	0,01	0	0,02	0,03	0,002	
Ortalama Günlük Menzıl (km)		15,71	15,71	15,71	15,71	15,71	15,71	15,71	15,71	15,71	
Yakıt Tüketimleri (l/100km)		11,20	8,30	8,30	8,50	7,30	11,20	10,90	29,90	4,00	
Emisyon Miktarı (t)	CO ₂	415,16	101,66	49,04	44,68	14,17	90,05	37,88	52,09	9,64	814,37
	NO _x	3,38	1,17	0,12	0,11	0,05	1,10	0,19	0,68	0,01	6,81
	CH ₄	0,11	0,04	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,02	0,20
	NMVOG	8,15	2,29	0,12	0,11	0,01	0,75	0,05	0,13	1,62	13,24
	CO	70,73	9,66	0,69	0,63	0,05	3,55	0,22	0,61	2,23	88,38
	N ₂ O	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,04

Değişik yakıt türleri ve emisyon standartlarına göre sınıflandırılmış araçların Senaryo II'ye göre hesaplanan emisyon değerleri ise Tablo 4.15'de gösterilmiştir.

Tablo 4.15. Yenimahalle - Halkalı güzergahının emisyonlarının Senaryo II'ye göre hesabı

SENARYO 2		Otomobil						Minibüs	Otobüs	Motosiklet	TOPLAM
		Benzinli				Dizel	LPG				
		Kontrolsüz	15.04	EURO I	EURO III						
Araç Sayısı		518158	171289	80607	73447	25137	168580	45592	22796	34194	1139800
Yüzdeleri		45%	15%	7%	6%	2%	15%	4%	2%	3%	100%
Emisyon Faktörü (g/km)	CO ₂	270	200	205	205	190	180	280	770	95	
	NO _x	2,2	2,3	0,5	0,5	0,7	2,2	1,4	10	0,08	
	CH ₄	0,07	0,07	0,02	0,02	0,005	0,06	0,005	0,06	0,15	
	NMVOG	5,3	4,5	0,5	0,5	0,2	1,5	0,4	1,9	16	
	CO	46	19	2,9	2,9	0,7	7,1	1,6	9	22	
	N ₂ O	0,005	0,005	0,05	0,05	0,01	0	0,02	0,03	0,002	
Ortalama Günlük Menzıl (km)		15,71	15,71	15,71	15,71	15,71	15,71	15,71	15,71	15,71	
Yakıt Tüketimleri (l/100km)		11,20	8,30	8,30	8,50	7,30	11,20	10,90	29,90	4,00	
Emisyon Miktarı (t)	CO ₂	2197,87	538,19	259,60	236,54	75,03	476,71	200,55	275,76	51,03	4311,28
	NO _x	17,91	6,19	0,63	0,58	0,28	5,83	1,00	3,58	0,04	36,04
	CH ₄	0,57	0,19	0,03	0,02	0,00	0,16	0,00	0,02	0,08	1,07
	NMVOG	43,14	12,11	0,63	0,58	0,08	3,97	0,29	0,68	8,60	70,08
	CO	374,45	51,13	3,67	3,35	0,28	18,80	1,15	3,22	11,82	467,87
	N ₂ O	0,04	0,01	0,06	0,06	0,00	0,00	0,01	0,01	0,001	0,21

Beş farklı güzergahtaki ikişer farklı senaryoda da hesaplandığı gibi CO₂ ve CO emisyonlarından sonra en fazla salınan emisyonlar sırasıyla NMVOG, NO_x, CH₄ ve N₂O'dur. Emisyon miktarları azalan araç doluluk oranlarıyla artmaktadırlar.

4.4.6. Tüm Marmaray Hattının Emisyonlara Etkisi

Yaklaşık 76,54 km uzunluğunda, 7'si şehirler arası transfer istasyonu, 3'ü yer altı istasyonu ve 37'si yer üstü istasyonu olmak üzere toplam 40 istasyonundan oluşan Marmaray hattının sera gazı emisyonlarına etkisini incelemek amacıyla öncelikle Senaryo I ele alınmıştır. Değişik yakıt türleri ve emisyon standartlarına göre sınıflandırılmış araçların Senaryo I'e göre hesaplanan emisyon değerleri Tablo 4.16'da gösterilmiştir.

Tablo 4.16. Tüm Marmaray hattının emisyonlarının Senaryo I'e göre hesabı

SENARYO I		Otomobil						Minibüs	Otobüs	Motosiklet	TOPLAM
		Benzinli				Dizel	LPG				
		Kontrolsüz	15.04	EURO I	EURO III						
Araç Sayısı		97876	32355	15226	13874	4748	31844	8612	4306	6459	215300
Yüzdeleri		45%	15%	7%	6%	2%	15%	4%	2%	3%	100%
Emisyon Faktörü (g/km)	CO ₂	270	200	205	205	190	180	280	770	95	
	NO _x	2,2	2,3	0,5	0,5	0,7	2,2	1,4	10	0,08	
	CH ₄	0,07	0,07	0,02	0,02	0,005	0,06	0,005	0,06	0,15	
	NMVOG	5,3	4,5	0,5	0,5	0,2	1,5	0,4	1,9	16	
	CO	46	19	2,9	2,9	0,7	7,1	1,6	9	22	
	N ₂ O	0,005	0,005	0,05	0,05	0,01	0	0,02	0,03	0,002	
Ortalama Günlük Menzil (km)		76,54	76,54	76,54	76,54	76,54	76,54	76,54	76,54	76,54	
Yakıt Tüketimleri (l/100km)		11,20	8,30	8,30	8,50	7,30	11,20	10,90	29,90	4,00	
Emisyon Miktarı (t)	CO ₂	2022,69	495,30	238,91	217,69	69,05	438,72	184,57	253,78	46,97	3967,66
	NO _x	16,48	5,70	0,58	0,53	0,25	5,36	0,92	3,30	0,04	33,17
	CH ₄	0,52	0,17	0,02	0,02	0,00	0,15	0,00	0,02	0,07	0,99
	NMVOG	39,70	11,14	0,58	0,53	0,07	3,66	0,26	0,63	7,91	64,49
	CO	344,61	47,05	3,38	3,08	0,25	17,30	1,05	2,97	10,88	430,58
	N ₂ O	0,04	0,01	0,06	0,05	0,00	0,00	0,01	0,01	0,001	0,19

Değişik yakıt türleri ve emisyon standartlarına göre sınıflandırılmış araçların Senaryo II'ye göre hesaplanan emisyon değerleri ise Tablo 4.17'de gösterilmiştir.

Bu tablolarda da görüldüğü gibi Marmaray projesi çevre ve insan sağlığına katkıları bakımından da asrın projesi olarak anılmayı hak etmektedir. Sadece CO₂ emisyonu açısından bile değerlendirdiğimizde gündelik en kötü senaryoyla 3.967,66 ton en iyi senaryoyla da 21.004,80 ton CO₂'in atmosfere daha az salınmasını sağlayacaktır. Tabi bu durum tüm araçların Marmaray hattının her gün 76,54 km'lik bütün mesafesini kullandıkları durum için geçerlidir. Daha gerçekçi bir sonuç elde etmek amacıyla ise, güzergahlardan herhangi birinin, araçların gündelik ortalama gidebilecekleri yolu temsil etmesi bakımından, tercih edilmesi ve sonuçların bu şekilde değerlendirilmesi gerekir. Bu da ortalama olarak günde 750 ile 4000 ton arası CO₂'nin daha az salınması anlamına gelmektedir.

Tablo 4.17. Tüm Marmaray hattının emisyonlarının Senaryo II'ye göre hesabı

SENARYO 2		Otomobil						Minibüs	Otobüs	Motosiklet	TOPLAM
		Benzinli				Dizel	LPG				
		Kontrolsüz	15.04	EURO I	EURO III						
Araç Sayısı		518158	171289	80607	73447	25137	168580	45592	22796	34194	1139800
Yüzdeleri		45%	15%	7%	6%	2%	15%	4%	2%	3%	100%
Emisyon Faktörü (g/km)	CO ₂	270	200	205	205	190	180	280	770	95	
	NO _x	2,2	2,3	0,5	0,5	0,7	2,2	1,4	10	0,08	
	CH ₄	0,07	0,07	0,02	0,02	0,005	0,06	0,005	0,06	0,15	
	NM VOC	5,3	4,5	0,5	0,5	0,2	1,5	0,4	1,9	16	
	CO	46	19	2,9	2,9	0,7	7,1	1,6	9	22	
	N ₂ O	0,005	0,005	0,05	0,05	0,01	0	0,02	0,03	0,002	
Ortalama Günlük Menzıl (km)		76,54	76,54	76,54	76,54	76,54	76,54	76,54	76,54	76,54	
Yakıt Tüketimleri (l/100km)		11,20	8,30	8,30	8,50	7,30	11,20	10,90	29,90	4,00	
Emisyon Miktarı (t)	CO ₂	10708,15	2622,10	1264,77	1152,44	365,55	2322,56	977,09	1343,50	248,63	21004,80
	NO _x	87,25	30,15	3,08	2,81	1,35	28,39	4,89	17,45	0,21	175,58
	CH ₄	2,78	0,92	0,12	0,11	0,01	0,77	0,02	0,10	0,39	5,23
	NM VOC	210,20	59,00	3,08	2,81	0,38	19,35	1,40	3,32	41,88	341,42
	CO	1824,35	249,10	17,89	16,30	1,35	91,61	5,58	15,70	57,58	2279,47
	N ₂ O	0,20	0,07	0,31	0,28	0,02	0,00	0,07	0,05	0,005	1,00

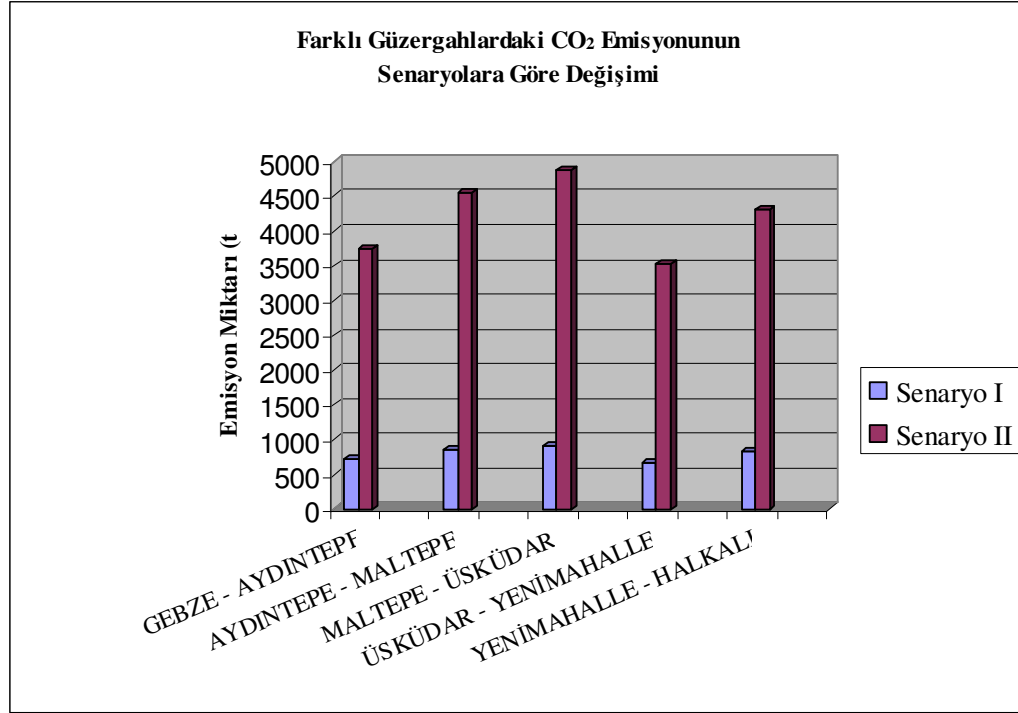
Ayrıca direkt olarak katkılarının yanında günde ortalama en kötü senaryoyla 215.300 en iyi senaryoyla ise 1.139.800 aracın trafiğe çıkmasını engelleyeceğinden trafik yoğunluğuna büyük bir rahatlama getireceği, araçların trafikte daha az sürelerde kalması ve daha hızlı gidebilmelerine olanak verdiği için de emisyonların azaltılmasında önemli payının bulunacağı açıktır.

Farklı güzergahları karşılaştırdığımızda kat edilen mesafenin ve araç doluluk oranının emisyon miktarlarının değişiminde ne denli rol oynadığı da görülebilir. Tablo 4.18 beş farklı güzergahtaki iki senaryoya da ait tüm emisyonların salımlarını karşılaştırma imkanı sunmaktadır.

Tablo 4.18. Tüm güzergahların emisyonlarının karşılaştırılması

SENARYO 1		GEBZE - AYDINTEPE	AYDINTEPE - MALTEPE	MALTEPE - ÜSKÜDAR	ÜSKÜDAR - YENİMAHALLE	YENİMAHALLE - HALKALI
Emisyon Miktarı (t)	CO ₂	709,14	858,95	919,60	665,60	814,37
	NO _x	5,93	7,18	7,69	5,56	6,81
	CH ₄	0,18	0,21	0,23	0,17	0,20
	NM VOC	11,53	13,96	14,95	10,82	13,24
	CO	76,96	93,21	99,80	72,23	88,38
	N ₂ O	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04
SENARYO 2		GEBZE - AYDINTEPE	AYDINTEPE - MALTEPE	MALTEPE - ÜSKÜDAR	ÜSKÜDAR - YENİMAHALLE	YENİMAHALLE - HALKALI
Emisyon Miktarı (t)	CO ₂	3754,19	4547,29	4868,37	3523,67	4311,28
	NO _x	31,38	38,01	40,69	29,45	36,04
	CH ₄	0,93	1,13	1,21	0,88	1,07
	NM VOC	61,02	73,91	79,13	57,27	70,08
	CO	407,41	493,48	528,32	382,39	467,87
	N ₂ O	0,18	0,22	0,23	0,17	0,21

Ayrıca Şekil 4.7’de beş farklı güzergahtaki CO₂ emisyonlarının iki farklı senaryoya göre nasıl bir değişim izlediğini grafiksel olarak göstermektedir. Bu grafik araç doluluk oranlarının emisyon miktarlarına olan etkisini daha iyi açıklamaktadır.



Şekil 4.7. Farlı güzergahlardaki CO₂ emisyonunun senaryolara göre değişimi

Tablo 4.19 ise kişi başına günlük beş farklı güzergah ve iki senaryo çerçevesinde daha az salınacak olan emisyon miktarlarını göstermektedir.

Tablo 4.19. Tüm güzergahların kişi başına düşen emisyonlarının karşılaştırılması

SENARYO 1		GEBZE - AYDINTEPE	AYDINTEPE - MALTEPE	MALTEPE - ÜSKÜDAR	ÜSKÜDAR - YENİMAHALLE	YENİMAHALLE - HALKALI
Emisyon Miktarı (g)	CO ₂	493,76	598,08	640,31	463,45	567,03
	NO _x	4,13	5,00	5,35	3,87	4,74
	CH ₄	0,12	0,15	0,16	0,12	0,14
	NM VOC	8,03	9,72	10,41	7,53	9,22
	CO	53,58	64,90	69,49	50,29	61,54
	N ₂ O	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03
SENARYO 2		GEBZE - AYDINTEPE	AYDINTEPE - MALTEPE	MALTEPE - ÜSKÜDAR	ÜSKÜDAR - YENİMAHALLE	YENİMAHALLE - HALKALI
Emisyon Miktarı (g)	CO ₂	2613,99	3166,22	3389,78	2453,48	3001,89
	NO _x	21,85	26,47	28,33	20,51	25,09
	CH ₄	0,65	0,79	0,84	0,61	0,75
	NM VOC	42,49	51,46	55,10	39,88	48,79
	CO	283,67	343,60	367,86	266,26	325,77
	N ₂ O	0,12	0,15	0,16	0,12	0,14

Tüm bu hesaplamalara ek olarak önemli bir noktayı daha göz önünde bulundurmak gerekir. Bu da Marmaray hattının tüketeceği fazladan elektrik enerjisinin üretimi esnasında açığa çıkacak olan emisyonların miktarının her bir güzergah ve senaryo için hesaplanmış olan değerlerden çıkartılması gerektiğidir. Zira toplam emisyon katkısı incelenirken bu noktanın da göz önünde bulundurulması daha gerçekçi bir sonuç ortaya çıkartacaktır.

Bu amaçla Marmaray hattının enerji tüketimi ile ilgili yeterli kaynak veri bulunamadığından mevcut sistemlerin hat uzunlukları ve buna karşılık harcadıkları enerji verileri kilowatt-saat (kWh) cinsinden, uzunluğu bilinen Marmaray hattına uyarlanarak ilk önce Marmaray hattının harcadığı enerji miktarı bulunmuş, daha sonra da Uluslararası Enerji Kurumunun (NEF) internet sitesindeki emisyon dönüşüm verilerinden yararlanılarak salınan CO₂ miktarı elde edilmiştir.

Ulaşım A.Ş.'nin internet sitesindeki 4 ayda bir yayınlanan 2007 Raylı Sistemler Bülteninde, Taksim - 4. Levent Metrosunda yıllık enerji tüketiminin yaklaşık 19,6 milyon kWh olduğu belirtilmiştir. Bu hattın 8 km uzunluğunda olduğu bilgisine dayanarak 76,5 km uzunluğundaki Marmaray hattına orantılandığında Marmaray hattının yıllık enerji tüketiminin 187.425.000 kWh olması gerektiği bulunmuştur. Buradan da Marmaray hattının günlük enerji tüketimi 513.493 kWh olarak çıkarılmıştır. Daha sonradan NEF'in internet sitesindeki hesaplama sayfasından dönüşüm faktörü olan 0,43 değerinden yararlanarak, hesaplanmış enerji değerinin 220.802 kg CO₂'ye eşit olduğu hesaplanmıştır. Böylece Marmaray hattının günlük yaklaşık 221 tonluk elektrik tüketimi kaynaklı CO₂ üretimine neden olduğu ortaya çıkmıştır. Bu değer hesaplanmış tüm güzergahlardaki CO₂ verilerinden çıkarılarak net CO₂ kazancı elde edilebilmektedir. Sonuç olarak Marmaray hattının net ortalama senaryolara göre değişim gösteren 530 ile 3780 ton CO₂'nin atmosfere daha az salınmasına katkı sağlayacağı hesaplanmıştır.

4.5. Çeşitli Senaryolar Çerçevesinde Marmaray Hattının İncelenmesi

4.5.1. EURO III Standartlarındaki veya Dizel Otomobillerin Yaygınlaşması

Bu çalışma çerçevesinde Marmaray hattının sera gazı emisyonlarına etkisi hesaplanırken, dikkat çekici bazı noktalardan hareketle çeşitli senaryolar oluşturulmuş ve bu senaryolar ışığında kurulan modellerle araç parkında

yapılabilecek çeşitli uyarlamaların emisyonların azaltılmasına olan etkisi incelenmiştir. Buna göre otomotiv endüstrisinin gelişen teknolojisinin araçlara uygulanmasıyla, daha yüksek emisyon standartlarına ulaşılmış, böylece emisyon faktörleri düşmüş ve buna bağlı olarak da emisyon miktarlarında da düşüş yaşanmıştır.

NO_x emisyonunun %87'sinin, CH₄ emisyonunun %80'inin, NMVOC ve CO emisyonunun %95'inin binek araç parkının %75'ini oluşturan araçlardan kaynaklandığı düşünülürse en son emisyon limitlerini sağlamanın araçlar için bir mecburiyet haline getirilmesi bile düşünülebilir. 2003 – 2004 yılları arasında hurdaya çıkan 320.000 aracın CO₂ emisyonlarında %4,87'lik bir azalma sağlamış olması bu düşüncüyü desteklemektedir. Ayrıca düşük karbon içeriği olan dizel yakıtının özellikle otomobillerde yaygınlaştırılması da emisyon değerlerini düşürecek bir başka faktör oluşturacaktır.

Bu bilgiler ışığında Marmaray hattını kullanan, İstanbul araç parkındaki EURO III standardındaki ve dizel araçların yüzdeleri iki katına çıkarılmış, sağlanan artış kadar araç da emisyon kontrolü bulunmayan araç sayısından düşülmüştür. Tablo 4.20 bu değişim sonucu Senaryo I'e göre hesaplanmış emisyon miktarlarını göstermektedir.

Tablo 4.20. EURO III ve dizel otomobil sayısının artışının Senaryo I'e göre emisyonlara etkisi

SENARYO I	Otomobil						Minibüs	Otobüs	Motosiklet	TOPLAM	
	Benzinli				Dizel	LPG					
	Kontrolsüz	15.04	EURO I	EURO III							
Araç Sayısı	80652	32355	15226	26792	9054	31844	8612	4306	6459	215300	
Yüzdeleri	37%	15%	7%	12%	4%	15%	4%	2%	3%	100%	
Emisyon Faktörü (g/km)	CO ₂	270	200	205	205	190	180	280	770	95	
	NO _x	2,2	2,3	0,5	0,5	0,7	2,2	1,4	10	0,08	
	CH ₄	0,07	0,07	0,02	0,02	0,005	0,06	0,005	0,06	0,15	
	NMVOC	5,3	4,5	0,5	0,5	0,2	1,5	0,4	1,9	16	
	CO	46	19	2,9	2,9	0,7	7,1	1,6	9	22	
	N ₂ O	0,005	0,005	0,05	0,05	0,01	0	0,02	0,03	0,002	
Ortalama Günlük Menzil (km)	76,54	76,54	76,54	76,54	76,54	76,54	76,54	76,54	76,54		
Yakıt Tüketimleri (l/100km)	11,20	8,30	8,30	8,50	7,30	11,20	10,90	29,90	4,00		
Emisyon Miktarı (t)	CO ₂	1666,75	495,30	238,91	420,38	131,67	438,72	184,57	253,78	46,97	3877,02
	NO _x	13,58	5,70	0,58	1,03	0,49	5,36	0,92	3,30	0,04	30,99
	CH ₄	0,43	0,17	0,02	0,04	0,00	0,15	0,00	0,02	0,07	0,92
	NMVOC	32,72	11,14	0,58	1,03	0,14	3,66	0,26	0,63	7,91	58,06
	CO	283,96	47,05	3,38	5,95	0,49	17,30	1,05	2,97	10,88	373,03
	N ₂ O	0,03	0,01	0,06	0,10	0,01	0,00	0,01	0,01	0,001	0,24

Değişik yakıt türleri ve emisyon standartlarına göre sınıflandırılmış araçların Senaryo II'ye göre hesaplanan emisyon değerleri ise Tablo 4.21'de gösterilmiştir.

Tablo 4.21. EURO III ve dizel otomobil sayısının artışının Senaryo II'ye göre emisyonlara etkisi

SENARYO 2		Otomobil					Minibüs	Otobüs	Motosiklet	TOPLAM	
		Benzinli				Dizel					LPG
		Kontrolsüz	15.04	EURO I	EURO III						
Araç Sayısı		421726	171289	80607	136776	45592	168580	45592	22796	34194	1139800
Yüzdeleri		37%	15%	7%	12%	4%	15%	4%	2%	3%	100%
Emisyon Faktörü (g/km)	CO ₂	270	200	205	205	190	180	280	770	95	
	NO _x	2,2	2,3	0,5	0,5	0,7	2,2	1,4	10	0,08	
	CH ₄	0,07	0,07	0,02	0,02	0,005	0,06	0,005	0,06	0,15	
	NMVO	5,3	4,5	0,5	0,5	0,2	1,5	0,4	1,9	16	
	CO	46	19	2,9	2,9	0,7	7,1	1,6	9	22	
	N ₂ O	0,005	0,005	0,05	0,05	0,01	0	0,02	0,03	0,002	
Ortalama Günlük Menzil (km)		76,54	76,54	76,54	76,54	76,54	76,54	76,54	76,54	76,54	
Yakıt Tüketimleri (l/100km)		11,20	8,30	8,30	8,50	7,30	11,20	10,90	29,90	4,00	
Emisyon Miktarı (t)	CO ₂	8715,31	2622,10	1264,77	2146,11	663,03	2322,56	977,09	1343,50	248,63	20303,10
	NO _x	71,01	30,15	3,08	5,23	2,44	28,39	4,89	17,45	0,21	162,86
	CH ₄	2,26	0,92	0,12	0,21	0,02	0,77	0,02	0,10	0,39	4,82
	NMVO	171,08	59,00	3,08	5,23	0,70	19,35	1,40	3,32	41,88	305,03
	CO	1484,83	249,10	17,89	30,36	2,44	91,61	5,58	15,70	57,58	1955,10
	N ₂ O	0,16	0,07	0,31	0,52	0,03	0,00	0,07	0,05	0,005	1,22

Tablo 4.20 ve tablo 4.21'de görüldüğü gibi tüm Marmaray hattı boyunca emisyon kontrolü bulunmayan otomobil sayısının tüm araçlar içindeki oranının %45'ten %37'ye indirilmesi ve EURO III standardındaki ve dizel otomobillerin sayısının iki katına çıkması yalnız CO₂ emisyonları açısından bakıldığında bile günlük en kötü senaryoyla 90 ton en iyi senaryoyla 700 ton CO₂'in daha fazla salınması önlemektedir. Bu değişim yine aynı şekilde diğer emisyonların oranında da %7 ile %8 arasında bir düşüşe neden olmaktadır. Gelişen teknolojinin püskürtme sistemlerinde, lastiklerin yapısında ve hatta aracın aerodinamik şeklinde yapılan değişimlerle ancak %1 -2'lik emisyon azalmalarına olanak sağlayabildiği, hatta bu nedenle alternatif yakıt teknolojilerine başvurulduğu günümüzde bu yüksek orandaki düşüş çok önemlidir.

4.5.2. Boğaz Geçişlerinin Araç Dağılımına Uyarlanması

Marmaray projesi, 1973 yılından beri hizmet veren Boğaziçi Köprüsü ve 1988 yılından beri hizmet veren Fatih Sultan Mehmet Köprüsüne göre daha hızlı, daha ucuz ve trafik sıkışıklığından uzak bir alternatif oluşturacaktır. Fakat Marmaray hattının özellikle boğaz geçişi kısmını incelerken araçların şehir içindeki genel

dağılımını, hem yüzdesel oranları hem de günlük ortalama menzilleri bakımından baz almak yanlış sonuçlar elde edilmesine neden olacaktır.

2006 yılı verilerine göre Fatih Sultan Mehmet Köprüsü'nden günde ortalama 199.647 ve Boğaziçi Köprüsü'nden günde ortalama 181.444 olmak üzere toplam 381.091 araç geçmektedir. [10] Bu denli aracın Anadolu ve Avrupa yakaları arasında seyahat ettikleri düşünülerek, günlük ortalama menzil olarak, şehir içi trafiğinde kullanılan bir araçtan daha fazla yol kat ettiği hesaba katılmıştır. Bu bağlamda Marmaray hattı üzerindeki Bostancı ve Bakırköy arasındaki 26,05 km'lik mesafe, boğaz geçişinde köprülerin araç dağılımlarının etkisini bulabilmek için kullanılmıştır. Daha sonra bir referans değer oluşturmak amacıyla Bostancı – Bakırköy güzergahının İstanbul araç parkı dağılımına göre emisyonlara etkisi iki senaryo çerçevesinde hesaplanmıştır. Tablo 4.22 Senaryo I'e göre Bostancı – Bakırköy güzergahının emisyonlara etkisini göstermektedir.

Tablo 4.22. Bostancı – Bakırköy güzergahının Senaryo I'e göre emisyonlara etkisi

SENARYO I	Otomobil						Minibüs	Otobüs	Motosiklet	TOPLAM
	Benzinli				Dizel	LPG				
	Kontrolsüz	15.04	EURO I	EURO III						
Araç Sayısı	97876	32355	15226	13874	4748	31844	8612	4306	6459	215300
Yüzdelemi	45%	15%	7%	6%	2%	15%	4%	2%	3%	100%
Emisyon Faktörü (g/km)	CO ₂	270	200	205	205	190	180	280	770	95
	NO _x	2,2	2,3	0,5	0,5	0,7	2,2	1,4	10	0,08
	CH ₄	0,07	0,07	0,02	0,02	0,005	0,06	0,005	0,06	0,15
	NMVOG	5,3	4,5	0,5	0,5	0,2	1,5	0,4	1,9	16
	CO	46	19	2,9	2,9	0,7	7,1	1,6	9	22
	N ₂ O	0,005	0,005	0,05	0,05	0,01	0	0,02	0,03	0,002
Ortalama Günlük Menzil (km)	26,05	26,05	26,05	26,05	26,05	26,05	26,05	26,05	26,05	
Yakıt Tüketimleri (l/100km)	11,20	8,30	8,30	8,50	7,30	11,20	10,90	29,90	4,00	
Emisyon Miktarı (t)	CO ₂	688,41	168,57	81,31	74,09	23,50	149,31	62,82	86,37	1350,37
	NO _x	5,61	1,94	0,20	0,18	0,09	1,82	0,31	1,12	11,29
	CH ₄	0,18	0,06	0,01	0,01	0,00	0,05	0,00	0,01	0,34
	NMVOG	13,51	3,79	0,20	0,18	0,02	1,24	0,09	0,21	21,95
	CO	117,29	16,01	1,15	1,05	0,09	5,89	0,36	1,01	146,54
	N ₂ O	0,01	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,000	0,06

Değişik yakıt türleri ve emisyon standartlarına göre sınıflandırılmış araçların Senaryo II'ye göre hesaplanan emisyon değerleri ise Tablo 4.23'de gösterilmiştir.

Tablo 4.23. Bostancı – Bakırköy güzergahının Senaryo II'ye göre emisyonlara etkisi

SENARYO 2		Otomobil						Minibüs	Otobüs	Motosiklet	TOPLAM
		Benzinli				Dizel	LPG				
		Kontrolsüz	15 04	EURO I	EURO III						
Araç Sayısı		518158	171289	80607	73447	25137	168580	45592	22796	34194	1139800
Yüzdeleri		45%	15%	7%	6%	2%	15%	4%	2%	3%	100%
Emisyon Faktörü (g/km)	CO ₂	270	200	205	205	190	180	280	770	95	
	NO _x	2,2	2,3	0,5	0,5	0,7	2,2	1,4	10	0,08	
	CH ₄	0,07	0,07	0,02	0,02	0,005	0,06	0,005	0,06	0,15	
	NMVOG	5,3	4,5	0,5	0,5	0,2	1,5	0,4	1,9	16	
	CO	46	19	2,9	2,9	0,7	7,1	1,6	9	22	
	N ₂ O	0,005	0,005	0,05	0,05	0,01	0	0,02	0,03	0,002	
Ortalama Günlük Menzıl (km)		26,05	26,05	26,05	26,05	26,05	26,05	26,05	26,05	26,05	
Yakıt Tüketimleri (l/100km)		11,20	8,30	8,30	8,50	7,30	11,20	10,90	29,90	4,00	
Emisyon Miktarı (t)	CO ₂	3644,47	892,42	430,46	392,23	124,41	790,47	332,55	457,25	84,62	7148,88
	NO _x	29,70	10,26	1,05	0,96	0,46	9,66	1,66	5,94	0,07	59,76
	CH ₄	0,94	0,31	0,04	0,04	0,00	0,26	0,01	0,04	0,13	1,78
	NMVOG	71,54	20,08	1,05	0,96	0,13	6,59	0,48	1,13	14,25	116,20
	CO	620,91	84,78	6,09	5,55	0,46	31,18	1,90	5,34	19,60	775,81
	N ₂ O	0,07	0,02	0,10	0,10	0,01	0,00	0,02	0,02	0,002	0,34

Bu referans emisyon değerleriyle karşılaştırmak üzere öncelikle iki köprüye de ait araç dağılımları bulunmuştur. Daha sonra öncelikle Senaryo I'e göre toplam boğaz geçişini yapan araçların Boğaziçi Köprüsü'nü kullanan miktarından yararlanılmıştır. Bu rakam Boğaziçi Köprüsü araç dağılımına göre sınıflandırılarak, emisyon faktörü ve ortalama menzille de çarpılmış ve emisyon miktarları elde edilmiştir. Tablo 4.24 bu emisyon miktarlarını göstermektedir.

Tablo 4.24. Bostancı – Bakırköy güzergahının Boğaziçi modeli kullanılarak Senaryo I'e göre emisyonlara etkisi

SENARYO 1	Otomobil						Minibüs	Otobüs	Motosiklet	TOPLAM	
	Benzinli				Dizel	LPG					
	Kontrolsüz	15.04	EURO I	EURO III							
Araç Sayısı	46129	15376	7176	6150	2050	15376	5125	3075	1025	102508	
Yüzdeleeri	45%	15%	7%	6%	2%	15%	5%	3%	1%	100%	
Emisyon Faktörü (g/km)	CO ₂	270	200	205	205	190	180	280	770	95	
	NO _x	2,2	2,3	0,5	0,5	0,7	2,2	1,4	10	0,08	
	CH ₄	0,07	0,07	0,02	0,02	0,005	0,06	0,005	0,06	0,15	
	NMVOG	5,3	4,5	0,5	0,5	0,2	1,5	0,4	1,9	16	
	CO	46	19	2,9	2,9	0,7	7,1	1,6	9	22	
	N ₂ O	0,005	0,005	0,05	0,05	0,01	0	0,02	0,03	0,002	
Ortalama Günlük Menzıl (km)	26,05	26,05	26,05	26,05	26,05	26,05	26,05	26,05	26,05		
Yakıt Tüketimleri (l/100km)	11,20	8,30	8,30	8,50	7,30	11,20	10,90	29,90	4,00		
Emisyon Miktarı (t)	CO ₂	324,45	80,11	38,32	32,85	10,15	72,10	37,38	61,68	2,54	659,57
	NO _x	2,64	0,92	0,09	0,08	0,04	0,88	0,19	0,80	0,00	5,65
	CH ₄	0,08	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,15
	NMVOG	6,37	1,80	0,09	0,08	0,01	0,60	0,05	0,15	0,43	9,59
	CO	55,28	7,61	0,54	0,46	0,04	2,84	0,21	0,72	0,59	68,30
	N ₂ O	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,03

Değişik yakıt türleri ve emisyon standartlarına göre sınıflandırılmış araçların Senaryo II'ye göre hesaplanan emisyon değerleri ise Tablo 4.25'de gösterilmiştir.

Tablo 4.25. Bostancı – Bakırköy güzergahının Boğaziçi modeli kullanılarak Senaryo II'ye göre emisyonlara etkisi

SENARYO 2		Otomobil					Minibüs	Otobüs	Motosiklet	TOPLAM	
		Benzinli				Dizel					LPG
		Kontrolsüz	15.04	EURO I	EURO III						
Araç Sayısı		244205	81402	37987	32561	10854	81402	27134	16280	5427	542678
Yüzdeleri		45%	15%	7%	6%	2%	15%	5%	3%	1%	100%
Emisyon Faktörü (g/km)	CO ₂	270	200	205	205	190	180	280	770	95	
	NO _x	2,2	2,3	0,5	0,5	0,7	2,2	1,4	10	0,08	
	CH ₄	0,07	0,07	0,02	0,02	0,005	0,06	0,005	0,06	0,15	
	NMVOG	5,3	4,5	0,5	0,5	0,2	1,5	0,4	1,9	16	
	CO	46	19	2,9	2,9	0,7	7,1	1,6	9	22	
	N ₂ O	0,005	0,005	0,05	0,05	0,01	0	0,02	0,03	0,002	
Ortalama Günlük Menzil (km)		26,05	26,05	26,05	26,05	26,05	26,05	26,05	26,05	26,05	
Yakıt Tüketimleri (l/100km)		11,20	8,30	8,30	8,50	7,30	11,20	10,90	29,90	4,00	
Emisyon Miktarı (t)	CO ₂	1717,62	424,10	202,86	173,88	53,72	381,69	197,91	326,56	13,43	3491,78
	NO _x	14,00	4,88	0,49	0,42	0,20	4,67	0,99	4,24	0,01	29,90
	CH ₄	0,45	0,15	0,02	0,02	0,00	0,13	0,00	0,03	0,02	0,81
	NMVOG	33,72	9,54	0,49	0,42	0,06	3,18	0,28	0,81	2,26	50,77
	CO	292,63	40,29	2,87	2,46	0,20	15,06	1,13	3,82	3,11	361,56
	N ₂ O	0,03	0,01	0,05	0,04	0,00	0,00	0,01	0,01	0,000	0,16

Boğaziçi Köprüsü'nün %91'lik otomobil, %5'lik minibüs, %3'lük otobüs ve %1'lik motosiklet oranlarının İstanbul araç parkıyla benzerlik göstermesi dikkat çekicidir. Bu adımdan sonra yine öncelikle Senaryo I'e göre toplam boğaz geçişini yapan araçların bu sefer FSM Köprüsünü kullanan miktarından yararlanılmıştır. Bu rakam FSM Köprüsü araç dağılımına göre sınıflandırılarak, emisyon faktörü ve ortalama menzille de çarpılmış ve emisyon miktarları elde edilmiştir. Tablo 4.26 da bu emisyon miktarlarını göstermektedir.

Değişik yakıt türleri ve emisyon standartlarına göre sınıflandırılmış araçların Senaryo II'ye göre hesaplanan emisyon değerleri ise Tablo 4.27'de gösterilmiştir. Boğaziçi Köprüsünün araç dağılımıyla karşılaştırıldığında FSM Köprüsü, İstanbul araç parkı dağılımıyla büyük farklılıklar içermektedir. Özellikle minibüslerin %24 gibi yüksek bir oranda oluşu ve emisyon kontrolü olmayan otomobillerin ise yüzdesinin %34'e gerilemiş olması dikkat çekicidir.

Bu adımdan sonra iki köprü modeline göre ayrı ayrı hesaplanmış olan emisyon miktarları toplanarak, Tablo 4.22 ve Tablo 4.23'te hesaplanmış olan referans değerlerle karşılaştırılacak ve sonuçlar irdelenecektir.

Tablo 4.26. Bostancı – Bakırköy güzergahının FSM modeli kullanılarak Senaryo I’e göre emisyonlara etkisi

SENARYO 1		Otomobil						Minibus	Otobüs	Motosiklet	TOPLAM
		Benzinli				Dizel	LPG				
		Kontrolsüz	15.04	EURO I	EURO III						
Araç Sayısı		38349	12407	5640	5640	2256	12407	27070	4512	3384	112792
Yüzdeleri		34%	11%	5%	5%	2%	11%	24%	4%	3%	100%
Emisyon Faktörü (g/km)	CO ₂	270	200	205	205	190	180	280	770	95	
	NO _x	2,2	2,3	0,5	0,5	0,7	2,2	1,4	10	0,08	
	CH ₄	0,07	0,07	0,02	0,02	0,005	0,06	0,005	0,06	0,15	
	NMVOG	5,3	4,5	0,5	0,5	0,2	1,5	0,4	1,9	16	
	CO	46	19	2,9	2,9	0,7	7,1	1,6	9	22	
	N ₂ O	0,005	0,005	0,05	0,05	0,01	0	0,02	0,03	0,002	
Ortalama Günlük Menzil (km)		26,05	26,05	26,05	26,05	26,05	26,05	26,05	26,05	26,05	
Yakıt Tüketimleri (l/100km)		11,20	8,30	8,30	8,50	7,30	11,20	10,90	29,90	4,00	
Emisyon Miktarı (t)	CO ₂	269,73	64,64	30,12	30,12	11,17	58,18	197,45	90,50	8,37	760,27
	NO _x	2,20	0,74	0,07	0,07	0,04	0,71	0,99	1,18	0,01	6,01
	CH ₄	0,07	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	0,14
	NMVOG	5,29	1,45	0,07	0,07	0,01	0,48	0,28	0,22	1,41	9,31
	CO	45,95	6,14	0,43	0,43	0,04	2,29	1,13	1,06	1,94	59,41
	N ₂ O	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,000	0,04

Tablo 4.27. Bostancı – Bakırköy güzergahının FSM Modeli kullanılarak Senaryo II’ye göre emisyonlara etkisi

SENARYO 2	Otomobil						Minibüs	Otobüs	Motosiklet	TOPLAM	
	Benzinli				Dizel	LPG					
	Kontrolsüz	15.04	EURO I	EURO III							
Araç Sayısı	203021	65683	29856	29856	11942	65683	143309	23885	17914	597122	
Yüzdeleri	34%	11%	5%	5%	2%	11%	24%	4%	3%	100%	
Emisyon Faktörü (g/km)	CO ₂	270	200	205	205	190	180	280	770	95	
	NO _x	2,2	2,3	0,5	0,5	0,7	2,2	1,4	10	0,08	
	CH ₄	0,07	0,07	0,02	0,02	0,005	0,06	0,005	0,06	0,15	
	NMVOG	5,3	4,5	0,5	0,5	0,2	1,5	0,4	1,9	16	
	CO	46	19	2,9	2,9	0,7	7,1	1,6	9	22	
	N ₂ O	0,005	0,005	0,05	0,05	0,01	0	0,02	0,03	0,002	
Ortalama Günlük Menzil (km)	26,05	26,05	26,05	26,05	26,05	26,05	26,05	26,05	26,05		
Yakıt Tüketimleri (l/100km)	11,20	8,30	8,30	8,50	7,30	11,20	10,90	29,90	4,00		
Emisyon Miktarı (t)	CO ₂	1427,95	342,21	159,44	159,44	59,11	307,99	1045,30	479,09	44,33	4024,86
	NO _x	11,64	3,94	0,39	0,39	0,22	3,76	5,23	6,22	0,04	31,82
	CH ₄	0,37	0,12	0,02	0,02	0,00	0,10	0,02	0,04	0,07	0,75
	NMVOG	28,03	7,70	0,39	0,39	0,06	2,57	1,49	1,18	7,47	49,28
	CO	243,28	32,51	2,26	2,26	0,22	12,15	5,97	5,60	10,27	314,51
	N ₂ O	0,03	0,01	0,04	0,04	0,00	0,00	0,07	0,02	0,001	0,21

Özellikle CO₂ emisyonu dikkate alındığında köprü modellerinin değerlerinin toplanmasıyla Senaryo II’ye göre 7.516,64 ton CO₂’nin salındığı hesaplanmaktadır. Bu değer hesaplanmış olan referans değer olan 7.148,88 tonun %5 üzerindedir. Bu da köprü dağılımının emisyonların hesabında dikkate alınması gereken bir parametre

olduğunu göstermektedir. Hesaplanmış olan diğer tüm emisyonların oranında da yine %5 civarında artış gözlemlenmiştir.

4.5.3. Toplu Taşımacılığa Önem Verilmesi

Daha önce de bahsedilmiş olduğu gibi İstanbul, %73,9'luk toplu taşımacılık payıyla Tokyo, Bangkok, Manila gibi birçok yüksek nüfuslu dünya metropolünden daha fazla toplu taşımacılığa önem vermiştir. 1000 kişi başına düşen araç sayısının ancak son birkaç yıldaki düzelen ekonomik gelişmeler sonucu dünya ortalamasının çok altında bir değer olan 150'ye ulaşmasının da bir sonucu olan bu durum emisyon salımları konusunda ise olumlu bir etki oluşturmaktadır.

Bu senaryo çerçevesinde ise İstanbul'un bu özelliğinin çeşitli teşvik politikaları sayesinde daha da arttırılabilecek toplu taşımacılık paylarıyla emisyon salımlarında sağlayabileceği değişim irdelenecektir.

Bu bağlamda Marmaray hattını kullanan, İstanbul araç parkındaki otobüs ve minibüslerin yüzdeleri iki katına çıkarılmış, sağlanan artış kadar araç da emisyon kontrolü bulunmayan araç sayısından düşülmüştür. Tablo 4.28 bu değişim sonucu Senaryo I'e göre hesaplanmış emisyon miktarlarını göstermektedir.

Tablo 4.28. Toplu taşımacılığın arttırılmasının Senaryo I'e göre emisyonlara etkisi

SENARYO I		Otomobil						Minibüs	Otobüs	Motosiklet	TOPLAM
		Benzinli				Dizel	LPG				
		Kontrolsüz	15.04	EURO I	EURO III						
Araç Sayısı		64671	21379	10061	9167	3137	21040	12184	6092	4569	152300
Yüzdelemi		42%	14%	7%	6%	2%	14%	8%	4%	3%	100%
Emisyon Faktörü (g/km)	CO ₂	270	200	205	205	190	180	280	770	95	
	NO _x	2,2	2,3	0,5	0,5	0,7	2,2	1,4	10	0,08	
	CH ₄	0,07	0,07	0,02	0,02	0,005	0,06	0,005	0,06	0,15	
	NMVOOC	5,3	4,5	0,5	0,5	0,2	1,5	0,4	1,9	16	
	CO	46	19	2,9	2,9	0,7	7,1	1,6	9	22	
	N ₂ O	0,005	0,005	0,05	0,05	0,01	0	0,02	0,03	0,002	
Ortalama Günlük Menzil (km)		76,54	76,54	76,54	76,54	76,54	76,54	76,54	76,54	76,54	
Yakıt Tüketimleri (l/100km)		11,20	8,30	8,30	8,50	7,30	11,20	10,90	29,90	4,00	
Emisyon Miktarı (t)	CO ₂	1336,48	327,26	157,86	143,84	45,62	289,88	261,12	359,04	33,22	2954,32
	NO _x	10,89	3,76	0,39	0,35	0,17	3,54	1,31	4,66	0,03	25,10
	CH ₄	0,35	0,11	0,02	0,01	0,00	0,10	0,00	0,03	0,05	0,67
	NMVOOC	26,23	7,36	0,39	0,35	0,05	2,42	0,37	0,89	5,60	43,65
	CO	227,70	31,09	2,23	2,03	0,17	11,43	1,49	4,20	7,69	288,04
	N ₂ O	0,02	0,01	0,04	0,04	0,00	0,00	0,02	0,01	0,001	0,14

Minibüs ve otobüslerin sayısının arttırılması, araçların İstanbul araç parkı içindeki yüzdelerini değiştirmiş bu nedenle Senaryo I ve Senaryo II'ye göre hesaplanan araç

sayılarında da değişiklikler oluşmuştur. Bu nedenle farklı türdeki araç sayılarını belirleyebilmek için aşağıdaki denklemler tekrar oluşturulmuştur:

$$4.x + 100.y + 25.z + t = 1436191 \quad (4.11)$$

Bu denklemde yerine koyulmak üzere her bir araç türü, İstanbul araç parkı içindeki yeni dağılımlarına göre bir k sabitine eşitlenmiştir. Buna göre:

$$x = 85k, y = 4k, z = 8k, t = 3k \quad (4.12)$$

Bu değerler 4.11 denkleminde yerine konularak 4.13 denklemi elde edilmiş ve k sabitinin değeri bulunmuştur:

$$\begin{aligned} 4.85k + 100.4k + 25.8k + 3k &= 1436191 \\ 340k + 400k + 200k + 3k &= 1436191 \\ 943k &= 1436191 \\ k &= 1523 \end{aligned} \quad (4.13)$$

k sabiti yerine konularak bu sayıdaki yolcunun Marmaray hattı yerine her bir araç türünden kaçar adet kullanması gerektiği hesaplanmıştır:

$$\begin{aligned} otomobil(x) &= 129455 & min\,ibüs(z) &= 12184 \\ otobüs(y) &= 6092 & motosiklet(t) &= 4569 \end{aligned} \quad (4.14)$$

Farklı türdeki araç sayılarını belirleyebilmek için Senaryo II'deki araç doluluk oranına göre aşağıdaki denklemlerin de yeniden düzenlenmesi gerekmiştir:

$$x + 10.y + 3.z + t = 1436191 \quad (4.15)$$

Bu denklemde yerine koyulmak üzere her bir araç türü, İstanbul araç parkı içindeki yeni dağılımlarına göre bir k sabitine eşitlenmiştir. Buna göre:

$$x = 85k, y = 4k, z = 8k, t = 3k \quad (4.16)$$

Bu değerler 4.15 denkleminde yerine konularak 4.17 denklemi elde edilmiş ve k sabitinin değeri bulunmuştur:

$$85k + 10.4k + 3.8k + 3k = 1436191$$

$$85k + 40k + 24k + 3k = 1436191$$

$$152k = 1436191$$

$$k = 9448$$

(4.17)

k sabiti yerine konularak bu sayıdaki yolcunun Marmaray hattı yerine her bir araç türünden kaçar adet kullanması gerektiği hesaplanmıştır:

$$otomobil(x) = 803080$$

$$minibüs(z) = 75584$$

(4.18)

$$otobüs(y) = 37792$$

$$motosiklet(t) = 28344$$

4.18 no'lu denklemde elde edilmiş araç sayıları Tablo 4.29'da yerine koyularak toplu taşımacılığın arttırılmasının emisyon salımlarına olan etkisi Senaryo II ile belirlenmiş olan araç doluluk oranlarına göre irdelenmiştir.

Tablo 4.29. Toplu taşımacılığın arttırılmasının Senaryo II'ye göre emisyonlara etkisi

SENARYO 2		Otomobil					Minibüs	Otobüs	Motosiklet	TOPLAM	
		Benzinli				Dizel					LPG
		Kontrolsüz	15.04	EURO I	EURO III						
Araç Sayısı		401191	132623	62411	56867	19462	130525	75548	37792	28344	944763
Yüzdeleri		42%	14%	7%	6%	2%	14%	8%	4%	3%	100%
Emisyon Faktörü (g/km)	CO ₂	270	200	205	205	190	180	280	770	95	
	NO _x	2,2	2,3	0,5	0,5	0,7	2,2	1,4	10	0,08	
	CH ₄	0,07	0,07	0,02	0,02	0,005	0,06	0,005	0,06	0,15	
	NMVOG	5,3	4,5	0,5	0,5	0,2	1,5	0,4	1,9	16	
	CO	46	19	2,9	2,9	0,7	7,1	1,6	9	22	
	N ₂ O	0,005	0,005	0,05	0,05	0,01	0	0,02	0,03	0,002	
Ortalama Günlük Menzil (km)		76,54	76,54	76,54	76,54	76,54	76,54	76,54	76,54	76,54	
Yakıt Tüketimleri (l/100km)		11,20	8,30	8,30	8,50	7,30	11,20	10,90	29,90	4,00	
Emisyon Miktarı (t)	CO ₂	8290,93	2030,19	979,27	892,28	283,03	1798,27	1619,08	2227,30	206,10	18326,46
	NO _x	67,56	23,35	2,39	2,18	1,04	21,98	8,10	28,93	0,17	155,68
	CH ₄	2,15	0,71	0,10	0,09	0,01	0,60	0,03	0,17	0,33	4,18
	NMVOG	162,75	45,68	2,39	2,18	0,30	14,99	2,31	5,50	34,71	270,80
	CO	1412,53	192,87	13,85	12,62	1,04	70,93	9,25	26,03	47,73	1786,86
	N ₂ O	0,15	0,05	0,24	0,22	0,01	0,00	0,12	0,09	0,004	0,88

Toplu taşımacılığın arttırılmasının özellikle CO₂ emisyonu açısından incelendiğinde Senaryo I'e göre %34'lük Senaryo II'ye göre de %15'lik bir iyileştirme getirdiği görülmektedir. Diğer emisyonlar açısından da Senaryo I'e göre %32 ile %49 arası Senaryo II'ye göre de %13 ile %28 arasında bir iyileşme hesaplanmıştır. Bu model çerçevesindeki oranda arttırılmasa da toplu taşımacılığın arttırılmasının emisyon salımlarına olan etkisi dikkat çekici boyutlardadır.

5. SONUÇLAR

Sanayi devrimiyle birlikte fosil yakıtların kullanımının giderek artması ve ormanların hızla yok edilmesi atmosferdeki insan kaynaklı sera gazlarının miktarını önemli ölçüde artırmıştır. İklim değişikliğine yol açan faktörler arasında en önemli payı insan kaynaklı sera gazları almakta, bunların içerisinde de karbon dioksit (CO₂) insan kaynaklı sera gazı etkisinin yüzde 60 kadarından sorumlu tutulmaktadır.

Ulaştırma sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonlarının toplam emisyonlara oranı incelendiğinde ise 2004 yılı ölçümlerinde %18'lik bir değer bulunmuş, 2010 yılı öngörülerinde de bu değer %16 olacağı tahmin edilmektedir. Bu nedenle ülkemizde özellikle geliştirilen yeni proje ve yatırımlarla bu oranın daha da aşağı çekilmesi planlanmaktadır. İstanbul – Bursa arasını 75 dk.'ya indiren hızlı feribot seferleri, 542 km'lik Karadeniz Sahil Yolu Projesi, İstanbul – Ankara arasındaki 533 km'lik mesafeyi 3 saate indirecek hızlı tren projesi ulaşım sektöründeki farklı sistemlere birer örnek olarak gösterilebilir.

Bu projeler arasında en önemlilerinden biri ise İstanbul boğazı demiryolu boğaz tüp geçişi ve Gebze – Halkalı banliyö hatlarının iyileştirilmesi projesi olarak adlandırılan Marmaray projesidir. Bu çalışma kapsamında da, Marmaray projesinin karayolu ulaşımından kaynaklanan sera gazı emisyonlarına etkisi incelenmiş, daha sonra da oluşturulan çeşitli senaryolar yardımıyla sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik modeller oluşturulmuştur.

Emisyon hesaplamaları sırasında IPCC tarafından önerilmiş olan ve detaylı yaklaşımlar olarak anılan TIER 2 ve TIER 3 yaklaşımları kullanılmıştır. Böylece taşıt gruplarından yola çıkılarak, araçlar tükettikleri yakıt türüne ve sahip oldukları emisyon standardına göre de sınıflandırılmış ve detaylı olarak her grubun neden olduğu emisyonlar hesaplanmıştır. Emisyon faktörleri belirlenirken ise veri eksikliği nedeniyle, IPCC kılavuzunda önerildiği gibi her ülkenin tercih etmesi gereken kendi emisyon faktörleri yerine yine aynı kılavuzda belirtilmiş olan ve Avrupa ülkelerinin ortalamalarına göre hesaplanmış olan değerler kullanılmıştır. Bundan sonraki Türkiye'nin emisyon envanterini oluşturmak için yapılacak çalışmalarda ise AB'nin

kullandığı COPERT gibi bir modelden yararlanılarak bazı büyük şehirlere ve kritik bölgelere göre seyir çevrimleri oluşturulmalı, bu bölgelerdeki hava koşulları da değerlendirilerek, tüm Türkiye için daha önce belirlenmiş olan taşıt gruplarına göre ortalama emisyon faktörleri belirlenmelidir. Böylece daha kesin sonuçlar elde edilecektir.

Marmaray projesinin sera gazı emisyonlarına etkisinin hesaplanması aşamasında öncelikle günümüzdeki mevcut raylı sistemlerin günlük yolcu yoğunluk dağılımı bilgisinden yararlanılmıştır. Marmaray hattının tek yönde bir saatteki yolcu taşıma kapasitesi de bilinmektedir. Böylece Marmaray hattının günlük yolcu taşıma kapasitesi bu dağılıma göre uyarlanarak bulunmuştur. Daha sonra emisyonların azaltılmasına olan etki, bu yolcuların Marmaray yerine gündelik kullanıyor oldukları araçları kullanmaları durumunda atmosfere saldıkları emisyon miktarlarının, aslında Marmaray hattının kullanımıyla atmosfere daha az salınan emisyon miktarı olduğu mantığına göre hesaplanmıştır. Bu noktada araç dağılımları olarak Türkiye ve İstanbul'un araç parkı dağılımları karşılaştırılmış ve İstanbul araç parkı dağılımının kullanılmasının daha doğru olacağına karar verilmiştir.

Hesaplamalar sırasında Marmaray hattının bütünü olan 76,54 km'lik mesafenin tümünün her gün bu hattı kullanacak olan tüm yolcular tarafından kat edilmesi yerine hattın ortalama menzilini simüle edecek şekilde beş ayrı güzergaha ayrılması öngörülmüştür. Bu güzergahların her birinin emisyonlara etkisi hesaplanmış daha sonra da en iyimser senaryo olarak da tüm bu etkiler toplanmıştır.

Güzergahların emisyonlara etkisi hesaplanırken ve daha sonra oluşturulacak diğer modellerde de araç doluluk oranına göre oluşturulmuş iki senaryo uygulanmıştır. Bunlardan Senaryo I her otomobilde 4, her otobüste 100, her minibüste 25 ve her motosiklette 1 kişi bulunduğunu öngörmektedir. Senaryo II'ye göre ise her otomobilde 1, her otobüste 10, her minibüste 3 ve her motosiklette 1 kişi bulunmaktadır. Burada unutulmaması gereken nokta Marmaray projesinin katkısı incelenirken insanların kendi araçları yerine Marmaray hattını tercih edebilecekleri türdeki araçların emisyonların azaltılmasına olan katkısının dikkate alındığıdır. Bir başka deyişle İstanbul araç parkı içinde bulunan bir traktör veya kamyonun etkisi dikkate alınmamıştır. Bu senaryolar sayesinde araç doluluk oranının emisyonların salınımına olan dikkat çekici etkisi de irdelenmiştir.

Bütün bu öngörüler, senaryolar ve hesaplamalar sonucunda Marmaray hattının günlük sera gazı emisyonlarına etkisinin özellikle CO₂ gazı dikkate alındığında en kötü senaryoyla 750, en iyi senaryoyla ise ortalama 4000 ton olduğu bulunmuştur. Fakat bu değer de tam olarak net bir değer değildir. Çünkü Marmaray hattının kullanımı sırasında tüketilen enerjinin üretimi sırasında atmosfere salınan emisyon miktarı göz önüne alınmamıştır. Bu miktarın da bulunabilmesi için yeterli veri olmadığından tekrar mevcut raylı sistemler üzerinden bir yaklaşım yapılması gerekmiştir. Taksim – 4. Levent metrosunun uzunluğu ve yıllık enerji tüketimi bilinmektedir. Buradan hareketle öncelikle uzunluğu bilinen Marmaray hattının günlük enerji tüketim değeri doğru orantı yapılarak bulunmuş, daha sonradan da bu değer yaklaşık 220 ton CO₂'e eşdeğer olduğu hesaplanmıştır. Böylece Marmaray hattının en kötü senaryoyla 530, en iyi senaryoyla ise ortalama 3780 ton CO₂'nin daha az salınmasına katkıda bulunacağı ortaya çıkmıştır. Hesaplamalar esnasında miktarları hesaplanmış diğer gazlar da CH₄, N₂O, NO_x, CO ve NMVOC'dur. Marmaray hattının bu gazların da daha az salınmasına katkısı büyüktür.

Bu noktadan sonra Marmaray hattının verileri kullanılarak çeşitli senaryolar geliştirilmiş ve böylece araç kullanım alışkanlıklarına da yön vermek amaçlanmıştır. Bu bağlamda geliştirilen ilk senaryoya göre Marmaray hattını kullanan, İstanbul araç parkındaki EURO III standardındaki ve dizel araçların yüzdeleri iki katına çıkarılmış, sağlanan artış kadar araç da emisyon kontrolü bulunmayan araç sayısından düşülmüştür. Böylece yalnız CO₂ emisyonları açısından bakıldığında bile günlük en kötü senaryoyla 90 ton en iyi senaryoyla 700 ton CO₂'in daha fazla salınması önlenmiştir. Bu değişim yine aynı şekilde diğer emisyonların oranında da %7 ile %8 arasında bir düşüşe neden olmaktadır. Bu da emisyon kontrolü olmayan araçların trafikten çekilerek düşük emisyon faktörlerine sahip son emisyon standartlarındaki araçların veya düşük karbon içerikli dizel araçların kullanımının emisyonların azaltılabilmesi açısından önemini anlatmaktadır.

Bir diğer senaryo olarak Marmaray hattının boğaz geçişi bölümündeki emisyon verilerini daha gerçekçi bir şekilde elde etmek için boğaz köprülerinden geçen araçların dağılımlarından yararlanılmıştır. Öncelikle boğaz geçişini kullanan araçların şehir içi trafiğinde seyreden bir araca göre ortalama günlük menzilin daha fazla olacağından hareketle Bostancı – Bakırköy arasındaki 26,05 km'lik mesafe pilot bölge olarak alınmıştır. Daha sonra İstanbul araç parkı dağılımına göre

hesaplanan referans emisyon verileriyle boğaz köprüsü geçiş dağılımlarına göre ayrı ayrı hesaplanan veriler bulunmuştur. İki köprünün verileri toplanıp referans değerlerle karşılaştırıldığında gerçek verilerin %5 daha yüksek olduğu hesaplanmıştır. Bu da köprü dağılımının emisyonların hesabında dikkate alınması gereken bir parametre olduğunu göstermektedir.

Son senaryo olarak da toplu taşımacılığın arttırılmasının sera gazı emisyonlarına etkisi incelenmiştir. Bu amaçla İstanbul araç parkındaki otobüs ve minibüslerin yüzdeleri iki katına çıkarılmış, sağlanan artış kadar araç da emisyon kontrolü bulunmayan araç sayısından düşülmüştür. Sonuç olarak hesaplamalar sonrasında toplu taşımacılığın arttırılmasının tüm emisyonlar açısından da Senaryo I'e göre %32 ile %49 arası, Senaryo II'ye göre de %13 ile %28 arasında bir iyileşme sağladığı bulunmuştur. Bu senaryo çerçevesindeki oranda arttırılmasa da toplu taşımacılığın arttırılmasının emisyon salımlarına olan etkisi irdelenmiştir.

Bütün bu bilgiler ışığında ulaştırma sektörü nedeniyle ve özellikle karayolu ulaşımında açığa çıkan emisyonların miktarını düşürmek için bazı çözüm önerilerinde bulunulabilir. Bunlardan ilki trafiğe yeni çıkan taşıtların yakıt tüketimlerinin azaltılmasıdır. Taşıt ve motor teknolojisindeki iyileştirmeler sonucunda azaltılabilecek bu değer, hafif malzeme kullanımıyla ve boyut küçültme sonucunda taşıt kütlesinin azaltılması ve taşıtların aerodinamik özelliklerindeki iyileştirmeler sonucu da azalacaktır. Bu doğrultudaki çalışmalar özellikle şehir içi ulaşımında küçük otomobillerin kullanımının yaygınlaştırılması, dizel motorlu otomobillerin ve hibrid taşıtların yaygın kullanımını sağlamak amacıyla vergilendirme politikalarında uygulanacak yaklaşımları içermektedir. Ancak çarpışma emniyetinin ve kullanıcı istekleri doğrultusunda konfor kriterlerinin sağlanabilmesi için taşıt kütlesinin belirli değerlerin altına düşürülmesi mümkün olmamaktadır. [15]

İkinci çözüm önerisi olarak sera gazı üretimi daha düşük olan alternatif yakıtların kullanımının yaygınlaştırılması sayılabilir. İçten yanmalı motor teknolojisindeki gelişmeler de alternatif yakıt kullanımı ile birlikte, CO₂ emisyonlarının kontrolünde özellikle kısa ve orta dönemde önem taşımaktadır. Fakir karışımli yanmanın uygulandığı direkt püskürtmeli benzin motorları düşük yakıt tüketimi nedeniyle özellikle Japonya ve AB ülkelerinde yaygınlaşmaktadır. Bunun dışında motorlarda elektronik kontrol donanımlarının kullanımı, verimi arttırıcı tasarıma dayalı

önlemlerin alınması, küçük strok hacimli motorların şehir içi koşullarda tam yüke yakın işletme koşullarında çalıştırılması da yakıt tüketimi açısından fayda sağlayacaktır. Ayrıca LPG, doğal gaz, hidrojen, alkol yakıtlar ve biodizel gibi yakıtların benzin ve dizel yakıtına alternatif olarak veya katkı maddesi olarak kullanımı da yakıt tüketiminde veya emisyonların düşürülmesinde avantaj sağlayacaktır. Ancak alternatif yakıtların karşılaştırılmasında, kaynaktan son kullanıma kadarki süreç değerlendirilmeli ve yakıtın üretim aşamasında ortaya çıkan emisyonların da yakıtın taşıtlarda kullanımı sırasındaki emisyonlar kadar önemli olduğu dikkate alınmalıdır. AB ve bazı ülkelerde son yıllarda uygulamaya konulan teknolojik önlemler sonucunda trafiğe yeni çıkan taşıt filolarının yakıt tüketimi ve CO₂ emisyonu ortalama değerlerinde belirgin düşüş sağlanmıştır. Bu eğilimin önümüzdeki yıllarda da sürdürüleceği ön görülmektedir. Ülkemiz koşullarında ise trafikteki araçların yenilenme hızı düşük olduğundan, yeni teknoloji ile üretilen taşıtların toplam emisyonlara etkisinin ortaya çıkma süresi uzun olmaktadır. [15]

Bir diğer çözüm önerisi de trafik akışının düzenlenmesidir. Trafik akışının düzenlenmesi sonucunda şehir içi ortamında araçların yakıt tüketimi açısından en uygun şartlarda kullanımının sağlanması yakıt tüketimini düşürecektir. Araç seyrinde 50-60 km/saat değerindeki sabit hızlar, yakıt tüketiminin en düşük olduğu koşulları sağlamaktadır. Dolayısıyla trafik akışının ayarlanması ve trafikteki sıkışıklıkların giderilmesi, trafik ışıklarının senkronizasyonu toplam yakıt tüketimi ve CO₂ emisyonlarını etkilemektedir. Ayrıca otoyollarda uygulanan maksimum hızın sınırlandırılması da önem taşımaktadır. [15]

Son çözüm önerisi olarak da ulaşım planlaması sonucu alternatif yaklaşımların kullanımı gelmektedir. Uygulanan ulaşım planlaması sonucunda bütünleşik toplu taşımacılığın payının artırılması, araçların tam yolcu kapasitesi ile yüklenmesini sağlayacak ve yolcu başına enerji tüketimini sınırlayacaktır. Deniz ve demiryolu ulaşımının olanaklı olduğu bölgelerde bu olanağın değerlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca ülke koşullarına uygun olarak yolculuk alışkanlıklarının değiştirilmesi yolundaki çabalar da sera gazı emisyonlarını azaltmaktadır. Yürüyüş ve bisiklet kullanımına uygun alt yapının sağlanması ve teşviki ulaştırma sektöründeki enerji tüketiminin düşürülmesini sağlayacaktır. [15]

KAYNAKLAR

- [1] **Alley, R., Berntsen, T., Bindoff, N. L., Chen, Z. and Chidthaisong, A., 2007.** *Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Summary for Policymakers*, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Paris.
- [2] **Atalık, A., 2001.** Küresel Isınma, Su Kaynakları ve Tarım Üzerine Etkileri, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, İstanbul Şube Başkanlığı, İstanbul.
- [3] **Diler, A., 2006.** Şehir İçi Toplu Taşımacılıkta Kullanılan Otobüslerde, Doğal Gaz Kullanımının Karbon Dioksit Emisyonlarına Etkileri, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [4] **DLH, 2007.** Demiryollar Limanlar ve Havameydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü, Marmaray: Asrın Projesi, (Internet sayfasında bulunmaktadır: <http://www.marmaray.com.tr>).
- [5] **DPT, 2000.** Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, İklim Değişikliği Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.
- [6] **Güçlü, S. B., 2006.** Kyoto Protokolü ve Türkiye'nin Protokol Karşısında Durumu, Eti Maden İşletmeleri G.M., Pazarlama ve Satış Dairesi Başkanlığı, PAG Müdürlüğü.
- [7] **IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997.** Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume I: Reporting Instructions, Chapter 1 pp 1-4, Intergovernmental Panel on Climate Change, United Nations Environment Programme, Organization for Economic Co-Operation and Development, International Energy Agency, Paris.
- [8] **IPCC/UNEP/OECD/IEA, 1997.** Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume II: Workbook, Chapter 1 pp 3-23, Intergovernmental Panel on Climate Change, United Nations Environment Programme, Organization for Economic Co-Operation and Development, International Energy Agency, Paris.

- [9] **IPCC/UNEP/OECD/IEA**, 1997. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume III: Reference Manual, Chapter 1 pp 4-44, 62-98, Intergovernmental Panel on Climate Change, United Nations Environment Programme, Organization for Economic Co-Operation and Development, International Energy Agency, Paris.
- [10] **İstanbul Büyükşehir Belediyesi**, 2001. Sayılarla İstanbul, Yıllar İtibariyle Araç Sınıflarına Göre Köprülerden Geçen Araç Sayıları ve Oranları, İstanbul.
- [11] **Karakaya, E. ve Özçağ, M.**, 2003. Türkiye Açısından Kyoto Protokolü'nün Değerlendirilmesi ve Ayrıştırma (Decomposition) Yöntemi ile CO₂ Emisyonu Belirleyicilerinin Analizi, VII. ODTÜ Ekonomi Konferansı, Ankara.
- [12] **Kutlar, A., Ergeneman, M. ve Arslan, H.**, 1998. Taşıt Egzozundan Kaynaklanan Kirleticiler, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [13] **Ministry of Environment and Forestry**, 2007. *First National Communication of Turkey on Climate Change*, Under the United Nations Framework Convention on Climate Change, Republic of Turkey.
- [14] **Pekin, M. A.**, 2006. Ulaştırma Sektöründen Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [15] **Soruşbay, C.**, 2005. Karayolu Ulaşımından Kaynaklanan Karbon Dioksit Emisyonlarının Çevreye Etkisi ve Kontrolü, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, IX. Otomotiv Yan Sanayi Sempozyumu, İstanbul.
- [16] **Sunay, Ç.**, 2007. Atmosfer ve Sera Etkisi, (Internet sayfasında bulunmaktadır: http://zinderud.com/index.php?option=com_content&task=view&id=728&Itemid=103).
- [17] **Şahin, M.**, 2005. İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Türkiye, Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Hava Yönetimi Daire Başkanlığı, Ankara.
- [18] **Şahin, M.**, 2006. İklim Değişikliği ve Türkiye, İklim Değişikliği İçin Paydaşlar Buluşması, Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Hava Yönetimi Daire Başkanlığı, İstanbul.
- [19] **T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı**, 2005. Karayolu Ulaşım İstatistikleri, Karayolları Genel Müdürlüğü, Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı, Ulaşım ve Maliyet Etütleri Şb. Müdürlüğü, Ankara.

- [20] **T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı**, 2007. Küresel Isınma ve İklim Değişikliği, (Internet sayfasında bulunmaktadır: <http://www.iklim.cevreorman.gov.tr/>).
- [21] **T.C. İstanbul Büyükşehir Belediyesi**, 2003. İstanbul Büyükşehir Belediyesi 2007 – 2011 Stratejik Planı, İstanbul.
- [22] **T.C. Ulaştırma Bakanlığı**, 2005. Ulaştırmadan Haberleşmeye Çağrı Yakalayan Türkiye, Ankara.
- [23] **Tunç, G.İ., Akbostancı, E. ve Aşık, S.T.**, 2006. *CO₂, Üretim ve Dış Ticaret: Türkiye İçin Bir Girdi Çıktı Yaklaşımı*, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Ekonomi Bölümü, Ankara, Türkiye.
- [24] **TÜİK**, 2007. Türkiye İstatistik Kurumu, Ulaştırma İstatistikleri: İllere Göre Motorlu Kara Taşıtları Sayısı, (Internet sayfasında bulunmaktadır: http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=486&tb_id=2).
- [25] **Türkeş, M.**, 2002. İklim Değişikliği: Türkiye – İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi İlişkileri ve İklim Değişikliği Politikaları, Bilim ve Teknoloji Stratejileri Teknoloji Öngörü Projesi, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü.
- [26] **Ulueren, M.**, 2006. Küresel Isınma BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve KYOTO Protokolü, (T.C. Dışişleri Bakanlığı Internet sayfasında bulunmaktadır:http://www.mfa.gov.tr /MFA_tr / Yayinlar / Disisleri BakanligiYayinlari/EkonomikSorunlarDergisi/Sayi3/KureselIsinma.htm).
- [27] **Vatan Gazetesi**, 2007. (Internet sayfasında bulunmaktadır: <http://www.gazetevatan.com/root.vatan?exec=kategori&Categoryid=1&tarih=01.03.2007>).
- [28] **WWF**, 2007. World Wildlife Fund, (Available on the internet at: http://www.panda.org/about_wwf/what_we_do/climate_change/news/index.cfm?uNewsID=94121).

ÖZGEÇMİŞ

Rıfat Kohen Yanarocak, 1981 yılında İstanbul’da doğdu. İlk öğrenimini Turhan ve Mediha Tansel İlkokulu’nda tamamladıktan sonra orta öğrenim ve lise öğrenimini geçirdiği Kadıköy Anadolu Lisesi’ni kazandı. 2000 senesindeki mezuniyetinden sonra aynı sene Kocaeli Üniversitesi, Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü’ne başladı. Bir yıl sonra, 2001 yılında Kocaeli Üniversitesi’nde göstermiş olduğu üstün başarı sonrasında İstanbul Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü’ne yatay geçiş yapma hakkı kazandı. 2004 senesinde Otomotiv Bölümü’nden mezun olduktan sonra aynı sene İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği, Otomotiv Programı’nda yüksek lisans eğitimine başladı.