

KARAYOLU ULAŞIMINDAN KAYNAKLANAN SERA GAZI EMİSYONLARI : TÜRKİYE’DEKİ DURUMUN DEĞERLENDİRİLMESİ

Cem SORUŞBAY, Metin ERGENEMAN, M. Aydın PEKİN,
Akın KUTLAR ve Hikmet ARSLAN

İTÜ Makina Fakültesi, Otomotiv Anabilim Dalı, Ayazağa Yerleşkesi, Maslak, İstanbul
sorusbay@itu.edu.tr , ergene@itu.edu.tr , aydinpekin@yahoo.com
kutlar@itu.edu.tr , harslan@itu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, karayolu ulaşımından kaynaklanan sera gazı emisyonlarının analizi yapılmıştır. Bu amaçla, mevcut taşıt parkı araç özelliklerine (model yılı, emisyon kontrol teknolojisi vb) ve kullanılan yakıt türlerine (benzin, diesel yakıtı, LPG) göre sınıflandırılarak IPCC Birinci ve İkinci Yaklaşım yöntemleri ile 1990 – 2006 zaman serisindeki sera gazı emisyonları belirlenmiştir. Enerji bazlı IPCC Birinci Yaklaşımından elde edilen karbondioksit emisyonu değerleri kullanılarak, geliştirilen İkinci Yaklaşım modeli tüm sera gazı emisyonları hesaplanmıştır.

Türkiye’nin yıllık toplam sera gazı üretimi içerisinde “etkin kaynak” durumundaki karayolu ulaştırma alt sektörünün durumu değerlendirilmiş ve bu emisyonların kontrolünde uygulanan ve uygulanabilecek önlemler irdelenmiştir.

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

ABSTRACT

In this study, effect of greenhouse gas (GHG) emissions resulting from the road transport sector on climate change has been investigated. Road transport based GHG emissions are estimated for time series of 1990 to 2005, according to IPCC Tier I and Tier II methodology by classifying the existing fleet according to vehicle categories and fuel types used. The methodology developed and verified for CO₂ emissions has also been used in the estimation of other transport related GHG emissions. The development of country specific emission factors for the improvement of IPCC methodology has been discussed.

Road transport being one of the key sources in GHG production in Turkey has been examined in view of the present and possible approaches to be used for reduction.

Key Words: Transportation sector, greenhouse gas emissions, road transport.

GİRİŞ

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

Sera gazları, sanayi kuruluşlarında, konutlarda ve ulaştırma sektöründeki enerji tüketiminin yanı sıra, enerji üretimi, atık yönetimi ve tarım sektörlerindeki faaliyetlerden de kaynaklanmaktadır. Kyoto sözleşmesi 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 daha kolay görünmektedir. Buna karşın, nüfustaki artış ve kişilerin yaşam seviyesinin iyileşmesi sonucu, özellikle gelişmekte olan toplumlarda, her bin kişi başına düşen taşıt sayısı hızla artmaktadır. Taşıt teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak birim araç başına yakıt tüketiminde önemli azalma sağlanmış olmasına karşın, toplumsal gelişime paralel olarak artan araç sayısı sonucunda ulaştırma sektöründen ve özellikle karayolu ulaşımından kaynaklanan sera gazı emisyonları artış göstermektedir.

Ülkemizdeki mevcut durum da benzer niteliktedir. Halen her bin kişiye 143 taşıt düşerken, bin kişi başına düşen otomobil sayısı da 75'dir (2005). Bu değerler batı Avrupa ve kuzey Amerika ülkelerine göre çok düşük düzeydedir. Türkiye'de kişi başına düşen YGSH'nın giderek artmakta olması ve ayrıca ülke nüfusundaki artış nedeniyle taşıt talebinde de artış söz konusudur. Bu durum, özellikle bireylerin günlük hayatta kendi araçlarını kullanma alışkanlıklarını değiştirecek ve toplu taşıma sistemlerinin etkinliğini atıracak şekilde gerekli önlemler alınmadığında, karayolu taşıtlarından kaynaklanan sera gazı emisyonlarının önümüzdeki yıllarda da artışını sürdürmesine neden olacaktır.

Sera gazları emisyonunun neden olduğu iklim değişikliği gibi küresel nitelikteki sorunların çözümü de küresel anlamda işbirliği gerektirmektedir. İnsan kaynaklı sera gazı emisyonlarının iklim sistemi üzerindeki olumsuz etkilerinin önlenmesi ve bu emisyonların belirli bir düzeyde tutulabilmesi için 1992 yılında kabul edilen ve 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe giren **İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi**'ne birçok ülke imza atmıştır. Türkiye de 24 Mayıs 2004 tarihi itibari ile Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne taraf olarak katılmış bulunmaktadır.

Bu bağlamda ülkemiz, iklim değişikliği konusunda küresel düzeydeki kaygılara katılmakta olduğunu ve bu kapsamdaki çalışmalarını desteklediğini vurgulamaktadır. Bu konvansiyona göre ülkemiz ayrıca **Sera Gazı Emisyonu Ulusal Envanteri**'ni hazırlamak, yayınlamak ve düzenli olarak güncellemekle yükümlüdür.

Bu çalışmada, Sera Gazı Emisyonu Ulusal Envanteri'ni hazırlama çalışmaları kapsamında ulaştırma sektöründen kaynaklanan emisyonlar belirlenmiş ve bu emisyonların kontrolüne yönelik yaklaşımlar değerlendirilmiştir.

KARAYOLU ULAŞIMINDAN KAYNAKLANAN SERA GAZI EMİSYONLARI

Emisyon envanteri çalışmaları, taşıtlardan kaynaklanan zararlı etkilerin önlenmesi için gerekli önlemlerin alınması, yapılacak çalışmalarda verimin artırılması, kamu ve özel sektör kurum ve kuruluşları arasında koordinasyon ve görev dağılımı sağlanması ve ülke koşullarına en uygun politikaların belirlenmesi amacıyla sürdürülmektedir. Bu amaçla, öncelikle mevcut durum saptanmakta ve emisyonların oluşumundaki etkin parametreler belirlenmektedir.

Emisyon envanteri, belirli bir coğrafi bölge ve belirli bir zaman sürecinde üretilen kirletici miktarlarını kaynaklarına göre ayrıntılı olarak tanımlamaktadır. Ulaştırma sektöründen kaynaklanan emisyonların belirlenmesinde taşıt parkı özellikleri, trafik akımı, yapılan yol miktarları, yakıt özellikleri ve yakıt tüketimi vb bilgilere gerek duyulmaktadır. Bu çalışmada, temel olarak Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) metodolojisi kullanılmış ve

tüm Türkiye için karayolu ulaşımından kaynaklanan, 1990 – 2006 zaman serisindeki sera gazı emisyonları belirlenmiştir (IPCC, 1997 ve 2000).

Öncelikle IPCC Birinci Yaklaşım esaslarına göre, toplam enerji tüketimi ve tüketilen yakıtların karbon içeriği esas alınarak karbondioksit (CO₂) emisyonları hesaplanmıştır. IPCC metodolojisine göre ayrıca metan (CH₄), nitroz oksit (N₂O), karbonmonoksit (CO), azot oksitler (NO_x), metan dışı emisyonlar (NMVOC) da belirlenmiştir. Burada toplam emisyonlar, gerçekleşen aktiviteye göre emisyon faktörü kullanılarak bulunmaktadır. Tablo I’de 2000 – 2006 zaman serisi için, karayolu ulaşımında tüketilen yakıt miktarları görülmektedir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2008). Ayrıca Kyoto referans yılı olan 1990 için yakıt tüketim değerleri de verilmiştir.

2006 yılı verileri değerlendirildiğinde, karayolu ulaşımında 1990 referans yılına göre, benzin tüketiminde %2, diesel yakıtı tüketiminde %53,7 artış olduğu görülmektedir. Ayrıca LPG tüketiminde de 2000 – 2006 döneminde %20,1 artış olmuştur. Enerji tüketimindeki bu artışa paralel olarak karayolu alt sektöründe toplam CO₂ emisyonunda da 1990 referans yılına göre %55,4 artış gerçekleşmiştir.

Tablo I. Karayolu Ulaşımında Tüketilen Yakıt Miktarları [ton]

	1990	2000	2001	2002	2003
Benzin	2698435	3655455	3171274	3143248	2958066
Diesel yakıtı	4954663	4943075	5327839	5728410	6193132
LPG	-	1307492	1302331	1095436	1212668

	2004	2005	2006
Benzin	2961803	2874758	2752291
Diesel yakıtı	6682964	6812260	7613201
LPG	1260207	1360000	1570000

CO₂ dışındaki emisyonların belirlenmesinde, tüketilen yakıt miktarının yanında karayolu taşıt parkını oluşturan taşıtlarının özellikleri, kullanım koşulları ve trafik akımı, ortam şartları, yakıt kalitesi ve özellikleri vb. de etkin olmaktadır. Bu nedenle emisyonların belirlenmesinde “IPCC İkinci Yaklaşım” metodolojisi uygulanmıştır. Bu yaklaşımda Türkiye’deki mevcut taşıt parkı (TUİK, 2008), araç tiplerine, yaş durumlarına, kullanılan yakıt tiplerine ve emisyon kontrol teknolojilerine göre sınıflandırılmıştır (Tablo II ve III). Araç gruplarının yıllık yol değerleri ve emisyon faktörleri kullanılarak sera gazı emisyonları hesaplanmıştır (Tablo IV).

Tablo II. Benzinli Otomobillerin Emisyon Kontrol Teknolojilerine Göre Dağılımı (2006 yılı).

Emisyon Kontrol Teknolojisi	Araç Sayısı	Yüzde (%)
EKB (*)	2346624	58,2
R.15	973940	24,1
EURO I	114889	2,8
EURO III	541861	13,4
EURO IV	57098	1,5
Toplam	4034412	100

(*) Emisyon Kontrolü Bulunmayan Araçlar

Tablo III. Karayolu Araç Parkı Dağılımı (2006 yılı).

Araç Tipi	Araç Sayısı	Yüzde (%)
Otomobil	6140992	50,4
Minibüs	357523	29,3
Otobüs	175949	14,4
Kamyonet	1695624	13,9
Kamyon	709535	5,8
Motosiklet	1822831	14,9
Traktör	1290679	10,6
Toplam	12193133	100

Tablo IV’de 2000 – 2006 dönemine ek olarak 1990 referans yılına ait emisyon değerleri de verilmiştir. Buradan, CO2 dışındaki emisyonlarda da artış olduğu görülmektedir. Bu değişim genelde taşıt sayısına ve yolculuk uzunluklarına bağlı olarak yakıt tüketimindeki artıştan kaynaklanmaktadır. Bu dönem içerisinde özellikle toplu taşımacılık ve alternatif yakıt kullanımı konusunda alınan önlemlerin yetersiz kalması nedeniyle tüketilen enerji miktarına bağlı olarak sera gazı emisyonları da artmıştır. Diğer taraftan taşıt teknolojisindeki gelişmeler, taşıt başına tüketilen yakıt miktarlarının azalmasını sağlamıştır. Ancak bu gelişme toplam emisyonların düşürülmesinde yeterli olamamaktadır.

Bu çalışmada emisyon değerlerinin hesaplanmasında IPCC Birinci ve İkinci Yaklaşım yöntemleri esas alınmış ve CORINAR emisyon faktörleri kullanılmıştır (Soruşbay, 2006 ve 2007). Çalışmanın devamında, ülke koşullarına uygun olarak emisyonların saptanabilmesi amacıyla, trafik akımını temsil edecek şekilde, trafik ölçümlerine dayalı olarak *şehir çevrimi* oluşturulması için çalışmalar sürdürülmektedir. Bu çevrim daha sonra laboratuvar ortamında şasi dinamometresi kullanılarak farklı taşıt grupları için koşulacak ve tüm taşıt gruplarına ait emisyon faktörleri belirlenecektir. Böylece ülke koşullarına göre elde edilen emisyon faktörlerinden yararlanarak envanter çalışmasının iyileştirilmesi mümkün olacaktır.

Tablo IV. Karayolu Ulaşımından Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları (2006).

[milyon ton]

YIL	Otomobil			Kamyon Dizel	Kamyonet Dizel	Minibüs Dizel	Otobüs Dizel	Motosiklet Benzin	Toplam CO2
	Benzin	Dizel	LPG						
2006	8.188	0.932	4.652	8.195	6.291	1.427	7.113	0.286	37.08
2005	8.600	0.888	4.089	7.297	5.369	1.327	6.542	0.233	34.35
2004	8.902	0.745	3.784	8.973	4.163	1.107	5.997	0.203	33.87
2003	8.907	0.411	3.451	7.953	4.634	1.202	5.278	0.184	32.02
2002	9.506	0.421	3.137	7.835	3.615	1.032	5.086	0.179	30.81
2001	9.559	0.379	3.642	7.480	3.009	0.878	5.007	0.196	30.15
2000	11.046	0.361	3.600	6.831	2.603	0.832	4.880	0.216	30.37
1990	8.115	0.058	-	8.719	1.659	0.790	4.365	0.152	23.86

a) CO2

YIL	Otomobil			Kamyon Dizel	Kamyonet Dizel	Minibüs Dizel	Otobüs Dizel	Motosiklet Benzin	Toplam NOx
	Benzin	Dizel	LPG						
2006	65180	3432	56851	106430	31453	7132	92373	240	363095
2005	69046	3272	49975	94770	26846	6635	84962	195	335705
2004	72721	2746	46243	116535	20813	5537	77883	170	342651
2003	76554	1513	42181	103283	23168	6012	68542	154	321410
2002	82343	1552	38342	101751	18076	5160	66053	150	313430
2001	83356	1395	44510	97140	15047	4390	65021	164	311027
2000	96358	1329	44000	88713	13013	4161	63372	182	311131
1990	66119	212	-	113235	8297	3950	56693	127	248635

b) NOx

Tablo IV. Karayolu Ulaşımından Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları (2006).

[milyon ton]

YIL	Otomobil			Kamyon Dizel	Kamyonet Dizel	Minibüs Dizel	Otobüs Dizel	Motosiklet Benzin	Toplam CH4
	Benzin	Dizel	LPG						
2006	2072	24	1550	638	112	25	554	451	5429
2005	2193	23	1362	568	95	23	509	367	5145
2004	2305	19	1261	699	74	19	467	319	5166
2003	2413	10	1150	619	82	21	411	289	5000
2002	2594	11	1045	610	64	18	396	282	5023
2001	2624	9	1213	582	53	15	390	309	5200
2000	3034	9	1200	532	46	14	380	341	5558
1990	2103	1	-	679	29	14	340	239	3408

c) CH4

YIL	Otomobil			Kamyon Dizel	Kamyonet Dizel	Minibüs Dizel	Otobüs Dizel	Motosiklet Benzin	Toplam NMVOC
	Benzin	Dizel	LPG						
2006	144284	980	38762	20221	8986	2037	17550	48122	280948
2005	153197	935	34074	18006	7670	1895	16142	39196	271119
2004	162083	784	31529	22141	5946	1582	14797	34122	272988
2003	173107	432	28759	19623	6619	1717	13023	30914	274197
2002	186684	443	26142	19332	5164	1474	12550	30150	281943
2001	189263	398	30348	18456	4299	1254	12354	32999	289374
2000	219466	379	30000	16855	3718	1188	12040	36406	320055
1990	159287	60	-	21514	2370	1128	10771	25533	220666

d) NMVOC

Tablo IV. Karayolu Ulaşımından Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları (2006).

[milyon ton]

YIL	Otomobil			Kamyon Dizel	Kamyonet Dizel	Minibüs Dizel	Otobüs Dizel	Motosiklet Benzin	Toplam CO
	Benzin	Dizel	LPG						
2006	1079565	3432	183476	95787	35947	8151	83135	66168	1555665
2005	1147375	3272	161285	85293	30681	7583	76466	53895	1565853
2004	1215824	2746	149241	104882	23786	6328	70094	46919	1619823
2003	1309047	1513	136129	92955	26478	6871	61688	42507	1677190
2002	1414784	1552	123740	91576	20658	5897	59448	41457	1759115
2001	1434840	1395	143647	87426	17196	5017	58519	45373	1793417
2000	1674200	1329	142002	79842	14872	4755	57035	50058	2024095
1990	1382493	212	-	101911	9482	4514	51023	35108	1584746

e) CO

YIL	Otomobil			Kamyon Dizel	Kamyonet Dizel	Minibüs Dizel	Otobüs Dizel	Motosiklet Benzin	Toplam N2O
	Benzin	Dizel	LPG						
2006	439	49	-	319	449	101	277	6	1641
2005	440	46	-	284	383	94	254	4	1509
2004	411	39	-	349	297	79	233	4	1414
2003	271	21	-	309	330	85	205	3	1229
2002	264	22	-	305	258	73	198	3	1125
2001	246	19	-	291	214	62	195	4	1034
2000	270	18	-	266	185	59	190	4	996
1990	150	3	-	339	118	56	170	3	841

f) N2O

SERA GAZI EMİSYONLARININ KONTROLÜ

Ülkemizde halen her bin kişiye düşen taşıt sayısı, gelişmiş ülkeler ile kıyaslandığında çok düşük düzeyde kalmaktadır; ancak ekonomik gelişmeye paralel olarak ülkemizdeki taşıt parkının önemli artış potansiyeli bulunmaktadır. Taşıt sayısında beklenen artışa karşın, taşıtların teknolojik düzeyindeki gelişmeler sera gazı emisyonlarının kontrolünde önem taşımaktadır. Yakıt ekonomisinin önem kazandığı taşıt ve motor teknolojilerinin kullanımı sonucu birim taşıt başına emisyonlarda önemli kazanım sağlamak mümkün olup, son yıllarda bu konuda etkin gelişmeler kaydedilmiştir. Motor boyutlarının küçültülmesi, fakir karışımı kademeli dolgulu benzin motoru (GDI vb) uygulamaları, ön karışımı sıkıştırımalı ateşlemeli motor teknolojilerinin (PCCI, HCCI vb) uygulanması, alternatif yakıtların kullanımı son yıllarda motor teknolojisinde yakıt tüketimlerinin ve emisyonların kontrolüne yönelik yaklaşımlar arasında bulunmaktadır. Benzer şekilde taşıt boyutunun ve kütlelerinin azaltılması, aerodinamik yapının iyileştirilmesi, lastik performansının iyileştirilmesi, hibrid ve elektrikli taşıt uygulamaları da taşıt teknolojisindeki gelişmeler arasında yer almaktadır.

Ülkemizde mevcut taşıt parkının %58 kadarını oluşturan emisyon kontrol sistemi içermeyen, benzin motorlu otomobillerden önemli miktarda CO₂ emisyonu ve diğer emisyonlar kaynaklanmaktadır. Sayıları 2,3 milyona ulaşan bu taşıtların hurdaya çıkartılması yolunda sağlanacak teşvikler sektöre ait sera gazı emisyonlarının azaltılmasında önemli rol oynayacaktır. Örneğin, tanınan vergi avantajı nedeniyle 2003-2004 yılında hurdaya çıkarılan 320000 araç CO₂ emisyonlarında % 4,87 azalma sağlamıştır.

Sera gazı emisyonlarının kontrolünde uygulanan en etkin yaklaşımlardan biri de ulaştırma politikalarının düzenlenmesi sonucu ulaşım taleplerinin yönetimi ve kontrolüdür. Şehir planlaması ve bununla bütünleşik olarak toplu taşımacılık payının artırılması, demiryolu ve denizyolu gibi kişi başına sera gazı emisyonu düşük olan ulaşım yöntemlerine yönelmesi, seyahat gereksinimlerinin düzenlenmesi ve azaltılması, karayolu ulaşımında araç doluluk oranlarının artırılması da etkin önlemler arasında bulunmaktadır. Karayolu ulaşımında ayrıca yakıt tüketimi açısından elverişli olan hızların sağlanabileceği şekilde trafik akımının düzenlenmesi, trafik sıkışıklıklarının giderilmesi, maksimum hızların sınırlandırılması da alınabilecek önlemler arasında yer almaktadır.

SONUÇLAR

Ülkemizde yaşanan ekonomik büyüme sonucu bireylerin yaşam düzeyindeki olumlu etkilenme kişilerin ulaşım gereksinimlerinde artışa neden olurken, toplam nüfustaki artışı ile birlikte karayolu araçlarının sayısı ve kullanım miktarı da giderek artmaktadır. Bu durum karayolu taşıtlarından kaynaklanan sera gazı emisyonlarında önemli artış potansiyeli oluşturmaktadır.

Diğer taraftan taşıt teknolojisindeki gelişmeler sonucu taşıtların yakıt ekonomisi iyileşmekte ve buna paralel olarak da birim yolcu ve birim mesafe başına sera gazı emisyonları düşürülebilmektedir. Ancak teknolojik iyileşmenin hızı, hızla artan taşıt sayısı nedeniyle sera gazı emisyonlarını istenilen seviyede tutmakta yeterli olmamaktadır. Bu nedenle ulaştırmada toplu taşımacılığın yaygınlaştırılması, ulaştırma politikalarının buna göre düzenlenmesi ve çevreye duyarlı taşıtların ve yakıtların teşvik edilmesi önem taşımaktadır.

Taşıtların üretim aşamasında ve kullanımında enerji tüketim verimliliğinin artırılması için önlemlerin alınması da ayrıca önem taşımaktadır. Ancak karayolu ulaşımından kaynaklanan sera gazlarında etkin azaltımların sağlanabilmesi için öncelikle mevcut durumun

değerlendirilmesi ve ileriye dönük alınması gereken önlemleri belirleyerek, somut hedeflerin saptanması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

IPCC, **Revised 1996 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**, IPCC, 1997.

IPCC, **Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories**, IPCC, 2000.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, **Enerji Denge Tabloları**, Ulaştırma Sektöründe Yakıt Tüketimi (2005 – 2006 dönemi), 2008.

Türk İstatistik Kurumu, TÜİK, **Türkiye Karayolu Taşıt Parkı (1990 – 2006 dönemi)**, 2008.

Soruşbay, C. and Ergeneman, M., **Greenhouse Gas Emissions Resulting from Transport Sector in Turkey - Inventory Analysis and Projections**, Project Report, UNDP-GEF Project, United Nations Development Program, April 2006.

Soruşbay, C., Ergeneman, M. and Pekin, M.A., **Control of Greenhouse Emissions Resulting from the Transport Sector in Turkey**, International Conference on Environment : Survival and Sustainability, ESS2007, Near East University, Nicosia, Northern Cyprus, 19-23 February 2007.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından desteklenen “Ulaştırma Sektöründe Sera Gazı Azaltımı” isimli proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Proje çalışmalarına sağladıkları destek nedeniyle T.C. Ulaştırma Bakanlığı’na, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’na, TÜİK’e teşekkür ederiz.