

## BATI KARADENİZ BÖLGESİNDE MOTORLU TAŞITLARDAN KAYNAKLANAN EMİSYONLAR VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Özgür ZEYDAN<sup>1(\*)</sup>, Yılmaz YILDIRIM<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ZKÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Öğrencisi, 67100 Zonguldak

<sup>2</sup> ZKÜ, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 67100 Zonguldak

### ÖZET

Son yıllarda ülkemizdeki hava kalitesi giderek kötüleşerek, halk sağlığı, bitkiler, hayvanlar ve çevre için ciddi bir sorun haline gelmiştir. Hava kalitesinin belirlenmesi için kullanılan emisyon envanterleri, yeterli ve güvenilir verilerin bulunması durumunda kolay uygulanabilir olduğundan sıklıkla tercih bir yöntemdir. Bu çalışmada, Batı Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Zonguldak, Kastamonu, Bartın, Karabük ve Sinop illerinde trafiğe kayıtlı motorlu taşıtlarından kaynaklanan emisyon miktarları ortaya konulmuştur. Emisyon envanterinin hazırlanmasında motorlu taşıt sayıları resmi istatistiklerden elde edilmiştir. Her il için benzinli, dizel ve LPG'li otomobil sayıları yine resmi istatistikler kullanılarak ayrı ayrı hesaplanmıştır. Ülkemiz şartlarına en uygun emisyon faktörleri, mevcut trafik koşulları göz önüne alınarak çeşitli kaynaklardan derlenmiştir. Emisyon envanteri sonuçlarına göre, beş ilin motorlu taşıtlardan atmosfere salınan toplam VOC, NO<sub>x</sub>, CO ve PM emisyonları sırasıyla  $5,64 \times 10^3$  ton yıl<sup>-1</sup>;  $9,87 \times 10^3$  ton yıl<sup>-1</sup>;  $17,08 \times 10^3$  ton yıl<sup>-1</sup> ve  $254,76$  ton yıl<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır.

### ABSTRACT

In recent years, air quality of our country has getting worsen and has become a serious problem for public health, plants, animals and environment. Emission inventories, used to measure air quality, are widely preferred method due to easy of use in the existence of adequate and valid data. In this study, the amounts of emissions from motor vehicles registered in Zonguldak, Kastamonu, Bartın, Karabük and Sinop cities are presented. In the preparation of emission inventory, vehicle counts are obtained from official statistics. For each city, the number of automobiles, which use gasoline, diesel and LPG as fuel, are calculated by using official statistics. Emission factors, that fit best for our country, are compiled from various sources by considering current traffic situation. According to the results, total VOC, NO<sub>x</sub>, CO and PM emissions are calculated as  $5.64 \times 10^3$  tons year<sup>-1</sup>,  $9.87 \times 10^3$  tons year<sup>-1</sup>,  $17.08 \times 10^3$  tons year<sup>-1</sup> and  $254.76$  tons year<sup>-1</sup> respectively.

### ANAHTAR SÖZCÜKLER

Emisyon Envanteri, Emisyon Faktörleri, Motorlu Taşıtlar, Batı Karadeniz Bölgesi

\* ozgurzeydan@yahoo.com

## **GİRİŞ**

İnsanın yaşam kalitesini yükseltmek için yaptığı her faaliyet beraberinde çevre kirliliğini de oluşturur. Son yıllarda ülkemizde hava kirliliği giderek artmış, halk sağlığı, diğer canlılar ve çevre için ciddi bir sorun haline gelmiştir. Hava kirliliği, atmosferin doğal yapısında bulunmayan kirleticilerin insan sağlığına, bitkilere, hayvanlara veya materyallere zarar verebilecek konsantrasyonda ve yeterince uzun süre havada bulunması olarak tanımlanır (Altwicker vd., 1999).

Motorlu taşıtlar tarafından atmosfere salınan emisyonlar, özellikle şehir merkezlerinde ve ana caddelerde dönemsel olmayıp tüm yıl boyunca etkili olan hava kirleticileridir. Motorlu taşıtlardan kaynaklanan önemli kirleticiler, uçucu organik bileşikler (VOC), karbon monoksit (CO), azot oksitler (NOx) ve partikül maddeler (PM)'dir. CO ve VOC'lar genellikle benzinli taşıtlardan kaynaklanmaktadır. NOx emisyonları ise hem benzinli hem de dizel yakıtlı araçlardan atmosfere salınmaktadır. PM emisyonları ise genellikle dizel yakıt kullanımı ile ilişkilidir (Winther, 1998).

Motorlu taşıtlardan kaynaklanan VOC, CO, NOx ve PM gibi kirleticilerin insan sağlığı üzerinde doğrudan ya da dolaylı olumsuz etkileri bulunmaktadır. Bu kirletici gazların bir başka özelliği de güneş ışığı altında fotokimyasal tepkimeler vererek atmosferde ikincil kirletici olan troposferik ozon (yer seviyesi ozonu) oluşumuna yol açmalarıdır. Troposferik ozona maruz kalan insanlarda, gözlerde ve boğaz bölgesinde tahriş, baş ağrısı, göğüs ağrısı, öksürük, akciğer fonksiyonlarında azalma ve astım atakları görülmektedir. Troposferik ozon konsantrasyonundaki artış tarım ürünlerini ve ormanlık alanlardaki ağaçları da ciddi şekilde etkilemektedir. Hava kirliliğinin tarım ürünlerine verdiği zararın %90'ını tek başına ozon gerçekleştirir. Ayrıca troposferik ozon kuvvetli bir sera gazıdır ve iklim değişikliği sürecinde önemli rol oynamaktadır. Ozon oluşumuna sebep oldukları için VOC, NOx ve CO dolaylı sera gazları olarak adlandırılmaktadırlar. Tüm bu nedenlerden dolayı motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyon miktarlarının belirlenmesi zorunluluk haline gelmiştir (Pierce vd., 1997; Nanhatson, 1999; Jain ve Hayhoe, 2003).

## **MATERYAL VE METOD**

### **Çalışma Alanı**

Karadeniz Bölgesinin batısında yer alan Zonguldak, Kastamonu, Bartın, Karabük ve Sinop illeri çalışma alanını oluşturmaktadır. Çalışma alanındaki illerin uydu görüntüsü Şekil 1'de sunulmuştur. Zonguldak, Kastamonu, Bartın, Karabük ve Sinop illerinde trafiğe kayıtlı motorlu taşıt sayıları ise Tablo 1'de gösterilmiştir. Çalışma alanındaki tüm illerde otomobil, minibüs, otobüs, kamyonet, kamyon ve motosiklet toplam sayılarının çalışma alanındaki aynı cins taşıtlara oranları da Tablo 1'de yüzde olarak verilmektedir. Motosiklet hariç diğer tüm araç cinslerinde Zonguldak, Kastamonu ve Karabük ilk üç sırayı oluşturmaktadır.

### **Emisyon Envanteri**

Hava kirliliği probleminin çözümü, mevcut hava kalitesinin bilinmesine bağlıdır. Hava kalitesinin belirlenebilmesi için kullanılan yöntemler ise kirletici kaynağında yapılacak olan ölçümler, dış ortamdaki hava kalitesinin ölçülmesi ve emisyon envanterleridir. İlk iki metod, nitelikli personele ve ekipmana bağımlı olduğu için oldukça masraflı yöntemlerdir. Emisyon envanterleri ise yeterli ve güvenilir verilerin bulunması durumunda kolay uygulanabilir olduğundan, hava kalitesinin belirlenmesinde sıklıkla tercih edilmektedirler. Emisyon

envanterini, belli bir zaman periyodu içinde sınırları belirli bir alandaki tüm kirletici kaynaklar tarafından atmosfere salınan hava kirleticilerinin miktarlarının listesi olarak tanımlamak mümkündür (Boubel vd., 1994; Holman, 1999).

Emisyon envanterlerinde noktasal, alansal ve çizgisel olmak üzere üç ana grupta kirletici kaynakları bulunmaktadır. Endüstriyel tesisler noktasal kaynaklara, evsel ısınma ise alansal kaynaklara örnek olarak verilebilir. Emisyon envanterlerinde, her türlü motorlu taşıt faaliyeti ise çizgisel kaynak olarak değerlendirilir (Elbir, 1997).

**Tablo 1.** Çalışma alanındaki motorlu taşıt sayıları (TUIK 2008)

| İl            | Otomobil       | Minibüs       | Otobüs        | Kamyonet       | Kamyon        | Motorsiklet   | Toplam        |
|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| Zonguldak     | 54549<br>(%40) | 4631<br>(%37) | 2000<br>(%50) | 17107<br>(%47) | 6730<br>(%38) | 6003<br>(%29) | <b>91020</b>  |
| Kastamonu     | 31080<br>(%23) | 2653<br>(%21) | 756<br>(%19)  | 6432<br>(%18)  | 5078<br>(%29) | 6429<br>(%31) | <b>52428</b>  |
| Bartın        | 14171<br>(%10) | 1581<br>(%13) | 452<br>(%11)  | 4199<br>(%12)  | 1475<br>(%8)  | 2967<br>(%14) | <b>24845</b>  |
| Karabük       | 23146<br>(%17) | 1916<br>(%15) | 532<br>(%13)  | 4930<br>(%14)  | 2774<br>(%16) | 2167<br>(%10) | <b>35465</b>  |
| Sinop         | 14402<br>(%10) | 1590<br>(%13) | 265<br>(%7)   | 3432<br>(%10)  | 1601<br>(%9)  | 3458<br>(%16) | <b>24748</b>  |
| <b>Toplam</b> | <b>137348</b>  | <b>12371</b>  | <b>4005</b>   | <b>36100</b>   | <b>17658</b>  | <b>21024</b>  | <b>228506</b> |



**Şekil 1.** Çalışma alanındaki illerin uydu görüntüsü

### Emisyon Faktörleri

Kirletici kaynağının birim aktivitesi sonucu atmosfere saldığı ortalama kirletici miktarını belirtmek için kullanılan değer “emisyon faktörü” olarak tanımlanır. Emisyon faktörleri genellikle kirletici kütlesinin birim aktiviteye bölümü şeklinde ifade edilirler. Örneğin g CO km<sup>-1</sup> araç gibi (Elbir, 1997). Emisyon miktarını hesaplamak için de emisyon faktörü, aktivite istatistiği ile çarpılır (Holman, 1999).

### **Emisyon Faktörleri Veritabanları**

Emisyon faktörlerini, emisyon kaynağında yapılacak olan ölçümlerle belirlemek oldukça maliyetli ve zor olduğundan, emisyon faktörleri veritabanları kullanılarak uygun emisyon faktörleri seçilir. Dünya genelindeki emisyon envanteri çalışmalarında yaygın olarak IPCC, CORINAIR ve USEPA - AP42 emisyon faktörleri veritabanları kullanılır. Gelişmekte olan ülkelerin emisyon envanterlerini hazırlayabilmeleri için geliştirilen IPCC emisyon envanterinde tavandan-tabana yaklaşım kullanılır. Motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonların hesabında, yakıt satışlarına ait veriler kullanılır. Aşağıdan yukarı yaklaşımı kullanan CORINAIR emisyon envanteri ise sanayileşmiş Avrupa ülkelerinde kullanılmak amacıyla geliştirilmiştir. Motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonların hesabında ise trafik istatistikleri, ortalama yakıt tüketimleri ve seyahat mesafelerine odaklanılır (Salt ve Moran, 1997). USEPA - AP42 emisyon faktörleri veritabanında ise motorlu taşıtlar bölümü artık güncellenmemekte yerine MOBILE modeli kullanılmaktadır (url-1, 2008).

### **Motorlu Taşıtlarda Emisyonları Etkileyen Faktörler**

Motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonlar değişik faktörlere göre değişim göstermektedir. Bu faktörler şu şekilde sıralanabilir:

- ⇒ Aracın türü (otomobil, minibüs, kamyon, otobüs vb.)
- ⇒ Aracın yükü
- ⇒ Motor hacmi
- ⇒ Aracın yaşı ve kullanılan teknoloji
- ⇒ Dış ortam sıcaklığı
- ⇒ Kullanılan yakıt tipi (benzin, dizel, sıvılaştırılmış petrol gazı)
- ⇒ Trafiğin akış hızı
- ⇒ Sürücünün psikolojik davranışları (kibar, agresif)

Bu nedenle, çizgisel kaynaklar araç türü, yakıt tipi ve motor hacimlerine göre ayrı ayrı gruplanmalı, envanter alanındaki trafiğin ortalama akış hızına göre uygun emisyon faktörleri seçilmelidir (Hutchinson 2003).

## **SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRİLMESİ**

### **Emisyon Faktörlerinin Derlenmesi**

Türkiye şartlarına uygun geniş kapsamlı emisyon faktörü veritabanı olmadığından, emisyon faktörleri yapılan değişik çalışmalardan derlenmiştir. Yapılan bu çalışmada emisyon envanterinin, nispeten küçük bir bölge (Zonguldak, Kastamonu, Bartın, Karabük ve Sinop illeri) için hazırlandığı düşünüldüğünde yakıt satışlarını baz alan IPCC yönteminin kullanılması uygun olmayacaktır. Çünkü, envanter alanında satılan yakıtların tümünün aynı alan içerisinde tüketilmemesi ihtimali söz konusudur. Bu nedenle trafik istatistikleri, ortalama yakıt tüketimleri ve seyahat mesafelerini kullanan CORINAIR emisyon envanteri veritabanındaki emisyon faktörlerinin kullanımı daha uygun olacaktır.

Motorlu taşıtlar için emisyon faktörlerinin seçiminde literatürdeki CORINAIR emisyon envanteri veritabanını kullanan çok sayıda çalışma incelenmiş ve ülkemizdeki mevcut trafik şartları da göz önünde bulundurularak en uygun emisyon faktörleri seçilmiştir. Benzinli otomobiller için emisyon faktörleri olarak, Schmitz ve arkadaşlarının (2000) "Federal Test Presedürü"nü kullanarak yaptıkları çalışmada belirlediği değerler kullanılmıştır. Dizel otomobiller için VOC emisyon faktörü Schmitz ve arkadaşları'ndan (2000), diğer emisyon faktörleri de Demircioğlu'ndan (1998) alınmıştır. Sıvılaştırılmış petrol gaz (LPG) kullanan otomobiller için emisyon faktörleri CORINAIR veritabanındaki denklemler kullanılarak

hesaplanmıştır (Denklem 1, 2, ve 3) (CORINAIR, 2007). 40 km sa<sup>-1</sup>'lik hız ile seyahat eden LPG'li araçların emisyon faktörlerinin hesaplanması aşağıda gösterilmiştir. Minibüsler, otobüsler, kamyonetler, tırlar ve ağır kamyonlar için emisyon faktörleri Colls'dan (1997), kamyonlar için kullanılan emisyon faktörleri Keller ve arkadaşları'ndan (2008) ve motorsikletler için kullanılan emisyon faktörleri de Borrego ve arkadaşları'ndan (2000) alınmıştır. VOC, NO<sub>x</sub>, CO ve PM için derlenen tüm emisyon faktörleri Tablo 2'de gösterilmiştir.

LPG'li araçlar için emisyon faktörlerinin hesaplanmasında kullanılan formüller:

$$VOC : 26.3 * V^{-0.865} \quad (1)$$

$$NO_x : 0.77 * V^{0.285} \quad (2)$$

$$CO : 12.523 - 0.418 * V + 0.0039 * V^2 \quad (3)$$

40 km sa<sup>-1</sup>'lik hız ile seyahat eden LPG'li araçların emisyon faktörlerinin hesaplanması:

$$VOC : 26.3 * V^{-0.865} = 26.3 * 40^{-0.865} = 1.08 \text{ g km}^{-1}$$

$$NO_x : 0.77 * V^{0.285} = 0.77 * 40^{0.285} = 2.20 \text{ g km}^{-1}$$

$$CO : 12.523 - 0.418 * V + 0.0039 * V^2 = 12.523 - 0.418 * 40 + 0.0039 * 40^2 = 2.04 \text{ g km}^{-1}$$

**Tablo 2.** Şehir içi ve etrafındaki yollarda motorlu taşıtlar için emisyon faktörleri

| Araç Türü          | Ort. Hız<br>(km sa <sup>-1</sup> ) | Emisyon Faktörleri (g km <sup>-1</sup> ) |                 |       |      | Kaynak                                  |
|--------------------|------------------------------------|--|-----------------|-------|------|---|
|                    |                                    | VOC                                      | NO <sub>x</sub> | CO    | PM   |   |
| Otomobil Benzinli  | 41                                 | 2.02                                     | 3.25            | 8.0   | -    | Schmitz vd., 2000                       |
| Otomobil LPG       | 40                                 | 1.08                                     | 2.20            | 2.04  | -    | CORINAIR, 2007                          |
| Otomobil Dizel     | 30 - 50                            | 0.053                                    | 1.6             | 2.0   | 0.25 | Schmitz vd., 2000,<br>Demircioğlu, 1998 |
| Minibüs Dizel      | 30 - 50                            | 1.02                                     | 6.82            | 2.85  | 0.25 | Colls, 1997                             |
| Otobüs Dizel       | 30 - 50                            | 2.75                                     | 8.7             | 18.8  | 0.95 | Colls, 1997                             |
| Kamyonet Dizel     | 30 - 50                            | 1.02                                     | 6.82            | 2.85  | 0.25 | Colls, 1997                             |
| Kamyon Dizel       | 35                                 | 0.98                                     | 10.5            | 2.61  | 0.4  | Keller vd., 2008                        |
| Motorsiklet        | 30                                 | 10.98                                    | 0.03            | 22.36 | -    | Borrego vd., 2000                       |
| Tır ve Ağır Kamyon | 35                                 | 0.84                                     | 14.69           | 5.89  | 1.60 | Colls, 1997                             |

### Motorlu Taşıt Sayıları ve Seyahat Mesafeleri

Her ilde kayıtlı olan motorlu taşıtların sayıları Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK) Ulaştırma İstatistiklerinden alınmıştır. TUİK Ulaştırma İstatistikleri'ndeki en güncel araç sayıları olan 2008 yılı Mayıs ayına ait değerler kullanılmıştır. Her il için otomobil, minibüs, otobüs, kamyonet, kamyon ve Motorsiklet sayıları elde edilmiştir. TUİK istatistiklerinde, otomobiller için benzin, dizel veya LPG'li ayrımı yoktur. Ancak ülke genelindeki LPG'li otomobil sayısının toplam otomobil sayısına oranının yaklaşık %15 civarında olduğu yine TUİK istatistiklerine dayanarak kabul edilmiş ve hesaplamalarda bu şekilde kullanılmıştır. Ulaştırma

istatistiklerindeki dizel araç sayıları sadece otomobillerden ibaret olmayıp minibüs, otobüs, kamyon, kamyonet ve tırları da kapsadığından TÜİK verileri dizel otomobil sayılarının hesaplanması için yeterli değildir. Dizel otomobil sayılarının hesaplanmasında, Otomotiv Distribütörleri Derneği'nin bültenlerinde yer alan yeni satılan otomobil sayılarındaki dizel araçların oranları kullanılmıştır (Zeydan, 2008). Bu yöntemle, dizel otomobil sayılarının toplam otomobil sayılarına oranının Zonguldak'ta %5, Kastamonu'da %8, Bartın'da %9, Karabük'te %8, Sinop'ta %7 olduğu hesaplanmıştır. Dizel ve LPG'li otomobil sayıları toplamının toplam otomobil sayısından çıkarılması ile de benzinli otomobil sayıları bulunmuştur. TÜİK istatistiklerindeki bir başka eksiklik ise kamyonlar ile tır ve ağır kamyonların ayırımının yapılmamasıdır. Bu nedenle emisyon hesaplamaları sadece kamyon sayıları kullanılarak yapılmıştır. Zonguldak'taki araç sayıları Tablo 3'te, Kastamonu'daki araç sayıları Tablo 4'de, Bartın'daki araç sayıları Tablo 5'te, Karabük'teki araç sayıları Tablo 6'da ve Sinop'taki araç sayıları da Tablo 7'de gösterilmiştir.

Emisyon miktarlarının hesaplanmasında kullanılan seyahat mesafeleri bilinmediği için ortalama bir değerin kabul edilmesi tek olanaklı yoldur. Bu çalışmada, her araç için ortalama seyahat mesafesi 10000 km yıl<sup>-1</sup> olarak kabul edilmiştir.

### Emisyon Miktarlarının Hesaplanması

Çizgisel kaynaklar için geçerli olan ve emisyon miktarının hesaplanmasında kullanılan formül Denklem 4'de gösterilmiştir. Motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyon miktarları, araç sayıları, seyahat mesafesi ve emisyon faktörlerinin çarpımına eşittir.

$$\text{Emisyon Miktarı} = \text{Araç Sayısı} \times \text{Seyahat Mesafesi} \times \text{Emisyon Faktörü} \quad (4)$$

Denklem 4 kullanılarak her bir ildeki değişik araç türleri için motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyon miktarları hesaplanmıştır. Zonguldak'taki emisyon miktarları Tablo 3'te, Kastamonu'daki emisyon miktarları Tablo 4'te, Bartın'daki emisyon miktarları Tablo 5'te, Karabük'teki emisyon miktarları Tablo 6'da ve Sinop'taki emisyon miktarları da Tablo 7'de gösterilmiştir. Çalışma alanındaki beş ilin toplam emisyonları Tablo 8'de gösterilmiştir.

**Tablo 3.** Zonguldak ili araç sayıları ve emisyon miktarları

| Araç Cinsi        | Zonguldak Araç Sayıları | Emisyon Miktarları (ton yıl <sup>-1</sup> ) |                 |                |               |
|-------------------|-------------------------|---|-----------------|----------------|---------------|
|                   |                         | VOC   | NO <sub>x</sub> | CO             | PM            |
| Otomobil Benzinli | 43639                   | 881,51                                      | 1418,27         | 3491,14        | -             |
| Otomobil LPG      | 8182                    | 88,37                                       | 180,01          | 166,92         | -             |
| Otomobil Dizel    | 2727                    | 1,45  | 43,64           | 54,55          | 6,82          |
| Minibüs Dizel     | 4631                    | 47,24                                       | 315,83          | 131,98         | 11,58         |
| Otobüs Dizel      | 2000                    | 55,00                                       | 174,00          | 376,00         | 19,00         |
| Kamyonet Dizel    | 17107                   | 174,49                                      | 1166,70         | 487,55         | 42,77         |
| Kamyon Dizel      | 6730                    | 65,95                                       | 706,65          | 175,65         | 26,92         |
| Motorsiklet       | 6003                    | 659,13                                      | 1,80            | 1342,27        | -             |
| <b>Toplam</b>     | <b>91020</b>            | <b>1973,14</b>                              | <b>4006,91</b>  | <b>6226,06</b> | <b>107,08</b> |

Zonguldak'taki toplam 91020 araçtan kaynaklanan emisyon miktarları 1973 ton yıl<sup>-1</sup> VOC, 4007 ton yıl<sup>-1</sup> NO<sub>x</sub>, 6226 ton yıl<sup>-1</sup> CO ve 107 ton yıl<sup>-1</sup> PM'dir (Tablo 3). VOC ve CO emisyonlarında benzinli otomobiller ve motorsikletler başlıca kirleticilerdir. NO<sub>x</sub> emisyonları

ise ağırlıklı olarak benzinli otomobillerden ve kamyonetlerden kaynaklanmaktadır. PM emisyonlarında ise önde gelen kirleticiler kamyonetler ve kamyonlardır.

Kastamonu'daki toplam 52428 araçtan kaynaklanan emisyon miktarları 1404 ton yıl<sup>-1</sup> VOC, 2141 ton yıl<sup>-1</sup> NO<sub>x</sub>, 4031 ton yıl<sup>-1</sup> CO ve 56 ton yıl<sup>-1</sup> PM'dir (Tablo 4). VOC ve CO emisyonlarında benzinli otomobiller ve motorsikletler başlıca kirleticilerdir. NO<sub>x</sub> emisyonlarında ise benzinli otomobiller, kamyonetler ve kamyonlar önemli kirletici kaynaklarıdır. PM emisyonlarında ise önde gelen kirleticiler kamyonetler ve kamyonlardır.

Bartın'daki toplam 24845 araçtan kaynaklanan emisyon miktarları 653 ton yıl<sup>-1</sup> VOC, 1007 ton yıl<sup>-1</sup> NO<sub>x</sub>, 1882 ton yıl<sup>-1</sup> CO ve 28 ton yıl<sup>-1</sup> PM'dir (Tablo 5). VOC ve CO emisyonlarında benzinli otomobiller ve motorsikletler önemli kirletici kaynaklarıdır. NO<sub>x</sub> emisyonlarında ise benzinli otomobiller ve kamyonetler başlıca kirleticilerdir. PM emisyonlarında ise en önemli kirletici kamyonetlerdir.

Karabük'teki toplam 35465 araçtan kaynaklanan emisyon miktarları 748 ton yıl<sup>-1</sup> VOC, 1490 ton yıl<sup>-1</sup> NO<sub>x</sub>, 2386 ton yıl<sup>-1</sup> CO ve 38 ton yıl<sup>-1</sup> PM'dir (Tablo 6). VOC ve CO emisyonlarında benzinli otomobiller ve motorsikletler başlıca kirleticilerdir. NO<sub>x</sub> emisyonlarında ise benzinli otomobiller, kamyonetler ve kamyonlar önemli kirletici kaynaklarıdır. PM emisyonlarında ise en önemli kirleticiler kamyonetler ve kamyonlardır.

Sinop'teki toplam 33492 araçtan kaynaklanan emisyon miktarları 857 ton yıl<sup>-1</sup> VOC, 1224 ton yıl<sup>-1</sup> NO<sub>x</sub>, 2556 ton yıl<sup>-1</sup> CO ve 26 ton yıl<sup>-1</sup> PM'dir (Tablo 7). VOC ve CO emisyonlarında benzinli otomobiller ve motorsikletler başlıca kirleticilerdir. NO<sub>x</sub> emisyonlarında ise benzinli otomobiller ve kamyonetler önemli kirletici kaynaklarıdır. PM emisyonlarında ise en önemli kirleticiler kamyonetler ve kamyonlardır.

**Tablo 4.** Kastamonu ili araç sayıları ve emisyon miktarları

| Araç Cinsi        | Kastamonu Araç Sayıları | Emisyon Miktarları (ton yıl <sup>-1</sup> ) |                 |                |              |
|-------------------|-------------------------|---|-----------------|----------------|--------------|
|                   |                         | VOC   | NO <sub>x</sub> | CO             | PM           |
| Otomobil Benzinli | 23932                   | 483,42                                      | 777,78          | 1914,53        | -            |
| Otomobil LPG      | 4662                    | 50,35                                       | 102,56          | 95,10          | -            |
| Otomobil Dizel    | 2486                    | 1,32  | 39,78           | 49,73          | 6,22         |
| Minibüs Dizel     | 2653                    | 27,06                                       | 180,93          | 75,61          | 6,63         |
| Otobüs Dizel      | 756                     | 20,79                                       | 65,77           | 142,13         | 7,18         |
| Kamyonet Dizel    | 6432                    | 65,61                                       | 438,66          | 183,31         | 16,08        |
| Kamyon Dizel      | 5078                    | 49,76                                       | 533,19          | 132,54         | 20,31        |
| Motorsiklet       | 6429                    | 705,90                                      | 1,93            | 1437,52        | -            |
| <b>Toplam</b>     | <b>52428</b>            | <b>1404,21</b>                              | <b>2140,61</b>  | <b>4030,47</b> | <b>56,42</b> |

**Tablo 5.** Bartın ili araç sayıları ve emisyon miktarları

| Araç Cinsi        | Bartın Araç Sayıları | Emisyon Miktarları (ton yıl <sup>-1</sup> ) |                 |                |              |
|-------------------|----------------------|---|-----------------|----------------|--------------|
|                   |                      | VOC   | NO <sub>x</sub> | CO             | PM           |
| Otomobil Benzinli | 10770                | 217,55                                      | 350,02          | 861,60         | -            |
| Otomobil LPG      | 2126                 | 22,96                                       | 46,76           | 43,36          | -            |
| Otomobil Dizel    | 1275                 | 0,68  | 20,41           | 25,51          | 3,19         |
| Minibüs Dizel     | 1581                 | 16,13                                       | 107,82          | 45,06          | 3,95         |
| Otobüs Dizel      | 452                  | 12,43                                       | 39,32           | 84,98          | 4,29         |
| Kamyonet Dizel    | 4199                 | 42,83                                       | 286,37          | 119,67         | 10,50        |
| Kamyon Dizel      | 1475                 | 14,46                                       | 154,88          | 38,50          | 5,90         |
| Motorsiklet       | 2967                 | 325,78                                      | 0,89            | 663,42         | -            |
| <b>Toplam</b>     | <b>24845</b>         | <b>652,80</b>                               | <b>1006,48</b>  | <b>1882,09</b> | <b>27,83</b> |

**Tablo 6.** Karabük ili araç sayıları ve emisyon miktarları

| Araç Cinsi        | Karabük Araç Sayıları | Emisyon Miktarları (ton yıl <sup>-1</sup> ) |                 |                |              |
|-------------------|-----------------------|---|-----------------|----------------|--------------|
|                   |                       | VOC   | NO <sub>x</sub> | CO             | PM           |
| Otomobil Benzinli | 17822                 | 360,01                                      | 579,23          | 1425,79        | -            |
| Otomobil LPG      | 3472                  | 37,50                                       | 76,38           | 70,83          | -            |
| Otomobil Dizel    | 1852                  | 0,98  | 29,63           | 37,03          | 4,63         |
| Minibüs Dizel     | 1916                  | 19,54                                       | 130,67          | 54,61          | 4,79         |
| Otobüs Dizel      | 532                   | 14,63                                       | 46,28           | 100,02         | 5,05         |
| Kamyonet Dizel    | 4930                  | 50,29                                       | 336,23          | 140,51         | 12,33        |
| Kamyon Dizel      | 2774                  | 27,19                                       | 291,27          | 72,40          | 11,10        |
| Motorsiklet       | 2167                  | 237,94                                      | 0,65            | 484,54         | -            |
| <b>Toplam</b>     | <b>35465</b>          | <b>748,07</b>                               | <b>1490,34</b>  | <b>2385,72</b> | <b>37,89</b> |

**Tablo 7.** Sinop ili araç sayıları ve emisyon miktarları

| Araç Cinsi        | Sinop Araç Sayıları | Emisyon Miktarları (ton yıl <sup>-1</sup> ) |                 |                |              |
|-------------------|---------------------|---|-----------------|----------------|--------------|
|                   |                     | VOC   | NO <sub>x</sub> | CO             | PM           |
| Otomobil Benzinli | 18054               | 364,69                                      | 586,75          | 1444,31        | -            |
| Otomobil LPG      | 3472                | 37,50                                       | 76,38           | 70,83          | -            |
| Otomobil Dizel    | 1620                | 0,86  | 25,92           | 32,40          | 4,05         |
| Minibüs Dizel     | 1590                | 16,22                                       | 108,44          | 45,32          | 3,98         |
| Otobüs Dizel      | 265                 | 7,29  | 23,06           | 49,82          | 2,52         |
| Kamyonet Dizel    | 3432                | 35,01                                       | 234,06          | 97,81          | 8,58         |
| Kamyon Dizel      | 1601                | 15,69                                       | 168,11          | 41,79          | 6,40         |
| Motorsiklet       | 3458                | 379,69                                      | 1,04            | 773,21         | -            |
| <b>Toplam</b>     | <b>33492</b>        | <b>856,93</b>                               | <b>1223,75</b>  | <b>2555,48</b> | <b>25,53</b> |

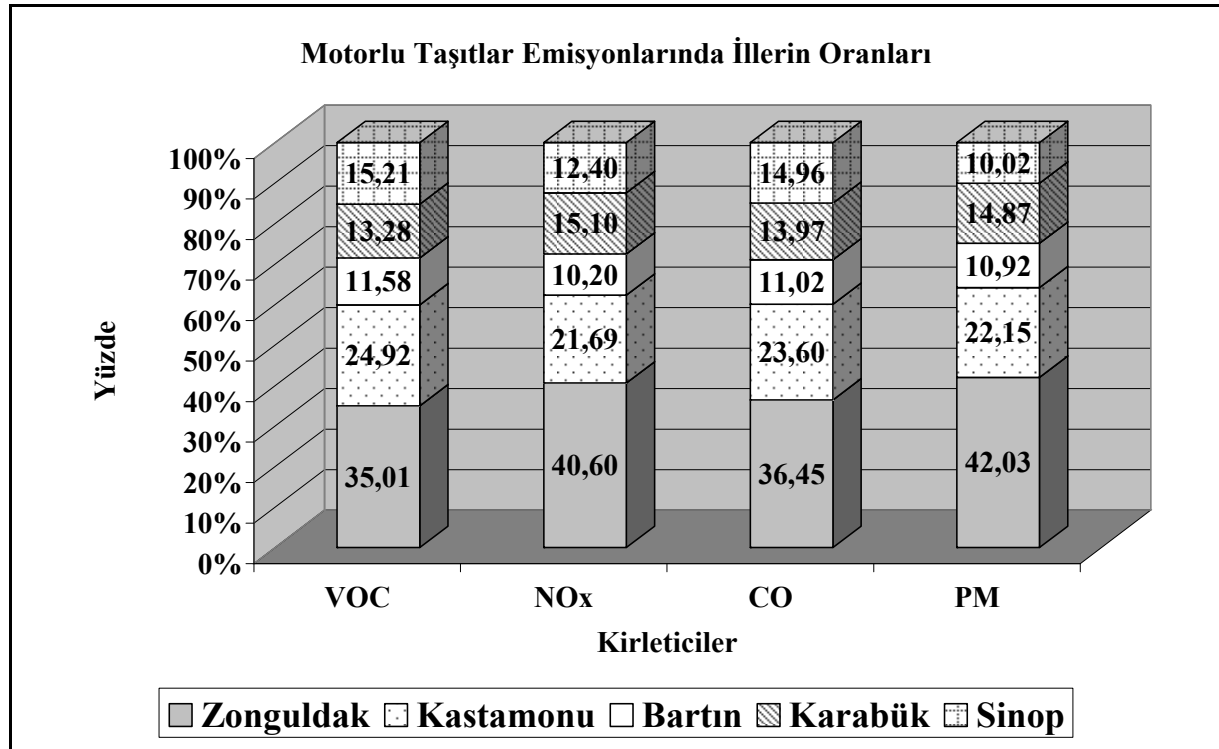
Çalışma alanındaki toplam emisyon miktarları Tablo 8’de gösterilmiştir. Tablo 8’e göre beş ilin toplam VOC emisyonu 5635 ton yıl<sup>-1</sup>, NO<sub>x</sub> emisyonu 9868 ton yıl<sup>-1</sup>, CO emisyonu 17079 ton yıl<sup>-1</sup> ve PM emisyonu da 255 ton yıl<sup>-1</sup>’dir. Toplam VOC, NO<sub>x</sub>, CO ve PM emisyonlarında illerin yüzdelik oranları Şekil 2’de sunulmuştur. Şekil 2’ye göre çalışma alanında, motorlu taşıtlardan kaynaklanan hava kirliliğinde en önemli pay Zonguldak iline aittir. Kastamonu ise



ikinci sıradadır. Çalışma alanındaki motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonların VOC/NO<sub>x</sub> oranı 0,57 (5635 / 9868) olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 8.** Çalışma alanındaki motorlu taşıtlardan kaynaklanan toplam emisyon miktarları

| İller                 | Toplam Emisyon Miktarları (ton yıl <sup>-1</sup> ) |                 |                 |               |
|-----------------------|--|-----------------|-----------------|---------------|
|                       | VOC  | NO <sub>x</sub> | CO              | PM            |
| Zonguldak             | 1973,14  | 4006,91         | 6226,06         | 107,08        |
| Kastamonu             | 1404,21  | 2140,61         | 4030,47         | 56,42         |
| Bartın                | 652,80   | 1006,48         | 1882,09         | 27,83         |
| Karabük               | 748,07   | 1490,34         | 2385,72         | 37,89         |
| Sinop                 | 856,93   | 1223,75         | 2555,48         | 25,53         |
| <b>Beş İl Toplamı</b> | <b>5635,16</b>                                     | <b>9868,09</b>  | <b>17079,83</b> | <b>254,76</b> |



**Şekil 2.** Çalışma alanındaki motorlu taşıt emisyonlarında illerin yüzdeler oranları

## TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın sonucunda elde edilen değerler, ülkemizde yapılan diğer motorlu taşıtlar emisyon envanteri çalışmalarında elde edilen değerler ile karşılaştırıldığında kabul edilir olduğu görülmektedir. Elbir ve Müezzinoğlu (2004), İzmir’deki motorlu taşıtlardan 29711 ton yıl<sup>-1</sup> NO<sub>x</sub> ve 2081 ton yıl<sup>-1</sup> PM’nin atmosfere salındığını hesaplamışlardır. Kocaeli’nde yapılan bir başka çalışmada Çetin ve arkadaşları (2007) motorlu taşıtlardan 3116 ton yıl<sup>-1</sup> NO<sub>x</sub>, 2591 ton yıl<sup>-1</sup> CO ve 144 ton yıl<sup>-1</sup> PM’nin atmosfere salındığını belirtmişlerdir. Çalışma alanındaki araç sayılarının ve trafik yoğunluğunun daha az olduğu düşünüldüğünde elde edilen sonuçlar oldukça makul değerlerdir.

Bu çalışma sırasında en büyük zorluk emisyon faktörlerinin derlenmesi sırasında yaşanmıştır. Türkiye şartlarına uygun emisyon faktörleri veritabanının oluşturulması ve yapılacak yeni çalışmalarda kullanılması oldukça önemlidir. Çevre ve Orman Bakanlığı'nın bir an önce bu konuda çalışmalarda bulunması gerekmektedir.

Ayrıca, araç sayılarına ait istatistiklerin elde edilmesi sırasında yaşanan bazı güçlükler bulunmaktadır. TUİK Ulaştırma İstatistikleri'ndeki otomobil sayılarının benzinli otomobil, dizel otomobil ve LPG'li otomobil şeklinde ayrı ayrı verilmesi gerekir. Benzer şekilde kamyon sayıları, kamyon ve tır olarak ayrı ayrı verilmelidir.

Motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyon miktarlarının belirlenmesinde daha iyi sonuçlar elde edebilmek için önemli yollarda araç sayımlarının yapılması da bir diğer önemli konudur. Çünkü kayıtlı olduğu il yerine başka ilde kullanılan araçlardan kaynaklanan hata payı ancak araç sayımlarının yapılması ile ortadan kalkacaktır.

Troposferik ozon oluşumunda etkili olan VOC/NO<sub>x</sub> oranı, endüstriyel tesislerden, ısınma amaçlı yakıt tüketiminden ve biyogenik kaynaklardan gelecek emisyonlar da göz önüne alınarak hesaplandığında oluşacak fotokimyasal tepkimelerin VOC limitli veya NO<sub>x</sub> limitli fazda gerçekleştiği bilinebilir. Bu sayede de troposferik ozonun kontrol edilebilmesi için gereken önlemleri almak mümkün olacaktır. Bununla beraber bölgede ozon konsantrasyonunun mutlaka ölçülmesi ve izlenmesi gerekmektedir. Batı Karadeniz Bölgesi'nin Balkanlar ve Kafkaslar'dan gelen hava cephe sistemlerinin etkisinde olduğu da göz önüne alınırsa bölgedeki uzak mesafe taşınımı kirleticilerin izlenmesine de ihtiyaç duyulmaktadır.

## KAYNAKLAR

Altwicker, E. R., Canter, L.W., Cha, S. C., Chaung, K. T., Liu, D. H. F., Ramachandran, G., Raufer, R. K., Reist, P. C., Sanger, A.R., Turk, A., ve Wagner, C. P. Pollutants: Sources, Effects, and Dispersion Modelling, Bölüm 5, Environmental Engineer's Handbook, ed. D.H.F. Liu, B.G. Liptak, CRC Press LLC, 1999.

Borrego, C., Tchepel, O., Barros, N. ve Miranda, A. I. Impact of road traffic emissions on air quality of the Lisbon region, *Atmospheric Environment*, 34 4683–4690, 2000.

Boubel, R. W., Fox, D. L., Turner, D. B. ve Stern, A. C. Fundamentals of Air Pollution, 3<sup>rd</sup> Ed., Academic Press, U.S.A., 1994.

Colls, J. Air Pollution – An Introduction, E. & FN Spon, London, 1997.

CORINAIR EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2007, <http://reports.eea.europa.eu/EMEPCORINAIR5/en/page002.html>, Son erişim: 30.06.2008

Çetin, Ş., Karademir, A., Pekey, B. ve Ayberk, S. Inventory of emissions of primary air pollutants in the city of Kocaeli, Turkey, *Environ Monit Assess*, 128 165-175, 2007.

Demircioğlu, H. Determination of emission loads of air pollutants due to vehicles, Yüksek Lisans Tezi (unpublished), Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, 1998.

Elbir, T. Preparation of Emission Inventories for Use in Determination of Air Quality at Different Scales, Yüksek Lisans Tezi (unpublished), Dokuz Eylül Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Çevre Teknolojisi Anabilim Dalı, İzmir, 1997.

Elbir, T. ve Müezzinoğlu, A. Estimation of emission strengths of primary air pollutants in the city of İzmir, Turkey, *Atmospheric Environment*, 38 1851–1857, 2004.

Holman, C. Sources of Air Pollution. Bölüm 8, Air Pollution and Health, ed. S.T. Holgate, J.M. Samet, H.S. Koren, R.L. Maynard, Academic Press, 1999.

Hutchinson, D. Emission Inventories. Bölüm 17, Handbook of Atmospheric Science, ed. C.N. Hewitt, A.V. Jackson, Blackwell Publishing, 2003.

Jain, A. K. ve Hayhoe, K. A. S. Global Air Pollution Problems. Bölüm 13, Handbook of Atmospheric Science, ed. C.N. Hewitt, A.V. Jackson, Blackwell Publishing, 2003.

Keller, J., Andreani-Aksoyoglu, S., Tinguely, M., Flemming, J., Heldstab, J., Keller, M., Zbinden, R. ve Prevot, A. S. H. The impact of reducing the maximum speed limit on motorways in Switzerland to 80 km h<sup>-1</sup> on emissions and peak ozone, *Environmental Modelling & Software*, 23 322-332, 2008.

Nathanson, J. A. Basic Environmental Technology, Prentice Hall, 1999.

Pierce, J. J., Vesilind, P. A. ve Weiner, R. F. Environmental Pollution and Control, 4th Ed., Elsevier Science & Technology Books, 1997.

Salt, J. E. ve Moran, A. International greenhouse gas inventory systems: A comparison between CORINAIR and IPCC methodologies in the EU, *Global Environmental Change*, 7 (4) 317–336, 1997.

Schmitz, T., Hassel, D., ve Weber, F. J. Determination of VOC-components in the exhaust of gasoline and diesel passenger cars, *Atmospheric Environment*, 34 4639–4647, 2000.

Url-1, AP-42: Compilation of Air Pollutant Emission Factors, <http://www.epa.gov/otaq/ap42.htm>, Son erişim: 31.07.2008

Winther, H. Petrol passenger car emissions calculated with different emission models, *The Science of the Total Environment*, 224 149–160, 1998.

Zeydan, Ö. Zonguldak Bölgesi Sera Gazları Emisyon Miktarlarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi (yayınlanmamış), Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Çevre Teknolojisi Anabilim Dalı, Zonguldak, 2008.