

Türkiye’de Karayolu Ulaşımından Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonlarının

Bölgesel Olarak Değerlendirilmesi

Anıl Diler¹, Sedat Çevirgen², Cem Soruşbay³,
Metin Ergeneman⁴, M. Aydın Pekin⁵

İTÜ Makina Fakültesi, Otomotiv Anabilim Dalı, Ayazağa Yerleşkesi, Maslak, İstanbul
anildiler1@yahoo.com, sedat.cevirgen@hotmail.com, sorusbay@itu.edu.tr,
ergene@itu.edu.tr, aydinpekin@yahoo.com

Özet

Bu çalışmada iklim değişikliğine neden olan, karayolu ulaşımından kaynaklanan sera gazı emisyonları ülke bazında, bölgesel olarak değerlendirilmiştir. Bu amaçla, ülkemizde toplam sera gazı emisyonlarına önemli katkısı olan karayolu ulaşımı ele alınmış, mevcut taşıt parkı araç özelliklerine ve kullanılan yakıt türlerine göre sınıflandırılarak IPCC İkinci Yaklaşımı yöntemi ile 1994 – 2006 zaman serisindeki sera gazı emisyonları belirlenmiştir. Etkin katkıyı oluşturan şehirler ve bölgeler belirlenerek, sonuçlar irdelenmiştir. Çalışma kapsamında sera gazı emisyonlarına en çok katkısı sağlayan Marmara Bölgesinde ve özellikle İstanbul’da değişik ulaşım alternatifleri ve toplu taşımacılıkta konvansiyonel yakıtlar yerine doğalgazın kullanımının sera gazı emisyonları açısından etkileri incelenmiştir. Karayolu ulaşımının kısmen Marmaray Projesi ve şehir içi deniz ulaşımı ile sağlanmasının getirileri sera gazı emisyonları açısından değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ulaştırma sektörü, sera gazı emisyonları, karayolu ulaşımı.

Abstract

In this study, the greenhouse gas (GHG) emissions resulting from road transportation in Turkey have been investigated within local regions. The road vehicle fleet in Turkey has been classified according to vehicle specifications and the fuel types used. GHG emissions are estimated according to IPCC Tier II approach for a time series of 1990 to 2006. Regional key sources have been pointed out and discussed. Marmara region in Turkey being the most dominant location for the production of GHG emissions has been focused in terms of public transportation and alternative systems. Rail systems and marine transport has been considered as a supplement to conventional urban surface transport to lower emissions per person, per unit distance travelled.

Key words: Transport sector, greenhouse gas emissions, road transport

1. GİRİŞ

Sanayi devrimini izleyen yıllardan itibaren insan kaynaklı sera gazı üretimindeki artış, günümüzde iklim değişikliğinin ve beraberinde getirdiği sorunların giderek önem kazanmasına

neden olmuştur. Kyoto sürecinde verimliliğin artırılması, alternatif enerji kaynaklarının kullanımı, enerji tasarrufuna gidilmesi vb yaklaşımlar sunucunda, ulaştırma sektörü dışındaki kaynaklar tarafından üretilen sera gazı emisyonlarının kontrol altına alınması mümkün olabilmektedir. Taşıt teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak birim araç başına yakıt tüketiminde önemli azalma sağlanmış olmasına karşın, nüfus artışı ve ekonomik gelişime paralel olarak artan araç sayısı sonucunda ulaştırma sektöründen ve özellikle karayolu ulaşımından kaynaklanan sera gazı emisyonları giderek artış göstermektedir. Karayolu ulaşımı açısından ülkemizdeki durumun saptanması, sera gazı emisyonları açısından etkin kaynakların ve yerel bölgelerin belirlenmesi bu nedenle önem taşımaktadır. Bu çalışma kapsamında öncelikle ülke genelindeki durum değerlendirilerek farklı karayolu taşıtları tarafından üretilen emisyonlar saptanmıştır. Sonraki aşamada ise ülkemizde iller bazında emisyon değerleri hesaplanarak etkin bölgeler saptanmıştır.

Çalışma kapsamında ayrıca etkin kaynak özelliğine sahip olan Marmara Bölgesinde emisyonların kontrolüne yönelik olarak alternatif ulaşım yöntemleri değerlendirilmiştir. Bu kapsamda özel araç kullanılarak gerçekleştirilen karayolu şehir içi ulaşımına karşılık olarak tercih edilebilecek toplu taşıma seçeneklerinin sera gazı üretimini azaltmaya yönelik etkileri incelenmiş ve çeşitli senaryolar üzerinden karşılaştırmalar yapılmıştır. Şehir içi toplu taşımacılıkta kullanılan otobüslerde doğal gaz kullanımının sera gazı emisyonlarının azaltılmasında sağladığı getiri de değerlendirilmiştir.

2. KARAYOLU ULAŞIMINDAN KAYNAKLANAN SERA GAZI EMİSYONLARI

Karayolu ulaşımından kaynaklanan sera gazı emisyonları arasında en etkin bileşen olan karbon dioksit (CO₂) IPCC Birinci Yaklaşım (Tier I) yöntemine göre tüketilen enerji miktarından hareket edilerek, farklı yakıt cinsleri için yakıtların karbon içerikleri de dikkate alınarak hesaplanmaktadır.[1]

$$(Emisyon\ Miktarı)_i = (Emisyon\ Faktörü)_i \times (Yakıt\ tüketimi)_i \quad (1)$$

Bu çalışmada ise emisyonların taşıt tiplerine göre belirlenmesi amacıyla IPCC İkinci Yaklaşım (Tier II) yöntemi esas alınarak geliştirilen model kullanılmıştır. Buna göre, taşıtların emisyon teknolojileri, yaptıkları yıllık yol miktarı, yakıt cinsleri ve birim yol başına yakıt tüketimleri dikkate alınmış olup, farklı bileşenlerin emisyon değerleri;

$$(Emisyon\ Miktarı)_i = (Emisyon\ Faktörü)_i \times (Yol)_i \times (Araç\ Sayısı)_i \quad (2)$$

bağıntısından her bir taşıt grubu için hesaplanmaktadır.[1] Türkiye'deki taşıt parkı otomobil, kamyon, kamyonet, otobüs, motosiklet ve minibüs için gruplara ayrılarak tüm iller için araç dağılımları belirlenmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Türkiye'de İllere Göre 2006 Yılı Araç Dağılımı [adet]

	Kamyon	Kamyonet	Minibüs	Otobüs	Motosiklet
İstanbul	122941	400420	62282	46307	109827
Ankara	56415	135392	23838	14145	26832
İzmir	34660	137544	14077	14600	128278
Antalya	19033	81130	11224	6338	173127
Bursa	21267	83847	7774	9526	47807
Konya	32825	47528	8252	3556	74307
Adana	15995	48826	8348	3592	88527
Mersin	21484	44307	5377	4655	91209
Kayseri	14399	27461	5516	2433	12678
Muğla	7656	32393	8649	2152	82184
Balıkesir	10837	32329	4449	3670	64292
Denizli	9804	28149	6622	3249	43796
Manisa	13235	32655	5791	4476	115320
Kocaeli	14975	28956	5162	5745	12303
Gaziantep	14411	28371	9547	1835	74437
Aydın	7639	31384	8793	2010	66528
Hatay	14674	25868	8971	2576	98070
Eskişehir	10564	20700	2647	2420	20833
Samsun	7880	29970	9763	1176	19264
Sakarya	10121	21106	3754	2710	15476
60 il	248720	377288	136687	41211	457220

Ayrıca farklı emisyon faktörlerine sahip olması nedeniyle otomobil sınıfı araçlar benzin, dizel ve LPG yakıtlı olarak ayrılmıştır (Tablo 2.). Benzinli otomobiller emisyon standartlarına göre de, Emisyon Kontrolsüz, R15.04, EURO I, EURO III, EURO IV olarak ayrıca gruplandırılmıştır. Diesel otomobillerin ise tümü EURO I emisyon standartlarına uygun olarak kabul edilmiştir.

Türkiye genelinde otomobillerin kullanılan yakıt cinsine göre yıl bazında dağılımları bilinmektedir, ancak bu dağılımın iller bazında istatistiksel verileri bulunmamaktadır. Ayrıca taşıt parkının uygulanan emisyon kontrol teknolojilerine göre dağılımı da mevcut değildir. Dolayısı ile bu çalışmada 1994 yılı öncesinde, emisyon kontrolü bulunmayan taşıt parkından hareket edilerek

ve her yıl yürürlükte olan emisyon standartları dikkate alınarak, trafiğe yeni çıkan ve hurdaya ayrılan taşıt sayılarından 1990 – 2006 dönemine ait otomobillerin emisyon kontrol teknolojilerine göre özellikleri saptanmıştır (Tablo 3.).

Tablo 2. Yakıt Türlerine Göre Türkiye'deki Otomobillerin Dağılımı. [adet]

	Benzinli Otomobil Sayısı	Diesel Otomobil Sayısı	LPG Otomobil Sayısı	Toplam Otomobil Sayısı
2000	3559751	153169	709230	4424150
2001	3635911	188994	709898	4536804
2002	3675516	213268	711356	4602142
2003	3686312	221750	792281	4702346
2004	3889953	417406	1093081	5402444
2005	3989586	525340	1257819	5774750
2006	4034412	583790	1522790	6142998

Tablo 3. Türkiye'deki Benzinli Otomobillerin Emisyon standartlarına göre dağılımı [adet]

	Emisyon Kontrolsüz	15.04	EURO I	EURO III	EURO IV	TOPLAM
2000	2549123	920763	89865	-	-	3559751
2001	2547082	973940	114889	-	-	3635911
2002	2545186	973940	114889	41501	-	3675516
2003	2503261	973940	114889	94222	-	3686312
2004	2375447	973940	114889	425677	-	3889953
2005	2358896	973940	114889	541861	-	3989586
2006	2346624	973940	114889	541861	57098	4034412

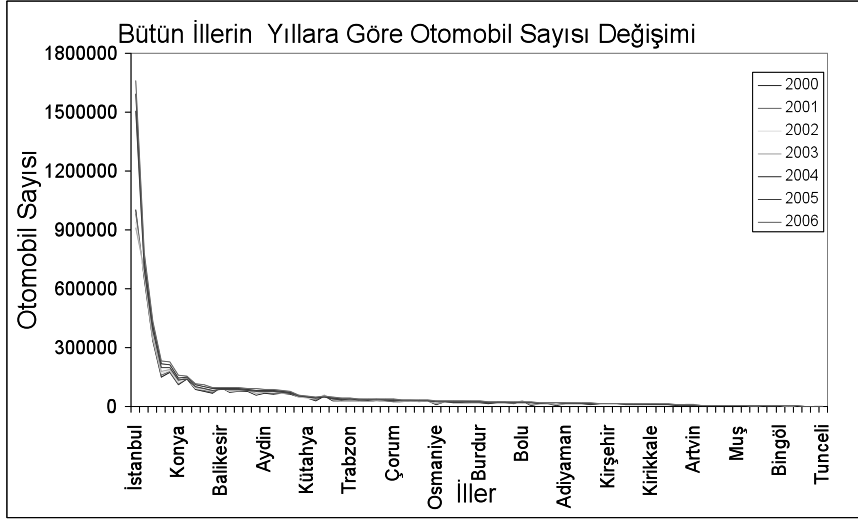
Türkiye'de otomobillerin illere göre dağılımı değerlendirildiğinde, en çok otomobilin sırasıyla İstanbul, Ankara ve İzmir'de bulunduğu görülmektedir. Ayrıca 2000 - 2006 yılları arasındaki otomobil sayısındaki değişimlere bakıldığında, araç sayısının en yüksek olduğu ilk 20 il dışındaki illerde bu değişimin çok az olduğu da Şekil 1.'den görülmektedir. Bu nedenle araç yenilenme hızlarının çok düşük olduğu ilk 20 il dışında kalan illerde, otomobillerin model yılı açısından eski olduğu ve dolayısıyla emisyon kontrol teknolojilerine de sahip olmadığı kabulü yapılmıştır.

Söz konusu kabuller çerçevesinde IPCC İkinci Yaklaşım yöntemine göre gerçekleştirilen hesaplamalar sonucu iller bazında karayolu taşıtları tarafından üretilen CO₂ miktarları Tablo

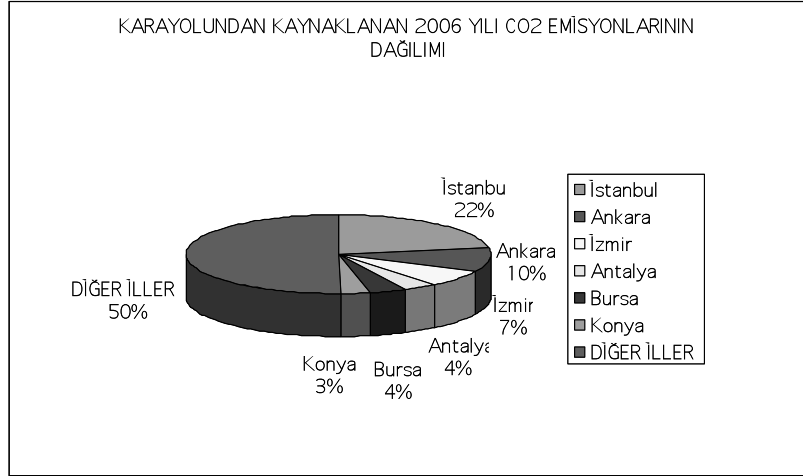
4.'de verilmiştir. Burada ilk 20 ilin dışında kalan iller toplu halde değerlendirilmiştir. Toplam emisyonun %50 kadarı, altı ilden kaynaklanmaktadır (Şekil 2.).

Tablo 4. İllere göre yıllık toplam CO2 emisyonları (Milyon Ton)

İller	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
İstanbul	5,238	4,789	4,477	4,424	7,451	7,682	8,203
Ankara	3,501	3,385	3,390	3,456	3,284	3,316	3,547
İzmir	2,066	2,037	2,095	2,179	2,286	2,349	2,534
Antalya	1,040	1,070	1,149	1,241	1,207	1,275	1,363
Bursa	1,234	1,244	1,300	1,368	1,311	1,366	1,476
Konya	0,955	0,981	1,036	1,106	1,025	1,003	1,095
Adana	0,903	0,894	0,919	0,971	0,831	0,839	0,903
Mersin	0,718	0,725	0,750	0,797	0,824	0,819	0,892
Kayseri	0,561	0,571	0,596	0,628	0,579	0,582	0,636
Muğla	0,449	0,463	0,492	0,528	0,503	0,525	0,572
Balıkesir	0,686	0,677	0,693	0,712	0,586	0,594	0,638
Denizli	0,506	0,504	0,530	0,569	0,551	0,559	0,597
Manisa	0,621	0,626	0,652	0,696	0,656	0,662	0,710
Kocaeli	0,597	0,614	0,642	0,681	0,637	0,628	0,742
Gaziantep	0,415	0,427	0,449	0,487	0,523	0,541	0,597
Aydın	0,454	0,450	0,469	0,491	0,465	0,485	0,527
Hatay	0,479	0,488	0,511	0,538	0,574	0,573	0,614
Eskişehir	0,462	0,464	0,473	0,479	0,455	0,458	0,492
Samsun	0,441	0,444	0,462	0,490	0,412	0,423	0,463
Sakarya	0,387	0,400	0,418	0,436	0,414	0,424	0,454
60 il	8,634	8,897	9,312	9,748	8,827	8,769	9,537



Şekil 1. İllerin yıllara göre otomobil sayısı değişimi

Şekil 2. Karayolundan Kaynaklanan CO₂ Emisyonlarının Dağılımı (2006 Yılı)

Karayolu ulaşımına yönelik olarak elde edilen sonuçlara göre, İstanbul en fazla CO₂ emisyonuna neden olan il durumundadır. İstanbul'u sırasıyla Ankara ve İzmir takip etmektedir. Ayrıca bu üç ile Bursa, Antalya ve Konya'nın toplam CO₂ emisyonları diğer illerin toplamına eşittir. Bu emisyonların yıllık değişimlerine bakıldığında ise İstanbul'da 2004 yılında büyük bir artış görülürken, Ankara ve İzmir'de belirgin artışlar meydana gelmemiştir. Elde edilen değerler

karayolu ulaşımına yönelik önlemlerin İstanbul, Ankara ve İzmir'e yönelik olarak alınmasının etkin sonuçlar oluşturacağını göstermektedir. Bu nedenle Marmara Bölgesi üzerine yoğunlaşarak özellikle İstanbul ilinde şehir içi alternatif ulaşım sistemlerinin CO₂ emisyonlarının azaltılması açısından getirileri incelenmiştir.

3. ALTERNATİF YAKIT UYGULAMALARININ CO₂ EMİSYONLARINA ETKİSİ

Şehir içi toplu ulaşımında kullanılmakta olan otobüslerde diesel yakıtına alternatif olarak doğal gazın kullanımı yakıt maliyetleri ve sera gazı emisyonları açısından fayda sağlamaktadır. Bu çalışmada İstanbul Hasanpaşa Garajında mevcut çift yakıtlı otobüsler değerlendirilerek, CO₂ emisyonları açısından sonuçlar irdelenmiştir. Belirli bir otobüs hattı boyunca, otobüsün trafikteki hareketi (hızı ve konumu), veri toplama sistemi ile donatılmış bir takip aracı (Chase car) tarafından izlenerek belirlenmiş ve bu verilerden yararlanılarak oluşturulan seyir çevrimi yardımı ile modellenmiştir. Model kullanılarak otobüsün kullanımı sırasında diesel motorunun ve doğalgaz motorunun ayrı ayrı yakıt tüketimleri hesaplanmış, bu hesaptan yola çıkarak karbondioksit emisyonları ve yakıt maliyeti açısından değerlendirme yapılmıştır. İki motor sırasıyla 100 km'de sırasıyla 44 litre motorin ve 56,2 m³ doğalgaz tüketmişlerdir. CO₂ emisyonlarına bakıldığında diesel tahrikli otobüsün 45,08 kg, doğalgaz motorunun ise 38,80 kg CO₂ çıkardıkları hesaplanmıştır. Yapılan karşılaştırmaya göre doğalgazlı motor diesel motoruna göre %16,1 oranında daha az karbon dioksit emisyonu oluşturmaktadır. Bu sonuçlara göre doğalgaz motoru diesel motoruna göre %72,24 oranında daha az maliyetlidir.[2;3]

Tablo 4. Diesel ve Doğalgaz Motorunun Çevrim Boyunca Karşılaştırılması

Motor Cinsi	Yapılan Toplam Yol (km)	Tüketilen Toplam Yakıt (kg)	Tüketilen Yakıt	Toplam CO ₂ Emisyonu (kg)	Maliyet (YTL)
Raba Man Diesel Motoru	37,5	14,19	44,00 (litre/100 km)	45,08	43,56
NoNOx Doğalgaz Motoru	37,5	14,33	56,20 (m ³ /100 km)	38,80	25,29

4. ALTERNATİF ULAŞIM SİSTEMLERİNİN CO₂ EMİSYONLARINA ETKİSİ

Marmaray Projesi, İstanbul Boğazının her iki yakasındaki demiryolu banliyö hatlarını İstanbul Boğazı'nın altından geçecek bir demiryolu tüneli ile birbirine bağlayacaktır. Marmaray projesi sera gazı emisyonları açısından değerlendirildiğinde, beklentiler bu proje olmadan diğer ulaşım sistemlerinin kullanılmasıyla açığa çıkan sera gazlarının, Marmaray projesi sayesinde azalacağı yönündedir. Oluşturulan model yardımıyla elde edilen sonuçlara göre ise kişi başına düşen emisyon değerleri artan ulaşım talebi ile birlikte yükselmekte, ancak birim mesafede, kişi başına oluşan emisyonlar projenin uygulamaya konması ile azalmaktadır.[4]

İstanbul'da denizyolu ulaşımının sera gazı emisyonu açısından karayolu ulaşımına alternatif olarak kullanılabilmesi konusunda belirli noktalar arasında ulaşım alternatifleri de değerlendirilmiştir. Bostancı – Taksim ve Bostancı – Bakırköy noktaları arasındaki yolculuk seçenekleri incelenmiştir. Karayolu ulaşımını tamamlayacak şekilde şehir hatları vapurlarının kullanılması durumunda, sera gazı emisyonlarında azalma sağlanabilmektedir. Ancak daha hızlı seyahat imkanı sağlayan deniz otobüslerinin, taşıdıkları yolcu sayısına karşılık şehir hatları vapurlarıyla kıyaslandığında daha fazla yakıt harcadıkları için sera gazı emisyonunu azaltımına aynı derecede etkiyi yapamadıkları görülmüştür. Sözü edilen noktalar arasında otobüs kullanılarak yolculuk yapıldığında ise kişi başına düşen emisyon miktarı diğer seçeneklerden çok daha az olarak ortaya çıkmaktadır. Bu da özellikle trafiğin yoğun olmadığı zaman dilimlerinde, karayolundaki toplu taşımanın sera gazı emisyonlarını azaltma yönündeki etkisini göstermektedir.[4]

5.SONUÇLAR

Bu çalışmada Türkiye'de karayolu ulaşımından kaynaklanan sera gazı emisyonlarının bölgesel olarak değerlendirilmesine çalışılmıştır. Türkiye'deki taşıt parkı otomobil, kamyon, kamyonet, otobüs, motosiklet ve minibüs için gruplara ayrılarak tüm iller için araç dağılımları belirlenerek IPCC ikinci yöntemine göre karbondioksit emisyonları hesaplanmıştır. İstanbul en fazla sera gazı emisyonu üreten il durumundadır. İstanbul'u sırasıyla Ankara ve İzmir takip etmektedir. Ortaya çıkan sonuçlara göre en çok CO₂ emisyonlarına sahip ilk 6 il, ülke genelinde üretilen CO₂ emisyonlarının yarısına sahiptir. Bu nedenle sera gazı emisyonlarını azaltıcı

önlemlerin özellikle etkin kaynak durumundaki bu illerde yoğunlaştırılması gerekmektedir. Şehir içi ulaşımda doğalgaz motorlu otobüslerin karbondioksit emisyonları açısından dizel motorlu otobüslere göre hem yakıt maliyeti, hem de CO₂ emisyonları açısından avantajlı olduğu görülmektedir. Ayrıca şehir içi ulaşımda raylı sistemler kişi başına birim yolculuk mesafesindeki emisyonların azalmasını sağlamaktadır. Ancak Marmaray projesi getirdiği ulaşım olanakları nedeniyle talebi artıracığından toplam emisyonlarda bir miktar artışa neden olacaktır.

6. KAYNAKLAR

1. **IPCC.**, (1997) Revised 1996 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, IPCC.
2. **Diler, A.**, (2006) Şehir İçi Toplu Taşımacılıkta Kullanılan Otobüslerde, Doğalgaz Kullanımının Karbondioksit Emisyonlarına Etkileri, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
3. **Tektanıl, M.**, (2008) Toplu Taşımadaki Doğalgazlı Otobüslerin Karbondioksit Emisyonlarına Etkileri, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
4. **Topçu, L.**, (2008), Toplu Taşımacılık Sistemlerinin Sera Gazı Emisyonlarına Etkisi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul.

