

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İSTANBUL ŞEHİR ÇEVİRİMİNİN ABD VE AVRUPA TEST ÇEVİRİMLERİ  
İLE EMİSYON FAKTÖRLERİ VE YAKIT TÜKETİMİ AÇISINDAN  
DENEYSEL OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Hasan Ali Taha ÖZTÜRK**

**Anabilim Dalı : Makine Mühendisliği**

**Programı : Otomotiv Yüksek Lisans**

**OCAK 2010**

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İSTANBUL ŞEHİR ÇEVİRİMİNİN ABD VE AVRUPA TEST ÇEVİRİMLERİ  
İLE EMİSYON FAKTÖRLERİ VE YAKIT TÜKETİMİ AÇISINDAN  
DENEYSEL OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hasan Ali Taha ÖZTÜRK**

**(503071725)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 25 Aralık 2009**

**Tezin Savunulduğu Tarih : 28 Ocak 2010**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Cem SORUŞBAY (İTÜ)**

**Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Ertuğrul ARSLAN (İTÜ)**

**Prof. Dr. Haluk GERÇEK (İTÜ)**

**OCAK 2010**



## ÖNSÖZ

İstanbul şehir çevriminin ABD ve Avrupa test çevrimleri ile emisyon faktörleri ve yakıt tüketimi açısından deneysel olarak karşılaştırıldığı bu yüksek lisans tez çalışmamda değerli yardımlarıyla bana yol gösteren danışmanım Sayın Prof. Dr. Cem SORUŞBAY ve değerli hocam Sayın Prof. Dr. Metin ERGENEMAN'a teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Ayrıca eğitim öğretim hayatım boyunca bana maddi ve manevi destek veren aileme ve tüm dostlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmaya sağladıkları maddi, manevi katkılardan dolayı Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Arastırma Kurumu'na (TÜBİTAK) teşekkür ederim.

Ocak 2010

Hasan Ali Taha Öztürk  
(Makine Mühendisi)



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

<b>KISALTMALAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....	<b>xi</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>xv</b>
<b>SEMBOLLER</b> .....	<b>xvii</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>xix</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>xxi</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. ARAÇLARDAN KAYNAKLANAN EGZOZ EMİSYONLARI VE ÖZELLİKLERİ</b> .....	<b>3</b>
2.1 Motorlarda Egzoz Emisyonlarının Karşılaştırılması.....	3
2.2 Kirletici Emisyonunda Etkili Olan Faktörler .....	3
2.3 Emisyon Faktörlerinin Belirlenmesi .....	7
2.4 Taşıt Kaynaklı Kirletici Emisyonlar ve Özellikleri.....	8
2.4.1 Küresel etkili kirleticiler .....	8
2.4.1.1 Karbondioksit (CO <sub>2</sub> ) .....	8
2.4.1.2 Metan (CH <sub>4</sub> ) .....	9
2.4.1.3 Diazotmonoksit (N <sub>2</sub> O) .....	9
2.4.2 Yerel kirleticiler .....	9
2.4.2.1 Karbonmonoksit (CO).....	10
2.4.2.2 Hidrokarbonlar (HC).....	11
2.4.2.3 Azot oksitler (NO <sub>x</sub> ) .....	12
2.4.2.4 Partikül madde (PM) .....	13
<b>3. EGZOZ EMİSYONLARININ DENETİMİ</b> .....	<b>15</b>
3.1 Egzoz Emisyonu Test Yöntemleri.....	15
3.2 Taşıt Emisyonlarına Getirilen İlk Sınırlamalar .....	16
3.3 Avrupa'daki Emisyon Standartları .....	17
3.3.1. Avrupa Topluluğu yönetmeliklerinin tarihsel gelişimi .....	17
3.3.2 Avrupa Birliği'ndeki emisyon standartları .....	19
3.4 Türkiye'deki Emisyon Standartları .....	21
3.4.1 Türkiye'de taşıtlardan kaynaklanan kirleticilere getirilen sınırlamalar... 21	
3.4.1.1 Boş ağırlığı 3500 kg'dan az olan benzin ve dizel motorlu taşıtlar için tip testi sınırlamaları.....	21
3.4.1.2 Boş ağırlığı 3500 kg'ı geçen dizel motorlu taşıtlar için tip testi sınırlamaları.....	21
3.4.1.3 Türkiye'de trafikteki taşıtların egzoz emisyonlarının periyodik kontrolü .....	23
3.4.2 Yakıtlara getirilen sınırlamalar .....	24
3.5 Dünyadaki Emisyon Standartları.....	25
<b>4. ÖRNEKLEME YÖNTEMİ VE TÜRKİYE İÇİN ÖRNEKLEM SAYISININ BELİRLENMESİ</b> .....	<b>27</b>
4.1 Örneklem Yöntemi .....	27
4.1.1 Örneklem yapmayı gerekli kılan nedenler.....	27

4.1.2	Örnekleme yöntemleri .....	28
4.1.2.1	Tesadüfi örnekleme .....	28
4.1.2.1.1	Basit tesadüfi örnekleme .....	29
4.1.2.1.2	Sistematik örnekleme .....	30
4.1.2.1.3	Zümrelere göre örnekleme .....	30
4.1.2.1.4	Kademeli örnekleme .....	31
4.1.2.1.5	İkili, çoklu ve aşamalı örnekleme .....	31
4.1.2.2	Tesadüfi olmayan örnekleme .....	32
4.1.2.2.1	Monografi örnekleme .....	32
4.1.2.2.2	Kota örnekleme .....	32
4.2	Türkiye İçin Örnekleme Sayılarının Belirlenmesi .....	33
4.2.1	Dizel otomobiller için örnekleme sayıları .....	33
4.2.2	Benzinli otomobiller için örnekleme sayıları .....	34
<b>5.</b>	<b>TEST DÜZENİĞİ VE EGZOS EMİSYON TESTİNİN YAPILIŞI.....</b>	<b>39</b>
5.1	Test Düzeniği .....	39
5.1.1	Egzos emisyon odası .....	39
5.1.2	Egzos emisyon test sistemi .....	40
5.1.3	Şasi dinamometresi ve özellikleri .....	40
5.2	Egzos Emisyon Testinin Yapılışı .....	42
<b>6.</b>	<b>TEST ÇEVİRİMLERİ .....</b>	<b>45</b>
6.1	Test Çeviriminin Sınıflandırılması .....	45
6.2	Bu Çalışmada Kullanılan Çevirimler.....	46
6.2.1	ABD test çevrimi (FTP75).....	46
6.2.2	Avrupa Birliği test çevrimi .....	47
6.2.3	İstanbul şehir çevrimi.....	47
6.2.4	ABD ve Avrupa Birliği test çevrimleri ile İstanbul şehir çevriminin karakteristik yönden karşılaştırılması.....	49
6.3	Japonya Test Çevrimi .....	49
<b>7.</b>	<b>SONUÇLAR .....</b>	<b>51</b>
7.1	ABD Test Çevrimi (FTP75) Sonuçları:.....	52
7.1.1	FTP 75 çevrimindeki HC ve CO emisyon değerlerinin incelenmesi.....	52
7.1.1.1	Ağırlıklı ortalamaların incelenmesi.....	53
7.1.1.2	Faz değerlerinin incelenmesi.....	53
7.1.2	FTP 75 çevrimindeki NO <sub>x</sub> ve NMHC emisyon değerlerinin incelenmesi.....	54
7.1.2.1	Ağırlıklı ortalamaların incelenmesi.....	55
7.1.2.2	Faz değerlerinin incelenmesi.....	55
7.1.3	FTP 75 çevrimindeki NMHC+ NO <sub>x</sub> , HC+NO <sub>x</sub> ve CH <sub>4</sub> emisyon değerlerinin incelenmesi .....	55
7.1.4	FTP 75 çevrimindeki CO <sub>2</sub> emisyonu ve yakıt tüketim değerlerinin incelenmesi.....	56
7.1.4.1	Ağırlıklı ortalamaların incelenmesi.....	57
7.1.4.2	Faz sonuçlarının incelenmesi .....	58
7.2	Avrupa Birliği Test Çevrimi Sonuçları: .....	58
7.2.1	Avrupa Birliği çevrimindeki HC ve CO emisyon değerlerinin incelenmesi .....	58
7.2.2	Avrupa Birliği çevrimindeki NO <sub>x</sub> ve NMHC emisyon değerlerinin incelenmesi .....	59
7.2.3	Avrupa Birliği çevrimindeki NMHC+ NO <sub>x</sub> , HC+NO <sub>x</sub> ve CH <sub>4</sub> emisyon değerlerinin incelenmesi .....	60

7.2.4 Avrupa Birliği çevrimindeki CO <sub>2</sub> emisyonu ve yakıt tüketimi değerlerinin incelenmesi.....	61
7.3 İstanbul Şehir Çevrimi Sonuçları .....	62
7.3.1 İstanbul şehir çevrimindeki HC ve CO emisyonlarının incelenmesi.....	62
7.3.2 İstanbul şehir çevrimindeki NO <sub>x</sub> ve NMHC emisyonlarının incelenmesi.....	63
7.3.3 İstanbul şehir çevrimindeki NMHC+NO <sub>x</sub> , HC+ NO <sub>x</sub> ve CH <sub>4</sub> emisyonlarının incelenmesi.....	64
7.3.4 İstanbul şehir çevrimindeki CO <sub>2</sub> emisyonu ve yakıt tüketimi değerlerinin incelenmesi.....	65
7.4 Avrupa Birliği, ABD ve İstanbul Çevrimlerinin Sonuçlarının Karşılaştırılması .....	66
7.4.1 HC ve CO değerlerinin kıyaslanması .....	66
7.4.2 NO <sub>x</sub> ve NMHC değerlerinin kıyaslanması.....	72
7.4.3 CO <sub>2</sub> ve yakıt tüketim değerlerinin kıyaslanması.....	78
7.5 Avrupa Birliği'ndeki Emisyon Faktörlerinden Sapmalar .....	83
7.5.1 HC emisyonu için sapmalar.....	83
7.5.2 CO emisyonu için sapmalar.....	84
7.5.3 NO <sub>x</sub> emisyonu için sapmalar .....	84
7.5.4 HC+NO <sub>x</sub> emisyonu için sapmalar .....	84
<b>8. GÜVEN ARALIğI TAHMİNİ .....</b>	<b>87</b>
8.1 EKB Araçlarda Güven Aralığı Hesabı .....	92
8.1.1 ABD test çevrimi sonuçlarının güven aralığı hesabı .....	92
8.1.2 Avrupa Birliği test çevrimi sonuçlarının güven aralığı hesabı .....	93
8.1.3 İstanbul şehir çevrimi sonuçlarının güven aralığı hesabı .....	95
8.2 15.04 Araçlarda Güven Aralığı Hesabı.....	97
8.2.1 ABD test çevrimi sonuçlarının güven aralığı hesabı .....	97
8.2.2 Avrupa Birliği test çevrimi sonuçlarının güven aralığı hesabı .....	99
8.2.3 İstanbul şehir çevrimi sonuçlarının güven aralığı hesabı .....	101
8.3 EURO 1, EURO 3 ve EURO 4 Araçlarda Güven Aralığı Hesabı.....	103
8.3.1 FTP 75 çevrimi sonuçlarının güven aralığı hesabı .....	104
8.3.2 Avrupa Birliği çevrimi sonuçlarının güven aralığı hesabı.....	105
8.3.3 İstanbul Şehir çevriminde güven aralığı hesabı.....	107
<b>9. ÇALIŞMANIN SONUÇLARI VE İLERİYE YÖNELİK ÖNERİLER....</b>	<b>111</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>113</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>115</b>





## KISALTMALAR

<b>ABD</b>	: Amerika Birleşik Devletleri
<b>ADC</b>	: Atina Sürüş Çevrimi (Athens Driving Cycle)
<b>CLA</b>	: Kimyasal Işıma Analizörü (Chemiluminescence Analyser)
<b>CVS</b>	: Sabit Debili Örneklem Birimi
<b>DI</b>	: Direkt Püskürtme (Direct Injection)
<b>ECE</b>	: Avrupa Ekonomik Komisyonu (European Economic Commission for Europe)
<b>EKB</b>	: Emisyon Kontrolü Bulunmayan
<b>EU</b>	: Avrupa Birliği (European Union)
<b>EUDC</b>	: Şehir Dışı Çevrimi (Extra Urban Driving Cycle)
<b>FID</b>	: Alev İyonizasyon Dedektörü (Flame Ionization Detector)
<b>FTP</b>	: Federal Test Prosedürü (Federal Test Procedure)
<b>GHG</b>	: Sera Gazı (Greenhouse Gas)
<b>GVW</b>	: Toplam Taşıt Ağırlığı (Gross Vehicle Weight)
<b>HFK</b>	: Hava Fazlalık Katsayısı
<b>IDI</b>	: Dolaylı Püskürtme (Indirect Injection)
<b>IPCC</b>	: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change)
<b>JC</b>	: Japonya Çevrimi (Japan cycle)
<b>NDIR</b>	: Dağılmayan Kızılötesi Işın Yöntemi (Non Dispersive Infrared)
<b>NEDC</b>	: Avrupa Test Çevrimi (New Europe Driving Cycle)
<b>OSD</b>	: Otomotiv Sanayi Derneği
<b>OTAM</b>	: Otomotiv Teknolojileri Araştırma Merkezi
<b>TSE</b>	: Türk Standartları Enstitüsü



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

<b>Çizelge 2.1</b> : Taşıtların Kullanım Modlarında Kirlenici Etkiler .....	5
<b>Çizelge 3.1</b> : 2001/116/EEC yönetmeliğine uyumlu hale getirilmiş 70/156/EEC yönetmeliği.....	17
<b>Çizelge 3.2</b> : Avrupa Topluluğu ülkelerinde binek taşıtlar için uygulanan egzoz emisyon sınır değerleri değişimi .....	18
<b>Çizelge 3.3</b> : ECE-R15/04 ve ECE-R83/00-05 kurşunlu benzin (Onay A) emisyon standartları.....	19
<b>Çizelge 3.4</b> : Yolcu taşıtları için Avrupa Birliği emisyon standartları (g/km) .....	19
<b>Çizelge 3.5</b> : Benzinli hafif ticari araçlar için Avrupa Birliği emisyon standartları (g/km).....	20
<b>Çizelge 3.6</b> : Dizel hafif ticari araçlar için Avrupa Birliği emisyon standartları (g/km).....	20
<b>Çizelge 3.7</b> : Trafikte kullanılmakta olan benzinli taşıtlarda CO sınır değerleri.....	23
<b>Çizelge 3.8</b> : Trafikte kullanılmakta olan benzinli taşıtlarda diğer emisyon sınır değerleri.....	24
<b>Çizelge 3.9</b> : Trafikte kullanılmakta olan dizel motorlu taşıtlarda absorpsiyon katsayısı sınır değerleri .....	24
<b>Çizelge 4.1</b> : Yıllara göre dizel otomobillerin sayıları .....	33
<b>Çizelge 4.2</b> : Benzinli otomobil için emisyon grupları.....	34
<b>Çizelge 4.3</b> : Yıllara ve emisyon standartlarına göre benzinli otomobiller (kümülatif).....	35
<b>Çizelge 4.4</b> : Emisyon gruplarının 1990'dan sonraki yıllardaki değişimi .....	35
<b>Çizelge 4.5</b> : Emisyon gruplarının 1990'dan sonraki yıllardaki değişim yüzdeleri .	36
<b>Çizelge 4.6</b> : Örnek taşıt sayısı dağılımı (n = 30).....	37
<b>Çizelge 4.7</b> : Test edilen araç sayıları .....	37
<b>Çizelge 6.1</b> : Japonya test çevrimi çeşitleri .....	49
<b>Çizelge 7.1</b> : Proje kapsamında test edilen araçların bilgileri .....	51
<b>Çizelge 7.2</b> : FTP 75 çevrimi HC ve CO emisyonları .....	52
<b>Çizelge 7.3</b> : FTP 75 çevrimi NO <sub>x</sub> ve NMHC emisyonları .....	54
<b>Çizelge 7.4</b> : FTP 75 çevrimi NMHC+NO <sub>x</sub> ve HC+ NO <sub>x</sub> emisyonları .....	56
<b>Çizelge 7.5</b> : FTP 75 çevrimi CO <sub>2</sub> emisyonu ve yakıt tüketimi.....	57
<b>Çizelge 7.6</b> : Avrupa Birliği çevrimi HC ve CO emisyonları.....	58
<b>Çizelge 7.7</b> : Avrupa Birliği çevrimi NO <sub>x</sub> ve NMHC emisyonları.....	59
<b>Çizelge 7.8</b> : Avrupa Birliği çevrimi NMHC+NO <sub>x</sub> ve HC+ NO <sub>x</sub> emisyonları.....	60
<b>Çizelge 7.9</b> : Avrupa Birliği çevrimi CO <sub>2</sub> emisyonu ve yakıt tüketimi .....	61
<b>Çizelge 7.10</b> : İstanbul çevrimi HC ve CO emisyonları .....	62
<b>Çizelge 7.11</b> : İstanbul çevrimi NO <sub>x</sub> ve NMHC emisyonları .....	63
<b>Çizelge 7.12</b> : İstanbul çevrimi NMHC+NO <sub>x</sub> ve HC+ NO <sub>x</sub> emisyonları .....	64
<b>Çizelge 7.13</b> : İstanbul çevrimi CO <sub>2</sub> emisyonu ve yakıt tüketimi.....	65
<b>Çizelge 7.14</b> : EKB taşıtların HC ve CO değerlerinin karşılaştırılması .....	66
<b>Çizelge 7.15</b> : 15.04 taşıtların HC ve CO değerlerinin karşılaştırılması .....	67
<b>Çizelge 7.16</b> : EURO 1 taşıtların HC ve CO değerlerinin karşılaştırılması .....	68

<b>Çizelge 7.17:</b> EURO 3 taşıtların HC ve CO değerlerinin karşılaştırılması .....	69
<b>Çizelge 7.18:</b> EURO 4 taşıtların HC ve CO değerlerinin karşılaştırılması .....	70
<b>Çizelge 7.19:</b> EKB taşıtların NO <sub>x</sub> ve NMHC değerlerinin karşılaştırılması .....	72
<b>Çizelge 7.20:</b> 15.04 taşıtların NO <sub>x</sub> ve NMHC değerlerinin karşılaştırılması .....	73
<b>Çizelge 7.21:</b> EURO 1 taşıtların NO <sub>x</sub> ve NMHC değerlerinin karşılaştırılması .....	74
<b>Çizelge 7.22:</b> EURO 3 taşıtların NO <sub>x</sub> ve NMHC değerlerinin karşılaştırılması .....	75
<b>Çizelge 7.23:</b> EURO 4 taşıtların NO <sub>x</sub> ve NMHC değerlerinin karşılaştırılması .....	76
<b>Çizelge 7.24:</b> EKB taşıtların CO <sub>2</sub> ve yakıt tüketim değerlerinin karşılaştırılması.....	78
<b>Çizelge 7.25:</b> 15.04 taşıtların CO <sub>2</sub> ve yakıt tüketim değerlerinin karşılaştırılması....	79
<b>Çizelge 7.26:</b> EURO1 taşıtların CO <sub>2</sub> ve yakıt tüketim değerlerinin karşılaştırılması .....	80
<b>Çizelge 7.27:</b> EURO 3 taşıtların CO <sub>2</sub> ve yakıt tüketim değerlerinin karşılaştırılması .....	81
<b>Çizelge 7.28:</b> EURO 4 taşıtların CO <sub>2</sub> ve yakıt tüketim değerlerinin karşılaştırılması .....	82
<b>Çizelge 7.29:</b> Avrupa Birliği çevriminde standartlara göre kötüleşme katsayıları....	84
<b>Çizelge 8.1 :</b> Çeşitli $1 - \alpha$ değerlerine karşılık gelen $z_{\alpha/2}$ değerleri .....	91
<b>Çizelge 8.2 :</b> EKB araçların FTP 75 çevrimindeki CO <sub>2</sub> ve yakıt tüketimi değerleri	92
<b>Çizelge 8.3 :</b> EKB araçların FTP 75 çevrimindeki CO <sub>2</sub> ve yakıt tüketimi sonuçlarının istatistiki değerleri .....	92
<b>Çizelge 8.4 :</b> EKB araçların Avrupa Birliği çevrimindeki CO <sub>2</sub> ve yakıt tüketimi değerleri.....	94
<b>Çizelge 8.5 :</b> EKB araçların Avrupa Birliği çevrimindeki CO <sub>2</sub> ve yakıt tüketimi sonuçlarının istatistiki değerleri .....	94
<b>Çizelge 8.6 :</b> EKB araçların İstanbul şehir çevrimindeki CO <sub>2</sub> ve yakıt tüketimi değerleri.....	96
<b>Çizelge 8.7 :</b> EKB araçların İstanbul şehir çevrimindeki CO <sub>2</sub> ve yakıt tüketimi sonuçlarının istatistiki değerleri .....	96
<b>Çizelge 8.8 :</b> 15.04 araçların FTP 75 çevrimindeki CO <sub>2</sub> ve yakıt tüketimi değerleri	98
<b>Çizelge 8.9 :</b> 15.04 araçların FTP 75 çevrimindeki CO <sub>2</sub> ve yakıt tüketimi sonuçlarının istatistiki değerleri .....	98
<b>Çizelge 8.10:</b> 15.04 araçların Avrupa Birliği çevrimindeki CO <sub>2</sub> ve yakıt tüketimi değerleri.....	100
<b>Çizelge 8.11:</b> 15.04 araçların Avrupa Birliği çevrimindeki CO <sub>2</sub> ve yakıt tüketimi sonuçlarının istatistiki değerleri .....	100
<b>Çizelge 8.12:</b> 15.04 araçların İstanbul şehir çevrimindeki CO <sub>2</sub> ve yakıt tüketimi değerleri.....	102
<b>Çizelge 8.13:</b> 15.04 araçların İstanbul şehir çevrimindeki CO <sub>2</sub> ve yakıt tüketimi sonuçlarının istatistiki değerleri .....	102
<b>Çizelge 8.14:</b> EURO 1, EURO 3 ve EURO 4 araçların FTP 75 çevrimindeki CO <sub>2</sub> ve yakıt tüketimi değerleri .....	104
<b>Çizelge 8.15:</b> EURO 1, EURO 3 ve EURO 4 araçların FTP 75 çevrimindeki CO <sub>2</sub> ve yakıt tüketimi sonuçlarının istatistiki değerleri.....	104
<b>Çizelge 8.16:</b> EURO 1, EURO 3 ve EURO 4 araçların Avrupa Birliği çevrimindeki CO <sub>2</sub> ve yakıt tüketimi değerleri.....	106
<b>Çizelge 8.17:</b> EURO 1, EURO 3 ve EURO 4 araçların Avrupa Birliği çevrimindeki CO <sub>2</sub> ve yakıt tüketimi sonuçlarının istatistiki değerleri .....	106
<b>Çizelge 8.18:</b> İstanbul şehir çevriminde EURO 1,3 ve 4 araçların CO <sub>2</sub> ve yakıt tüketimi değerleri .....	108

<b>Çizelge 8.19:</b> EURO 1, EURO 3 ve EURO 4 araçların İstanbul şehir çevrimindeki CO <sub>2</sub> ve yakıt tüketimi sonuçlarının istatistiki değerleri .....	108
--	-----



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1	: Benzinli motorlarda hava fazlalık katsayısının emisyonlara etkisi.....	6
Şekil 2.2	: Dizel motorlarda hava fazlalık katsayısının emisyonlara etkisi.....	6
Şekil 5.1	: Egzoz emisyon odası.....	39
Şekil 5.2	: İTÜ-OTAM test düzeneği.....	42
Şekil 6.1	: FTP 75 çevrimi.....	46
Şekil 6.2	: Avrupa test çevrimi.....	47
Şekil 6.3	: İstanbul şehir çevrimi.....	48
Şekil 6.4	: Japon 11 mod çevrimi.....	50
Şekil 6.5	: Japon 10-15 mod çevrimi.....	50
Şekil 6.6	: Japon yeni test çevrimi.....	50
Şekil 7.1	: EKB taşıtlarda HC emisyonu kıyaslaması.....	66
Şekil 7.2	: EKB taşıtlarda CO emisyonu kıyaslaması.....	66
Şekil 7.3	: 15.04 taşıtlarda HC emisyonu kıyaslaması.....	67
Şekil 7.4	: 15.04 taşıtlarda CO emisyonu kıyaslaması.....	68
Şekil 7.5	: EURO 1 taşıtlarda HC emisyonu kıyaslaması.....	69
Şekil 7.6	: EURO 1 taşıtlarda CO emisyonu kıyaslaması.....	69
Şekil 7.7	: EURO 3 taşıtlarda HC emisyonu kıyaslaması.....	70
Şekil 7.8	: EURO 3 taşıtlarda CO emisyonu kıyaslaması.....	70
Şekil 7.9	: EURO 4 taşıtlarda HC emisyonu kıyaslaması.....	71
Şekil 7.10	: EURO 4 taşıtlarda CO emisyonu kıyaslaması.....	71
Şekil 7.11	: EKB taşıtlarda NO <sub>x</sub> emisyonu kıyaslaması.....	73
Şekil 7.12	: EKB taşıtlarda NMHC emisyonu kıyaslaması.....	73
Şekil 7.13	: 15.04 taşıtlarda NO <sub>x</sub> emisyonu kıyaslaması.....	74
Şekil 7.14	: 15.04 taşıtlarda NMHC emisyonu kıyaslaması.....	74
Şekil 7.15	: EURO 1 taşıtlarda NO <sub>x</sub> emisyonu kıyaslaması.....	75
Şekil 7.16	: EURO 1 taşıtlarda NMHC emisyonu kıyaslaması.....	75
Şekil 7.17	: EURO 3 taşıtlarda NO <sub>x</sub> emisyonu kıyaslaması.....	76
Şekil 7.18	: EURO 3 taşıtlarda NMHC emisyonu kıyaslaması.....	76
Şekil 7.19	: EURO 4 taşıtlarda NO <sub>x</sub> emisyonu kıyaslaması.....	77
Şekil 7.20	: EURO 4 taşıtlarda NMHC emisyonu kıyaslaması.....	77
Şekil 7.21	: EKB taşıtlarda CO <sub>2</sub> emisyonu kıyaslaması.....	78
Şekil 7.22	: EKB taşıtlarda yakıt tüketim değerleri kıyaslaması.....	78
Şekil 7.23	: 15.04 taşıtlarda CO <sub>2</sub> emisyonu kıyaslaması.....	79
Şekil 7.24	: 15.04 taşıtlarda yakıt tüketim değerleri kıyaslaması.....	79
Şekil 7.25	: EURO1 taşıtlarda CO <sub>2</sub> emisyonu kıyaslaması.....	80
Şekil 7.26	: EURO 1 taşıtlarda yakıt tüketim değerleri kıyaslaması.....	80
Şekil 7.27	: EURO 3 taşıtlarda CO <sub>2</sub> emisyonu kıyaslaması.....	81
Şekil 7.28	: EURO 3 taşıtlarda yakıt tüketim değerleri kıyaslaması.....	81
Şekil 7.29	: EURO 4 taşıtlarda CO <sub>2</sub> emisyonu kıyaslaması.....	82
Şekil 7.30	: EURO 4 taşıtlarda yakıt tüketim değerleri kıyaslaması.....	82



<b>Şekil 8.1</b> : Standart normal dağılım ve $\pm z_{\alpha/2}$ değerleri .....	88
<b>Şekil 8.2</b> : $\bar{X}$ 'ın örnekleme dağılımında güven sınırları .....	89
<b>Şekil 8.1</b> : EKB araçların FTP 75 çevrimindeki CO <sub>2</sub> sonuçlarının güven aralığı eğrileri .....	93
<b>Şekil 8.2</b> : EKB araçların FTP 75 çevrimindeki yakıt tüketimi sonuçlarının güven aralığı eğrileri .....	93
<b>Şekil 8.3</b> : EKB araçların Avrupa Birliği çevrimindeki CO <sub>2</sub> sonuçlarının güven aralığı eğrileri .....	95
<b>Şekil 8.4</b> : EKB araçların Avrupa Birliği çevrimindeki yakıt tüketimi sonuçlarının güven aralığı eğrileri .....	95
<b>Şekil 8.5</b> : EKB araçların İstanbul şehir çevrimindeki CO <sub>2</sub> sonuçlarının güven aralığı eğrileri .....	97
<b>Şekil 8.6</b> : EKB araçların İstanbul şehir çevrimindeki yakıt tüketimi sonuçlarının güven aralığı eğrileri .....	97
<b>Şekil 8.7</b> : 15.04 araçların FTP 75 çevrimindeki CO <sub>2</sub> sonuçlarının güven aralığı eğrileri .....	99
<b>Şekil 8.8</b> : 15.04 araçların FTP 75 çevrimindeki yakıt tüketimi sonuçlarının güven aralığı eğrileri .....	99
<b>Şekil 8.9</b> : 15.04 araçların Avrupa Birliği çevrimindeki CO <sub>2</sub> sonuçlarının güven aralığı eğrileri .....	101
<b>Şekil 8.10</b> : 15.04 araçların Avrupa Birliği çevrimindeki yakıt tüketimi sonuçlarının güven aralığı eğrileri .....	101
<b>Şekil 8.11</b> : 15.04 araçların İstanbul şehir çevrimindeki CO <sub>2</sub> sonuçlarının güven aralığı eğrileri .....	103
<b>Şekil 8.12</b> : 15.04 araçların İstanbul çevrimindeki yakıt tüketimi sonuçlarının güven aralığı eğrileri .....	103
<b>Şekil 8.13</b> : EURO 1, EURO 3 ve EURO 4 araçların FTP 75 çevrimindeki CO <sub>2</sub> sonuçlarının güven aralığı eğrileri.....	105
<b>Şekil 8.14</b> : EURO 1, EURO 3 ve EURO 4 araçların FTP 75 test çevrimindeki yakıt tüketimi sonuçlarının güven aralığı eğrileri .....	105
<b>Şekil 8.15</b> : EURO 1, EURO 3 ve EURO 4 araçların Avrupa Birliği test çevrimindeki CO <sub>2</sub> sonuçlarının güven aralığı eğrileri .....	107
<b>Şekil 8.16</b> : EURO 1, EURO 3 ve EURO 4 araçların Avrupa Birliği test çevrimindeki yakıt tüketimi sonuçlarının güven aralığı eğrileri .....	107
<b>Şekil 8.17</b> : EURO 1, EURO 3 ve EURO 4 araçların İstanbul şehir çevrimindeki CO <sub>2</sub> sonuçlarının güven aralığı eğrileri.....	109

## SEMBOLLER

$m_h$	: Yanmaya katılan gerçek hava miktarı
$m_{hmin}$	: Teorik hava miktarı
$\lambda$	: Lambda (hava fazlalık katsayısı sembolü)
$N$	: Topluluk büyüklüğü
$n$	: Örneklem büyüklüğü
$a_1, a_2, a_3$	: Taşıt katsayıları
$V$	: Taşıt hızı
$\alpha$	: Yol eğimi (derece)
$\theta$	: Kitle parametresi
$\hat{\theta}$	: Kitle parametresinin nokta tahmincisi
$\theta$	: Kitle parametresinin bir nokta tahmini
$P$	: Oran
$\mu$	: Kitle ortalaması
$\bar{x}$	: Örneklem ortalaması
$e$	: Hata payı
$\sigma$	: Standart sapma



# İSTANBUL ŞEHİR ÇEVİRİMİNİN ABD VE AVRUPA TEST ÇEVİRİMLERİ İLE EMİSYON FAKTÖRLERİ VE YAKIT TÜKETİMİ AÇISINDAN DENEYSEL OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI

## ÖZET

Bu çalışmada, Türkiye'deki otomobil parkını temsil eden bir örneklemin emisyon faktörleri ve yakıt tüketimi değerlerini elde etmek amacıyla İstanbul şehir çevrimi kullanılmıştır. Deneysel olarak elde edilen bu değerler, kullanım koşullarının emisyon faktörleri ve yakıt tüketimi üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla, 30 adet otomobilin ABD ve Avrupa çevrimlerindeki test sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Testler İTÜ Makine Fakültesi Otomotiv Teknoloji Araştırma Merkezi'ndeki (OTAM) egzoz emisyon laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Test edilen araçların adet dağılımları, Türkiye'deki otomobil parkını temsil edecek şekilde araçların emisyon sınıfları esas alınarak, örnekleme yöntemi ile belirlenmiştir.

Test sonuçları Avrupa ve ABD test çevrimleri ile İstanbul şehir çevrimi değerlerinin birbirinden oldukça farklı çıktığını göstermiş olup, bu da farklı kullanım koşullarının emisyon faktörleri ve yakıt tüketimini etkilediğini göstermektedir. Genelde Avrupa ve ABD test çevrimleri kirletici emisyonlar için araç tip onayı testlerinde kullanılmaktadır. Tübitak tarafından desteklenen "Ulaştırma Sektöründe Sera Gazı Azaltımı" adlı proje kapsamında geliştirilen İstanbul şehir çevrimi ise Türkiye'deki sera gazlarının emisyon envanterini tahmin etmek amacıyla oluşturulmuştur. Bu nedenle bu çevrim Türkiye'deki İstanbul gibi büyük şehirlerin bölgesel kullanım koşullarını temsil etmektedir. Bundan dolayı, ABD ve Avrupa test çevrimlerinden elde edilen ölçümler, İstanbul şehir çevrimi sonuçlarına göre farklı çıkmıştır.

Araçların kilometre ve model yıllarına bağlı olarak, bakım şartları ve aşınmalardan dolayı emisyon faktörlerinden bazı sapmalar gözlemlenmektedir. Kötüleşme katsayılarının belirlenmesi amacıyla, test sonuçları emisyon standartlarının limit değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Ayrıca, her emisyon sınıfı için standart sapmalar ve güvenilirlik belirlenerek, istatistiki olarak elde edilen sonuçlar için hata analizi hesaplamaları yapılmıştır.



# **COMPARISON OF EXPERIMENTALLY OBTAINED EMISSION FACTORS AND FUEL CONSUMPTIONS BY ISTANBUL CITY CYCLE WITH USA AND EUROPEAN TEST CYCLES**

## **SUMMARY**

In this study, Istanbul city cycle was used to obtain emission factors and fuel consumptions of a sample of passenger cars representing the vehicle fleet in Turkey. These experimentally obtained values were compared with the tests done on USA test cycle (FTP 75) and New European driving cycle (NEDC) for 30 passenger cars, to determining the effects of driving conditions on emission factors and fuel consumption. These tests were carried out in ITU OTAM exhaust emission laboratory within Istanbul Technical University, Mechanical Engineering Faculty.

The grouping of the vehicles was determined by a sampling method which was based on the emissions categories, representing the passenger car fleet distribution in Turkey.

The results of the tests, showed that the values of the emissions and fuel consumptions of European test cycle, USA test cycle and Istanbul city cycle varied considerably from each other, indicating that different driving conditions effect emission factors and fuel consumption considerably. In general European and USA test cycles are used for vehicle type approval tests for pollutant emissions. However Istanbul city cycle which was developed in a project supported by TUBITAK, entitled “Mitigation of Greenhouse Gas Emissions Resulting from the Transportation Sector in Turkey” was aimed for the estimation of GHG emission inventory of the country. Therefore it represents the local driving conditions in big cities of Turkey such as Istanbul. Measurements obtained by USA and European test cycles therefore do not match with the results obtained with Istanbul city cycle.

Depending on the milage and model years of the vehicles, some deviations from the emission factors have been observed due to maintenance conditions and wear. Test results were compared with emission standard limits for those vehicles to observe the deterioration factors.

Error analysis calculations were performed for the statistically obtained results by determining the standard deviations and reliability for each emission level of passenger cars.



## 1. GİRİŞ

Son yüzyılın en önemli sorunlarından birisi, güvenli düzeyinin üzerine çıkmış olan hava kirliliği ve hava kirliliğinin sağlık üzerindeki olumsuz etkileridir. 19. yüzyıl ortalarındaki sanayi devriminden itibaren fosil yakıtların kullanılması ile artan atmosferdeki sera gazı birikimi, son yıllarda motorlu taşıtların artış göstermesi ile birlikte tehdit edici boyutlara ulaşmıştır. Her geçen yıl trafiğe çıkan araç sayısı ve böylece egzoz emisyonlarından kaynaklanan hava kirliliğinin boyutları artmakta olup, önlenmesi zorlaşmaktadır. Taşıt kaynaklı emisyonlardan olan karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) ve diazotmonoksit (N<sub>2</sub>O) emisyonları iklim değişikliğine neden olan küresel etkili kirleticilerdendir. Ayrıca motorlu taşıtlardan kaynaklanan karbonmonoksit (CO), hidrokarbon (HC), azotoksitler (NO<sub>x</sub>) ve partikül madde (PM) ise yerel kirleticilerdendir. Yerel kirleticiler, günümüzde emisyon standartları ile kontrol edilmektedirler.

Günümüzde dünya iklimi sisteminde bir bozulmanın olduğu hemen hemen bütün iklim bilimciler tarafından kabul edilmektedir. Atmosferdeki birikimleri artmaya devam eden sera gazları nedeniyle kuvvetlenen sera etkisinin oluşturduğu küresel ısınma, özellikle 1980'li yıllardan sonra daha da belirginleşmiştir. Eğer gerekli önlemler alınmaz ise iklim sistemindeki bu bozulmanın artarak, küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliklerinin yaşanacağı ve bunun da dünya üzerinde ürkütücü sonuçlara yol açacağı vurgulanmaktadır. Bu nedenle, diğer birçok alanda olduğu gibi, araçlarda da emisyonların iyileştirilmesi çalışmaları gün geçtikçe daha da önem kazanmaktadır.

Taşıtların egzoz emisyonlarının test ve ölçüm yöntemleri, yeni taşıtlara yapılan tip testi ve trafikteki taşıtların egzoz gazlarının periyodik kontrolünden oluşur. Türkiye'deki taşıtların tip onayı ve ürün uygunluğu emisyon testleri için Avrupa Birliği test çevrimi kullanılmaktadır. [1] Ancak genelde taşıt tip onayına yönelik çevrimler ile elde edilen toplam egzoz emisyonları, ulaştırma kaynaklı toplam egzoz emisyonlarını yeterince iyi temsil etmemektedir. Binek taşıtların Türkiye'ye özgü emisyon faktörlerinin ve yakıt tüketimi değerlerinin daha doğru sonuçlar vermesi



amacıyla Tübitak-TARAL projelerinden 105G039 numaralı “Ulaştırma Sektöründe Sera Gazı Azaltımı” adlı proje kapsamında İstanbul şehir çevrimi oluşturulmuştur. İstanbul’un Türkiye parkının büyük yüzdesini oluşturan büyük şehirleri (İstanbul, Ankara, İzmir gibi) temsil edeceği düşünülmüştür. [2]

Bu çalışmadaki amaç, örnekleme yöntemi ile Türkiye’deki araç parkını temsil edecek şekilde emisyon sınıflarına göre seçilen otuz adet aracın, ABD test çevrimi (FTP 75), Avrupa test çevrimi (NEDC) ve İstanbul şehir çevrimlerinde teste tabi tutulması, test sonuçlarının detaylı olarak incelenmesi ve farklı kullanım koşullarının egzoz emisyonları üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesidir. Ayrıca araçların yıpranmasına bağlı olarak meydana gelen emisyon faktörlerindeki sapmalar hesaplanmıştır.

## **2. ARAÇLARDAN KAYNAKLANAN EGZOZ EMİSYONLARI VE ÖZELLİKLERİ**

Taşıtlar, yaklaşık olarak hava kirliliği şikâyetlerimizin yarısını meydana getirmektedirler. [3] Dünyada trafiğe yeni çıkan araçların emisyon standartlarına her geçen yıl daha da iyileştirici sınırlamalar getirilmekte olup, mevcut araçların ise egzoz emisyon testleri ile kontrolü sağlanmaktadır.

### **2.1 Motorlarda Egzoz Emisyonlarının Karşılaştırılması**

Egzoz emisyonu bileşimi dizel ve benzinli motorlarda farklıdır. Kamuoyundaki genel kanının aksine, herhangi bir önlem alınmamış dizel motoru, benzin motorunda oluşan CO, HC gibi zararlı gazları daha az içerdiği için, daha az çevre kirliliği yaratmaktadır. Gerekli önlemler alındığında, çevre kirliliği benzin motorlarında daha etkili bir şekilde azaltılabilmektedir. Bu nedenle araçlardaki çevre kirliliği önleme çalışmaları, daha çok benzin motorlu araçlarda yoğunlaştırılmıştır. [4] Bu çalışma kapsamında da benzin motorlu araçlar test edilmiş olup, onlardan çıkan kirletici emisyonlar incelenmiştir.

### **2.2 Kirletici Emisyonunda Etkili Olan Faktörler**

Taşıtlardan kaynaklanan kirleticilerin emisyonu kullanılan yakıtta, motorun özelliklerine, meteorolojik şartlara, yol ve trafik düzeni gibi faktörlere bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu faktörlerin başlıcaları aşağıda ana başlıklar altında verilmiştir.

#### *Yakıt özellikleri*

- Yakıt cinsi
- Yakıt oktan sayısı
- Uçucu fraksiyonların yüzdesi
- Katkı maddeleri

### *Araç Özellikleri*

- Aracın motor yapısı
- Aracın yaşı
- Katettiği kilometre
- Aracın seyir hızı
- Aracın bakım durumu (motor bakımı, karbüratör ayarı, vb.)
- Aracın sıcak/soğuk çalışma yüzdesi
- Aracın ağırlığı (yük durumu)
- Aracın lastik tipi ve basıncı

### *Meteorolojik Özellikler*

- Ortalama hava sıcaklığı
- Atmosferik basınç

### *Yol durumu*

- Yolun cinsi (otoyol, şehir içi yol, tek yönlü yol)
- Yolun eğimi
- Yol yüzeyinin kalitesi
- Virajlar

### *Sürücü Davranışları*

- Uygun vites kullanım
- Bakım ve onarıma gösterilen ilgi

### *Trafik Düzeni*

- Trafik akımında süreklilik
- Sinyalizasyon sistemi
- Tercihli hat uygulamaları

Bu faktörlerin bazılarının kirlenmedeki etkilerini kısaca açıklamak gerekmektedir. Yakıt bileşimleri yaz ve kış mevsiminde değişmektedir. Genellikle kış aylarında kolay uçucu fraksiyonlarca zengin karışımlar pazarlanmaktadır. Aynı şekilde yüksek irtifalı bölgelerde de bu uygulama sürdürülmektedir. Benzin içine katılan muhtelif katkı maddelerinin olup olmaması da bu tür maddelerin emisyonlarını etkilemektedir. Motorun yapısal özelliklerinin taşıtlardan kaynaklanan kirlenmedeki

payları önemli mertebededir. Bu özellikler ana başlıklar ile şöyle verilebilir. Yanma odası yüzey/hacim oranı, sıkıştırma, yanma odası şekli, ateşleme sistemi, yakıt püskürtme sistemi, vb. Motorun çalışma koşullarının etkisi de hava fazlalık katsayısı, ateşleme avansı, dönme sayısı, motor gücü, egzoz karşı basıncı, supap zamanlaması, emme manifoldu basıncı, yanma odası cidarlarındaki birikimler, yanma odası yüzey sıcaklıkları ve havadaki nem oranlarına bağlı olarak değişmektedir.

Meteorolojik özellikler benzin deposu ve karbüratör emisyonlarının yanında egzoz gazı üzerinde de etkili olmaktadır. Sıcaklığın artması hidrokarbon emisyonlarını artırmaktadır.

Bölgelerin topografik yapısına bağlı olarak yol eğimleri, yol kalitesi ve viraj durumu emisyonları artırıcı yönde etkili olmaktadır. Sürücülerin yol ve aracın durumuna göre vitesi kullanmamaları yakıt tüketimi ve bağlı olarak egzoz emisyonlarını değiştirmektedir.

Trafik düzeninin yeterli olduğu ve trafik akışının rahatça sağlandığı yollarda egzoz gazları emisyonları oldukça azalmaktadır. Aksi durumda yani araçların sık sık durup kalkmak, hızlanmak ve yavaşlamak rolantide beklemek zorunda kaldıkları durumlarda emisyonlar hızla artmaktadır.

Taşıtların kullanım modlarının kirletici emisyonlar üzerindeki etkileri Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

**Çizelge 2.1 : Taşıtların Kullanım Modlarında Kirletici Etkiler [4]**

Kullanım Modu	Kirletici Emisyonları		
	Karbonmonoksit (CO)	Hidrokarbonlar (HC)	Azotoksitler (NO <sub>x</sub> )
Rölanti	Yüksek	Yüksek	Çok Düşük
Hızlanma	Düşük	Düşük	Yüksek
Yavaşlama	Yüksek	Çok Yüksek	Çok Düşük
Sabit Hız			
Yavaş	Düşük	Düşük	Düşük
Hızlı	Çok Düşük	Çok Düşük	Orta

Motorun yapısal özelliklerinden hava fazlalık katsayısı (HFK), kirletici emisyonları etkileyen en büyük değişkenlerden birisidir.

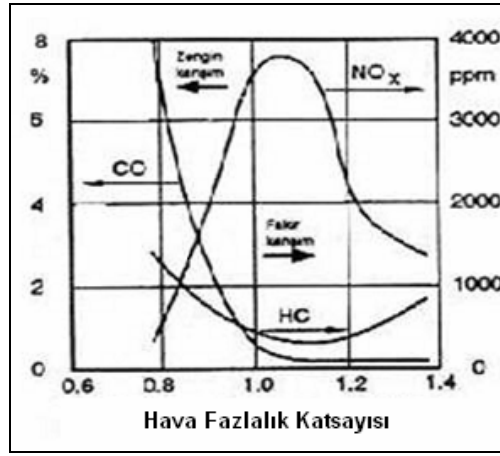
*Hava fazlalık katsayısı*

Hava fazlalık katsayısı (HFK), yanmaya katılan gerçek hava miktarının ( $m_h$ ), teorik hava miktarına ( $m_{h_{min}}$ ) oranına denir.  $\lambda$  ile gösterilir.

$$\lambda = \frac{m_h}{m_{h_{\min}}} \quad (2.1)$$

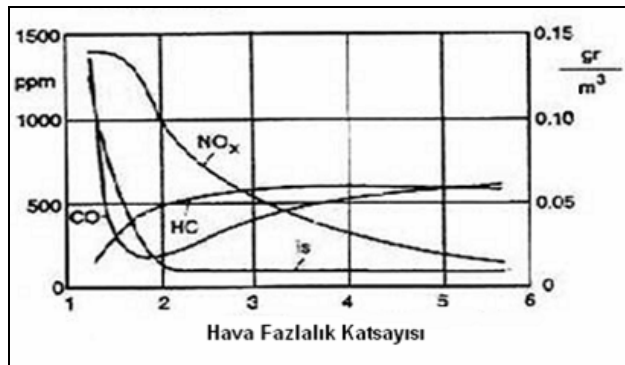
Eğer  $\lambda > 1$  ise tam yanma için gerekli hava miktarından daha fazla hava mevcut olup, karışım fakir karışım olarak adlandırılmaktadır.  $\lambda < 1$  olması durumunda karışım zengin karışım olup,  $\lambda = 1$  olması durumunda ise karışım stokiyometrik karışımdır. [5]

Şekil 2.1'de benzinli motorlarda hava fazlalık katsayısının emisyonlara etkisi gösterilmiştir.



Şekil 2.1 : Benzinli motorlarda hava fazlalık katsayısının emisyonlara etkisi [6]

Şekil 2.2'de dizel motorlarda hava fazlalık katsayısının emisyonlara etkisi görülmektedir.



Şekil 2.2 : Dizel motorlarda hava fazlalık katsayısının emisyonlara etkisi [6]

Şekil 2.1'den görüldüğü gibi, benzin motoru eksik hava yani zengin karışım ile çalıştığında, CO emisyonu artmaktadır. Az hava ile yanma durumunda yakıt karbonunun tümü  $CO_2$ 'ye dönüşmeyerek CO olarak atılmaktadır. HC emisyonları da Şekil 2.1'den görüldüğü gibi zengin karışımlarda artmaktadır. Karışım fakirleştikçe

azalmaktadır. Karışımın çok fakirleşmesi durumunda ise yanma tekrar kötüleştiği için motorun tasarımına bağlı olarak HC emisyonu tekrar artış göstermektedir.

NO<sub>x</sub> emisyonları ise HFK'nın 1.1 değeri civarında olması durumunda maksimum değerine ulaşır. Karışımın zenginleştirilmesi sonucu ortamda yeterli hava bulunmaması, fakirleştirilmesi durumunda ise sıcaklıkların düşmesi NO<sub>x</sub> emisyonlarının düşmesine neden olmaktadır.

En çok karşılaşılan ayarsızlık, boşa çalışma (rölanti) ayarsızlığıdır. Benzin motoru boşa çalışırken, ateşleme koşullarının iyi olabilmesi için, karışım içindeki yakıt miktarı artırılmaktadır. Bu durumda hava yetersiz kaldığından CO ve HC emisyonları çok yüksek değerlere ulaşmaktadır. Bu bakımdan özellikle boşa çalışma durumunda, karbüratör ve benzin püskürtme sistemi ayarlarının çok iyi olması ve motora, imalatçının öngördüğü miktardan daha fazla yakıt gitmemesi çok önemlidir.

Modern elektronik kontrollü benzinli motorlarda ise, boşa çalışma sırasındaki yanma koşulları, karbüratörlü motorlara göre iyileştirilmiştir. Bu bakımdan bunlarda hava fazlalık katsayısı sürekli ölçülerek kontrol edilmekte ve boşa çalışırken bile HFK=1 civarında kalması sağlanmaktadır. Bu nedenle boşa çalışma emisyonları çok düşüktür. Bu değer karbüratörlü araçlara göre 4-5 kez daha düşüktür. Bu motorlarda ayrıca ayar bozukluklarının, boşa çalışma sırasında, HFK'na etkisi de çok aza indirilmiştir. [6]

Test edilen araçların büyük bir kısmının emisyon kontrolü bulunmayan taşıt (EKB) olmasından dolayı bu araçlarda hava yakıt karışımı hassas olarak ayarlanamamaktadır. Bu araçların eski ve yıpranmış olmaları da göz önünde bulundurulduğunda emisyon ve yakıt tüketimi değerlerinde zaman zaman aşırı yüksek değerler çıkması testlerden önce öngörülmüştür.

### **2.3 Emisyon Faktörlerinin Belirlenmesi**

Motorlu taşıtlar için her ülke kendi koşullarına bağlı olarak emisyon kısıtlamaları getirmektedir. Avrupa Birliği ve Türkiye'deki emisyon standartları 3. bölümde anlatılmaktadır. Bu kısıtlamalar genellikle taşıtın tanımlı kullanım koşullarında, belirli bir çevrime göre, 1 km yol katettiği zaman çeşitli kirletici kaynaklardan çevreye verdiği kirleticilerin gram olarak aşılması gereken miktarlar olarak konmaktadır. Bu maksatla ülkeler farklı test prosedürleri ve çevrimleri

geliştirmektedirler. Bölüm 2.2’de anlatılan emisyonlar üzerinde etkili olan faktörlerin çokluğu genel geçerli bir çevrimin geliştirilmesine engeldir. Genellikle bu faktörlerin bir kısmı dikkate alınmak suretiyle çevrimler oluşturulmaktadır. Test çevrimleri ve özellikleri 6. bölümde anlatılmaktadır.

Bir çevrim içindeki modlar arasında farklı sürelerde rölanti, hızlanma, yavaşlama yer almaktadır. Ayrıca taşıt yaşı, taşıt ağırlığı, taşıt cinsi, bölgedeki taşıt dağılımı, her bir yaş grubu taşıtın katettiği mesafe, sıcak/soğuk çalışma yüzdeleri, hava sıcaklığı gibi değişkenler dikkate alınarak ortalama bir emisyon faktörü bulunmaktadır. [4]

## **2.4 Taşıt Kaynaklı Kirletici Emisyonlar ve Özellikleri**

Taşıt kaynaklı kirletici emisyonlar, yerel ve küresel etkili kirleticiler olarak iki grupta ele alınmaktadır. Bu çalışmada yapılan egzoz emisyon testleri ile küresel etkili kirleticilerden karbondioksit ( $\text{CO}_2$ ) ve metan ( $\text{CH}_4$ ), yerel kirleticilerden ise karbonmonoksit ( $\text{CO}$ ), hidrokarbonlar ( $\text{HC}$ ), azot oksitler ( $\text{NO}_x$ ) ve metan olmayan hidrokarbon ( $\text{NMHC}$ ) emisyonları ölçülmüştür.

### **2.4.1 Küresel etkili kirleticiler**

Küresel etkili kirleticiler, iklim değişikliğine yol açan sera gazlarıdır. Bu kirleticiler, bütün dünyayı etkilediklerinden dolayı yerel kirleticilere göre daha önemlidir. Taşıtlardan kaynaklanan küresel etkili kirleticiler şunlardır; karbondioksit ( $\text{CO}_2$ ), metan ( $\text{CH}_4$ ) ve diazotmonoksit ( $\text{N}_2\text{O}$ ).

#### **2.4.1.1 Karbondioksit ( $\text{CO}_2$ )**

Karbondioksitin, küresel ısınmada etkili olan sera gazları arasında ayrı bir önemi vardır.  $\text{CO}_2$ , güneşten gelen kısa dalgalı ışınları büyük ölçüde geçirip, yerden geri verilen büyük dalgalı ışınları tutmaktadır. Bu nedenle atmosferin alt kısımlarının ısınmasında önemli rol oynayan bir sera gazıdır. Atmosferdeki  $\text{CO}_2$  konsantrasyonunun sanayi devrimi öncesi değeri 280 ppmv (hacimsel olarak ppmv) iken 1999 yılında bu değer %31’lik artış ile 367 ppmv değerine yükselmiştir. Yıllık  $\text{CO}_2$  artışı olup, ortalama yıllık artış ise son 20 yılda 1.5 ppmv/yıl olduğu belirtilmektedir. Birçok matematiksel iklim model sonucuna göre,  $\text{CO}_2$  emisyonundaki bu artış nedeniyle 2050 yıllarında küresel sıcaklıkta ortalama 1.5 ile 4.5 derecelik bir artış öngörülmektedir.

CO<sub>2</sub> doğal yollardan bitki örtüsü ve okyanuslar tarafından absorbe edilmekte ve üretilmektedir. Odun, kömür, petrol ve doğalgaz yakılması diğer CO<sub>2</sub> kaynaklarındandır. [7,8]

CO<sub>2</sub> emisyonları, toplam ulaştırma sektörü emisyonları içinde %95'lik bir sahip olduğundan büyük önem taşımaktadır. CO<sub>2</sub> emisyonları içinde en büyük pay karayollarından kaynaklanan emisyonlara aittir. Türkiye'deki ulaştırmadan kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonları incelendiğinde ise, karayolları %85 civarında bir paya sahiptir. [8]

#### **2.4.1.2 Metan (CH<sub>4</sub>)**

Metan, organik maddelerin oksijensiz ortamda ayrışması sonucunda ortaya çıkan bir gaz olup, sera etkisinin yaklaşık %20'sini meydana getirmektedir. Metan, doğalgazın temel elemanıdır. Atmosferdeki konsantrasyonu küresel olarak sadece son 20 yılda ölçülmüştür. Atmosferdeki metan kompozisyonu sanayi devrimi öncesinden bu zamana %150 artış göstermiştir. IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli), atmosfere katılan CH<sub>4</sub> miktarının yarısından fazla kısmının insan faaliyetleri sonucu gerçekleştiğini belirtmektedir. Metan, atmosferde hidroksil radikali (OH) ile reaksiyona girer ve en sonunda CO<sub>2</sub>'ye dönüşür. [8,9]

#### **2.4.1.3 Diazotmonoksit (N<sub>2</sub>O)**

Sera etkisinin yaklaşık %15'inin diazotmonoksit gazından kaynaklandığı düşünülmektedir. Tarım arazilerinde sentetik ve doğal gübre kullanımı, ulaştırmada kullanılan fosil yakıtların yakılması, nitrik asit üretimi, atık su arıtımı, atık yakılması ve biokütlelerin yakılması diazotmonoksitin kaynaklarındandır. Atmosferdeki N<sub>2</sub>O konsantrasyonu 1750 yılından beri %16 artış göstermiştir. [8]

#### **2.4.2 Yerel kirleticiler**

Yerel kirleticilerin hava kirliliği üzerinde küresel anlamda bir etkisi bulunmayıp, bulunduğu bölgelerdeki konsantrasyonları önemlidir. Yerel kirleticiler, trafiğin yoğun olduğu caddelerde, kavşaklarda ve karayolları çevrelerinde önemli boyutlarda olup özellikle büyük şehirlerde ciddi bir problem olarak insan sağlığını tehdit etmektedir. Taşıtlardan kaynaklanan yerel kirleticiler şunlardır; karbonmonoksit (CO), hidrokarbonlar (HC), azot oksitler (NO<sub>x</sub>) ve partikül maddeler (PM).



### 2.4.2.1 Karbonmonoksit (CO)

Dolaylı sera gazlarından olan CO emisyonlarının ana kaynağı benzin motorlu taşıtlardır. Dizel motorlu araçlarda uygun ayarlar yapıldığında çok az CO yayarlar. Diğer CO kaynakları; sabit ısı üretim tesisleri, petrol rafinerileri, dökümhaneler, çelik imalathaneleri gibi endüstriyel kaynaklardır.[10]

Araçlarda karbonmonoksit, yakıt içindeki karbon tamamen yanmadığında oluşur ve özellikle rolantide çıkar. [11] Ülkemizdeki bütün CO emisyonlarının yaklaşık % 60'ına, şehirlerde ise % 95 kadarına karayolu taşıtları sebebiyet vermektedir. [10] Şehirlerdeki CO konsantrasyonu hem trafik yoğunluğuyla hem de trafik şartlarıyla çok yakından ilgilidir. CO konsantrasyonu, trafiğin yoğun olduğu sabah ve akşam saatlerinde en yüksek değerlerine çıkar. Karbon veya karbon içeren bileşiklerin tam yanmamasından değişik miktarlarda CO meydana gelmektedir. Yanma sırasındaki fiziksel ve kimyasal reaksiyonlar oldukça komplekstir. Çünkü, ne sadece karbon bileşiğiyle reaksiyona giren oksijen miktarına, ne de sadece yanma odasındaki mevcut şartlara bağlıdır. Yanma işleminin karmaşıklığına rağmen, hidrokarbonlu yakıtların yanmasından CO oluşumu genel prensip olarak yaygın bir şekilde kabul edilmektedir. O<sub>2</sub> konsantrasyonu hem CO hem de dünya ikliminde sera etkisi meydana getiren CO<sub>2</sub> oluşumunu etkiler. [12] CO, atmosferde kendiliğinden havanın oksijeni ile birleşerek CO<sub>2</sub>'ye dönüşür.

CO emisyonlarını etkileyen en önemli faktör hava/yakıt oranıdır. Karışım zenginleştikçe yani hava fazlalık katsayısı azaldığında, yanma odasına alınan yakıtın içindeki karbonun tamamını CO<sub>2</sub> şeklinde yakacak oksijen bulunmadığından, CO oranı hızlı bir şekilde artmaktadır. Buji ile ateşlemeli motorlar, kısmi yüklerde yakıt ekonomisi açısından stokiometrik orandan biraz fakir karışımlarla çalışmakla birlikte, tam yükte belirli bir strok hacmi için emilen havadan tam olarak yararlanmak amacıyla zengin karışımla çalışırlar. Dolayısıyla buji ile ateşlemeli motorların CO emisyonunun kontrolü önemlidir. [10]

CO solunan hava ile akciğerlere gider ve ilk olarak başta hemoglobinler olmak üzere hemoproteinleri etkiler. Kandaki sirkülasyonların hemoglobinlerle sağlandığı düşünürsek CO'nun kanın O<sub>2</sub> taşıma kapasitesini ne kadar etkilediği anlaşılır. Organ ve dokulara O<sub>2</sub> dağıtımı azalır. CO zehirlenmesinin belirtileri COHb miktarına bağlıdır. COHb, hemoglobin molekülünün CO tarafından ele geçirildiğinde verilen

addır. COHb seviyesi toplam hemoglobin miktarının %5'ini geçerse, CO'in zararlı etkileri ortaya çıkmaya başlar. CO'in zararlı etkileri konstantrasyonu ve maruz kalma süresine bağlı olarak başağrısı, yorgunluk, solunum bozuklukları, koma ve ölümdür. Düşük COHb seviyeleri (%2) hassas kişilerde şuur, görüntü netliği ve genel performansta bozukluklara, el becerisi gerektiren işlerde ve öğrenme kabiliyetinde azalma gibi olumsuzluklara sebep olur. [10, 12]

#### **2.4.2.2 Hidrokarbonlar (HC)**

Doğadaki biyolojik oluşumlar hidrokarbon emisyonlarının en önemli doğal kaynaklarıdır. Düşük moleküler ağırlıktaki hidrokarbonlara, yerel olarak, geotermal bölgelerde, fosil yakıt alanlarında ve doğal yangınlarda rastlanır.[12] Taşıtlardan kaynaklanan hidrokarbon emisyonları ise, yakıtın eksik yanması ve benzinin depodan veya dolum sırasında buharlaşması ile ortaya çıkar. [11] Hidrokarbonlar, yaklaşık olarak motora giren yakıt miktarının %1-1.5'ini oluştururlar. Yakıtın yağ tabakaları içinde absorpsiyonu, kalıntıların yağ filmi etkisi göstermesi, silindir içinde sıvı yakıt kalması ve supap yatak boşluklarında karışım sızması şeklindeki mekanizmalar en önemli HC kaynaklarıdır.[10]

Yanma odası içinde bulunan çok küçük hacimli bölgelere, hava ve atık gazlar girebilmekte iken bu küçük hacimler içinde alevin ilerlemesi mümkün olmadığı için, bu boşlukların yanmamış HC oluşumuna önemli katkısı vardır. Değişken çalışma koşullarında hava/yakıt oranı, egzoz gazlarının tekrar çevrime gönderilme miktarı, ateşleme zamanlaması gibi faktörler tam olarak kontrol edilemediklerinden, yanma kalitesi düşer ve yakıtın bir kısmı hiç yanmayabilir veya kısmen yanabilir. Bu gibi durumlarda HC emisyonları otomobilden dışarı atılan yanmamış gazlardır. Motor freni ve hız kesme (yavaşlama) esnasında gaz kelebeği tamamen kapalı konumdadır ve rölanti kanalından silindir içine bir miktar yakıt emildiği halde bunu yakacak yeterli hava giremez. Böylelikle düşük kompresyon ve zengin bir karışım meydana gelir. Düşük sıkıştırma ve yetersiz oksijen, eksik yanmaya sonuç olarak da HC emisyonlarının artmasına neden olur.[10]

Bazı HC'Ier mukozada tahrişe yol açar, bazıları ise kanserojendir. [11] Hidrokarbonlar, NO ve güneş ışığı etkisi ile ozon (O<sub>3</sub>) meydana getirir. O<sub>3</sub> de küresel ısınmaya neden olan sera gazlarından. Gaz halinde hidrokarbonların yerel boyuttaki doğrudan sağlık etkilerinin yanında, atmosferdeki fotokimyasal

reaksiyonlar sonunda oluşturdıkları ürünler büyük önem taşır. Atmosferde güneş ışığı etkisiyle ortaya çıkan fotokimyasal reaksiyonların ürünleri bazen bu organik maddelerin kendilerinden daha etkili ve zararlı olabilmektedir. [12]

### 2.4.2.3 Azot oksitler ( $\text{NO}_x$ )

$\text{NO}$ , renksiz kokusuz ve tatsız bir gazdır. Azot oksitler, şimşek, volkanik patlama, topraktaki bakteriyel etkinlikler gibi doğal kaynaklardan ve 1000 derecenin üzerindeki yanma işlemi gibi insan etkinliklerinden ortaya çıkar. [12] Taşıtlarda  $\text{NO}$ , motor içindeki yüksek sıcaklık nedeni ile ortaya çıkmaktadır.

Azot oksitler, havadaki en önemli kirletici gazlardandır. Yanma sürecinde yüksek sıcaklık bölgesinde oluşan  $\text{NO}$  ile bunun daha ileri oksitlenme ürünü olan  $\text{NO}_2$  gazlarının toplamından oluşur.[3]  $\text{NO}_x$  emisyonlarını azaltmak için; hem yanma odası içindeki sıcaklığın 1800 °C'ye ulaşmasını önlemek ve yüksek sıcaklıklara ulaşılan süreleri kısa tutmak, hem de oksijen konsantrasyonunu düşürmek gerekmektedir. Hava-yakıt oranının stokiometrik orandan daha zengin olmasıyla  $\text{NO}_x$  konsantrasyonunun düşmesinin nedeni oksijen miktarının azalması, oldukça fakir karışımlarda düşmesinin nedeni ise yanmanın yavaş olması ve maksimum sıcaklığın düşük olmasıdır. Ateşleme avansı arttığında ve azaldığında, yanma odası içinde oluşan maksimum sıcaklığı değiştirdiğinden  $\text{NO}_x$  konsantrasyonu da değişir. Teorik hava-yakıt oranı için  $\text{NO}_x$  konsantrasyonu ateşleme avansı arttıkça zamana bağlı olarak önemli derecede artmaya başlar. Yanma esnasında alev cephesi silindirik içerisinde ilerlerken  $\text{NO}$ 'nun esas olarak alevin arkasında yüksek sıcaklıklı yanmış gaz bölgesinde meydana geldiği kabul edilmektedir. Yine genişleme stroğu süresince yanmış gazlar soğurken,  $\text{NO}$ 'nun ayrışma reaksiyonları sona erdiğinden, egzoz koşullarındaki denge durumunda olması gerekenden daha yüksek konsantrasyonda  $\text{NO}$  oluşumu söz konusudur. Asit yağışlarından başka fotokimyasal sisin oluşumunda da başlıca etkenlerden sayılır. [10]

Şehirlerde azot oksitlerin özellikle fotokimyasal kirliliğin artmasındaki rolüne dikkat edilmelidir. Şehirlerde bulunan seviyelerdeki  $\text{NO}$  insan sağlığı üzerinde olumsuz etki yapmaz.  $\text{NO}$  renksiz, kokusuz ve tatsız bir gaz olup, havanın oksijeni ile birleşip  $\text{NO}_2$  oluşur. Nitrik asit ve patlayıcı üreten fabrikaların yakınlarında yüksek seviyede  $\text{NO}_2$  meydana gelmektedir. Aynı zamanda, sigara dumanında, gaz yakan ısıtıcılar, boylerler ve fırınlarda yüksek  $\text{NO}_2$  seviyesine rastlanır. Kahverengi ve kokulu olan

NO<sub>2</sub>, akciğer dokusunda hasara ve felce neden olur. Çok yüksek NO<sub>2</sub> seviyesine maruz kalmış bölgelerde solunum hastalıklarında artış görülür. NO<sub>2</sub> ciğerlerde kanserojen etki meydana getirir. Ayrıca kandaki hemoglobinleri etkileyerek methemoglobinleri oluşturur. Bu da kanın oksijen taşıma kapasitesini etkiler. NO<sub>2</sub> solunum yolu enfeksiyonlarını hissedilir derecede artırır. Ayrıca NO<sub>2</sub> gerek insan sağlığı gerekse bitki örtüsünde doğrudan zehir etkisi yapan bir gazdır. [12]

#### **2.4.2.4 Partikül madde (PM)**

Daha çok dizel motorlarında görülür, düşük kükürtlü yakıt kullanılması ve yakıt pompasının doğru ayarlanması ile büyük ölçüde önlenir. Kaliteli yakıt kullanılması ve yakıt pompasının doğru ayarlanması ile büyük bir ölçüde önlenir.

Akciğerde bronşları tahriş ettiği için insan sağlığına zararlıdır, kanserojen olduğu konusunda henüz tam olarak kanıtlanmamış iddialar vardır. [11]



### **3. EGZOZ EMİSYONLARININ DENETİMİ**

#### **3.1 Egzoz Emisyonu Test Yöntemleri**

Araçların motor, motor yönetimi ve egzoz fazı donanımında yapısal olarak alınabilecek önlemler, zararlı atıkları azaltmakta etkili bir seçenektir. Bunun yanında bu yolla ulaşılan düşük emisyon düzeyinin aracın bütün kullanım süresi boyunca da korunması gereklidir. Bu amaçla yapılan test ve ölçüm yöntemleri iki başlık altında toplanmaktadır.

- Yeni taşıtların tip testi
- Trafikteki taşıtların egzoz gazı emisyonlarının periyodik kontrolü [6]

##### **3.1.1 Yeni taşıtların tip testi**

Üretilmek üzere hazırlanan yeni bir motorlu araçta emisyon ölçümü, aracın dahil olduğu sınıfa uygulanan direktif ve regülasyonların sınır değerlerine göre yapılır. Bu sınır değerleri Bölüm 3.3, 3.4 ve 3.5'te anlatılmaktadır. Ölçüm sonuçları olumlu ise tip onayı verilir ve aracın seri üretimine geçilir. [11]

Boş ağırlığı 3500 kg'ın altında olan taşıtlarda genelde taşıtın kendisi bir deney düzeneğine bağlanarak trafik koşullarını modelleyen bir seyir çevrimi boyunca açığa çıkan toplam egzoz emisyonu ölçülür.

Boş ağırlığı 3500 kg'ın üstünde olan taşıtlarda ise, taşıt üzerindeki motor bir deney düzeneğine bağlanarak çeşitli yük ve devirlerde egzoz emisyonları ölçülmektedir. [6]

##### **3.1.2 Trafikteki taşıtların egzoz emisyonlarının periyodik kontrolü**

Trafikteki taşıtların egzoz emisyonlarının periyodik kontrolü esnasında araçlar tip testindeki gibi ağırlıklarına göre değil, taşıt motorunun cinsine göre sınıflandırılmaktadırlar.

Benzin motorlara uygulanan ölçüm yönteminde taşıt motoru çalıştırılır ve normal çalışma sıcaklığına ulaşması sağlanır. Vites boşa iken gaz pedalına basmadan motorun rölantide çalışmasındaki karbonmonoksit, hidrokarbon, karbondioksit ve

oksijen miktarları ölçülür. Ölçülen değerler egzoz gazındaki konsantrasyonlarına göre % veya ppm olarak toplam egzoz gazlarındaki hacimsel oranlardır.

Dizel motorlu taşıtlarda zararlı egzoz emisyonlarının düzeyi benzinli taşıtlara göre düşüktür. Ayrıca bu emisyon oranları motorun kullanım süresince de hemen hemen hiç yükselmez. Trafikteki taşıtlarda eskime veya ayar bozukluğu sonucu is emsiyonunda artış olup olmadığı serbest ivmelendirme deneyi ile denetlenebilir.

### *Serbest İvmelendirme Deneyi*

Motor, gaza hızlıca ve sonuna kadar basılarak rolanti devirden yakıt kesme devrine getirilir. Bu arada motorun dönen kendi parçaları motor için yük oluşturur. Dinamik olarak motor tam yüke kadar tüm yük durumlarından geçer. Ölçüm yöntemine bağlı olarak ya tepe noktası ya da belli bir süre içindeki toplam değerler dikkate alınır. [6]

### **3.2 Taşıt Emisyonlarına Getirilen İlk Sınırlamalar**

Taşıt egzoz emisyonlarının azaltılmasına yönelik ilk çalışma 1960 yılında Los Angeles'ta Kaliforniya eyaletinde başlamıştır.1961 yılında taşıt motorlarında, yağın bulunduğu karter ile silindir altında bulunan hacim de biriken yakıt ve yağ buharının atmosfere atılmayıp (karter havalandırması) tekrar emme kanalına gönderilmesiyle ilgili çalışmalar başlamış (pozitif karter havalandırması) ve 1963 yılında Kaliforniya eyaletinde trafiğe yeni çıkacak bütün taşıtlara uygulanması zorunlu hale getirilmiştir.

1966 yılında ikinci basamak önlem olarak taşıtların egzozlarından çıkan CO ve HC emisyonlarına sınır değerler belirlenerek trafiğe yeni çıkacak taşıtlarda bu değerlerin altında olmak zorunlu tutulmuştur. Bu uygulama 1968 yılına kadar sürdürülmüştür.

Taşıt üreticileri bu sınır değerleri sağlamak amacıyla hava fazlalık katsayısını 1-1,05 değerleri arasında ayarlayarak CO ve HC emisyonlarını düşürmüşlerdir. Ancak daha sonra şehir atmosferinde yapılan ölçümler NO<sub>x</sub> ve O<sub>3</sub> emisyonlarında anormal artış olduğunu göstermiştir. HFK'nın 1-1,05 arasında olması motor içi sıcaklıkları yükseltmiş ve NO<sub>x</sub> emisyonu artmıştır. Bu nedenle ABD'de 1970 ve 71 senelerinde çıkarılan kanunla taşıt emisyonunda HC, CO ve NO<sub>x</sub> üçlüsünün bir arada kontrolü öngörülmüştür. [6]

Çizelge 3.1'de Avrupa'da geçerli olan taşıt sınıflandırılması görülmektedir.

**Çizelge 3.1 : 2001/116/EEC yönetmeliğine uyumlu hale getirilmiş 70/156/EEC yönetmeliği [1]**

Sınıf	Tanım	Alt sınıf	Kişi Sayısı	Kütle Sınırı
M	En az 4 tekerlekli yolcuların taşınması	M1	9 kişiye kadar	GVW≤ 3500 kg*
		M2		GVW≤ 5000 kg
		M3	9 kişiden fazla	GVW≤ 3500 kg*
N	En az 4 tekerlekli yüklerin taşınması	N1 C1 1	Tanımlı değil	Referans Kütle ≤ 1305 kg
		N1 C1 2		1305 ≤ Referans Kütle ≤ 1760 kg
		N1 C1 3		Azami 1760 ≤ Referans Kütle ≤ 3500 kg
		N2		3500 ≤ Referans Kütle ≤ 12000 kg
		N3		12000 kg < Referans Kütle

EURO 4'e kadar 2 alt grup vardır :

1-GVW≤ 2500 kg olan M1 sınıfı

2- 2500 kg< GVW ≤ 3500 kg M1 sınıfı

### 3.3 Avrupa'daki Emisyon Standartları

Avrupa'daki ilk uygulamalar ise 1972 yılında ECE R.15.00 ve EEC 70/220 ile başlamıştır.[11] Burada; 70/220 ifadesinde 70 yayın tarihini, 220 ise yayın sayısını belirtmektedir.

#### 3.3.1. Avrupa Topluluğu yönetmeliklerinin tarihsel gelişimi

ECE-R.15.00 ile 1972 yılında binek taşıtların egzozundaki HC ve CO emisyonlarına sınırlamalar getirilmiştir.

ECE-R.15.01 ile 1975 yılında bu sınır değerler daha da aşağıya çekilmiştir.

ECE-R.15.02 ile 1977 yılından itibaren NO<sub>x</sub> de sınırlandırılmaya başlanmıştır.

ECE-R.15.03 ile 1979 yılında HC, CO ve NO<sub>x</sub> için verilen sınır değerler daha da aşağıya çekilmiştir.

ECE-R.15.04 ile 1984 yılından başlayarak HC ile NO<sub>x</sub> emisyonlarının ayrı ayrı sınırlandırılması yerine toplama ait sınır değerler de belirlenmiştir. Bu yönetmelikteki diğer bir önemli gelişme de 3500 kg boş ağırlığın altında kalan benzin motorlu araçların yanı sıra dizel motorlu araçlar için de egzoz gazındaki partiküllerin haricinde CO, HC ve NO<sub>x</sub> emisyonlarının sınırlandırılmasıdır.

ECE-R.15.05 ile 1989 yılında taşıtların motor hacimlerine göre değişik sınır değerleri uygulanmaya başlanmıştır. Bu uygulamanın getirdiği en büyük değişiklik büyük hacimli motorlar için uygulanan sınır değerleri sağlamak için taşıtların egzoz sistemine katalizör takılması kaçınılmaz hale gelmesidir. Ayrıca dizel motorlu taşıtların egzoz gazlarındaki partikül emisyonu da aynı yönetmelik ile sınırlandırılmıştır.



EURO 93 Yönetmeliği ile 1991 yılından başlayarak şehir içi test çevrimine en fazla 120 km/saat hıza kadar çıkan bir otoyol çevrimi eklenmiş ve emisyon sınırları gr/test yerine g/km cinsinden verilmiştir. Yeni sınır değerleri sağlamak için bütün benzinli motorlu taşıtlarda egzoz sisteminde üç yollu katalizör kullanılması zorunlu hale getirilmiştir. Ayrıca HC emisyonları için de sınır değerleri getirilmiştir.

1972-1996 yılların arasında Avrupa'da uygulanan ve tarihsel gelişimi anlatılan yönetmeliklerin taşıt egzoz emisyonlarına getirdiği sınır değerler Çizelge 3.2 'de verilmiştir. [6]

**Çizelge 3.2:** Avrupa Topluluğu ülkelerinde binek taşıtlar için uygulanan egzoz emisyon sınır değerleri değişimi [6]

Uygulama Başlangıç Yılı	Uygulanan yönetmelik	CO	HC	NO <sub>x</sub>	HC+NO <sub>x</sub>	Partikül	Yakıt Buharı(6)
1972 (1),(4)	ECE-R.15.00 (EEC 70/220)	100-220	8.0-12.8				
1975 (1),(4)	ECE-R.15.01 (EEC 74/290)	80-176	6.8-10.9				
1977 (1),(4)	ECE-R.15.02 (EEC 77/102)	80-176	6.8-10.9	10-16			
1979 (1),(4)	ECE-R.15.03 (EEC 78/665)	65-143	6.0-9.6	8.5-13.6			
1984 (1),(4)	ECE-R.15.04 (EEC 83/351)	58-110			19-28		
1989 (2),(4)	ECE-R.15.05 (EEC 88/76)						
	Benzinli Ön yanma odali	25-45 30			6.5-15 8	1.1	
	Dizel Direkt püskürtmeli	58-110			19-28	1.1	
	Dizel						
1993 (3),(5)	EURO 93 (EEC 91/441)						
	Benzinli Ön yanma odali	2.72			0.97		2
	Dizel(93) Direkt püskürtmeli	2.72			1.36	0.14	
	Dizel(95)	2.72			1.36	0.14	
1996 (3),(5)	EURO 96	1			0.7-0.9	0.08-0.1	-

- (1): Sınır değerler taşıtın ağırlığına göre değişmektedir.  
(2): Sınır değerler taşıtın motor hacmine göre değişmektedir.  
(3): 3.5 ton ağırlığına kadar bütün tip taşıtlar için aynı sınır değerleri geçerlidir.  
(4): Ölçüm için Avrupa şehir içi çevrim kullanılıp emisyon sınır değerleri test boyunca toplam miktar olarak verilmiştir.(g/test)  
(5): Avrupa şehir içi çevrimine bir otoyol çevrimi eklenmiş olup, emisyon sınır değerleri g/km cinsinden verilmiştir.  
(6): 1993 yılından başlayarak sıcak motorlu benzinli bir taşıtın yakıt deposundan buharlaşan benzin miktarı da sınırlanmıştır. Sınır değer belli bir süre içinde buharlaşan miktar olarak gr/test cinsinde verilmiştir.

Çizelge 3.2’de bazı emisyon faktörlerinin altında tam bir değer değil, aralık değerleri belirtilmiştir. Bunun sebebi, o regülasyonlara ait sınırlandırmaların araç ağırlığı ya da motor hacmine göre sınıflandırılmış olmasıdır.

Örnek olarak, Çizelge 3.3’de 1984 uygulama başlangıç yılına sahip olan ECE-R15.04 regülasyonunun kütlelere göre sınıflandırılması gösterilmektedir.

**Çizelge 3.3 : ECE-R15/04 ve ECE-R83/00-05 kurşunlu benzin (Onay A) emisyon standartları[1]**

Test	Emisyonlar	Birim	kg biriminde referans kütle, tip onayı (Üretim Uygunluğu)						
			≤ 1020	≤ 1250	≤ 1470	≤ 1700	≤ 1930	≤ 2150	≤ 2150
Şehir içi çevrimi	HC+NO <sub>x</sub>	g/test	19(23.8)	20.5(25.6)	22(27.5)	23.5(29.4)	25 (31.3)	26.5 (33.1)	28 (35)
	CO		58(70)	67(80)	76 (91)	84 (101)	93 (112)	101 (121)	110(132)

### 3.3.2 Avrupa Birliği’ndeki emisyon standartları

Avrupa’da 1972 yılından itibaren uygulamaya konulmuş iyileştirmeler, 1992 yılından itibaren Avrupa Birliği emisyon standartları ile çok daha düşük seviyelere çekilmiştir. Çizelge 3.4’de yolcu taşıtları için 1992 yılından günümüze olan regülasyon değişimleri ve bunun yanı sıra önümüzdeki yıllarda uygulamaya konulması düşünülen regülasyonlar gösterilmektedir.

**Çizelge 3.4 : Yolcu taşıtları için Avrupa Birliği emisyon standartları (g/km)**

	Kategori	Tarih	CO	HC	HC+NO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	PM
Dizel	EURO 1†	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	0.14 (0.18)
	EURO 2, IDI	1996.01	1	-	0.7	-	0.08
	EURO 2, DI	1996.01a	1	-	0.9	-	0.1
	EURO 3	2000.01	0.64	-	0.56	0.5	0.05
	EURO 4	2005.01	0.5	-	0.3	0.25	0.025
	EURO 5	2009.09b	0.5	-	0.23	0.18	0.005e
Benzin	EURO 6	2014.09	0.5	-	0.17	0.08	0.005e
	EURO 1†	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	-
	EURO 2	1996.01	2.2	-	0.5	-	-
	EURO 3	2000.01	2.3	0.2	-	0.15	-
	EURO 4	2005.01	1	0.1	-	0.08	-
	EURO 5	2009.09b	1	0.10c	-	0.06	0.005d,e
EURO 6	2014.09	1	0.10c	-	0.06	0.005d,e	

†: Parantez içindeki değerler, üretim uygunluğu değerleridir.

a: 30.09.1999 tarihine kadar geçerli değerlerdir. (Bu tarihten sonra motorlar DI motorlar IDI motorların limitleriyle örtüşmektedir.)

b: Ocak 2011 bütün modeller için geçerlidir.

c: NMHC=0.068 g/km

d: sadece DI motorlarda uygulanabilir.

e: PMP ölçüm prosedürü ile 0.003 g/km değere değiştirilmesi amaçlanmıştır.

Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.6’da benzinli ve dizel hafif ticari araçlar için Avrupa Birliği emisyon standartları gösterilmektedir.

**Çizelge 3.5:** Benzinli hafif ticari araçlar için Avrupa Birliği emisyon standartları (g/km)

Benzinli Hafif Ticari Taşıtlar							
	Emisyon	Tarih	CO	HC	HC+NO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	PM
N <sub>1</sub> , Sınıf I ≤1305 kg	EURO 1	1994.1	2.72	-	0.97	-	-
	EURO 2	1998.01	2.2	-	0.5	-	-
	EURO 3	2000.01	2.3	0.2	-	0.15	-
	EURO 4	2005.01	1	0.1	-	0.08	-
	EURO 5	2009.09 <sup>b</sup>	1	0.10 <sup>f</sup>	-	0.06	0.005 <sup>d,e</sup>
	EURO 6	2014.09	1	0.10 <sup>f</sup>	-	0.06	0.005 <sup>d,e</sup>
N <sub>1</sub> , Sınıf II 1305-1760kg	EURO 1	1994.1	5.17	-	1.4	-	-
	EURO 2	1998.01	4	-	0.65	-	-
	EURO 3	2001.01	4.17	0.25	-	0.18	-
	EURO 4	2006.01	1.81	0.13	-	0.1	-
	EURO 5	2010.09 <sup>c</sup>	1.81	0.13 <sup>g</sup>	-	0.075	0.005 <sup>d,e</sup>
	EURO 6	2015.09	1.81	0.13 <sup>g</sup>	-	0.075	0.005 <sup>d,e</sup>
N <sub>1</sub> , Sınıf III >1760 kg	EURO 1	1994.1	6.9	-	1.7	-	-
	EURO 2	1998.01	5	-	0.8	-	-
	EURO 3	2001.01	5.22	0.29	-	0.21	-
	EURO 4	2006.01	2.27	0.16	-	0.11	-
	EURO 5	2010.09 <sup>c</sup>	2.27	0.16 <sup>h</sup>	-	0.082	0.005 <sup>d,e</sup>
	EURO 6	2015.09	2.27	0.16 <sup>h</sup>	-	0.082	0.005 <sup>d,e</sup>

**Çizelge 3.6:** Dizel hafif ticari araçlar için Avrupa Birliği emisyon standartları (g/km)  
[13]

Dizel Hafif Ticari Araçlar							
Kategori	Emisyon	Tarih	CO	HC	HC+NO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	PM
N <sub>1</sub> , Sınıf I ≤1305 kg	EURO 1	1994.1	2.72	-	0.97	-	0.14
	EURO 2, IDI	1998.01	1	-	0.7	-	0.08
	EURO 2, DI	1998.01 <sup>a</sup>	1	-	0.9	-	0.1
	EURO 3	2000.01	0.64	-	0.56	0.5	0.05
	EURO 4	2005.01	0.5	-	0.3	0.25	0.025
	EURO 5	2009.09 <sup>b</sup>	0.5	-	0.23	0.18	0.005 <sup>c</sup>
N <sub>1</sub> , Sınıf II 1305-1760 kg	EURO 6	2014.09	0.5	-	0.17	0.08	0.005 <sup>c</sup>
	EURO 1	1994.1	5.17	-	1.4	-	0.19
	EURO 2, IDI	1998.01	1.25	-	1	-	0.12
	EURO 2, DI	1998.01 <sup>a</sup>	1.25	-	1.3	-	0.14
	EURO 3	2001.01	0.8	-	0.72	0.65	0.07
	EURO 4	2006.01	0.63	-	0.39	0.33	0.04
N <sub>1</sub> , Sınıf III >1760 kg	EURO 5	2010.09 <sup>c</sup>	0.63	-	0.295	0.235	0.005 <sup>c</sup>
	EURO 6	2015.09	0.63	-	0.195	0.105	0.005 <sup>c</sup>
	EURO 1	1994.1	6.9	-	1.7	-	0.25
	EURO 2, IDI	1998.01	1.5	-	1.2	-	0.17
	EURO 2, DI	1998.01 <sup>a</sup>	1.5	-	1.6	-	0.2
	EURO 3	2001.01	0.95	-	0.86	0.78	0.1
EURO 4	2006.01	0.74	-	0.46	0.39	0.06	
	EURO 5	2010.09 <sup>c</sup>	0.74	-	0.35	0.28	0.005 <sup>c</sup>
	EURO 6	2015.09	0.74	-	0.215	0.125	0.005 <sup>c</sup>

a: 30.09.1999 tarihine kadar geçerli değerlerdir. (Bu tarihten sonra motorlar DI motorlar IDI motorların limitleriyle örtüşmektedir.)

b: Ocak 2011-bütün modeller için

c: Ocak 2012- bütün modeller için

d: sadece DI motorlu araçlarda uygulanabilir

e: PMP ölçüm prosedürü ile 0.003 g/km değere değiştirilmesi amaçlanmıştır.

f: NMHC= 0.068 g/km

g: NMHC= 0.090 g/km

h: NMHC= 0.108 g/km

### **3.4 Türkiye'deki Emisyon Standartları**

#### **3.4.1 Türkiye'de taşıtlardan kaynaklanan kirleticilere getirilen sınırlamalar**

Türkiye'de bölüm 3.1'de anlatıldığı gibi yeni taşıtlara tip testi ve trafikteki taşıtların egzoz emisyonlarına periyodik kontroller yapılmaktadır.

##### **3.4.1.1 Boş ağırlığı 3500 kg'dan az olan benzin ve dizel motorlu taşıtlar için tip testi sınırlamaları**

Avrupa topluluğu ülkelerinde 1984'ten başlayarak boş ağırlığı 3500 kg'dan az olan benzin ve dizel motorlu taşıtlara uygulanan ECE-R.15.04 standardı ve sınır değerleri TSE tarafından uyarlanarak TS 4236 ve TS 5648 standartları olarak yayınlanmıştır. Fakat ölçüm için gerekli laboratuvar bulunmadığından uygulamaya hemen geçilememiştir.

Sanayi ve Ticaret Bakanlığı'nın isteği üzerine İTÜ Makine Fakültesi Otomotiv Anabilim Dalı'ndaki olanaklar değerlendirilerek 1993 yılından itibaren ilk ölçümler başlamıştır. Halen ülkemizdeki bu tip araçlara egzoz emisyonu uygunluk raporu sadece bu birim tarafından verilmektedir. Tarafsız laboratuvarlarca onaylanmış bu tip bir rapora sahip olmayan araçlara Sanayi ve Ticaret Bakanlığı tarafından imalat ve ithalat izni verilmemektedir.

Çevre ve Orman Bakanlığı ile Otomotiv Sanayicileri Derneği'nin ortaklaşa yayınladıkları bir bildirme ile 1995 yılından başlayarak boş ağırlığı 3500 kg.'ın altında olan taşıtların EURO 93 standartlarına uygunluk sağlamaları kararlaştırılmıştır. [6]

##### **3.4.1.2 Boş ağırlığı 3500 kg'ı geçen dizel motorlu taşıtlar için tip testi sınırlamaları**

Boş ağırlığı 3500 kg'ı geçen dizel motorlu taşıtların taşıtlar için Sanayi ve Ticaret Bakanlığı tarafından 1993 yılından başlayarak Türkiye'de üretilmiş olan ve ithal edilen ağır taşıtların ECE-R.24 ile tanımlanan ölçüm yöntemi ile belirlenen is emisyonu sınır değerleri sağlanması istenmektedir. Bu tür ölçümler İTÜ ve ODTÜ laboratuvarlarında veya üretici firmaların deney düzenekleri kullanılarak, üniversitelerden konu ile ilgili uzmanların gözetiminde gerçekleştirilmektedir. [6]

AB direktifleri ile uyumlu egzoz emisyonları ile ilgili yürürlükteki mevzuatlar:

- 88/77/AT (2005/55/AT) Egzoz Emisyonu (Ağır Dizel araçlar)
- 70/220/AT Egzoz Emisyonu (Benzinli ve Dizel araçlar)
- 72/306/AT Dizel Motorlardan Çıkan Kirletici Emisyonlar
- 80/1268/AT CO<sub>2</sub> Emisyonları ve Yakıt Tüketimi
- 80/1269/AT Motor Gücü
- 1999/94/AT Yeni Binek Otomobillerin Yakıt Ekonomisi ve CO<sub>2</sub> Emisyonları

Emisyon mevzuatına uyum aşamaları ise şöyledir:

*Benzinli Araçlar (70/220/AT):*

- Yeni Araçlar :

01.01.2001: EURO 3

01.01.2008: EURO 4

- Mevcut Araçlar

30.09.2001: EURO 3

01.01.2009: EURO 4

*Hafif Dizel Araçlar (70/220/AT):*

- Yeni Araçlar:

01.01.2001: EURO 1 Öncesi (EURO 93)

01.01.2008: EURO 4

- Mevcut Araçlar:

31.12.2002: EURO 1 Öncesi (EURO 93)

01.01.2009: EURO 4

*Ağır Dizel Araçlar (88/77/AT – 2005/55/AT):*

- Yeni Araçlar

01.01.2001: EURO I

01.01.2008: EURO IV

- Mevcut Araçlar

31.12.2002: EURO I

01.01.2009: EURO IV

Emisyon mevzuatının uygulanması, akaryakıt kalite güvencesi ile doğrudan ilgilidir.

[1]

### 3.4.1.3 Türkiye’de trafikteki taşıtların egzoz emisyonlarının periyodik kontrolü

Türkiye’de trafikteki taşıtların egzoz emisyonlarının periyodik kontrolleri Çevre ve Orman Bakanlığı’nın 8 Temmuz 2005 tarihinde çıkarttığı yönetmeliğe göre yapılmaktadır.

Egzoz gazı emisyon ölçümü yaptırma periyotları aşağıda verilmiştir.

#### *Egzoz gazı emisyon ölçümü yaptırma periyotları*

- Hususi otomobiller ilk üç yaş sonunda ve devamında her iki yılda bir.
- Resmi otomobiller ilk iki yaş sonunda ve devamında her yılda bir.
- Diğer motorlu taşıtlar ilk bir yaş sonunda ve devamında yılda bir.
- Trafikte seyreden tüm motorlu taşıtlar on yaş sonunda yılda bir. [14]

Araç sahipleri bu periyodlarla kontrol yaptırıp karşılığında ölçüm pulu almak zorundadırlar. Sınır değerlere uymayan taşıtlara 1 ay ek süre tanınmakta, bu süre içerisinde aracının bakımını yaptırıp egzoz emisyon pulu almayan sürücülere Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından ceza kesilmesiyle birlikte aracın trafikten men edilmesine karar verilmektedir. Trafikte seyreden 3500 kg’ın altındaki araçlar için CO sınır değerleri Çizelge 3.7’de verilmiştir.

**Çizelge 3.7:** Trafikte kullanılmakta olan benzinli taşıtlarda CO sınır değerleri

Taşıta Ait Bilgi	CO(Hacimce %)
<b>Egzoz sisteminde katalitik dönüştürücü ve benzeri emisyon kontrol donanımı olmayan taşıtlar</b>	
1.10.1975 tarihinden önceki taşıtlar	6
1.10.1975-1.10.1986 arasındaki taşıtlar	4.5
1.10.1975 tarihinden sonraki taşıtlar	3.5
<b>Egzoz sisteminde katalitik dönüştürücü ve benzeri emisyon kontrol donanımı olan taşıtlar</b>	
Rölantide:Taşıt üreticisinin belirlediği bir CO miktarı yoksa	En fazla 0.5
Rölantide:70.220.AT yönetmeliğinin 98.69.AT değişikliğine göre tip onayı alan veya 2003 model yılından itibaren olan taşıtlar	En fazla 0.3
Yüksek Rölantide:Taşıt üreticisinin belirlediği bir CO miktarı yoksa	En fazla 0.3
Yüksek Rölantide:70.220.AT yönetmeliğinin 98.69.AT değişikliğine göre tip onayı alan veya 2003 model yılından itibaren olan taşıtlar	En fazla 0.2

Çizelge 3.8’deki değerlere göre egzoz emisyon pulu verilmektedir.

**Çizelge 3.8:** Trafikte kullanılmakta olan benzinli taşıtlarda diğer emisyon sınır değerleri

<b>Benzinli taşıtlar</b>	<b>Sınır değerler</b>
CO	Yönetmeliğe göre
CO <sub>2</sub>	10-15 %
HC	0-1200 ppm
O <sub>2</sub>	0-5 %
Lambda ( $\lambda$ )	0-1.2

Dizel taşıtlarda egzoz emisyon kontrolünün serbest ivmelendirme deneyi ile yapıldığı bölüm 3.1.2'de belirtilmiştir. Yönetmeliğin 1 Ocak 1980 tarihinden sonra trafiğe tescil edilmiş dizel motorlu araçlar için belirlediği sınır değerleri Çizelge 3.9'da verilmiştir. Yönetmelik 8 Temmuz 2005'te yayınlanmasına rağmen uygulamada sınır değerlerin 0.5 üzerindeki ölçümlere egzoz emisyon ölçüm pulu verilmektedir. [1]

**Çizelge 3.9:** Trafikte kullanılmakta olan dizel motorlu taşıtlarda absorpsiyon katsayısı sınır değerleri

Taşıt ait bilgi	Absorpsiyon katsayısı (m <sup>-1</sup> )	
	Yönerge	Uygulama
Normal emişli dizel motorlarda	2.5	3
Aşırı doldurmalı(turboşarjlı) dizel motorlarda	3	3.5

### 3.4.2 Yakıtlara getirilen sınırlamalar

2003/17/AT yönetmeliği çevre ve insan sağlığının korunmasını sağlamak amacıyla motorlu taşıtlarda kullanılacak benzin ve dizel türlerinin teknik özelliklerini belirterek sınırlamalar getirmiştir.

TÜPRAŞ'tan yapılan açıklamaya göre TÜPRAŞ, 2005 yılından itibaren piyasaya sürdüğü 50 mg/kg'lık dizelin kükürt oranını 2007 yılında tamamıyla daha alt sınır olan ve AB 2009 yakıt normlarının gereksinimini 2 yıl önceden karşılayan 10 mg/kg'a indirecektir. TÜPRAŞ 95 ve 98 oktan kurşunsuz benzin üretimine devam edecek ve 2006 yılından itibaren TÜPRAŞ'ın ürettiği benzinde ham petrolün doğal kurşununun dışında kurşun kalmayacaktır. TÜPRAŞ herhangi bir kanun gerekliliği olmadan yaptığı yaptırımlarla 1 Ağustos 2002 tarihinden itibaren kurşunlu normal benzin üretimini kaldırmakla birlikte benzindeki kurşun içeriğini 0.4 gr/l'den 0.005 gr/l'ye düşürerek Avrupa Birliği'ndeki birçok ülkeden daha önce yönetmeliğin belirlediği sınırları benzin ve dizel üretmektedir.

1993'ten önceki eski taşıtlar, motorunun yağlanması için kurşunlu benzini kullanmak zorundalar. Bakanlığın çıkardığı 'Benzin ve Dizel Kalitesi Yönetmeliği'ne göre kurşunlu benzinle çalışmak zorunda olan taşıtlar, potasyum ve mangan içeren katkı kurşunsuz benzini kullanacak. Düzenlemeye uymayanlara ise 6000 TL' den 80000 TL'ye kadar değişen para cezası verilecek. Yönetmelikte toplam satışların azami % 0.5'ini geçmeyecek oranda, özelliği gereği eski araçlar tarafından kullanılacak olan kurşunlu benzinin normal dağıtım kanalları dışında özel talep ile temin ve sunumuna izin verilmiştir.

Yönergeye göre yol dışı hareketli makinelerde, tarım ve orman traktörlerindeki motorlarda kullanılan yakıtın azami kükürt içeriği 2000 mg/kg olarak belirtilmiş ve 1 Ocak 2008 tarihinden itibaren pazarlanan, bu araçlarda kullanılan yakıtın azami kükürt içeriği 1000 mg/kg olarak tespit edilmiştir.

LPG'nin çevre dostu yakıt olarak kullanımı tamamen içeriğinde bulunan kirleticilerin miktarlarına bağlıdır. LPG'nin taşıtlarda kullanılması son yıllarda vergi teşviki nedeniyle artmış olmakla birlikte 2002 yılında bu teşvikin kaldırılmasıyla LPG'nin kullanılması azalmıştır. Doğalgazın taşıtlarda kullanımı LPG'ye göre daha tehlikeli olduğundan daha sınırlı düzeyde kalmıştır.

Avrupa Topluluğu biyoyakıt direktifi üye olan ülkelere biyoyakıt kullanmaları yükümlülüğü getirmiştir. Kullanılacak biyoyakıt oranı 2005 yılında en az %2 ve 2010 yılında en az %5.75 olarak tespit edilmiştir. Avrupa Topluluğu'na uyum yasaları çerçevesinde ülkemizde de biyoyakıt teminiyle ilgili çalışmalara ağırlık verilmiştir. Bununla birlikte dünyadaki biyobenzin veya biyodizel üretim maliyetleri incelendiğinde biyoyakıtların vergi hariç maliyetleri, petrol esaslı yakıtların vergi hariç fiyatlarının üzerinde olmaktadır. [1]

### **3.5 Dünyadaki Emisyon Standartları**

Diğer ülkelerde de taşıt kaynaklı emisyonlarına iyileştirici sınırlamalar getirilmekte olup, genellikle EURO 4 emisyon standartlarına yavaş yavaş geçiş mevcuttur. [1]





## 4. ÖRNEKLEME YÖNTEMİ VE TÜRKİYE İÇİN ÖRNEKLEM SAYISININ BELİRLENMESİ

### 4.1 Örneklem Yöntemi

Gerek günlük yaşamda gerekse bilimsel araştırmalarda varılan sonuçların birçoğu örneklere dayalıdır. [15] Üzerinde araştırma yapılacak bir topluluk hakkında bilgi derlemek için başvurulabilecek ilk ve en basit yöntem, o topluluğu oluşturan tüm birimler üzerinde araştırma konusuyla ilgili bilgi derlemektir, yani tam sayım yapmaktır. Ancak uygulamada genellikle topluluğun tüm birimlerinden bilgi derlemeye kalkışmak çeşitli nedenlerden dolayı imkansızdır. Tam sayım yönteminin zayıf yönleri nedeniyle, bir grup birimin topluluktan seçilmesi ve bilgilerin bu birimlerden derlenmesi, yani örneklem yöntemi kullanmamız gerekmektedir. [16] Türkiye'deki araçlardan salınan egzoz emisyonları hakkında bir sonuca varırken, Türkiye'deki bütün araçların teste sokulup ölçülmesi imkansızdır. Böyle bir sonuca bilimsel yoldan varılması için, deneylerin belirli bir yöntemle göre seçilen araçlar, örneklem, üzerinde yapılması yeterlidir. Örneklem, topluluğun özelliklerini yansıtması düşüncesiyle topluluktan belirli yöntemlerle seçilmiş birimlerin oluşturduğu topluluğa denir. Bilimsel bir sonuca varmak için, seçtiğimiz araçların belli bir yöntemle göre seçilmesi gerekmektedir. Ancak bu şartla elde ettiğimiz sonuçlar kitleye taşınabilir. Örneklem, örneklemi esas alan bir çalışmayı planlama ve yönetme sürecidir. Bir başka tanım vermek gerekirse örneklem bir topluluktan belirli yöntemlerle seçilmiş örneklemi incelemek suretiyle, topluluk hakkında genelleme yapma işlemidir. [16]

#### 4.1.1 Örneklem yapmayı gerekli kılan nedenler

Aşağıdaki nedenlerden dolayı örneklem yöntemi, tamsayıya tercih edilmektedir.

- **Maliyet tasarrufu sağlanması:** Topluluk büyüklüğü ve incelenecek özellik sayısı arttıkça tam sayım ekonomik olmaktan çıkar. Örneklem ile çok daha az maliyetle faydalı güvenilir bilgi elde etmek mümkündür.

- **Zaman tasarrufu sağlaması:** Örnekleme tam sayıya göre daha kısa zamanda ve daha ayrıntılı bilgi elde etme imkanı verir. Örneklemenin bu özelliği bilgiye çok hızlı gereksinim olduğunda bilhassa önemlidir.
- **Doğru bilgi edinme imkanı sağlaması:** Örnekleme tam sayım kadar hatta daha fazla doğru bilgi elde etme imkanı verir. Çünkü, veri derleme hataları daha az sayıda birimden oluşan örnekleme daha iyi kontrol edilebilir. Çok sayıda ve istenilen özelliklere sahip, derleme hatası yapmayacak gözlemci ya da görüşmeci bulmak veya yetiştirmek zor hatta olanaksızdır.
- **Pratik imkansızlık halinin bulunması:** Bir birimin (gözlem biriminin) bilgi derlemek amacıyla tahrip edilmesi gerekiyorsa, çalışılacak topluluk sonsuz topluluk ise örneklemeye başvurmak zorunludur. Örneğin bir savunma sanayi kuruluşunda üretilen mermilerin patlayıp patlamadığı hatalı mermi üretim oranının ne olduğu konusunda yapılacak bir araştırma için gerekli bilgilerin derlenmesi amacıyla üretilen tüm mermilerin teste tabi tutulması olanaksızdır ve aynı zamanda anlamsızdır. [16]

#### 4.1.2 Örnekleme yöntemleri

Örnekleme tesadüfi ve tesadüfi olmayan örnekleme olmak üzere iki grupta toplanmaktadır. [1]

##### 4.1.2.1 Tesadüfi örnekleme

Bu örnekleme yöntemlerinde;

- Topluluğu oluşturan her birim hesaplanabilen bir olasılıkla örnekleme seçilmektedir.
- Örnekleme birim seçme işlemi yansız bir işlemdir. Örnekleme seçilen her birim topluluğa geri verilir ya da verilmez.
- Örnekleme oluştururken bilinen olasılıklar örneklem istatistiklerinden yararlanarak topluluk parametreleri için bir tahmin yapılmasında kullanılmaktadır. Ayrıca topluluk parametreleri için hipotez sınamaları ve güven aralıkları oluşturulabilir. Kısaca olasılıklı örneklem, ölçülebilir bir örneklemedir. [16]

Tesadüfi örnekleme; basit tesadüfi örnekleme, sistematik örnekleme, zümrelere göre örnekleme, kademeli örnekleme ile ikili, çoklu ve aşamalı örnekleme olmak üzere beş gruba ayrılır.

#### 4.1.2.1.1 Basit tesadüfi örnekleme

Üzerinde araştırma yapılacak topluluğun özelliklerini yansıtacağı düşünülen bir grup birimin topluluktan seçilmesi ve gözlemlerin bu birimler üzerinde yapılması kaçınılmaz olduğunda başvurulabilecek en basit örnekleme yöntemidir. [16]

Basit tesadüfi örnekleme, sonlu topluluklarda ve sonsuz topluluklarda olmak üzere ikiye ayrılır.

Sonlu topluluklarda basit tesadüfi örnekleme yöntemi topluluğun ilgilenilen özellikleri bakımından homojen olması durumunda kullanılır. Bu yöntem, N hacimli bir topluluktan seçilebilecek n hacimli olası örneklemelerden birini, her bir örneklem aynı seçilme olasılığına sahip olma koşulu altında seçen örnekleme yöntemidir. Burada hem N hacimli topluluktaki her birimin seçilecek örnekleme bulunması olasılığı  $n/N$  birbirine eşit hem de herhangi bir n hacimli örneklemin seçilme olasılığı başka n hacimli olası örnekleminki ile aynıdır;  $1/C_N^n$  'dir.

Uygulamada N hacimli sonlu bir topluluktan n hacimli bir basit tesadüfi örneklemin seçimi olası tüm örneklemeler yani örneklem uzayı, içinden yapılmaz; aşağıdaki işlemler uygulanarak yapılır:

- Topluluktaki N sayıda birimin her birine eşit seçilme şansı verilmek suretiyle bir birim geri vermeksizin örneklem seçilir. Seçilme şansı  $1/N$  dir.
- Toplulukta geriye kalan N-1 sayıda birimden yine eşit seçilme şansı verilmek suretiyle yeni bir birim aynı usulle seçilir; yeni birimin seçilme olasılığı  $1/N-1$  olur.
- Bu uygulama n hacimlik örneklem teşkil edilinceye kadar sürdürülür.

Sonlu bir topluluktan bir basit tesadüfi örneklem seçimi için bu topluluktaki bütün birimleri kapsayan çerçevenin mevcut olması gerekir.

Sonsuz topluluklarda basit tesadüfi örneklemede ise, bir süreç tarafından türetilen n sayıdaki  $x_1, x_2, \dots, x_n$  tesadüfi değişkenleri eğer birbirinden bağımsızlarsa ve aynı olasılık dağılımından geliyorlarsa bu değişkenler kümesi  $x_1, x_2, \dots, x_n$  sonsuz topluluktan seçilmiş bir basit tesadüfi örnekleme teşkil eder. [16]

#### 4.1.2.1.2 Sistematik örnekleme

Örnekleme birim seçiminin sistematik olarak yapıldığı örnekleme sürecine sistematik örnekleme adı verilir. Sistematik örneklemede;

- Örnekleme büyüklüğü (n) belirlenir.
- N hacimli topluluk her biri  $k = N/n$  tam sayıda birim içeren tabakaya, kümeye bölünür.
- 1, 2, ..., k sayılarından rassal olarak bir sayı seçilir. Bu sayı a ile ifade edilsin, a örnekleme seçilecek birinci birimin sıra numarasını gösterir.
- a'inci birimi a'inci birim takip eden  $a+k, a+2k, \dots, a+(n-1)k$ 'inci sıra nolu birimleri seçmek suretiyle n hacimli örneklem oluşturulur.
- Oluşturulan örneklemde elde edilen bilgiler kullanılarak istatistikler hesaplanır. Bu istatistikler kullanılarak istatistiksel çıkarımlar yapılır.

Sistematik örneklemede olası örneklem sayısı basit tesadüfi örneklemede olduğu gibi tane değil,  $k = N/n$  tanedir. [16]

#### 4.1.2.1.3 Zümrelere göre örnekleme

Zümrelere göre örnekleme, basit tesadüfi örneklemeyle oranla anakütleyi daha iyi temsil edecek, tesadüfi örnekler oluşturmaya yarayan bir örnekleme türüdür. Anakütle, istatistikte bilgilerin alınacağı kaynaklar topluluğuna denir. Bu örnekleme için anakütlelerin incelenen özellikleri açısından zümrelere (grup veya sınıflara) ayrılabilir yapıda olmaları gerekmektedir. Her grup veya zümreden basit tesadüfi örnekler seçilip birleştirilerek zümrelere göre örnek oluşturulur. Zümrelere göre örnek zümre büyüklüklerine göre orantılı veya orantısız olabilir. Örneğin 3 zümresi olan bir anakütleden, 100 birimlik bir örnek çekilecekse ve birinci zümrede 200, ikinci zümrede 300 ve üçüncü zümrede 500 birim varsa, birinci zümreden  $0,20 \cdot 100 = 20$ , ikinci zümreden  $0,30 \cdot 100 = 30$  ve üçüncü zümreden  $0,5 \cdot 100 = 50$  birim tesadüfi olarak seçilerek zümrelere göre 100 birimlik tesadüfi örnek oluşturuluyorsa orantılı seçim yapılmış olur. Böylece elde edilmiş örnek anakütlesini her zümrenin anakütle içindeki oranı ölçüsünde temsil edecektir.

Orantısız seçimde ise değişkenliği (standart sapması) çok olan zümreden fazla, az olan zümrelerden az birim gözlenmesi yoluna gidilir. Böylece benzer özellik taşıyan birimlerden gereksiz yere çok birim gözlenmemiş olur.

Zümrelere göre tesadüfi örnekleme hatası en düşük örnekleme türüdür. Fakat bu örnekleme türünün uygulanması zor olduğu için araştırmalarda sıklıkla kullanılamamaktadır. Nedeni anakütlenin incelenen özellik açısından yapısının bilinmesinin mümkün olmamasıdır. Örneğin işletmelerin çeşitli göstergelerini saptarken işletme büyüklüğünün göz önüne alınması gerekir. [1]

#### **4.1.2.1.4 Kademeli örnekleme**

Kademeli örnekleme, anakütlerdeki birimlerin listesinin olmadığı durumlarda veya coğrafi olarak geniş bir alana dağıtılmış birimlerin incelenmesi gerektiğinde uygulanır. Bu yöntem ile araştırma maliyetini düşürülebilir. N birimlik anakütle eşit veya farklı sayıda birimden oluşan M adet alt kümeye (birincil birim) ayrılır. M adet birincil birimden tesadüfi olarak seçilen m adet birincil birimdeki tüm birimler gözlenirse, bu örnekleme türüne “tek kademeli örnekleme” veya “kümelere göre örnekleme” adı verilmektedir. m adet birincil birimdeki birimler arasından tesadüfi seçimle birimler seçilirse buna “iki kademeli örnekleme” adı verilir. Kademe sayısı artırılarak 3,4 ... ve çok kademeli örnekleme uygulanabilir. Kaç kademe yapılırsa yapılsın sonuçta tesadüfi olarak n birimden oluşan bir örnek incelenerek anakütle tahminleri yapılmaktadır.

İki kademeli örnekleme, tek kademeliye oranla daha elastikidir. Tesadüfi olarak seçilen m birincil birimdeki birimler arasında incelenecek özellik açısından çok az farklılık varsa bu birincil birimin tümünün incelenmesi rasyonel olmaz. Seçilecek birincil birim sayısını arttırıp, her birinden incelenecek birim sayısını azaltarak iki kademeli örnekleme yapmak daha rasyonel olmaktadır.

#### **4.1.2.1.5 İkili, çoklu ve aşamalı örnekleme**

Diğer tesadüfi örnekleme türlerinde n birimlik tek bir örnek seçilmektedir ve istatistik ölçüler elde edilmektedir. İkili, üçlü ..., çoklu örnekleme ile aşamalı örnekleme türlerinde ise örnekteki birimlerin tümü değil bir bölümü incelenmekte ve istatistik ölçüler bunlara dayanarak hesaplanmaktadır.

Çoklu örnekleme, bir dizi küçük tesadüfi örneklerin seçilerek kümülatif değerlerden hareketle her örnekten sonra, sonuçların kabul ve red kriterleriyle karşılaştırılmasına dayanmaktadır.

Aşamalı örnekleme ise çoklu örneklemenin en uç durumudur. Birimlerin gözlenme maliyetleri çok yüksek ise özellikle değerli olan birimler test sonucu imha ediliyorsa, aşamalı örnekleme uygulanır. [1]

#### **4.1.2.2 Tesadüfi olmayan örnekleme**

Tesadüfi olmayan örnekleme yönteminde örneklem oluşturulurken, topluluktaki birimler arasında fark gözetilir, topluluktaki birimlere örnekleme seçilmeleri konusunda eşit şans verilmez. Araştırmayı planlayan, örnekleme uygulamasını yapan kişinin istekleri ve subjektif değer yargıları örnekleme seçilecek birimlerin tespitinde örneklem büyüklüğünün belirlenmesinde etkili oluyorsa yapılan örnekleme olasılıklı olmayan örneklemedir. Tesadüfi olmayan örnekleme yöntemlerinden en sık kullanılan ikisi monografi örnekleme ve kota örneklemedir. [16]

##### **4.1.2.2.1 Monografi örnekleme**

Bu yöntemde örnekleme seçilen birim sayısı bir veya birkaç birimden oluşur. Seçilen birimin topluluğun özelliklerini temsil edebilmesi için topluluk hakkında bilgi sahibi olunması ve bu birim topluluğun ortalama özelliklerine uygun birimler arasında yapılması gerekir. Topluluğun ortalama özelliğinin tespitindeki güçlük nedeniyle, birim seçimi keyfi yapılmış olsa bile, topluluğu iyi temsil edecek örneklem oluşturma ihtimalinin her zaman mümkün olmaması bu yöntemin en zayıf yönüdür. [16]

##### **4.1.2.2.2 Kota örnekleme**

Bu yöntemde örnekleme birim seçimi keyfidir. Birim seçiminin olasılık dışı yöntemle yapılmış olmasından dolayı hata ortaya çıkabilir. Ancak bu hata topluluktaki birimlerden araştırmanın amacıyla ilişkili olarak tabakalar oluşturmak ve her tabakadan, o tabakanın topluluk içindeki oranına göre birim seçilerek bir giderilmeye çalışılır.

Aşamaları;

- Örnekleme birimlerinin seçileceği topluluk araştırmanın amaçlarına bağlı olarak yaş, cinsiyet, sosyal sınıf v.b. gibi kriterler esas alınarak tabakalara ayrılır.
- Oluşturulan tabakaların birim sayıları, tabaka hacimleri belirlenir

- Her tabakadan, o tabaka hacminin topluluk büyüklüğü içindeki oranına göre birim seçilir.

## 4.2 Türkiye İçin Örneklem Sayılarının Belirlenmesi

Taşıt grupların (zümrelerin) kendi içlerinde homojen, aralarında ise heterojen olmasından dolayı, kullanılacak örnekleme yöntemi zümrelere göre örneklemedir. Türkiye için örneklem sayıları belirlenirken, emisyon sınıfları esas alınmıştır.

### 4.2.1 Dizel otomobiller için örneklem sayıları

1990-2006 yılları arasındaki toplam dizel otomobil sayısı, o yıla ait artışlar ve Türkiye'deki dizel otomobillerin toplam otomobil parkı içindeki oranı, Çizelge 4.1'de gösterilmiştir. Bu yıllar arasında Türkiye'de sadece EURO 1 ve EKB emisyon standardında ve çok az sayıda dizel otomobil üretilmiştir. Dizel otomobillerin toplam otomobil parkındaki oranının düşük ve ithal dizel otomobillerin çok çeşitli emisyon sınıflarında olması nedeniyle örneklemenin sağlıklı olmayacağı dikkate alınarak dizel otomobiller için örneklem sayıları çıkarılmamış ve bu tür araçlar test edilmemiştir. [2]

**Çizelge 4.1:** Yıllara göre dizel otomobillerin sayıları

	Toplam (kümülatif)	Yıllara göre değişim	Toplam otomobil parkı içindeki oran (%)
<b>1990</b>	16499	16499	%1.0
<b>1991</b>	20788	4289	%1.1
<b>1992</b>	30299	9511	%1.4
<b>1993</b>	47838	17539	%1.8
<b>1994</b>	59927	12089	%2.1
<b>1995</b>	71739	11812	%2.4
<b>1996</b>	86834	15095	%2.7
<b>1997</b>	88900	2066	%2.8
<b>1998</b>	105964	17064	%3.1
<b>1999</b>	124394	18430	%3.5
<b>2000</b>	153169	28775	%4.3
<b>2001</b>	188994	35825	%6.2
<b>2002</b>	213268	24274	%5.8
<b>2003</b>	221750	8482	%6.0
<b>2004</b>	417406	195656	%10.7
<b>2005</b>	525340	107934	%13.1
<b>2006</b>	583790	58450	%14.6
<b>Toplam</b>		<b>583790</b>	



#### 4.2.2 Benzinli otomobiller için örneklem sayıları

Türkiye'deki araç parkının büyük kısmı benzinli otomobillerden oluşmasından dolayı, örnekleme yöntemi benzinli otomobillere uygulanarak teste tabi tutulacak araç sayısına karar verilmiştir. Benzinli otomobil için Türkiye'de geçerli 5 emisyon grubu mevcuttur. Türkiye'de standartlar Avrupa Birliği'nden farklı zamanlarda yıllar içinde kademeli olarak zorunlu hale gelmiştir.

Ülkemizde mevcut olan benzinli otomobiller için emisyon grupları Çizelge 4.2'de gösterilmiştir. Bu sınıflandırma Otomotiv Sanayi Derneği'nden (OSD) alınan veriler ışığında yapılmıştır. Türkiye'de EURO 1'den EURO 3'e doğrudan geçiş nedeniyle tabloda EURO II bulunmamaktadır.

**Çizelge 4.2 : Benzinli otomobil için emisyon grupları [2]**

<b>Benzinli Otomobiller İçin Emisyon Grupları</b>	
<b>Yıl</b>	<b>Emisyon Standardı</b>
2008	EURO IV
2007	EURO IV
2006	EURO IV
2005	EURO III
2004	EURO III
2003	EURO III
2002	EURO III
2001	32% EURO I + 68% 15.04
2000	30% EURO I + 70% 15.04
1999	21% EURO I + 79% 15.04
1998	15% EURO I + 85% 15.04
1997	9.4% EURO I
1996	4% EURO I + 96% 15.04
1995	1.8% EURO I + 98.2% 15.04
1994	1% EURO I + 99% 15.04
1993	EKB
1992	EKB
1991	EKB
1990	EKB

Test edilen araçların deneylerden önce emisyon sınıfları, araçların firmalarından alınan bilgiler doğrultusunda teyit edilmiştir. Fakat bazı araçların bu emisyon sınıflarına uymadıkları görülmüştür. Bunun nedeni ise bazı firmaların teknolojik olarak daha ileride olup, Türkiye'deki regülasyonlardan daha önce bir üst emisyon sınıfında araç satışlarına başlamalarıdır.

Yıllara ve emisyon sınıflarına göre benzinli otomobillerin sayısı Çizelge 4.3'de verilmiştir.

**Çizelge 4.3:** Yıllara ve emisyon standartlarına göre benzinli otomobiller (kümülatif)

	<b>EKB</b>	<b>15.04</b>	<b>EURO I</b>	<b>EURO III</b>	<b>EURO IV</b>	<b>TOPLAM</b>
<b>1990</b>	1633380	-	-	-	-	1633380
<b>1991</b>	1843556	-	-	-	-	1843556
<b>1992</b>	2151089	-	-	-	-	2151089
<b>1993</b>	2572014	-	-	-	-	2572014
<b>1994</b>	2568594	230788	2331	-	-	2801713
<b>1995</b>	2565034	416012	5726	-	-	2986772
<b>1996</b>	2561700	611741	13881	-	-	3187322
<b>1997</b>	2558794	635903	16388	-	-	3211085
<b>1998</b>	2555519	769231	39916	-	-	3364666
<b>1999</b>	2552123	861355	64405	-	-	3477883
<b>2000</b>	2549123	920763	89865	-	-	3559751
<b>2001</b>	2547082	973940	114889	-	-	3635911
<b>2002</b>	2545186	973940	114889	41501	-	3675516
<b>2003</b>	2503261	973940	114889	94222	-	3686312
<b>2004</b>	2375447	973940	114889	425677	-	3889953
<b>2005</b>	2358896	973940	114889	541861	-	3989586
<b>2006</b>	2346624	973940	114889	541861	57098	4034412
<b>2007</b>	2098206	973940	114889	541861	153192	<b>3882088</b>

Çizelge 4.4’de ise her emisyon grubunun 1990 yılındaki sayısı ve daha sonraki yıllardaki değişimleri gösterilmektedir.

**Çizelge 4.4:** Emisyon gruplarının 1990’dan sonraki yıllardaki değişimi

	<b>EKB</b>	<b>15.04</b>	<b>EURO I</b>	<b>EURO III</b>	<b>EURO IV</b>	<b>Toplam</b>
<b>1990</b>	1633380 <sup>(*)</sup>	0	0	0	0	1633380
<b>1991</b>	210176	0	0	0	0	210176
<b>1992</b>	307533	0	0	0	0	307533
<b>1993</b>	420925	0	0	0	0	420925
<b>1994</b>	-3420	230788	2331	0	0	229699
<b>1995</b>	-3560	185224	3395	0	0	185059
<b>1996</b>	-3334	195729	8155	0	0	200550
<b>1997</b>	-2906	24162	2507	0	0	23763
<b>1998</b>	-3275	133328	23528	0	0	153581
<b>1999</b>	-3396	92124	24489	0	0	113217
<b>2000</b>	-3000	59408	25460	0	0	81868
<b>2001</b>	-2041	53177	25024	0	0	76160
<b>2002</b>	-1896	0	0	41501	0	39605
<b>2003</b>	-41925	0	0	52721	0	10796
<b>2004</b>	-127814	0	0	331455	0	203641
<b>2005</b>	-16551	0	0	116184	0	99633
<b>2006</b>	-12272	0	0	0	57098	44826
<b>2007</b>	-248418 <sup>(**)</sup>	0	0	0	96094	-152324 <sup>(**)</sup>
<b>Toplam</b>	2098206	973940	114889	541861	153192	<b>3882088</b>

(\*) 1990 yılı toplam binek aracı sayısı

(\*\*) 2006 yılında hurdaya çıkan araçlar nedeniyle olan azalma

Benzinli taşıtların emisyon gruplarının değişiminin toplam içindeki yüzdeleri Çizelge 4.5'te verilmiştir. Emisyon kontrolü bulunmayan taşıtlar 1994 yılından itibaren üretilmemiş hurdaya çıkmış olmaları nedeniyle giderek azalmaktadır. Çizelge 4.5'in en alt satırında ise, grupların toplam içindeki yüzdeleri verilmiştir. Türkiye araç parkını temsilen yapacağımız deneylerde araç sayılarının belirlenmesinde bu yüzdeler kullanılmıştır.

**Çizelge 4.5:** Emisyon gruplarının 1990'dan sonraki yıllardaki değişim yüzdeleri

	<b>EKB</b>	<b>15.04</b>	<b>EURO I</b>	<b>EURO III</b>	<b>EURO IV</b>	<b>Toplam</b>
<b>1990</b>	42.07%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	42.07%
<b>1991</b>	5.41%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	5.41%
<b>1992</b>	7.92%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	7.92%
<b>1993</b>	10.84%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	10.84%
<b>1994</b>	-0.09%	5.94%	0.06%	0.00%	0.00%	5.92%
<b>1995</b>	-0.09%	4.77%	0.09%	0.00%	0.00%	4.77%
<b>1996</b>	-0.09%	5.04%	0.21%	0.00%	0.00%	5.17%
<b>1997</b>	-0.07%	0.62%	0.06%	0.00%	0.00%	0.61%
<b>1998</b>	-0.08%	3.43%	0.61%	0.00%	0.00%	3.96%
<b>1999</b>	-0.09%	2.37%	0.63%	0.00%	0.00%	2.92%
<b>2000</b>	-0.08%	1.53%	0.66%	0.00%	0.00%	2.11%
<b>2001</b>	-0.05%	1.37%	0.64%	0.00%	0.00%	1.96%
<b>2002</b>	-0.05%	0.00%	0.00%	1.07%	0.00%	1.02%
<b>2003</b>	-1.08%	0.00%	0.00%	1.36%	0.00%	0.28%
<b>2004</b>	-3.29%	0.00%	0.00%	8.54%	0.00%	5.25%
<b>2005</b>	-0.43%	0.00%	0.00%	2.99%	0.00%	2.57%
<b>2006</b>	-0.32%	0.00%	0.00%	0.00%	1.47%	1.15%
<b>2007</b>	-6.40%	0.00%	0.00%	0.00%	2.48%	-3.92%
<b>Toplam</b>	<b>54.05%</b>	<b>25.09%</b>	<b>2.96%</b>	<b>13.96%</b>	<b>3.95%</b>	<b>100.00%</b>

Çizelge 4.6'da ise toplam 30 adet örnek taşıt için hangi emisyon grubundan ve hangi üretim yılından kaç adet taşıtın teste tabi tutulması gerektiğini gösterilmiştir. Çizelge 4.6 hazırlanırken, Çizelge 4.5'in son satırındaki dağılım esas alınmıştır.

Bu tabloya göre, test edilen 30 aracın dağılımları şöyle olmaktadır. 16 adet EKB, 7 adet 15.04, 1 adet EURO 1, 4 adet EURO 3 ve 2 adet EURO 4. Test edilen araçların adetlerini belirlerken bir konuyu daha dikkate almak gerekmektedir. Bu veriler 2007 yılına kadar olan otomobil sayılarını yansıtmaktadır. 2007 yılından sonra yeni araç sayısı ve hurdaya çıkan araç sayısı artmıştır. Buna ek olarak çok eski araçların teste sokulması hem test düzeneği açısından hem de sağlıklı sonuçlar alınması açısından güçlük çıkarmaktadır. Bu düşünceler ışığında 30 aracın dağılımı ise Çizelge 4.7'deki gibi belirlenmiştir.

**Çizelge 4.6:** Örnek taşıt sayısı dağılımı (n = 30)

	<b>EKB</b>	<b>15.04</b>	<b>EURO I</b>	<b>EURO III</b>	<b>EURO IV</b>	<b>Toplam</b>
<b>1990</b>	12.62	0	0	0	0	12.62
<b>1991</b>	1.62	0	0	0	0	1.62
<b>1992</b>	2.38	0	0	0	0	2.38
<b>1993</b>	3.25	0	0	0	0	3.25
<b>1994</b>	-0.03	1.78	0.02	0	0	1.78
<b>1995</b>	-0.03	1.43	0.03	0	0	1.43
<b>1996</b>	-0.03	1.51	0.06	0	0	1.55
<b>1997</b>	-0.02	0.19	0.02	0	0	0.18
<b>1998</b>	-0.03	1.03	0.18	0	0	1.19
<b>1999</b>	-0.03	0.71	0.19	0	0	0.87
<b>2000</b>	-0.02	0.46	0.2	0	0	0.63
<b>2001</b>	-0.02	0.41	0.19	0	0	0.59
<b>2002</b>	-0.01	0	0	0.32	0	0.31
<b>2003</b>	-0.32	0	0	0.41	0	0.08
<b>2004</b>	-0.99	0	0	2.56	0	1.57
<b>2005</b>	-0.13	0	0	0.9	0	0.77
<b>2006</b>	-0.09	0	0	0	0.44	0.35
<b>2007</b>	-1.92	0	0	0	0.74	-1.18
<b>Toplam</b>	<b>16.21</b>	<b>7.53</b>	<b>0.89</b>	<b>4.19</b>	<b>1.18</b>	<b>30</b>

**Çizelge 4.7:** Test edilen araç sayıları

<b>Test edilen araç sayısı</b>	
<b>EKB</b>	10
<b>15.04</b>	9
<b>EURO 1</b>	3
<b>EURO 3</b>	5
<b>EURO 4</b>	3
<b>Toplam</b>	30

Teste tabi tutulan araç bilgileri bölüm 7’de anlatılmaktadır.

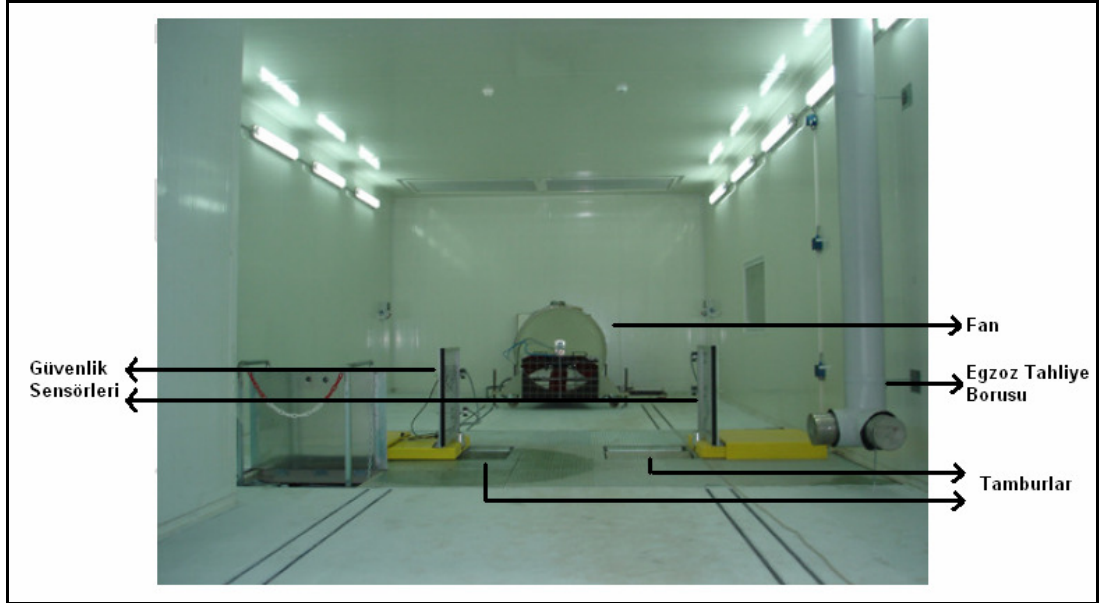


## 5. TEST DÜZENEĞİ VE EGZOZ EMİSYON TESTİNİN YAPILIŞI

### 5.1 Test Düzenegi

Bu çalışma kapsamındaki egzoz emisyon testleri İ.T.Ü. Otomotiv Anabilim Dalı'nın Laboratuvar binalarında bulunan Otomotiv Teknoloji Ar-ge Merkezi'nde (OTAM) yapılmıştır. OTAM'da bulunan yeni egzoz emisyon odası projesi 2007 yılı içinde faaliyete geçmiş olup, burada "Faz 2" aşaması olarak kabul edilen EURO IV standardına uygun test yapılabilir. Analizörler Faz 1 çerçevesinde alınmış olup yeni oda Faz 2 çerçevesinde yapılmıştır.[1]

Şekil 5.1'de egzoz emisyon odasının resmi görülmektedir.



Şekil 5.1: Egzoz emisyon odası

#### 5.1.1 Egzoz emisyon odası

Egzoz emisyon odası EURO IV standartlarında olup, burada binek ve hafif ticari araçların egzoz emisyon testleri yapılmaktadır. Odanın boyutları (iç): 13 x 5,3 x 2,8 m.'dir.

### **Taşıt boyutları:**

- Yükseklik: 278 cm
- Aks aralığı:  
Önden çekişli taşıtlar için 430 cm  
Arkadan çekişli taşıtlar için 480 cm
- İz genişliği: Asgari 120 cm –Azami 180 cm

Egzoz emisyon odasında Şekil 5.1’de görüldüğü gibi; fan, egzoz tahliye borusu, tamburlar, güvenlik sensörleri bulunmaktadır.

### **5.1.2 Egzoz emisyon test sistemi**

Egzoz emisyon test sistemi aşağıdaki birimlerden oluşmaktadır.

- CO ve CO<sub>2</sub> için NDIR(Dağılmayan kızılötesi ışın yöntemi) analizörü.
- HC için FID(alev iyonizasyon dedektörü) analizörü.
- NO<sub>x</sub> için CLA(kimyasal ışınma) analizörü.
- CVS: Sabit Debili Örneklem Birimi (Motoru 5 litreye kadar olan araçları test etmeye uygun)
- Kontrol ve veri toplama ünitesi

### **5.1.3 Şasi dinamometresi ve özellikleri**

Egzoz emisyonu ölçümünde en önemli donanımlardan birisi şasi dinamometresidir. Şasi dinamometresi, taşıtların üzerine gelen yüklerin simüle edilmesini sağlar. Şasi dinamometresi ile motora, bilgisayardan elde edilen kuvveti uygulayarak bir aracın yoldaki performansı benzetimi (simulasyon) yapılmaktadır.

Sistemin çalışması için tambura teğet bir F kuvvetinin dışarıdan uygulanması gerekmektedir. Bu kuvvet 5.1’deki formülün bilgisayarda gerçek zamanlı çözümü ile ortaya çıkar :

F = aerodinamik kuvvetler + araç ağırlık ve yol eğimi + ivmelenme

$$F = a_2 v^2 + a_1 v + a_0 + mgsin\alpha + m(\Delta v/\Delta t) \quad (5.1)$$

Burada;

$\alpha$ : yol eğimi (derece)

$a_1, a_2, a_3$ : taşıt katsayıları

V: taşıt hızı

t: zaman

Genellikle bu kuvvet tambura bağlı hem fren hem ivmelendirici olarak çalışan bir elektrik motoru kullanılarak elde edilir.

Motora bağlı bir yük hücresi veya şafta bağlı bir torkmetre tarafından elde edilmek istenen tork yaratılır böylece istenen kuvvet açığa çıkmış olur. Bu sistemin tek dezavantajı dinometreden kaynaklanan kayıplardır. Sistem kayıpları en küçük kareler metoduyla, ikinci dereceden bir polinom 5.2’de şöyle ifade edilir:

$$P = p_2 v^2 + p_1 v + p_0 \quad (5.2)$$

Elde edilecek kuvvet (5.1) ve (5.2) numaralı formülün bileşkesinden :

$$F = ( a_2 - p_2 ) v^2 + ( a_1 - p_1 ) v + ( a_0 - p_0 ) + mgsin\alpha + m (\Delta v / \Delta t) \quad (5.3)$$

elde edilir.

Tüm yol simülasyonlarında frenleme eğrisi yazılımlar kullanılarak tamburun operasyonlarının doğruluğunun test edilmesinde kullanılır. [1]

Frenleme eğrisi Winroll yazılımı ile 4 metotla uygulanabilir.

- **Nokta Eğrisi:** Yazılım, hız-kuvvet çiftlerinden maksimum 20 nokta kullanarak ikinci derecede bir eğri uydurur.
- **Yavaşlama-Zaman Eğrisi:** Yazılım, başlangıç, son hız ve yavaşlama zamanı verilerini kullanarak her nokta için ortalama hız ve çekiş gücünü için eğri uydurur.
- **Katsayılar Eğrisi:**  $F_0, F_1$  ve  $F_2$  parametreler olmak üzere  $Y = F_0 + F_1 V + F_2 V^2$  ikinci derece polinomu çözümlenerek eğri oluşturulur.
- **ECE Katsayılar Eğrisi:** Bu modda, araçların ağırlık gruplarına göre katsayılar kullanılarak egzoz emisyonu için analiz yapılır. Bu modda da  $Y = F_0 + F_1 V + F_2 V^2$  ikinci derece polinomu kullanılarak bir eğri oluşturulur.

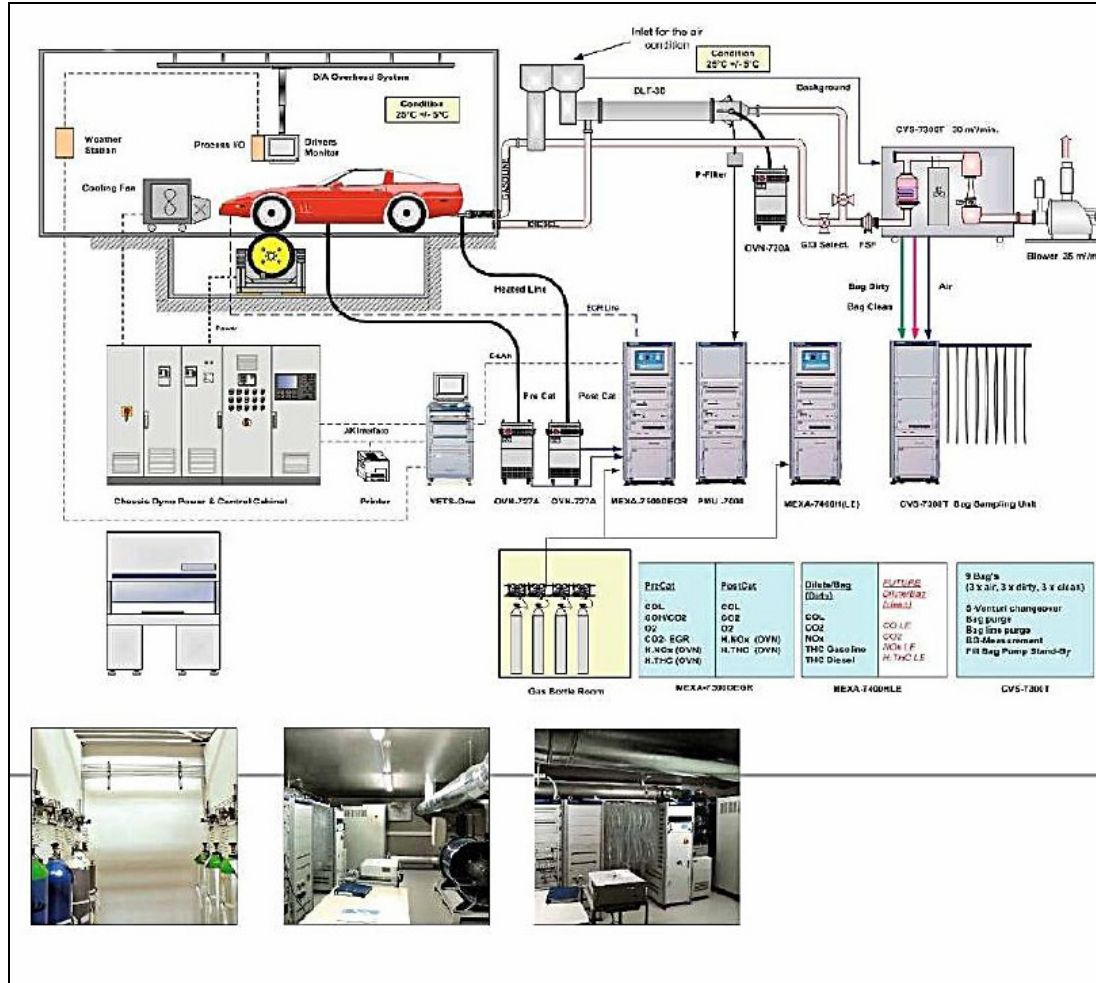
*Şasi Dinamometresinin Mekanik Özellikleri*

- Tambur Çapı: 1219,2 mm
- Tamburun Çevresi: 3830 mm



- Tambur Genişliği: 700 mm
- Aks Başına Maksimum Y¼k: 1500 kg
- Maksimum Hız: 206 km/h
- Maksimum G¼ç: 210 kW
- Maksimum Kuvvet: 7300 N
- Maksimum İvmelenme: 5 m/s<sup>2</sup>

İ.T.Ü-O.T.A.M test d¼zenegi şekil 5.2’de g¼sterilmiřtir.



şekil 5.2 : İTÜ-OTAM test d¼zenegi.

## 5.2 Egzoz Emisyon Testinin Yapılışı

Egzoz emisyon testi yapılmadan ¼nce test edilecek araçlar iklimlendirme odasında her testten ¼nce 6 saat iklimlendirme işlemine tabi tutulur. Bu odadaki sıcaklığın 20 °C ile 30 °C arasında olup, odanın bağıl nemi de %50 ±30 değerlerinde olması gerekmektedir. Araçların testlerden ¼nce iklimlendirme işlemine tabi tutulmalarının

sebebi, motor ve aksesuarların sıcaklıklarının emisyonlara etkisi olmasıdır. Araçlar, iklimlendirme odasında 6 saat bekletildikten sonra, çalıştırılmadan itilerek egzoz emisyon odasına götürülür.

Egzoz emisyon odasına getirilen aracın motordan hareket alan tekerlekleri tambur üzerine gelecek şekilde bağlanır. Taşıtın egzoz borusu da, benzin emisyon hattına sızdırma olmayacak şekilde bağlanır. Araç şasi dinamometresi tarafından 5.1 ifadesine uygun olarak hızına, ivmesine ve kütlesine bağlı olarak hava, lastik ve hızlanma direnci ile yüklenmekte ve sürücü aracı önündeki ekranda bulunan hız, vites ve zaman grafiğini taklip edecek şekilde sürmektedir. Burada önemli olan noktalardan birisi sürücünün test çevrimi boyunca standartlarda belirtilen hız ve vites değiştirme toleranslarının dışına çıkmaması gerektiğidir. Bunların dışına çıktığı takdirde test iptal edilir. Test sırasında HC, CO, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> gazları analiz edilir ve test sonunda rapor elde edilir. Bu çalışmada test edilen araçların test sonuçları bölüm 7'de yer almaktadır.



## 6. TEST ÇEVİRİMLERİ

Test çevrimleri, taşıtların egzoz emisyonlarını ve yakıt tüketimlerini hesaplamak için kullanılan hız-zaman grafikleridir.[1]

Test çevrimlerinin yeni taşıtların tip testinde kullanımlarının dışında geniş kullanım alanları vardır. Otomobil üreticileri bu çevrimler ile tasarımlarını ve özelliklerini geliştirirler. Trafik mühendisleri, trafik kontrol sistem tasarımı, trafik akışı ve aksamalarının simülasyonunun geliştirilmesinde test çevrimlerine ihtiyaç duyarlar. [17]

Test çevrimlerinden beklenen, kısıtlı bir zaman aralığında (5-60 dakika), söz konusu taşıt tipi ve bölge için geçerli olan gerçek sürüş şablonunu en iyi şekilde temsil etmesidir.[1]

Test çevrimleri iki ana kategoride incelenmektedir. Birincisi, hükümetler tarafından uygulanan çevrimlerdir. Bunlar FTP-75” (A.B.D), “NEDC” (AVRUPA) ve “10-15” mode (JAPONYA)’dur. İkincisi ise taşıt kaynaklı emisyon ve yakıt tüketim değerlerinin tespiti için geliştirilen yasal standart olmayan çevrimlerdir. Bunlar “Hong Kong”, “Sidney”, “Atina Sürüş Çevrimi(ADC)” gibi çevrimlerdir. [17] Bu çalışmada bahsedilen “İstanbul Şehir Çevrimi” de bu kategoride yer almaktadır.

### 6.1 Test Çevrimlerinin Sınıflandırılması

Test çevrimlerini test çevriminin oluşturulma yöntemine göre aşağıdaki gibi sınıflandırabiliriz.

*Modal, poligonal çevrimler:*

Teorik olarak çeşitli modlarla oluşturulan çevrimlerdir. Bu çevrimler suni olarak üretildiği için ivmelenme karakterleri gerçek sürüş koşullarında olmayacak kadar düzgündür. Örnek olarak NEDC (Avrupa) ve 10-15 mod (Japonya) çevrimi gösterilebilir.

*Gerçek çevrimler:*

Gerçek sürüş datalarının kullanılması ile oluşturulur. Bu çevrimler modal çevrimlere göre daha dinamiktir. Dolayısıyla bu çevrimlerin kullanılması sonucu modal çevrimlere göre daha yüksek emisyonlar ölçülür. Örnek olarak, FTP(Amerika) ve Hyzem (Avrupa'daki gayri resmi çevrim) gösterilebilir. [2]

## 6.2 Bu Çalışmada Kullanılan Çevrimler

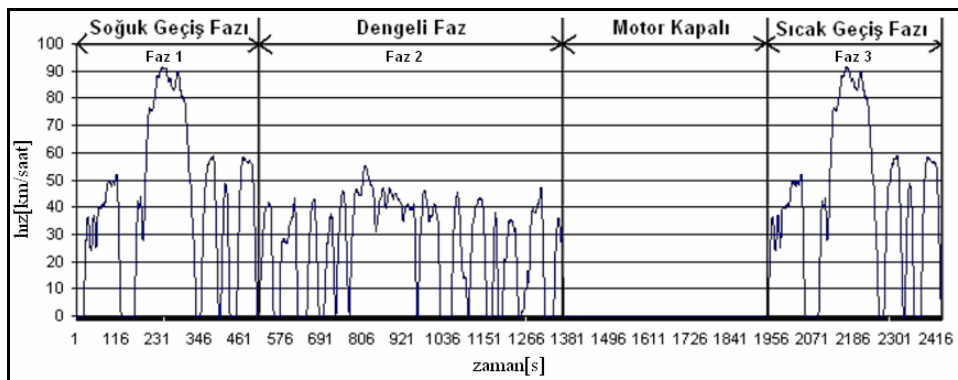
### 6.2.1 ABD test çevrimi (FTP75)

Hava kirliliği ile ilgili araştırmalar, enerji tüketim yoğunluğu ve coğrafi konumu dolayısıyla, ABD'nin Los Angeles şehrinde, 2. Dünya savaşı sonlarında başlamıştır.[2] ABD'de 1975 yılından sonra FTP 75 olarak adlandırılan standart bir şehir içi çevrimi uygulanmaya başlanmış ve günümüzde de halen uygulanmaktadır. Aynı çevrim Avustralya, Brezilya, Meksika, Suudi Arabistan, Güney Kore, Avusturya, İsviçre, İsveç, Danimarka, Finlandiya, Norveç gibi ülkelerde de egzoz gazlarındaki kirleticilerin ölçümü için kullanılmaktadır. [6]

Binek ve hafif ticari kamyonlar için geçerli olan FTP 75'te, motorun çalıştırılması ile egzoz gazlarının torbaya toplanması aynı anda başlar. 20 saniye süresince motor boşta çalışır.

- Çevrim uzunluğu: 17.87 km
- Çevrim süresi 1877saniye + 600 saniye bekleme periyodu
- Ortalama hız 34.1 km/h
- Azami hız: 91.2 km/h [1]

Şekil 6.1'de FTP 75 çevrimi görülmektedir.



Şekil 6.1 : FTP 75 çevrimi

## 6.2.2 Avrupa Birliği test çevrimi

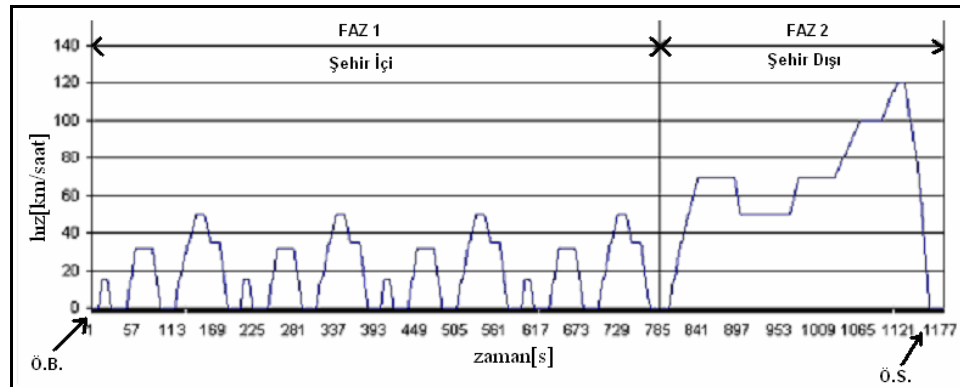
1993 yılından önceki ECE 15 diye adlandırılan Avrupa test çevrimi, bir şehir içi çevrimi olup, çok kısa mesafe içermektedir (4042 km). Bu çevrimde ayrıca erişilen maksimum hız 50 km/s gibi çok düşük bir değerdi. 1993 yılında, bu çevrime şehir dışı çevrimi yani EUDC (Extra Urban Driving Cycle) eklenmiş olup bu yüksek hız bölümleri ile ortalama hız artırılmıştır. Burada test çevrimi uzunluğu da 11,007 km'ye çıkarılmış olup, maksimum hız da 120 km/s'e yükseltilmiştir. Daha sonra ise bu çevrim tekrar modifiye edilmiştir. Eski çevrimde örnek toplamaya başlamadan önce motorun 40 sn çalışmasına müsaade edilirken yeni çevrimde örnekleme hemen başlamaktadır. [4]

Bu test çevrimi, şehir içi (ECE) ve şehir dışı çevriminden (EUDC) oluşmaktadır.

Avrupa Birliği test çevriminin özellikleri:

- Uzunluk: 11,007 km
- Azami hız: 120 km/h
- Toplam süre: 1180s (ECE+EUDC)
- Ortalama hız: 33.6 km/h

Avrupa Birliği test çevrimi şekil 6.2'de gösterilmiştir.



Şekil 6.2 : Avrupa test çevrimi

ÖB: Örnekleme başlangıcı, motorun çalıştırılması.

ÖS: Örnekleme sonu.

## 6.2.3 İstanbul şehir çevrimi

Türkiye'deki taşıtların tip onayı ve ürün uygunluğu emisyon testleri için Avrupa test çevrimi kullanılmaktadır. [1] Ancak Avrupa test çevrimi ile tahmin edilen toplam

egzoz emisyonları Türkiye'deki ulaştırma kaynaklı toplam egzoz emisyonlarını yeterince iyi temsil etmemektedir. Türkiye'ye özel emisyon faktörlerinin çıkarılması amacıyla, "İstanbul Şehir Çevrimi", Tübitak-TARAL projelerinden 105G039 numaralı "Ulaştırma Sektöründe Sera Gazı Azaltımı" adlı proje kapsamında hazırlanmıştır. [2]

Bu çalışmada, İstanbul trafiğini temsil etmek için tek bir çevrim hazırlanma amacıyla, Şehrin trafik karakterini doğru temsil edecek 4 adet rota belirlenmiştir. Bu dört rota;

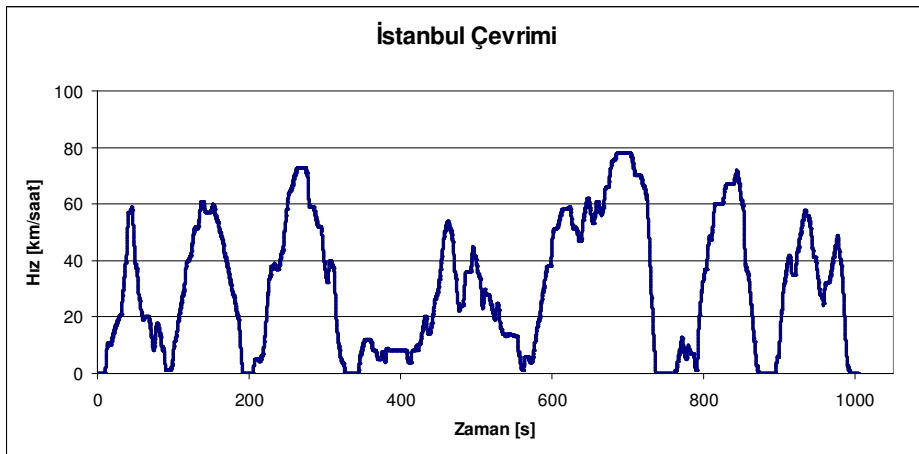
- 1- Maslak – Göztepe (Boğaziçi Köprüsü üzerinden),
- 2- Maslak–Kozyatağı (Fatih Sultan Mehmet Köprüsü üzerinden),
- 3- Maslak – Bakırköy (E5 yolundan),
4. Tarihi Yarımada

Bu rotalar ile belirlenen çevrimin özellikleri aşağıdadır.

İstanbul Şehir çevriminin özellikleri:

- Çevrim uzunluğu: 8.61 km
- Çevrim süresi 1003 saniye
- Ortalama hız 30.9 km/h
- Azami hız: 78.0 km/h

İstanbul Şehir çevrimi Şekil 6.3'te gösterilmiştir.



Şekil 6.3 : İstanbul Şehir çevrimi

#### 6.2.4 ABD ve Avrupa Birliği test çevrimleri ile İstanbul Şehir evriminin karakteristik yönden karşılaştırılması

ABD, Avrupa ve İstanbul çevrimlerinin karakteristik yapıları incelendiğinde, 3 çevrimin birbirlerine en yakın özelliğinin ortalama hızlar olduğu görülmektedir. Ortalama hızlar kıyaslandığında ABD evrimi 34.2 km/s'lik ortalama çevrim hızı ile en yüksek, İstanbul Şehir evrimi ise 30.9 km/s'lik ortalama çevrim hızı ile en düşük ortalamaya sahiptir. Azami hızlarda ise oldukça büyük farklılıklar mevcut olup, İstanbul Şehir evrimi 78 km/s'lik azami hız ile en düşük azami hıza sahip çevrimdir. Test mesafesi ve test süresi kıyaslaması yapıldığında da çevrimler arasında büyük farklılıklar olduğu görülmektedir. Test mesafesi ve toplam test sresinde en uzun evrim ABD test çevrimi, en kısa çevrim ise İstanbul Şehir evrimidir. İstanbul Şehir evrimi, ABD ve Avrupa test çevrimlerine göre daha çok ani ivmelenme ve hız değişimi karakteristiğine sahiptir. Avrupa evrimi ise diğer çevrimlere göre daha durağan bir çevrimdir. ABD test çevriminde, çevrim başında erişilen yüksek sıcaklıklar katalitik konvertörün çalışması için gerekli olan optimum sıcaklığa erişim süresini kısaltmakta ve bu HC ve CO emisyonları üzerinde nispeten iyileştirici etkilere neden olmaktadır. [18]

Bu veriler ışığında, İstanbul Şehir evrimi'nin emisyon ve yakıt tüketimi sonuçlarının ABD ve Avrupa Birliği test çevrimlerinin sonuçlarından yüksek çıkması öngörülmüştür.

#### 6.3 Japonya Test evrimi

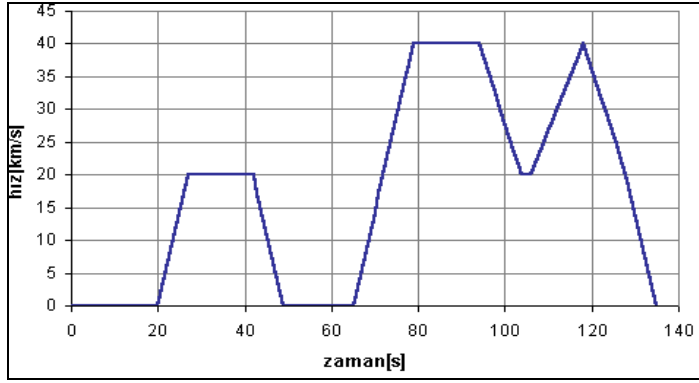
Japonya'da 3 adet test çevrimi uygulanmıŐ olup, bunlar izelge 6.1'de gösterilmiştir.

**Çizelge 6.1 : Japonya test çevrimi eŐitleri [11]**

evrimin zellikleri	Japonya Test evrimi eŐitleri		
	11 mod	10-15 mod	Yeni test evrimi JC 08
evrim Uzunluğu	1.021 km	4.16 km	8.2 km
evrim Sresi	480 saniye	660 saniye	1205 saniye
Ortalama Hız	30.6 km/h	22.7 km/h	24.4 km/h
Azami Hız	60 km/h	70 km/h	80 km/h

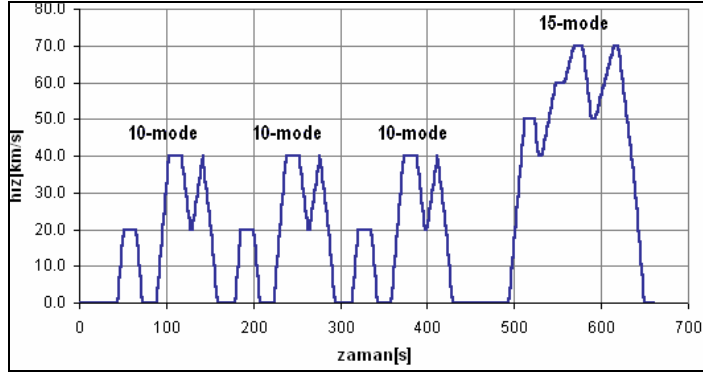


Şekil 6.4'te Japon 11 mod çevrimi gösterilmektedir.



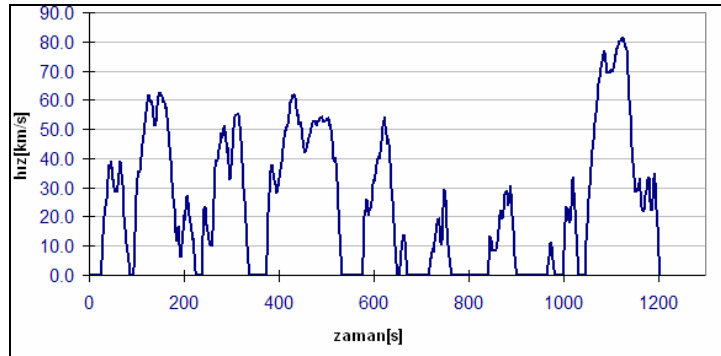
Şekil 6.4 : Japon 11 mod çevrimi [19]

Şekil 6.5'te Japon 10-15 mod çevrimi gösterilmektedir.



Şekil 6.5 : Japon 10-15 mod çevrimi [19]

Şekil 6.6'da ise Japon yeni test çevrimi JC 08 gösterilmektedir.



Şekil 6.6 : Japon yeni test çevrimi [19]

## 7. SONUÇLAR

Örnekleme yöntemi ile adetleri belirlenen 30 adet araca, İTÜ-OTAM emisyon laboratuvarında ABD, Avrupa ve İstanbul çevrimlerinde egzoz emisyon testi yapılmıştır. Araçlar numaralandırılırken emisyon grupları esas alınmıştır. İlk 10 araç EKB olup, 11-19 taşıt numaraları arasındaki 9 adet araç 15.04, 20-22 numaraları arasındaki 3 adet araç EURO 1, 23-27 numaraları arasındaki 5 adet araç EURO 3 ve 28-30 numaralar arasındaki 3 adet araç ise EURO 4 emisyon sınıfındadır. Bu çalışma kapsamında teste tabi tutulan araçların bilgileri Çizelge 7.1’de gösterilmiştir. Test edilen araçlar, emisyon sınıfları esas alınarak rastgele seçilmiştir.

**Çizelge 7.1 : Proje kapsamında test edilen araçların bilgileri**

Taşıt No	Marka	Tip	Motor Hacmi (cm <sup>3</sup> )	Model Yılı	Emisyon Standardı	Net Kütlesi (kg)	Vites tipi	Menzil (km)
1	Tofaş	Doğan	1600cc	1987	EKB	1050	Düz	78.759
2	BMW	3.20	2000cc	1991	EKB	1270	Düz	260.400
3	Tofaş	Murat	1300cc	1979	EKB	935	Düz	58.03
4	Renault	12 SW	1400 cc	1979	EKB	950	Düz	45.230
5	Renault	Broadway	1400 cc	1989	EKB	880	Düz	64.176
6	Tofaş	Şahin	1600cc	1990	EKB	1010	Düz	50.202
7	Tofaş	Şahin 131	1600cc	1992	EKB	945	Düz	88.426
8	Tofaş	Serçe	1300cc	1990	EKB	900	Düz	99.500
9	VW	Betle	1272cc	1984	EKB	900	Düz	99.000
10	BMW	3.16 i	1600cc	1990	EKB	1065	Düz	182.138
11	Hyundai	Elantra	1800cc	1998	15.04	1170	Otomatik	291.900
12	Fiat	Palio	1400cc	2000	15.04	945	Düz	49.500
13	Honda	Civic	1400cc	1997	15.04	970	Düz	36.932
14	Hyundai	Elantra	1800cc	1996	15.04	1140	Düz	191.900
15	Tofaş	Kartal S	1600cc	1996	15.04	1100	Düz	140.590
16	Nissan	Infiniti	3000cc	1996	15.04	1437	Düz	89.900
17	Nissan	Micra	1300cc	1997	15.04	825	Düz	126.276
18	Toyota	Corolla	1600cc	1998	15.04	1060	Düz	176.445
19	Toyota	Corolla	1600cc	1996	15.04	1000	Düz	252.492
20	Lada	Vega	1500cc	2000	EURO 1	1020	Düz	115.28
21	Mazda	3.23	1840cc	1998	EURO 1	1090	Düz	100.000
22	Mitsubishi	Carisma	1600cc	1999	EURO 1	1175	Düz	92.500
23	Citroen	Xsara	1600cc	2000	EURO 3	1078	Düz	93.895
24	Honda	Civic A	1600cc	2002	EURO 3	1119	Otomatik	112.88
25	Mazda	3.23	1600cc	2003	EURO 3	1095	Düz	40.195
26	Opel	CorsaGSI	1600cc	1997	EURO 3	960	Düz	138.497
27	VW	Polo	1600cc	1998	EURO 3	920	Düz	128.142
28	Renault	Clio	1400cc	2007	EURO 4	1130	Düz	17.277
29	Ford	Focus	1600cc	2008	EURO 4	1150	Düz	8.200
30	VW	Bora	1600cc	2004	EURO 4	1215	Düz	56.625

## 7.1 ABD Test Çevrimi (FTP75) Sonuçları:

### 7.1.1 FTP 75 çevrimindeki HC ve CO emisyon değerlerinin incelenmesi

ABD test çevriminden elde edilen HC ve CO emisyon değerleri Çizelge 7.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.2 : FTP 75 çevrimi HC ve CO emisyonları

	HC (g/km)				CO (g/km)			
	Faz 1	Faz 2	Faz 3	Ağırlıklı Ortalama	Faz 1	Faz 2	Faz 3	Ağırlıklı Ortalama
1	3.06	2.79	2.29	2.71	60.68	61.86	55.51	59.88
2	3.07	2.91	2.28	2.77	7.34	1.12	2.89	2.89
3	3.40	3.14	2.47	3.01	21.05	6.65	7.43	9.84
4	5.27	6.03	4.19	5.37	52.54	18.38	48.79	33.8
5	2.67	2.27	1.88	2.25	6.72	2.09	4.6	3.74
6	1.65	1.70	1.49	1.63	3.62	1.67	3.83	2.67
7	2.32	2.27	1.9	2.18	17.53	7.73	8.37	9.93
8	2.62	3.69	2.64	3.18	11.84	2.28	6.03	5.28
9	5.27	5.46	4.51	5.16	39.78	23.29	41.89	31.81
10	1.74	1.73	1.45	1.65	9.44	4.6	2.93	5.14
11	1.69	1.31	1.06	1.32	8.68	2.53	6.69	4.93
12	2.21	1.66	1.15	1.64	9.88	1.22	4.29	3.86
13	0.79	0.5	0.41	0.53	5.35	2.9	2.46	3.29
14	1.87	1.84	1.46	1.74	9.59	2.62	6.12	5.03
15	4.19	5.08	3.9	4.57	62.48	45.25	63.11	53.7
16	0.59	0.16	0.17	0.25	3.89	0.52	2.09	1.65
17	0.7	0.15	0.14	0.26	7.42	0.47	1.82	2.28
18	1.19	0.5	0.46	0.63	5.63	0.44	1.99	1.94
19	1.59	1.91	1.16	1.64	11.71	6.83	4.25	7.13
20	1.27	1.37	1.0	1.25	6.20	1.70	4.41	3.38
21	1.04	0.22	0.2	0.38	6.85	0.84	2.3	2.48
22	0.57	0.06	0.08	0.17	5.73	0	0.1	1.21
23	0.42	0.09	0.08	0.16	3.89	0.39	1.77	1.49
24	0.21	0.07	0.04	0.09	1.31	0.3	0.86	0.66
25	0.20	0.02	0.01	0.06	2.33	0.08	0.78	0.73
26	2.33	2.14	1.52	2.01	14.79	2.14	5.88	5.77
27	1.16	0.12	0.31	0.39	15.74	0.43	3.63	4.50
28	0.15	0.02	0.01	0.04	0.83	0.01	0.09	0.20
29	0.21	0.03	0.06	0.08	2.24	0.21	0.99	0.85
30	0.12	0.01	0.02	0.04	0.94	0.03	0.12	0.24

### **7.1.1.1 Ağırlıklı ortalamaların incelenmesi**

HC emisyonları incelendiğinde, EKB araçlarda 4 ve 9 no'lu araçların, 15.04 araçlarda 15 no'lu aracın, EURO 1'lerde 20 no'lu aracın, EURO 3'lerde ise 26 no'lu aracın HC emisyonu değerlerinin diğer araçlara göre yüksek olduğu görülmektedir.

CO sonuçları incelendiğinde ise EKB araçlarda 1, 4 ve 9 no'lu araçların, 15.04 araçlarda 15 no'lu aracın, EURO 1'lerde 20 no'lu aracın, EURO 3'lerde 26 ve 27 no'lu araçların CO emisyon sonuçları yüksek çıkmıştır.

Bu araçlarda HC ve CO emisyonlarının yüksek çıkmasının sebebi olarak, araçların eski olmalarından dolayı yakıt sistemlerinin ayarsızlığını (fazla zengin karışım), ateşleme açısı ayarsızlığı ya da buji eskimesini gösterebiliriz.

HC ve CO emisyonlarına bakıldığında özellikle EKB araçlarda aşırı yüksek değerler görülmektedir. EKB araçlarda karbüratör sistemi hava yakıt karışımını hassas bir şekilde ayarlayamamaktadır. Bu, özellikle CO emisyonunu çok etkilemektedir. Otomobillerde özellikle boşa çalışma esnasında ateşleme koşullarının iyi olabilmesi için, karışım içindeki yakıt miktarının arttırıldığını bölüm 2'de anlatılmıştır. Bu da HC ve CO emisyonlarını çok yükseltmektedir. Bu nedenle HFK'nın hassas olarak ayarlanması HC ve CO emisyonları açısından çok önemlidir.

### **7.1.1.2 Faz değerlerinin incelenmesi**

FTP 75 çevriminde Faz 1 ve Faz 3 çevrimleri birbirinin aynısıdır. Emisyon sonuçları incelendiğinde genelde Faz 1 sonuçlarının faz 3 sonuçlarından daha yüksek çıktığı görülmüştür. Bunun nedeni Faz 1 çevrimi başında erişilemeyen motor rejim sıcaklığına Faz 3 çevriminde erişilmiş olmasıdır. Rejim sıcaklığına erişmemiş motorda HC ve CO emisyonlarının fazla çıkması beklenmektedir. Fakat HC emisyonları incelendiğinde 8 numaralı araçta, CO emisyonları incelendiğinde ise 6, 9 ve 15 numaralı araçlarda Faz 3 değerlerinin Faz 1 değerlerinden az da olsa yüksek çıktığı görülmektedir. Bu istisnai sonuçların nedeni olarak sürücünün deneyler sırasındaki davranış farklılıkları gösterilebilir.

HC emisyonu sonuçlarında Faz 1 ve Faz 2 sonuçları incelendiğinde 23 aracın Faz 1 sonucu Faz 2 sonucundan yüksek çıkmıştır. CO sonuçlarında ise yalnız 1 numaralı aracın Faz 2 sonuçları Faz 1 sonuçlarından yüksek çıkmıştır. Bunun temel nedeni

araçların Faz 1’de ilk çalıştırma esnasında motor soğuk olması sebebiyle emisyon değerlerinin anlık olarak çok yüksek değerlere çıkmasıdır.

### 7.1.2 FTP 75 çevrimindeki NO<sub>x</sub> ve NMHC emisyon değerlerinin incelenmesi

Çizelge 7.3’te FTP 75 çevrimi NO<sub>x</sub> ve NMHC emisyonlarının değerleri verilmiştir. “-” ile gösterilen yerlerde emisyon sistemi ölçüm sonucu vermemiştir.

**Çizelge 7.3 : FTP 75 çevrimi NO<sub>x</sub> ve NMHC emisyonları**

	NO <sub>x</sub> (g/km)				NMHC(g/km)			
	Faz 1	Faz 2	Faz 3	Ağırlıklı Ortalama	Faz 1	Faz 2	Faz 3	Ağırlıklı Ortalama
1	0.43	0.24	0.32	0.30	2.89	2.55	2.15	2.51
2	1.82	1.16	2.07	1.55	3.01	2.82	2.26	2.70
3	1.99	1.13	2.04	1.56	3.26	3.03	2.4	2.90
4	0.84	0.26	0.64	0.48	5.00	5.61	3.98	5.04
5	2.23	1.66	2.28	1.95	2.62	2.21	1.83	2.19
6	0.76	0.29	0.83	0.53	1.60	1.58	1.44	1.54
7	1.63	0.66	1.5	1.09	2.22	2.15	1.82	2.08
8	2.04	0.97	1.91	1.45	2.56	3.62	2.6	3.12
9	1.82	0.56	1.31	1.03	5.11	5.20	4.33	4.94
10	2.03	1.33	1.65	1.56	-	-	-	-
11	3.61	2.07	2.85	2.60	1.63	1.26	1.03	1.27
12	1.45	0.96	1.45	1.19	2.14	1.57	1.12	1.57
13	0.88	0.46	0.76	0.63	0.75	0.43	0.37	0.48
14	2.53	1.54	2.39	1.98	1.81	1.75	1.42	1.67
15	0.62	0.22	0.37	0.34	3.96	4.64	3.66	4.23
16	0.61	0.18	0.26	0.29	0.55	0.12	0.15	0.22
17	0.51	0.13	0.38	0.28	0.65	0.11	0.12	0.22
18	0.85	0.50	0.87	0.67	1.14	0.43	0.42	0.58
19	1.96	1.28	1.83	1.57	-	-	-	-
20	1.46	1.10	1.59	1.31	1.24	1.32	0.98	1.21
21	0.66	0.25	0.29	0.34	0.98	0.16	0.17	0.33
22	0.25	0.04	0.17	0.12	0.54	0.03	0.06	0.15
23	0.14	0.07	0.06	0.08	0.39	0.05	0.06	0.12
24	0.25	0.05	0.06	0.10	0.2	0.04	0.03	0.07
25	0.1	0.03	0.03	0.05	0.19	0.002	0.003	0.04
26	1.22	0.83	1.27	1.03	2.25	2.03	1.48	1.93
27	0.45	0.12	0.38	0.26	1.05	0.07	0.28	0.33
28	0.05	0.02	0.03	0.03	0.14	0	0.01	0.03
29	0.06	0	0.02	0.02	0.19	0.01	0.05	0.06
30	0.11	0.02	0.04	0.05	-	-	-	-

### **7.1.2.1 Ağırlıklı ortalamaların incelenmesi**

NO<sub>x</sub> sonuçları incelendiğinde EKB'lerde 5 no'lu aracın, 15.04'lerde 11,14 ve 19 no'lu araçların, EURO 1'lerde 20 nolu aracın, EURO 3'lerde ise 26 no'lu aracın NO<sub>x</sub> emisyonu yüksek çıkmıştır. NO<sub>x</sub> emisyonlarının yüksek çıkmasını motordaki yüksek sıcaklıklara bağlayabiliriz. Bunun nedeni, motorda sıcaklığın yükselmesi sonucu havadaki azotun oksijen ile reaksiyona girmesinin kolaylaşmasıdır.

NMHC sonuçları incelendiğinde ise, EKB araçlarda 4 ve 9 no'lu araçların, 15.04 araçlarda 15 no'lu aracın, EURO 1 araçlarda 20 no'lu aracın, EURO 3 araçlarda ise 26 no'lu aracın NMHC emisyon değerleri kendi emisyon sınıfındaki araçlara göre yüksek çıkmıştır. Bu araçlar, kendi emisyon sınıfındaki diğer araçlara göre daha eski araçlar olup, kilometreleri fazladır. Araçların yıpranması nedeniyle NMHC değerlerinin daha yüksek çıktığı söylenebilir.

### **7.1.2.2 Faz değerlerinin incelenmesi**

Rejim sıcaklığına erişmemiş motorda NO<sub>x</sub> ve NMHC emisyonlarının çok çıkması beklenmektedir. NO<sub>x</sub> sonuçlarını incelersek, genelde Faz 1 sonuçlarının Faz 3 sonuçlarından yüksek olduğu görülmektedir. 7 adet araçta sonuçlar farklılık göstermekte olup, bu sonuçlar birbirlerine çok yakındır. Faz 1 ve Faz 3 gibi aynı çevrimlerde çıkan bu farklı sonuçların sebebi olarak araçların kullanım şekli gösterilebilir.

NMHC sonuçları incelendiğinde, deney yapılan bütün araçlarda beklenildiği gibi Faz 1 sonuçları Faz 3 sonuçlarından yüksek çıkmıştır.

### **7.1.3 FTP 75 çevrimindeki NMHC+ NO<sub>x</sub>, HC+NO<sub>x</sub> ve CH<sub>4</sub> emisyon değerlerinin incelenmesi**

ABD test çevriminden elde edilen NMHC+ NO<sub>x</sub>, HC+NO<sub>x</sub> ve CH<sub>4</sub> emisyon değerleri Çizelge 7.4'te gösterilmiştir. Çizelge 7.4'te taşıtın emisyon standartlarını karşılayıp karşılamadığını anlamak için NMHC+ NO<sub>x</sub> ve HC+NO<sub>x</sub> emisyonları gruplar halinde gösterilmiştir. Ayrıca Çizelge 7.4'te sera gazı olarak bilinen CH<sub>4</sub> (metan) gazının ölçüm sonuçları da verilmiştir. HC emisyonunun oluşmasındaki sebeplerin hepsi CH<sub>4</sub> emisyonu için de geçerlidir.

**Çizelge 7.4 : FTP 75 çevrimi NMHC+NO<sub>x</sub> ve HC+ NO<sub>x</sub> emisyonları**

	NMHC+NO <sub>x</sub>	HC+NO <sub>x</sub>	CH4		
	(g/km)	(g/km)	(g/km)		
	Ağırlıklı Ortalama	Ağırlıklı Ortalama	Faz 1	Faz 2	Faz 3
1	2.82	3.02	0.20	0.23	0.16
2	4.25	4.32	0.07	0.06	0.03
3	4.46	4.56	0.15	0.11	0.07
4	5.52	5.85	0.31	0.44	0.24
5	4.14	4.20	0.06	0.06	0.04
6	2.08	2.16	0.06	0.09	0.05
7	3.17	3.27	0.11	0.12	0.07
8	4.56	4.63	0.08	0.07	0.04
9	5.97	6.18	0.19	0.28	0.20
10	1.56	3.22	0.04	0.02	0.02
11	3.87	3.92	0.05	0.06	0.04
12	2.76	2.83	0.08	0.07	0.04
13	1.11	1.16	0.05	0.07	0.04
14	3.65	3.72	0.07	0.09	0.05
15	4.57	4.91	0.26	0.46	0.28
16	0.51	0.54	0.04	0.05	0.03
17	0.50	0.54	0.06	0.05	0.02
18	1.25	1.30	0.06	0.07	0.04
19	1.57	3.21	0.03	0.04	0.02
20	2.52	2.56	0.04	0.06	0.03
21	0.67	0.72	0.07	0.06	0.04
22	0.26	0.29	0.04	0.03	0.01
23	0.21	0.24	0.04	0.04	0.02
24	0.16	0.18	0.01	0.03	0.01
25	0.09	0.10	0.02	0.02	0.003
26	2.96	3.04	0.09	0.09	0.04
27	0.59	0.65	0.13	0.05	0.04
28	0.06	0.07	0.01	0.02	0.003
29	0.08	0.1	0.02	0.03	0.01
30	0.05	0.08	-	-	-

Burada da “-” ile gösterilen yerlerde emisyon sistemi ölçüm sonucu vermemiştir.

#### **7.1.4 FTP 75 çevrimindeki CO<sub>2</sub> emisyonu ve yakıt tüketim değerlerinin incelenmesi**

ABD test çevriminden elde edilen CO<sub>2</sub> emisyonu ve yakıt tüketim değerleri Çizelge 7.5’te gösterilmiştir. CO<sub>2</sub> emisyonu doğrudan sera gazlarından olmasından dolayı büyük önem taşımaktadır.

**Çizelge 7.5 : FTP 75 çevrimi CO<sub>2</sub> emisyonu ve yakıt tüketimi**

	CO <sub>2</sub> (g/km)				Yakıt Tüketimi (l/100km)			
	Faz 1	Faz 2	Faz 3	Ağırlıklı Ortalama	Faz 1	Faz 2	Faz 3	Ağırlıklı Ortalama
1	150.8	125.7	133.1	132.9	10.95	9.91	9.74	10.08
2	209.6	135	184.5	164.0	9.87	6.25	8.4	7.59
3	207.8	185.1	194.8	192.4	10.77	8.79	9.17	9.30
4	169.4	98.3	150	127.2	11.49	6.26	10.26	8.44
5	160.3	103.8	145.4	126.9	7.56	4.82	6.69	5.90
6	193.3	156	163.5	165.8	8.74	7.02	7.45	7.49
7	195.7	131.3	174.6	156.5	9.86	6.44	8.29	7.66
8	171.9	98.8	152.7	128.7	8.5	4.88	7.3	6.29
9	146.2	83.1	122.9	107.1	9.64	5.86	8.68	7.42
10	192.5	203.5	173.6	193.0	9.11	9.25	7.82	8.83
11	217.6	126	182.3	160.3	10.12	5.74	8.39	7.37
12	168.9	69.7	152.5	113.0	8.19	3.29	6.97	5.31
13	147.7	121.7	137.2	131.3	6.79	5.47	6.09	5.91
14	170.8	137.6	154.6	149.2	8.21	6.31	7.23	6.96
15	155.8	98.1	132	119.3	11.43	7.92	10.42	9.33
16	281.1	133	222.5	188.3	12.37	5.75	9.69	8.20
17	142.8	82	131.2	108.0	6.7	3.56	5.76	4.81
18	190.1	78.2	170.6	126.8	8.67	3.44	7.5	5.64
19	156	164.5	141.3	156.4	7.68	7.75	6.49	7.39
20	158.7	117.6	136.5	131.4	7.38	5.33	6.27	6.02
21	166.1	121.2	152.4	139.0	7.6	5.2	6.61	6.08
22	180.8	105.9	152.5	134.1	8.2	4.54	6.54	5.84
23	166.2	122.8	148.8	138.9	7.32	5.22	6.4	5.98
24	187.7	124.7	159.6	147.3	8.15	5.37	6.89	6.36
25	169.1	97.7	147.1	126.0	7.42	4.19	6.35	5.45
26	144.4	108.7	130.9	122.1	7.49	5.09	6.2	5.89
27	181.9	100.1	155	132.2	8.87	4.27	6.82	5.93
28	142.4	109.8	131.5	122.5	6.08	4.63	5.56	5.18
29	172.5	122	154.2	141.3	7.45	5.16	6.58	6.03
30	173.9	178.6	153.8	170.9	7.52	7.65	6.59	7.33

#### 7.1.4.1 Ağırlıklı ortalamaların incelenmesi

EKB araçlarda 3 ve 10 no'lu araçların, 15.04 araçlarda 16 numaralı aracın, EURO 1'lerde 19 numaralı aracın CO<sub>2</sub> emisyonları yüksek çıkmıştır.

Yakıt tüketimi sonuçları incelendiğinde ise EKB araçlarda 1 ve 3 no'lu araçların, 15.04 araçlarda 15 ve 16 no'lu araçların ve EURO 4'lerde ise 30 no'lu aracın aynı emisyon sınıfındaki diğer araçlara göre yakıt tüketim değerlerinin yüksek çıktığı görülmektedir. Bu araçların diğer araçlara göre eski ve bakımsız olmaları bu sonucu doğuran etkenler arasında yer almaktadır. 16 no'lu aracın yakıt tüketimi değerlerinin yüksek çıkması ise motor hacminin 3000 cm<sup>3</sup> olmasına bağlıdır.



#### 7.1.4.2 Faz sonuçlarının incelenmesi

İlk harekete geçmede silindir cidarları soğuk olduğundan, karışımdaki yakıtın silindir cidarlarında büyük bir oranda yoğuşmasına sebep olur. Silindir içerisinde heterojen ve tutuşma sınırlarının dışında fakir bir karışım ortaya çıkmaktadır. Bu şartlar altında silindir içerisindeki karışım yakılabilmesi ve ilk harekete geçirilmesi güçtür. Belirtilen olumsuzluk ortam sıcaklığının düşmesiyle daha da artar. Motorun ilk harekete geçirilebilmesi için silindirde tutuşabilir düzeyde karışımın sağlanmasıyla olmaktadır. Bu amaçla motor ilk harekete geçirilirken karışımın zenginleştirilmesi zorunludur. Dolayısıyla rejim sıcaklığına erişmemiş motorda CO<sub>2</sub> emisyonu fazla çıkmaktadır. Test edilen 30 araçta da Faz 1 değeri Faz 3 değerinden yüksek çıkmıştır.

### 7.2 Avrupa Birliği Test Çevrimi Sonuçları:

#### 7.2.1 Avrupa Birliği çevrimindeki HC ve CO emisyon değerlerinin incelenmesi

**Çizelge 7.6 : Avrupa Birliği çevrimi HC ve CO emisyonları**

	HC (g/km)			CO (g/km)		
	Faz 1	Faz 2	Ağırlıklı Ortalama	Faz 1	Faz 2	Ağırlıklı Ortalama
1	3.12	1.59	2.15	64.57	48.16	54.21
2	4.21	1.51	2.49	5.62	1.28	2.87
3	3.14	1.17	1.89	21.06	4.72	10.72
4	6.12	1.90	3.45	74.39	35.09	49.53
5	3.10	1.00	1.78	5.58	2.11	3.39
6	2.29	0.81	1.36	7.70	1.78	3.96
7	3.05	0.94	1.72	16.97	4.67	9.20
8	4.65	1.20	2.47	8.44	3.86	5.55
9	5.83	1.45	3.07	45.08	24.52	32.12
10	2.52	0.92	1.50	15.26	0.93	6.19
11	1.79	0.87	1.21	9.44	6.55	7.61
12	2.07	0.89	1.33	8.4	3.07	5.04
13	0.69	0.23	0.40	4.84	1.28	2.58
14	2.31	1.02	1.50	9.07	4.24	6.02
15	5.85	2.17	3.53	66.92	50.86	56.76
16	0.8	0.07	0.34	4.57	0.78	2.16
17	0.6	0.06	0.26	5.78	0.53	2.46
18	1.28	0.17	0.58	6.58	1.23	3.20
19	1.75	0.64	1.05	8.74	4.9	6.32
20	1.88	0.82	1.21	7.41	3.84	5.16
21	1.14	0.13	0.50	5.98	2.32	3.66
22	0.62	0.03	0.25	3.41	0.15	1.35
23	0.52	0.03	0.21	3.96	0.68	1.88
24	0.29	0.02	0.12	3.24	0.30	1.38
25	0.15	0.01	0.06	1.77	0.58	1.02
26	2.68	0.95	1.59	11.88	4.34	7.12
27	1.32	0.23	0.63	12.82	4.12	7.31
28	0.09	0.001	0.03	0.44	0.02	0.18
29	0.16	0.01	0.07	1.94	0.20	0.85
30	0.13	0.01	0.05	1.04	0.23	0.53

Avrupa Birliği test çevriminden elde edilen HC ve CO emisyon değerleri Çizelge 7.6'da gösterilmiştir.

EKB'lerde 4 ve 9 no'lu araçların 15.04'lerde 15 no'lu aracın EURO 1'lerde 20 no'lu aracın, EURO 3'lerde ise 26 no'lu aracın HC emisyonu yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni, bu araçlarda yakıtın tam yakılamamasıdır.

CO değerlerine bakıldığında ise 1, 4 ve 9 no'lu araçların 15.04'lerde 15 no'lu aracın, EURO 1'lerde 20 no'lu aracın, EURO 3'lerde ise 26 ve 27 no'lu araçların emisyon değerleri yüksek çıkmıştır. Araçların bakımsız olması bu sonuçların doğmasına neden olmuştur.

### 7.2.2 Avrupa Birliği çevrimindeki NO<sub>x</sub> ve NMHC emisyon değerlerinin incelenmesi

**Çizelge 7.7 : Avrupa Birliği çevrimi NO<sub>x</sub> ve NMHC emisyonları**

	NO <sub>x</sub> (g/km)			NMHC(g/km)		
	Faz 1	Faz 2	Ağırlıklı Ortalama	Faz 1	Faz 2	Ağırlıklı Ortalama
1	0.34	0.35	0.35	2.9	1.49	2.01
2	1.10	2.29	1.85	4.13	1.49	2.46
3	0.82	1.99	1.56	3.00	1.13	1.82
4	0.28	0.8	0.61	5.75	1.79	3.24
5	1.60	2.63	2.25	3.06	0.98	1.74
6	0.22	1.11	0.78	2.17	0.79	1.29
7	0.68	1.78	1.37	2.92	0.9	1.64
8	1.03	2.1	1.71	4.58	1.17	2.43
9	0.55	1.55	1.18	5.61	1.39	2.95
10	1.23	1.87	1.63	-	-	-
11	2.27	2.73	2.56	1.74	0.84	1.17
12	0.83	1.82	1.45	2.01	0.86	1.29
13	0.36	0.96	0.74	0.64	0.2	0.36
14	1.39	2.58	2.14	2.24	0.99	1.45
15	0.41	0.41	0.41	5.41	2.03	3.28
16	0.56	0.17	0.31	0.76	0.06	0.31
17	0.42	0.49	0.47	0.56	0.05	0.24
18	0.61	0.74	0.69	1.22	0.15	0.54
19	1.21	1.94	1.67	-	-	-
20	1.00	1.76	1.47	1.83	0.79	1.18
21	0.68	0.41	0.51	1.08	0.11	0.46
22	0.37	0.05	0.17	0.58	0.03	0.23
23	0.23	0.03	0.01	0.48	0.02	0.19
24	0.25	0.05	0.12	0.27	0.02	0.11
25	0.08	0.05	0.06	0.14	0.004	0.05
26	0.81	1.48	1.23	2.60	0.92	1.54
27	0.6	0.41	0.48	1.24	0.18	0.57
28	0.03	0.004	0.01	0.08	0	0.03
29	0.05	0.03	0.04	0.14	0.01	0.06
30	0.17	0.04	0.09	-	-	-

Avrupa Birliği test çevriminden elde edilen NO<sub>x</sub> ve NMHC emisyon değerleri Çizelge 7.7’de gösterilmiştir.

NO<sub>x</sub> sonuçlarında, EKB’lerde 5 no’lu araçta, 15.04’lerde 11 ve 14 no’lu araçlarda, EURO 1’lerde 20 no’lu araçta, EURO 3’lerde 26 no’lu araçta yüksek değerler elde edilmiştir. Bu sonuçlara motor içindeki yüksek sıcaklıklar neden olmuştur.

NMHC sonuçlarında ise, EKB’lerde 4 ve 9 no’lu aracın, 15.04’lerde 15 no’lu aracın, EURO 1’lerde 20 no’lu aracın, EURO 3’lerde 26 no’lu aracın sonuçları kendi emisyon sınıflarındaki araçlara göre yüksek çıkmıştır.

### 7.2.3 Avrupa Birliği çevrimindeki NMHC+ NO<sub>x</sub>, HC+NO<sub>x</sub> ve CH<sub>4</sub> emisyon değerlerinin incelenmesi

**Çizelge 7.8 :** Avrupa Birliği çevrimi NMHC+NO<sub>x</sub> ve HC+ NO<sub>x</sub> emisyonları

	NMHC+NO <sub>x</sub>	HC+NO <sub>x</sub>	CH <sub>4</sub>	
	(g/km)	(g/km)	(g/km)	
	Ağırlıklı Ortalama	Ağırlıklı Ortalama	Faz 1	Faz 2
1	2.36	2.50	0.24	0.12
2	4.31	4.34	0.05	0.02
3	3.37	3.45	0.13	0.05
4	3.85	4.06	0.42	0.13
5	3.99	4.02	0.05	0.02
6	2.08	2.14	0.11	0.03
7	3.01	3.09	0.12	0.05
8	4.14	4.18	0.06	0.03
9	4.13	4.25	0.25	0.08
10	1.63	3.14	0.07	0.03
11	3.73	3.77	0.06	0.04
12	2.74	2.78	0.07	0.03
13	1.11	1.14	0.06	0.03
14	3.59	3.64	0.09	0.04
15	3.69	3.94	0.48	0.16
16	0.62	0.65	0.05	0.02
17	0.70	0.73	0.05	0.01
18	1.23	1.27	0.07	0.03
19	1.67	2.72	0.04	0.02
20	2.65	2.68	0.05	0.03
21	0.97	1.01	0.07	0.03
22	0.40	0.42	0.04	0.01
23	0.29	0.31	0.05	0.01
24	0.23	0.24	0.03	0.004
25	0.11	0.12	0.01	0.002
26	2.77	2.82	0.09	0.03
27	1.05	1.11	0.09	0.05
28	0.04	0.05	0.01	0.001
29	0.09	0.10	0.02	0.01
30	0.09	0.14	-	-

Avrupa Birliği test çevriminden elde edilen NMHC+NO<sub>x</sub> ve HC+NO<sub>x</sub> emisyonlarının değerleri Çizelge 7.8’de gösterilmektedir.

#### 7.2.4 Avrupa Birliği çevrimindeki CO<sub>2</sub> emisyonu ve yakıt tüketimi değerlerinin incelenmesi

Avrupa Birliği test çevriminden elde edilen CO<sub>2</sub> emisyonu ve yakıt tüketimi değerleri Çizelge 7.9’da gösterilmiştir.

**Çizelge 7.9 :** Avrupa Birliği çevrimi CO<sub>2</sub> emisyonu ve yakıt tüketimi

	CO <sub>2</sub> (g/km)			Yakıt Tüketimi (l/100km)		
	Faz 1	Faz 2	Ağırlıklı Ortalama	Faz 1	Faz 2	Ağırlıklı Ortalama
1	203.9	113.8	147.0	13.29	8.21	10.08
2	281.1	155.3	201.3	12.79	6.84	9.01
3	245.7	164	194.0	12.18	7.39	9.14
4	181.6	128.4	147.9	13.41	7.99	9.98
5	212.4	129.7	160.1	9.74	5.74	7.21
6	245.8	146.8	183.2	11.18	6.42	8.17
7	263.2	157.5	196.4	12.63	7.08	9.12
8	214.4	142.7	169.2	10.23	6.44	7.84
9	150.2	116.9	129.2	10.1	6.75	7.99
10	236.8	119.2	162.3	11.33	5.21	7.46
11	250.1	153.4	188.8	11.41	7.02	8.63
12	214.8	133.1	163.4	9.89	5.93	7.40
13	183.5	126.5	147.4	8.15	5.45	6.44
14	194.2	130.9	154.2	9.1	5.94	7.10
15	196.3	122.2	149.5	13.5	8.82	10.54
16	291.8	184.4	223.6	12.72	7.84	9.62
17	175.7	120.4	140.7	7.87	5.12	6.13
18	218.6	145.5	172.5	9.83	6.24	7.56
19	195.3	131	154.8	9.05	5.93	7.09
20	199.2	122.2	150.8	9.14	5.52	6.86
21	218.3	145.8	172.3	9.75	6.32	7.58
22	241.5	152.7	185.4	10.5	6.45	7.94
23	207.5	130.9	159.1	9.08	5.57	6.86
24	197.7	140.6	161.5	8.59	5.95	6.92
25	176.8	113.1	136.7	7.59	4.81	5.84
26	184.6	117.8	142.5	8.93	5.38	6.70
27	225.7	148.8	177.0	10.55	6.58	8.03
28	186.9	113.6	140.7	7.93	4.79	5.95
29	207.4	126.6	156.5	8.9	5.36	6.67
30	202.1	141.1	163.7	8.61	5.97	6.95

CO<sub>2</sub> değerlerine bakıldığında, EKB araçlarda 2, 6 ve 7 no’lu araçların, 15.04’lerde 16 no’lu aracın, EURO 1’lerde 22 no’lu aracın, EURO 3’lerde 27 no’lu aracın emsiyon değerleri yüksek çıkmıştır.

Test edilen 30 aracın yakıt tüketimi değerleri incelendiğinde ise EKB araçlarda 1 ve 4 no'lu araçların, 15.04'lerde 15 ve 16 no'lu araçların, EURO 3'lerde ise 27 no'lu aracın yakıt tüketimi değerlerinin yüksek çıktığı görülmektedir.

### 7.3 İstanbul Şehir Çevrimi Sonuçları

Tablodan görüldüğü üzere 5, 10, 18, 19 ve 27 no'lu araçlar, ABD ve Avrupa çevrimlerinde test edilmelerine rağmen İstanbul şehir çevriminde teste tabi tutulamamışlardır. Bunun nedeni bu çalışmanın deney aşamasının uzun bir süreci kapsaması ve bu nedenle bazı araçların tekrar bulunup test edilmesinin mümkün olamamasıdır.

#### 7.3.1 İstanbul şehir çevrimindeki HC ve CO emisyonlarının incelenmesi

**Çizelge 7.10 : İstanbul çevrimi HC ve CO emisyonları**

	HC (g/km)				CO (g/km)			
	Faz 1	Faz 2	Faz 3	Ağırlıklı Ortalama	Faz 1	Faz 2	Faz 3	Ağırlıklı Ortalama
<b>1</b>	4.20	2.38	3.26	3.20	59.24	56.05	62.71	58.71
<b>2</b>	4.80	3.15	2.82	3.63	31.14	6.63	6.68	14.86
<b>3</b>	4.85	2.61	2.49	3.33	34.71	17.36	18.07	23.34
<b>4</b>	5.04	2.94	3.51	3.78	20.56	21.31	22.44	21.33
<b>5</b>								
<b>6</b>	8.50	6.17	5.37	6.76	95.2	97.72	96.19	96.51
<b>7</b>	4.12	1.81	2.28	2.69	35.29	15.29	19.32	22.91
<b>8</b>	3.65	2.73	3.35	3.19	24.33	10.61	12.27	15.62
<b>9</b>	8.06	5.62	6.00	6.53	42.00	33.21	42.93	38.46
<b>10</b>								
<b>11</b>	1.61	1.06	1.18	1.27	9.04	6.07	6.53	7.17
<b>12</b>	3.17	1.6	1.62	2.13	15.51	5.45	6.64	9.11
<b>13</b>	1.16	0.49	0.47	0.71	9.67	3.54	3.94	5.68
<b>14</b>	2.51	1.47	1.56	1.84	12.55	6.28	6.53	8.46
<b>15</b>	4.48	3.32	4.73	4.04	62.01	58.7	68.05	62.04
<b>16</b>	0.96	0.15	0.11	0.41	8.83	2.03	1.88	4.29
<b>17</b>	2.62	0.21	0.19	1.01	20.32	2.78	3.37	8.78
<b>18</b>								
<b>19</b>								
<b>20</b>	1.59	1.3	1.36	1.41	12.16	6.69	6.94	8.58
<b>21</b>	2.10	0.45	0.22	0.95	13.77	5.12	3.58	7.64
<b>22</b>	1.11	0.03	0.03	0.39	14.58	0.05	0.30	4.99
<b>23</b>	1.17	0.08	0.07	0.44	13.46	2.3	1.86	5.91
<b>24</b>	0.33	0.03	0.03	0.13	2.15	1.15	0.91	1.43
<b>25</b>	0.98	0.01	0.01	0.34	8.98	1.34	1.63	3.97
<b>26</b>	2.54	1.62	1.83	1.98	21.96	7.24	7.56	12.22
<b>27</b>								
<b>28</b>	0.21	0.002	0.002	0.07	0.99	0.13	0.14	0.42
<b>29</b>	0.80	0.02	0.02	0.29	6.93	0.84	1.24	3.01
<b>30</b>	0.31	0.01	0.01	0.11	1.95	0.04	0.04	0.68

İstanbul çevriminden elde edilen HC ve CO değerleri Çizelge 7.10’da gösterilmiştir.

EKB araçlarda 6 ve 9 no’lu araçlarda, 15.04 ‘lerde 15 no’lu araçta, EURO 1’lerde 20 no’lu araçta, EURO 3’lerde 26 no’lu araçta yüksek HC emisyonları ölçülmüştür.

CO sonuçları incelendiğinde ise, EKB ‘lerde 1 ve 6 no’lu araçların, 15.04’lerde 15 no’lu aracın EURO 1’lerde 20 ve 21 no’lu araçların EURO 3’lerde 26 no’lu aracın emisyon değerleri yüksek çıkmıştır.

### 7.3.2 İstanbul şehir çevrimindeki NO<sub>x</sub> ve NMHC emisyonlarının incelenmesi

İstanbul şehir çevriminden elde edilen NO<sub>x</sub> ve NMHC emisyon değerleri Çizelge 7.11’de gösterilmiştir.

**Çizelge 7.11 : İstanbul çevrimi NO<sub>x</sub> ve NMHC emisyonları**

	NO <sub>x</sub> (g/km)				NMHC(g/km)			
	Faz 1	Faz 2	Faz 3	Ağırlıklı Ortalama	Faz 1	Faz 2	Faz 3	Ağırlıklı Ortalama
1	0.65	0.29	0.28	0.41	3.99	2.21	3.05	3.01
2	0.82	1.35	1.58	1.23	4.65	3.11	2.78	3.55
3	0.94	1.08	1.1	1.04	4.65	2.5	2.38	3.19
4	1.01	0.79	0.72	0.84	4.94	2.85	3.42	3.69
5								
6	0.28	0.15	0.16	0.20	8.22	5.89	5.06	6.47
7	0.74	0.85	0.75	0.79	3.95	1.74	2.17	2.58
8	1.45	1.59	1.27	1.47	3.53	2.67	3.3	3.11
9	0.92	0.81	0.62	0.80	7.81	5.44	5.76	6.31
10								
11	2.67	2.42	2.75	2.58	1.57	1.03	1.15	1.24
12	1.01	1.27	1.33	1.20	3.07	1.56	1.56	2.07
13	0.72	0.74	0.82	0.75	1.1	0.46	0.43	0.67
14	1.83	1.81	1.94	1.84	2.43	1.43	1.51	1.79
15	0.5	0.28	0.24	0.34	4.25	3.13	4.43	3.82
16	0.9	0.2	0.18	0.43	0.91	0.13	0.09	0.38
17	0.6	0.34	0.3	0.42	2.46	0.19	0.17	0.94
18								
19								
20	0.97	1.21	1.25	1.14	1.55	1.25	1.33	1.37
21	0.97	0.35	0.31	0.55	1.999	0.41	0.185	0.89
22	0.51	0.21	0.11	0.29	1.04	0.02	0.02	0.36
23	0.24	0.08	0.12	0.14	1.10	0.06	0.05	0.40
24	0.46	0.05	0.08	0.20	0.32	0.02	0.02	0.12
25	0.33	0.04	0.06	0.14	0.93	0.01	0.01	0.32
26	1.00	1.03	1.01	1.02	2.41	1.58	1.79	1.91
27								
28	0.07	0.01	0.02	0.03	0.19	0.002	0.002	0.07
29	0.24	0.04	0.03	0.10	0.75	0.02	0.02	0.27
30	0.31	0.02	0.02	0.11	0.294	0.01	0.01	.100

NO<sub>x</sub> sonuçları incelendiğinde EKB araçlarda 2, 3 ve 8 no'lu, 15.04 araçların 11 ve 14 no'lu, EURO 1'lerde 20 no'lu araçların, EURO 3'lerde ise 26 no'lu aracın yüksek emisyon değerlerine sahip olduğu görülmektedir.

NMHC emisyon sonuçlarında EKB araçlarda 6 ve 10 no'lu araçların, 15.04'lerde 15 no'lu aracın EURO 1'lerde 20 no'lu aracın, EURO 3'lerde 26 no'lu aracın emisyon değerleri yüksek çıkmıştır.

### 7.3.3 İstanbul şehir çevrimindeki NMHC+NO<sub>x</sub> , HC+ NO<sub>x</sub> ve CH<sub>4</sub> emisyonlarının incelenmesi

İstanbul şehir çevriminden elde edilen NMHC+NO<sub>x</sub> , HC+ NO<sub>x</sub> ve CH<sub>4</sub> emisyon değerleri Çizelge 7.12'de gösterilmiştir.

**Çizelge 7.12 : İstanbul çevrimi NMHC+NO<sub>x</sub> ve HC+ NO<sub>x</sub> emisyonları**

	NMHC+NO <sub>x</sub>	HC+NO <sub>x</sub>	CH <sub>4</sub>		
	(g/km)	(g/km)	(g/km)		
	Ağırlıklı Ortalama	Ağırlıklı Ortalama	Faz 1	Faz 2	Faz 3
1	3.42	3.61	0.24	0.18	0.24
2	4.77	4.85	0.18	0.05	0.05
3	4.23	4.37	0.23	0.13	0.13
4	4.53	4.62	0.12	0.09	0.1
5					
6	6.67	6.95	0.32	0.32	0.34
7	3.37	3.48	0.19	0.09	0.11
8	4.57	4.65	0.14	0.06	0.06
9	7.11	7.33	0.29	0.22	0.28
10					
11	3.82	3.85	0.05	0.03	0.03
12	3.27	3.33	0.12	0.04	0.05
13	1.42	1.46	0.07	0.04	0.04
14	3.63	3.68	0.09	0.04	0.04
15	4.16	4.39	0.26	0.21	0.34
16	0.81	0.84	0.05	0.02	0.03
17	1.36	1.43	0.18	0.02	0.03
18					
19					
20	2.51	2.55	0.05	0.03	0.03
21	1.43	1.49	0.11	0.05	0.04
22	0.65	0.68	0.08	0.01	0.01
23	0.54	0.58	0.09	0.02	0.02
24	0.32	0.33	0.02	0.01	0.01
25	0.46	0.48	0.06	0.01	0.003
26	2.93	3	0.15	0.04	0.04
27					
28	0.1	0.1	0.02	0.001	0
29	0.37	0.39	0.05	0.01	0.01
30	0.22	0.22	0.02	0.003	0.002

### 7.3.4 İstanbul şehir çevrimindeki CO<sub>2</sub> emisyonu ve yakıt tüketimi değerlerinin incelenmesi

**Çizelge 7.13 : İstanbul çevrimi CO<sub>2</sub> emisyonu ve yakıt tüketimi**

	CO <sub>2</sub> (g/km)				Yakıt Tüketimi (l/100km)			
	Faz 1	Faz 2	Faz 3	Ağırlıklı Ortalama	Faz 1	Faz 2	Faz 3	Ağırlıklı Ortalama
1	165.9	130.2	135.9	143.5	11.48	9.52	10.32	10.37
2	215.9	195.2	201.3	203.6	11.81	9.09	9.31	10.05
3	170.6	155.9	160.4	161.9	10.15	8.07	8.3	8.82
4	164.3	145	140.4	150.3	8.96	7.92	7.88	8.26
5								
6	141.8	126.1	134.8	133.4	13.43	12.62	12.78	12.93
7	221	189.6	181.1	198.0	12.21	9.25	9.22	10.23
8	175.2	154.7	149.2	160.2	9.49	7.59	7.55	8.22
9	113	107	103.2	108.1	8.63	7.46	8	7.98
10								
11	206.7	186.1	205.6	197.6	9.53	8.39	9.26	8.98
12	173.8	159	160.8	164.4	8.78	7.28	7.44	7.82
13	135.2	132.9	136	134.4	6.5	5.91	6.06	6.14
14	164.5	151.3	159.1	157.6	8.1	6.99	7.35	7.45
15	160.4	136.7	129.6	143.0	11.47	10.1	10.61	10.68
16	259.2	219.8	228.8	235.2	11.64	9.43	9.79	10.26
17	132.4	129.9	129.6	130.7	7.28	5.69	5.71	6.23
18								
19								
20	166.2	144.9	145.6	152.2	8.03	6.73	6.78	7.18
21	170.86	168.2	169.6	169.4	8.40	7.49	7.42	7.78
22	202.9	181.3	191.1	190.9	9.67	7.65	8.08	8.43
23	183.8	162.6	164.8	170.2	8.8	7.02	7.08	7.63
24	183.5	156.1	159.6	166.1	7.93	6.66	6.8	7.12
25	167.4	156.1	158.5	160.5	7.79	6.67	6.8	7.08
26	150	136.8	138.2	141.5	8.12	6.47	6.57	7.04
27								
28	172.5	158.2	155.3	162.3	7.37	6.68	6.56	6.88
29	171.7	155.3	163.7	162.9	7.81	6.61	6.99	7.11
30	184.4	160.2	163.5	169.0	7.95	6.76	6.9	7.19

Çizelge 7.13'den görüldüğü üzere EKB araçlarda 2 ve 7 no'lu araçların, 15.04'lerde 16 no'lu aracın EURO 1'lerde 22 no'lu aracın CO<sub>2</sub> emisyonu yüksek çıkmıştır.

Yakıt tüketimi değerleri incelendiğinde ise EKB araçlarda 1, 2, 6 ve 7 no'lu araçların 15.04'lerde 15 ve 16 araçların değerleri yüksek çıkmıştır.



## 7.4 Avrupa Birliği, ABD ve İstanbul Çevrimlerinin Karşılaştırılması

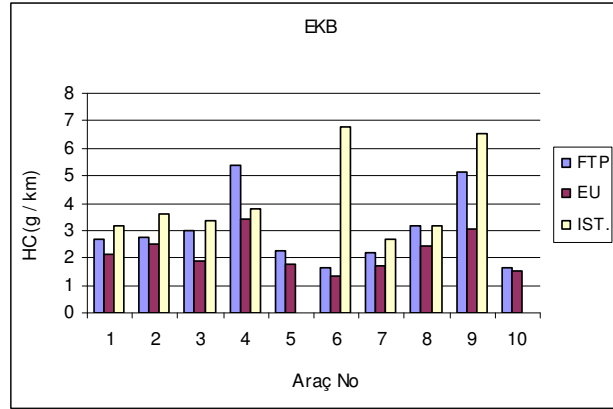
### 7.4.1 HC ve CO değerlerinin kıyaslanması

EKB araçların HC ve CO değerlerinin özet tablosu Çizelge 7.14'te görölmektedir.

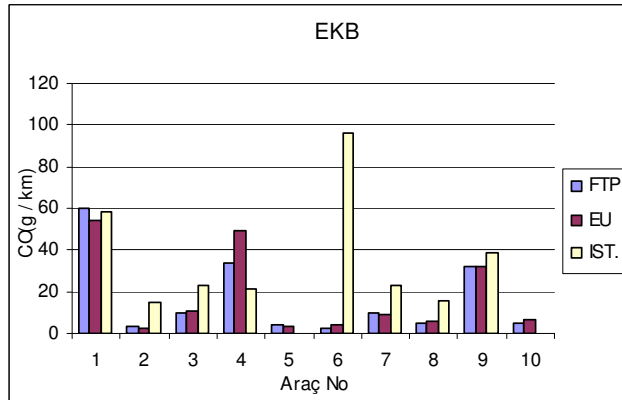
**Çizelge 7.14 :** EKB taşıtların HC ve CO değerlerinin karşılaştırılması

Çevrim:	FTP(g/km)		EU(g/km)		IST.(g/km)	
	HC	CO	HC	CO	HC	CO
En yüksek	5.37	59.88	3.45	54.21	6.76	96.19
En düşük	1.63	2.67	1.36	2.87	2.69	14.86
Ortalama	<b>2.99</b>	<b>16.5</b>	<b>2.19</b>	<b>17.77</b>	<b>4.14</b>	<b>36.47</b>

EKB araçlarda İstanbul şehir çevrimi HC ve CO emisyon değerleri ABD ve Avrupa Birliği çevrimlerinden çok yüksek çıkmıştır. HC emisyon değerleri açısından ABD çevrimi Avrupa Birliği çevriminden, CO emisyon değerleri açısından ise Avrupa Birliği çevrimi ABD çevriminden yüksek çıkmıştır.



**Şekil 7.1 :** EKB taşıtlarda HC emisyonu kıyaslaması



**Şekil 7.2 :** EKB taşıtlarda CO emisyonu kıyaslaması

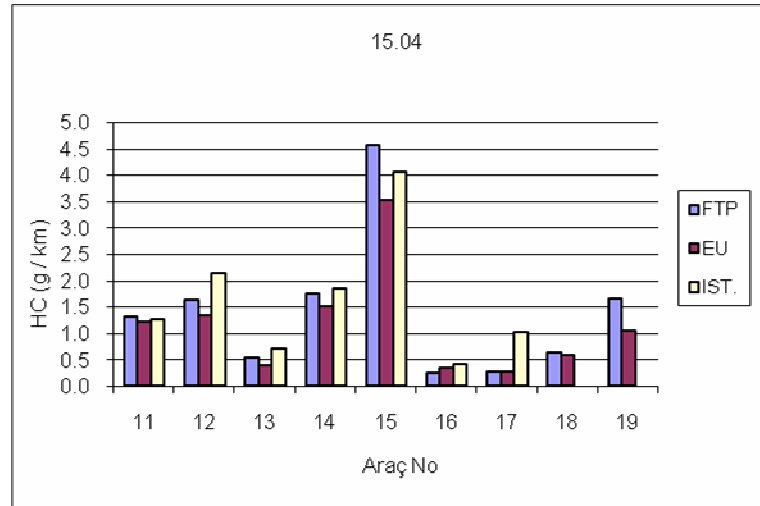
Test edilen EKB araçların, HC ve CO emisyon değerlerinin, araç bazında dağılımı Şekil 7.1 ve 7.2’de gösterilmiştir.

Burada 6 no’lu aracın İstanbul çevrimi emisyon değerlerinin aşırı yüksek çıktığı görülmektedir. Genelde böyle aşırı değerlere EKB araçlarda rastlanmakta olup, bunun nedeni olarak bu araçlarda hava yakıt oranının hassas ayarlanamaması ve değişken olması gösterilebilir.

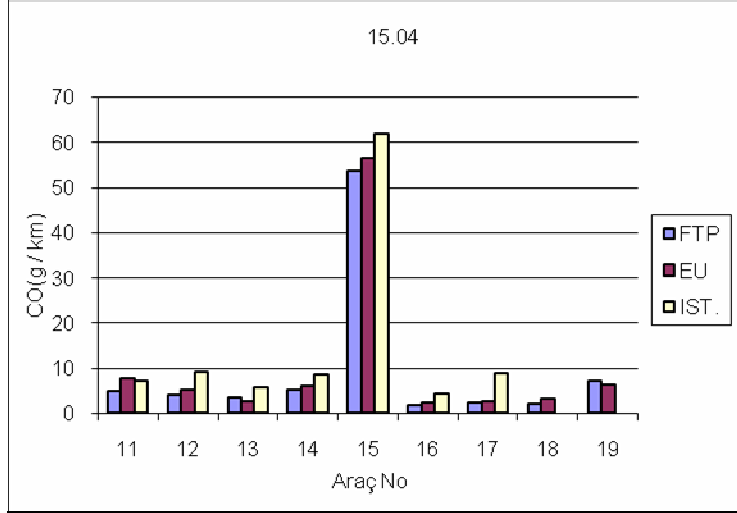
**Çizelge 7.15 : 15.04 taşıtların HC ve CO değerlerinin karşılaştırılması**

15.04						
Çevrim:	FTP(g/km)		EU(g/km)		IST.(g/km)	
Emisyon:	HC	CO	HC	CO	HC	CO
En yüksek	4.57	53.7	3.53	56.76	4.04	62.04
En düşük	0.25	1.65	0.26	2.16	0.41	4.29
Ortalama	1.4	9.31	1.13	10.24	1.63	15.08

15.04 araçların HC ve CO değerlerinin özet tablosu Çizelge 7.15’te gösterilmiştir. İstanbul şehir çevrimi HC ve CO emisyon ortalamaları ABD ve Avrupa çevrimlerinden yüksek çıkmıştır. HC emisyonu ortalamaları Avrupa ve ABD çevrimlerinde birbirlerine çok yakın çıkmış olup, Avrupa çevriminin CO emisyon ortalaması ABD çevriminden yüksek çıkmıştır.



**Şekil 7.3 : 15.04 taşıtlarda HC emisyonu kıyaslaması**



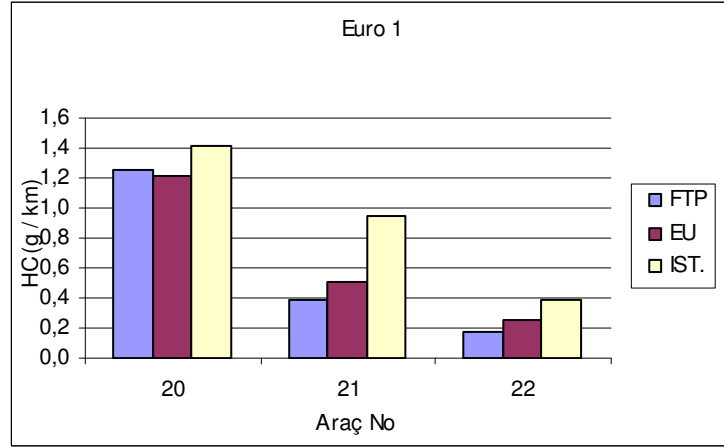
**Şekil 7.4 :** 15.04 taşıtlarda CO emisyonu kıyaslaması

15.04 emisyon sınıfındaki araçların HC ve CO emisyon değerlerinin araç bazında dağılımı, Şekil 7.3 ve 7.4'te gösterilmiştir. Emisyon sonuçları incelendiğinde, İstanbul çevrimi sonuçları genelde araç bazında da yüksek çıkmıştır. 15 no'lu aracın HC ve CO sonuçları diğer 15.04 araçlara göre aşırı yüksek çıkmıştır. 15 no'lu araç, 1996 model Tofaş Kartal S'tir. Bu aracın emisyon değerlerinin aynı emisyon sınıfındaki araçlardan çok yüksek olmasının sebebi olarak, bu aracın yakıt sisteminin ayarsız olması gösterilebilir.

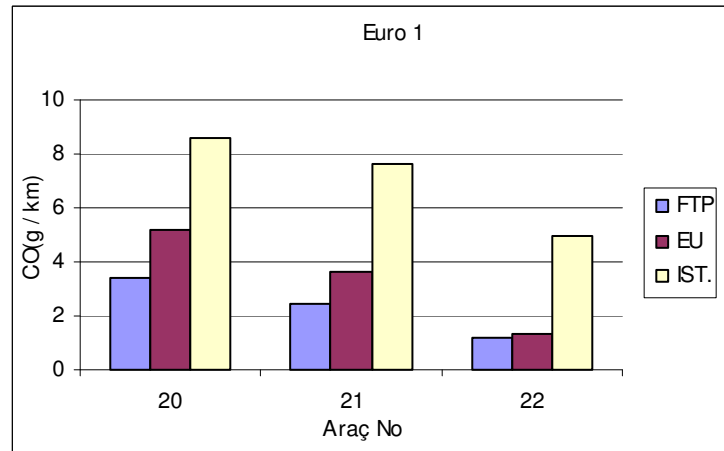
**Çizelge 7.16 :** EURO 1 taşıtların HC ve CO değerlerinin karşılaştırılması

EURO 1						
Çevrim:	FTP(g/km)		EU(g/km)		IST.(g/km)	
Emisyon:	HC	CO	HC	CO	HC	CO
<b>En yüksek</b>	1.25	3.38	1.21	5.16	1.41	8.58
<b>En düşük</b>	0.17	1.21	0.25	1.35	0.39	4.99
<b>Ortalama</b>	<b>0.6</b>	<b>2.36</b>	<b>0.65</b>	<b>3.39</b>	<b>0.92</b>	<b>7.07</b>

EURO 1 araçların HC ve CO değerlerinin özet tablosu Çizelge 7.16'da gösterilmiştir. İstanbul çevrimi emisyon ortalamaları ABD ve Avrupa çevrimi sonuçlarından yüksek çıkmıştır. EURO 1 araçlarda Avrupa çevrimi ortalama HC ve CO emisyonları ABD çevriminden yüksek çıkmıştır.



Şekil 7.5 : EURO 1 taşıtlarda HC emisyonu kıyaslaması



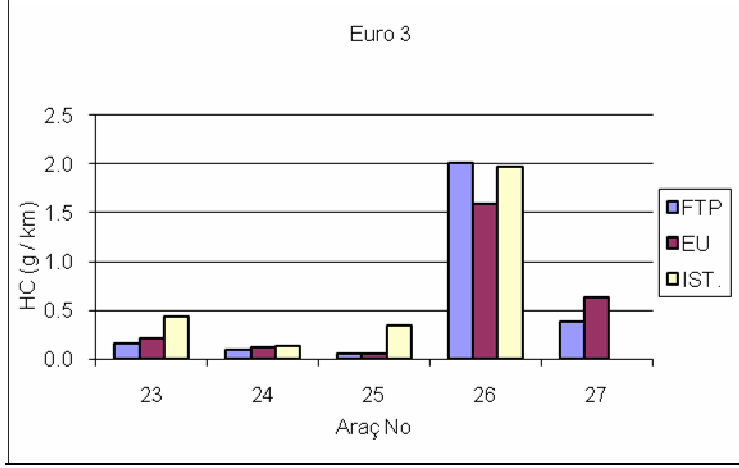
Şekil 7.6 : EURO 1 taşıtlarda CO emisyonu kıyaslaması

EURO 1 araçların HC ve CO emisyon değerlerinin araç bazında sonuçları Şekil 7.5 ve 7.6'da gösterilmektedir.

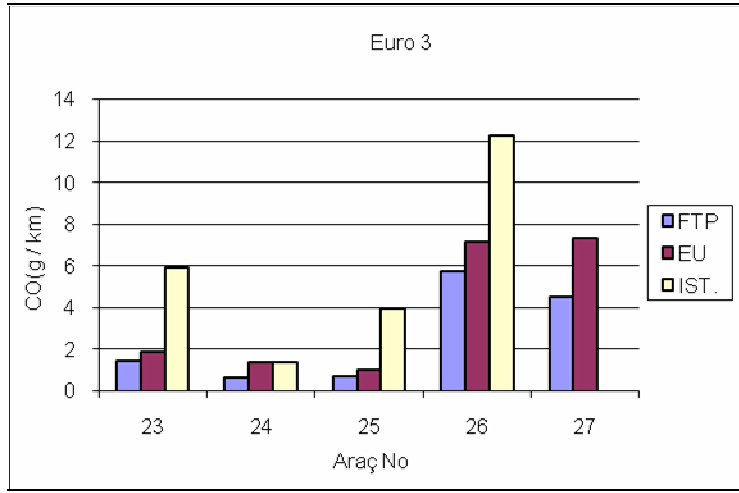
Çizelge 7.17 : EURO 3 taşıtların HC ve CO değerlerinin karşılaştırılması

EURO 3						
Çevrim:	FTP(g/km)		EU(g/km)		IST.(g/km)	
Emisyon:	HC	CO	HC	CO	HC	CO
En yüksek:	2.01	5.77	1.59	7.31	1.98	12.22
En düşük:	0.06	0.66	0.06	1.02	0.13	1.43
Ortalama:	0.54	2.63	0.52	3.74	0.72	5.88

EURO 3 araçların HC ve CO değerlerinin özet tablosu Çizelge 7.17'de gösterilmiştir. İstanbul çevrimi ortalama değerleri diğer çevrimlerden yüksek çıkmıştır. HC emisyonu ortalamaları ABD çevriminde Avrupa çevriminden yüksek çıkmıştır. CO emisyonlarında ise, Avrupa çevrimi sonuçları ABD çevrimi sonuçlarından yüksektir.



**Şekil 7.7 :** EURO 3 taşıtlarda HC emisyonu kıyaslaması



**Şekil 7.8 :** EURO 3 taşıtlarda CO emisyonu kıyaslaması

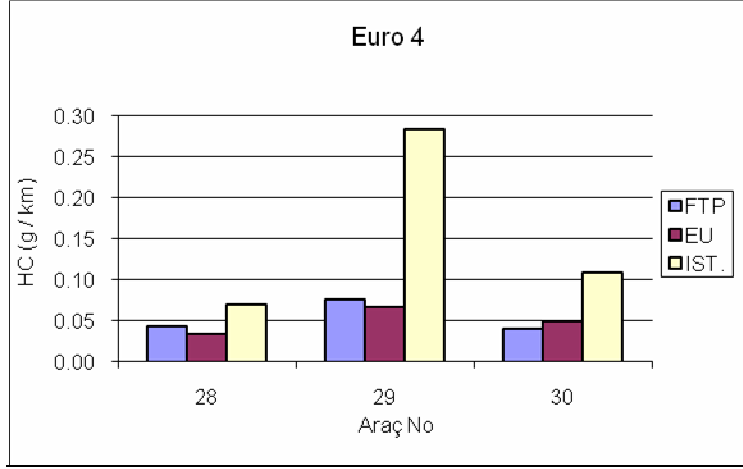
EURO 3 araçların HC ve CO emisyonlarının araç bazında sonuçları Şekil 7.7 ve Şekil 7.8’de gösterilmiştir. Değerlere bakıldığında 26 no’lu aracın sonuçlarının, kendi emisyon sınıfındaki araçlardan yüksek çıktığı görülmektedir. 26 no’lu araç 1996 model Opel Corsa GSI’dir. Emisyon değerlerinin çok çıkmasının sebebi aracın katalitik konvertörünün arızalı olmasıdır.

**Çizelge 7.18 :** EURO 4 taşıtların HC ve CO değerlerinin karşılaştırılması

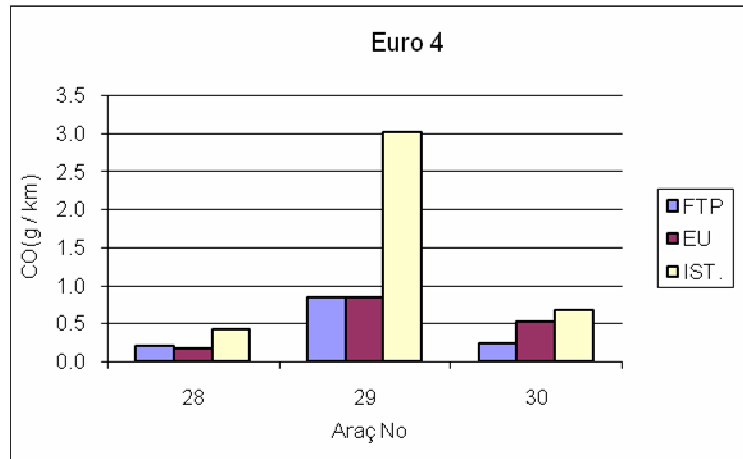
EURO 4						
Çevrim:	FTP(g/km)		EU(g/km)		IST.(g/km)	
Emisyon:	HC	CO	HC	CO	HC	CO
<b>En yüksek:</b>	0.08	0.85	0.07	0.85	0.29	3.01
<b>En düşük:</b>	0.04	0.2	0.03	0,18	0.07	0.42
<b>Ortalama:</b>	<b>0.05</b>	<b>0.43</b>	<b>0.05</b>	<b>0.52</b>	<b>0.16</b>	<b>1.37</b>

EURO 4 araçların HC ve CO emisyon değerlerinin özet tablosu Çizelge 7.18’de gösterilmiştir. EURO 4 araçlarda İstanbul çevriminin ortalama HC ve CO emisyon

değerleri diğer çevrimlerden yüksek çıkmıştır. HC ortalama değerlerinde ABD çevrimi Avrupa çevriminden, CO ortalama değerlerinde ise Avrupa Çevrimi ABD çevriminden yüksek çıkmıştır.



**Şekil 7.9 : EURO 4 taşıtlarda HC emisyonu kıyaslaması**



**Şekil 7.10 : EURO 4 taşıtlarda CO emisyonu kıyaslaması**

EURO 4 araçların HC ve CO emisyonlarının araç bazında sonuçları Şekil 7.9 ve 7.10'da gösterilmiştir.

HC değerleri incelendiğinde, Genelde bütün emisyon sınıflarında İstanbul çevriminin diğer çevrimlere göre daha yüksek HC emisyonu verdiği görülmektedir. ABD çevrimi ise genelde Avrupa çevriminden daha yüksek HC değerlerine sahiptir. İstanbul çevrimi ile Avrupa çevrimi arasındaki fark, EKB emisyon sınıfında +%89, 15.04'de +%44, EURO 1'de +%41, EURO 3'te +%38 ve EURO 4 emisyon sınıfında ise +%220'dir. HC emisyon değerleri incelendiğinde, HC emisyon değerlerinin ani ivmelenme ve hızlanma karakteristikleri ile ilgili olduğu sonucuna varılabilir.

İstanbul Şehir Çevrimi bölüm 6'da anlatıldığı gibi diğer iki çevrime göre daha çok ani ivmelenme ve hız değişimi karakteristiğine sahiptir. Avrupa çevrimi ise karakteristik açıdan daha durağandır. Çevrimlerin bu özellikleri HC emisyonu değerlerini etkilemiştir. Ayrıca çevrimlerde HC emisyonunu etkileyen bir diğer önemli faktör boşa çalışma süresidir. Boşa çalışma süresi arttıkça HC emisyonu artmaktadır, bu da İstanbul çevriminde yüksek HC değerleri çıkmasına neden olmuştur.

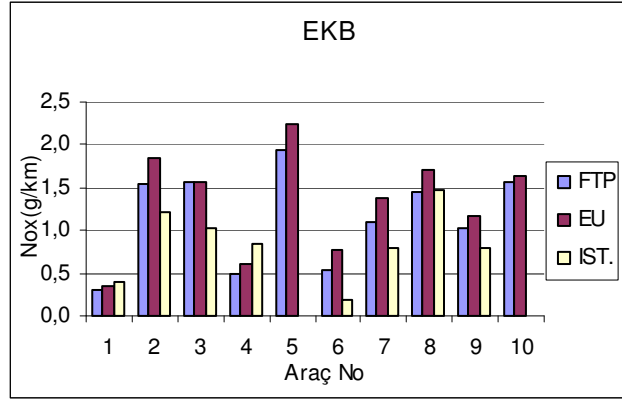
CO değerleri incelendiğinde ise, HC değerlerine benzer olarak ortalama CO değerleri bütün emisyon sınıflarında İstanbul çevriminde diğer çevrimlere göre çok yüksek çıkmıştır. Avrupa çevrimine göre fark EKB emisyon sınıfında +%105, 15.04'de +%47, EURO 1'de +%108, EURO 3'de +%57 ve EURO 4'te +%164 çıkmıştır. Avrupa çevriminin CO değerleri ABD çevrimi değerlerinden daha yüksektir. CO emisyonunu yükselten bir diğer neden de motorun ve katalizörün geç ısınarak motordan çıkan CO emisyonu CO<sub>2</sub>'ye yakma veriminin düşmesidir. Nispeten daha yüksek ivmelenmeler nedeniyle ABD test çevriminde ısınma daha hızlı olduğu için araçların büyük çoğunluğunda Avrupa Çevrimi'nin ABD çevriminden daha yüksek CO değerleri verdiği görülmektedir.

#### 7.4.2 NO<sub>x</sub> ve NMHC değerlerinin kıyaslanması

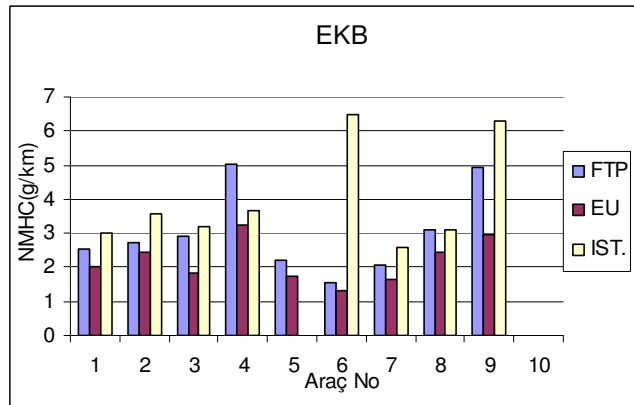
**Çizelge 7.19** : EKB taşıtların NO<sub>x</sub> ve NMHC değerlerinin karşılaştırılması

Çevrim:	EKB					
	FTP(g/km)		EU(g/km)		IST.(g/km)	
Emisyon:	NO <sub>x</sub>	NMHC	NO <sub>x</sub>	NMHC	NO <sub>x</sub>	NMHC
<b>En yüksek:</b>	1.95	5.04	2.25	3.24	1.47	6.47
<b>En düşük:</b>	0.30	1.54	0.35	1.29	0.20	2.58
<b>Ortalama:</b>	<b>1.15</b>	<b>3.00</b>	<b>1.33</b>	<b>2.18</b>	<b>0.85</b>	<b>3.99</b>

EKB araçların NO<sub>x</sub> ve NMHC değerlerinin özet tablosu Çizelge 7.19'da gösterilmiştir. Ortalama NO<sub>x</sub> değerlerinde İstanbul çevrimi değerleri en düşük, ortalama NMHC değerlerinde ise en yüksek İstanbul çevrimi çıkmıştır. NO<sub>x</sub> ve NMHC değerleri birbirleriyle zıt orantılı olup bu sonucun çıkması doğaldır.



Şekil 7.11 : EKB taşıtlarda NO<sub>x</sub> emisyonu kıyaslaması



Şekil 7.12 : EKB taşıtlarda NMHC emisyonu kıyaslaması

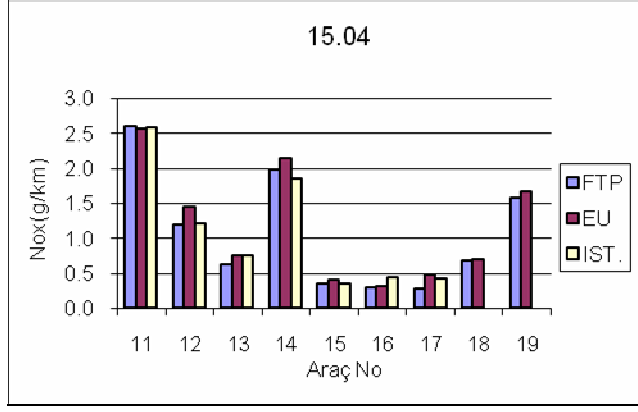
EKB araçlarda NO<sub>x</sub> ve NMHC değerlerinin araç bazında sonuçları Şekil 7.11 ve 7.12'de gösterilmiştir. NO<sub>x</sub> ve NMHC arasındaki ilişki buradan daha net görülmektedir. 6 no'lu aracın değerlerine bakıldığında, NO<sub>x</sub> değeri İstanbul çevriminde en düşük çıkmış olup, NMHC değeri ise çok yüksek çıkmıştır.

Çizelge 7.20 : 15.04 taşıtların NO<sub>x</sub> ve NMHC değerlerinin karşılaştırılması

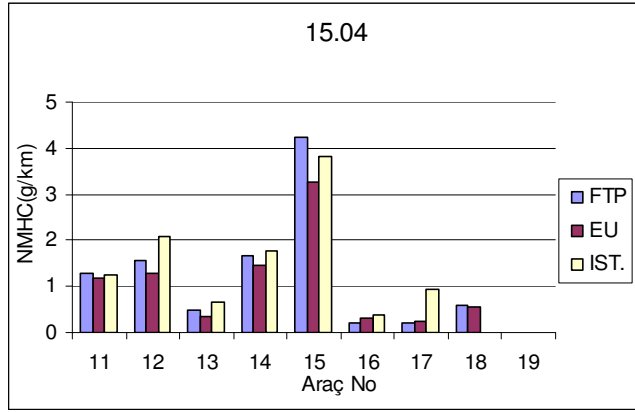
Çevrim	15.04					
	FTP(g/km)		EU(g/km)		IST.(g/km)	
	NO <sub>x</sub>	NMHC	NO <sub>x</sub>	NMHC	NO <sub>x</sub>	NMHC
<b>En yüksek</b>	2.60	4.23	2.56	3.28	2.58	3.82
<b>En düşük</b>	0.28	0.22	0.31	0.24	0.34	0.38
<b>Ortalama</b>	<b>1.06</b>	<b>1.28</b>	<b>1.16</b>	<b>1.08</b>	<b>1.08</b>	<b>1.56</b>

15.04 araçların NO<sub>x</sub> ve NMHC değerlerinin özet tablosu Çizelge 7.20'de gösterilmiştir. Ortalama NMHC değerlerinde ise en yüksek İstanbul çevrimi, ortalama NO<sub>x</sub> değerlerinde ise en yüksek Avrupa çevrimi en düşük ABD çevrimi çıkmıştır.





Şekil 7.13 : 15.04 taşıtlarda NO<sub>x</sub> emisyonu kıyaslaması



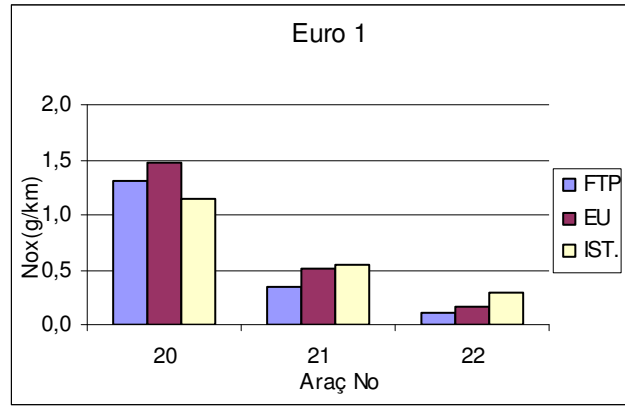
Şekil 7.14 : 15.04 taşıtlarda NMHC emisyonu kıyaslaması

15.04 araçlarda NO<sub>x</sub> ve NMHC değerlerinin araç bazında dağılımı Şekil 7.13 ve Şekil 7.14'te gösterilmiştir. Şekil 7.13 ve Şekil 7.14 incelendiğinde de NO<sub>x</sub> ve NMHC emisyonları arasındaki ters orantı çok net bir şekilde görülmektedir.

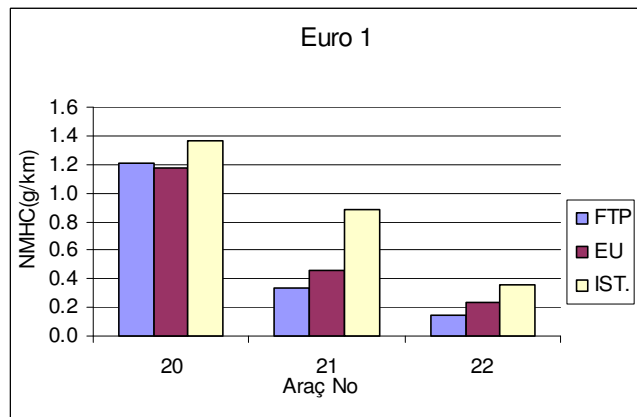
Çizelge 7.21 : EURO 1 taşıtların NO<sub>x</sub> ve NMHC değerlerinin karşılaştırılması

Çevrim	EURO 1					
	FTP(g/km)		EU(g/km)		IST.(g/km)	
Emisyon:	NO <sub>x</sub>	NMHC	NO <sub>x</sub>	NMHC	NO <sub>x</sub>	NMHC
<b>En yüksek:</b>	1.31	1.21	1.47	1.18	1.14	1.37
<b>En düşük:</b>	0.12	0.15	0.17	0.23	0.29	0.36
<b>Ortalama:</b>	<b>0.59</b>	<b>0.56</b>	<b>0.72</b>	<b>0.62</b>	<b>0.66</b>	<b>0.87</b>

EURO 1 araçların NO<sub>x</sub> ve NMHC değerlerinin özet tablosu Çizelge 7.21'de gösterilmiştir. Ortalama NO<sub>x</sub> değerlerinde en yüksek Avrupa çevrimi, NMHC değerlerinde ise en yüksek İstanbul çevrimi değerleridir.



Şekil 7.15 : EURO 1 taşıtlarda NO<sub>x</sub> emisyonu kıyaslaması



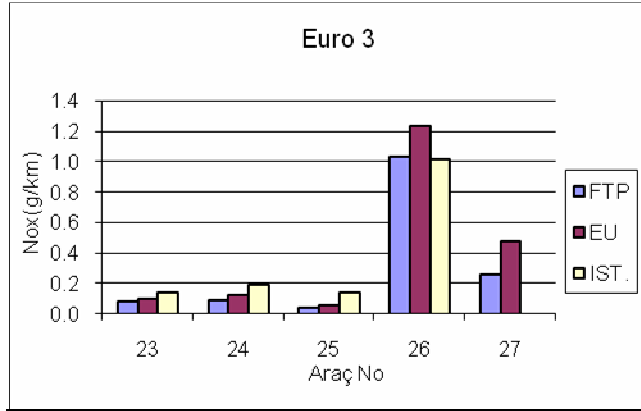
Şekil 7.16 : EURO 1 taşıtlarda NMHC emisyonu kıyaslaması

EURO 1 araçların NO<sub>x</sub> ve NMHC değerlerinin araç bazında dağılımı Şekil 7.15 ve 7.16'da gösterilmiştir. 20 no'lu aracın değerleri, kendi emisyon sınıfındaki diğer araçlara göre oldukça yüksek çıkmıştır. 20 no'lu araç 2000 model Lada Vega olup, sonuçlarının bu şekilde çıkmasının nedeni olarak test edilen Lada Vega'nın sınıfındaki diğer araçlara göre daha fazla kilometreye sahip olması ve yıpranmış olması gösterilebilir.

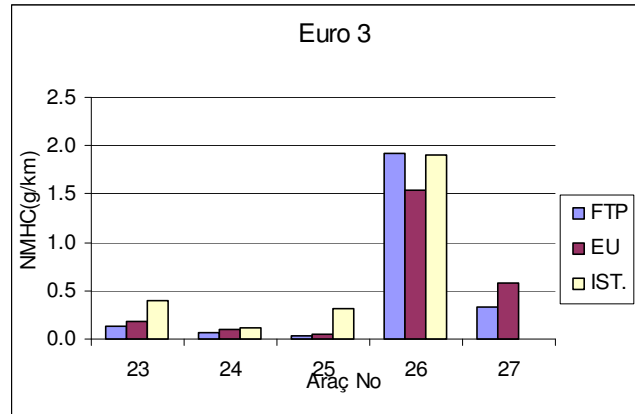
Çizelge 7.22 : EURO 3 taşıtların NO<sub>x</sub> ve NMHC değerlerinin karşılaştırılması

Çevrim:	EURO 3					
	FTP(g/km)		EU(g/km)		IST.(g/km)	
Emisyon:	NO <sub>x</sub>	NMHC	NO <sub>x</sub>	NMHC	NO <sub>x</sub>	NMHC
<b>En yüksek:</b>	1.03	1.93	1.23	1.54	1.02	1.91
<b>En düşük:</b>	0.05	0.04	0.06	0.05	0.14	0.12
<b>Ortalama:</b>	<b>0.30</b>	<b>0.50</b>	<b>0.40</b>	<b>0.49</b>	<b>0.37</b>	<b>0.69</b>

EURO 3 araçların NO<sub>x</sub> ve NMHC değerlerinin özet tablosu Çizelge 7.22’de gösterilmiştir. Ortalama NO<sub>x</sub> değerlerinde en yüksek Avrupa çevrimi, NMHC değerlerinde ise en yüksek İstanbul çevrimi değerleridir.



Şekil 7.17 : EURO 3 taşıtlarda NO<sub>x</sub> emisyonu kıyaslaması



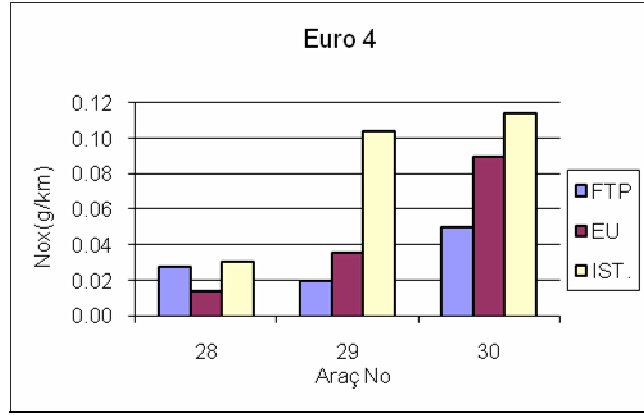
Şekil 7.18 : EURO 3 taşıtlarda NMHC emisyonu kıyaslaması

EURO 3 araçlarda NO<sub>x</sub> ve NMHC değerlerinin araç bazında dağılımları Şekil 7.17 ve Şekil 7.18’de gösterilmiştir. İki kirletici değerinde de 26 no’lu aracın sonuçları çok yüksek çıkmıştır. 26 no’lu araç 1996 model Opel Corsa GSI’dir. Bu aracın katalitik konvertörü daha önce de belirtildiği gibi arızalıdır.

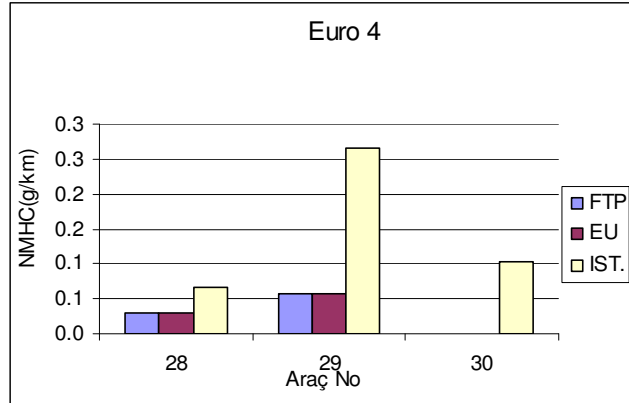
Çizelge 7.23 : EURO 4 taşıtların NO<sub>x</sub> ve NMHC değerlerinin karşılaştırılması

EURO 4						
Çevrim:	FTP(g/km)		EU(g/km)		IST.(g/km)	
Emisyon:	NO <sub>x</sub>	NMHC	NO <sub>x</sub>	NMHC	NO <sub>x</sub>	NMHC
En yüksek:	0.05	0.06	0.09	0.06	0.11	0.27
En düşük:	0.02	0.03	0.01	0.03	0.03	0.07
Ortalama:	<b>0.03</b>	<b>0.04</b>	<b>0.05</b>	<b>0.04</b>	<b>0.08</b>	<b>0.15</b>

EURO 4 araçların NO<sub>x</sub> ve NMHC değerlerinin özet tablosu Çizelge 7.23'de gösterilmiştir. Ortalama NO<sub>x</sub> ve NMHC değerlerinde en yüksek değerler İstanbul çevrimine aittir.



Şekil 7.19 : EURO 4 taşıtlarda NO<sub>x</sub> emisyonu kıyaslaması



Şekil 7.20 : EURO 4 taşıtlarda NMHC emisyonu kıyaslaması

EURO 4 araçların NO<sub>x</sub> ve NMHC değerlerinin araç bazında dağılımı Şekil 7.19 ve 7.20'de gösterilmiştir. Burada 30 no'lu aracın NMHC değerleri ABD ve Avrupa çevrimleri için ölçülmediği için tabloda yer almamaktadır.

NO<sub>x</sub> değerleri incelendiğinde, Avrupa çevrimi değerleri diğer çevrimlerden daha yüksek çıkmıştır. ABD ve İstanbul çevrimlerinin NO<sub>x</sub> emisyonu sonuçları birbirlerine çok yakın çıkmış olup, araçtan araca farklılık göstermektedir. Genel olarak da araç modeli ve emisyon seviyesinin düşmesi ile birlikte NO<sub>x</sub> değeri de belirgin biçimde artmaktadır. Bu emisyonunda İstanbul çevriminin, Avrupa çevrimine göre farkı EKB emisyon sınıfında -%36, 15.04'de -%6.9, EURO 1'de -%8.3, EURO 3'te -%7.5 ve EURO 4 emisyon sınıfında ise +%60'dır.

NMHC değerleri incelendiğinde ise, genelde bütün emisyon sınıflarında İstanbul çevrimi sonuçları diğer çevrimlerden daha yüksek çıkmıştır. İstanbul çevrimi

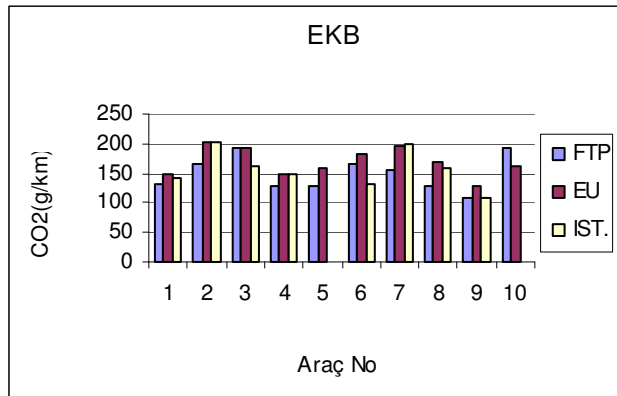
sonuçlarının Avrupa çevrimi sonuçlarından farkı EKB taşıtlarda +%83, 15.04'de +%44, EURO 1'de +%40, EURO 3'te +%40 ve EURO 4 emisyon sınıfında ise +%275'dir. ABD ve Avrupa çevrimi değerleri ise birbirine çok yakın çıkmış olup araçtan araca farklılık göstermektedir.

### 7.4.3 CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketim değerlerinin kıyaslanması

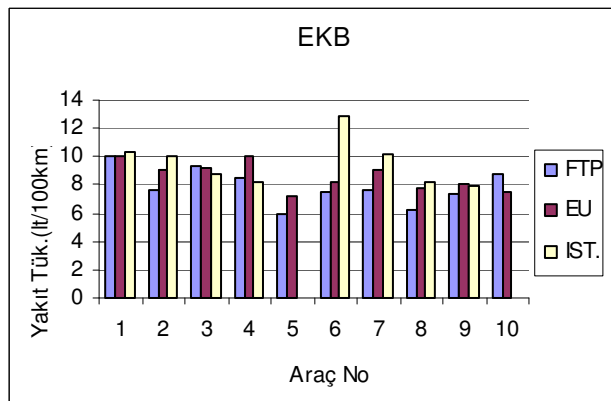
**Çizelge 7.24 : EKB taşıtların CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketim değerlerinin karşılaştırılması**

Çevrim:	EKB					
	FTP		EU		IST.	
Emisyon:	CO <sub>2</sub> (g/km)	Yakıt Tüketimi (lt/100km)	CO <sub>2</sub> (g/km)	Yakıt Tüketimi (lt/100km)	CO <sub>2</sub> (g/km)	Yakıt Tüketimi (lt/100km)
<b>En yüksek:</b>	193.0	10.08	201.3	10.08	203.6	12.93
<b>En düşük:</b>	107.1	5.90	129.2	7.21	108.1	7.98
<b>Ortalama:</b>	<b>149.5</b>	<b>7.90</b>	<b>169.1</b>	<b>8.60</b>	<b>157.4</b>	<b>9.60</b>

EKB taşıtlarda CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketim değerlerinin özet tablosu Çizelge 7.24'te gösterilmiştir. Ortalama yakıt tüketimi değerlerinde İstanbul çevrimi en yüksek çıkmıştır. Ortalama CO<sub>2</sub> değerlerinde ise Avrupa çevrimi değerleri en yüksektir.



**Şekil 7.21 : EKB taşıtlarda CO<sub>2</sub> emisyonu kıyaslaması**



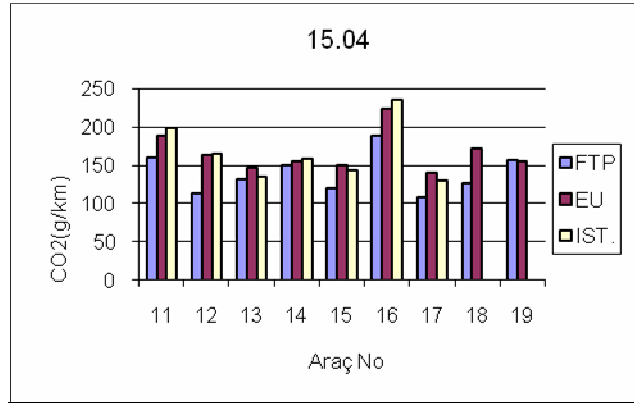
**Şekil 7.22 : EKB taşıtlarda yakıt tüketim değerleri kıyaslaması**

EKB araçlarda CO<sub>2</sub> emisyonu ve yakıt tüketimi değerlerinin araç bazında dağılımları Şekil 7.21 ve Şekil 7.22’de gösterilmiştir. Burada dikkat çeken, 6 no’lu aracın özellikle İstanbul çevrimindeki yakıt tüketim değerinin diğer araçlardan çok yüksek çıkmış olmasıdır. Bunun nedeni olarak EKB’li araçların hava yakıt oranını dengeli bir şekilde tutamamaları ve hassas ayarlama yapamamaları gösterilebilir.

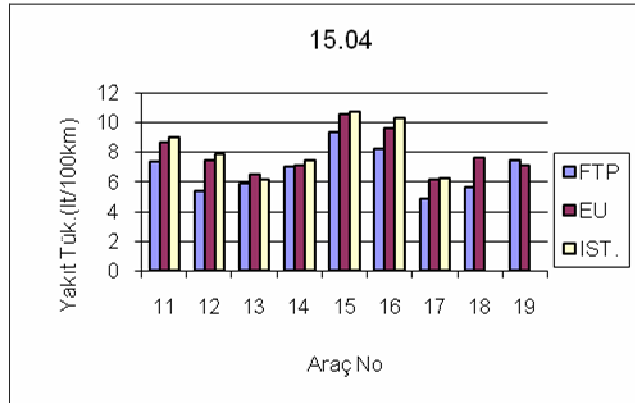
**Çizelge 7.25 : 15.04 taşıtların CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketim değerlerinin karşılaştırılması**

Çevrim:	15.04					
	FTP		EU		IST.	
Emisyon:	CO <sub>2</sub> (g/km)	Yakıt Tüketimi (lt/100km)	CO <sub>2</sub> (g/km)	Yakıt Tüketimi (lt/100km)	CO <sub>2</sub> (g/km)	Yakıt Tüketimi (lt/100km)
<b>En yüksek:</b>	188.3	9.33	223.6	10.54	235.2	10.68
<b>En düşük:</b>	108.0	4.81	140.7	6.13	130.7	6.14
<b>Ortalama:</b>	<b>139.2</b>	<b>6.77</b>	<b>166.1</b>	<b>7.83</b>	<b>166.1</b>	<b>8.22</b>

15.04 araçlarda CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketim değerleri özet tablosu Çizelge 7.25’te gösterilmiştir. Ortalama CO<sub>2</sub> değerlerinde Avrupa çevrimi, yakıt tüketimi değerlerinde ise İstanbul çevrimi değerleri yüksek çıkmıştır.



**Şekil 7.23 : 15.04 taşıtlarda CO<sub>2</sub> emisyonu kıyaslaması**



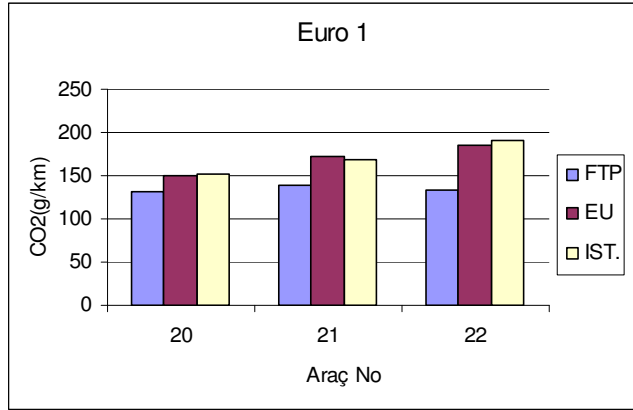
**Şekil 7.24 : 15.04 taşıtlarda yakıt tüketim değerleri kıyaslaması**

15.04 araçlarda CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketimi değerlerinin araç bazında dağılımları Şekil 7.23 ve 7.24’de gösterilmiştir.

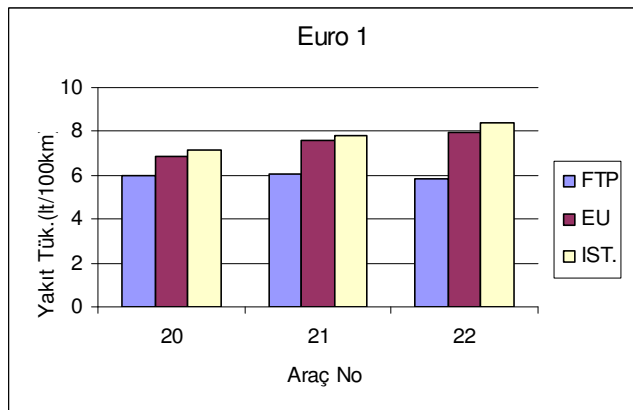
**Çizelge 7.26 : EURO1 taşıtların CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketim değerlerinin karşılaştırılması**

Çevrim:	EURO 1					
	FTP		EU		IST.	
Emisyon:	CO <sub>2</sub> (g/km)	Yakıt Tüketimi (lt/100km)	CO <sub>2</sub> (g/km)	Yakıt Tüketimi (lt/100km)	CO <sub>2</sub> (g/km)	Yakıt Tüketimi (lt/100km)
<b>En yüksek:</b>	139	6.08	185.4	7.94	190.9	8.43
<b>En düşük:</b>	131.4	5.84	150.8	6.86	152.2	7.18
<b>Ortalama:</b>	<b>134.8</b>	<b>5.98</b>	<b>169.5</b>	<b>7.46</b>	<b>170.8</b>	<b>7.8</b>

EURO 1 araçlarda CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketimi değerlerinin özet tablosu Çizelge 7.26’te gösterilmiştir. EURO 1 araçlarda İstanbul çevrimi CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketimi değerleri diğer çevrimlerden yüksek çıkmıştır.



**Şekil 7.25 : EURO1 taşıtlarda CO<sub>2</sub> emisyonu kıyaslaması**



**Şekil 7.26 : EURO 1 taşıtlarda yakıt tüketim değerleri kıyaslaması**

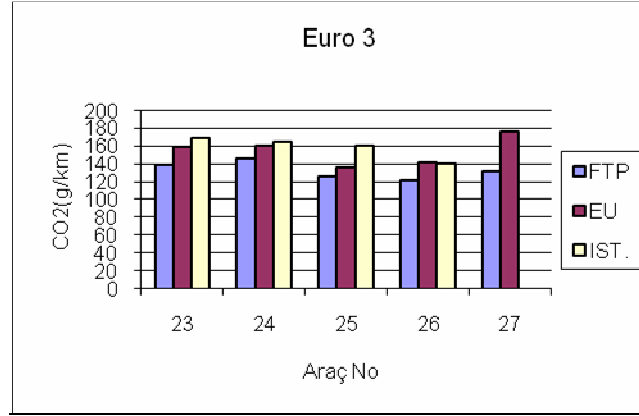
EURO 1 araçlarda CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketimi değerlerinin araç bazında dağılımı Şekil 7.25 ve Şekil 7.26’da gösterilmiştir.

**Çizelge 7.27 : EURO 3 taşıtların CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketim değerlerinin karşılaştırılması**

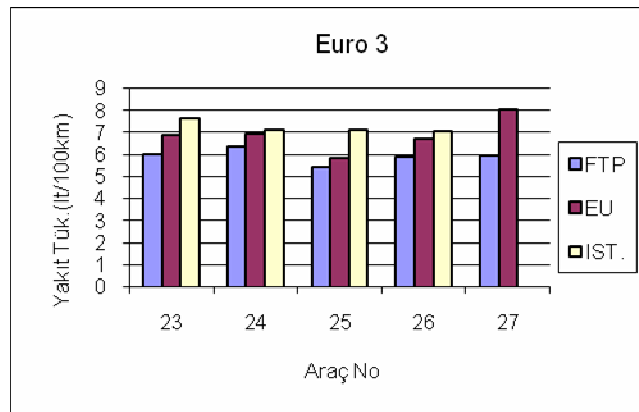
Çevrim:	EURO 3					
	FTP		EU		IST.	
	CO <sub>2</sub> (g/km)	Yakıt Tüketimi (lt/100km)	CO <sub>2</sub> (g/km)	Yakıt Tüketimi (lt/100km)	CO <sub>2</sub> (g/km)	Yakıt Tüketimi (lt/100km)
En yüksek:	147.3	6.36	177	8.03	170.2	7.63
En düşük:	122.1	5.45	136.7	5.84	141.5	7.04
Ortalama:	133.3	5.92	155.4	6.87	159.6	7.22

EURO 3 araçların CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketim değerleri özet tablosu Çizelge 7.27’de gösterilmiştir. EURO 3 araçlarda da İstanbul çevriminin CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketim değerleri, diğer çevrimlere göre yüksek çıkmıştır.

EURO 3 araçların CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketim değerlerinin araç bazında dağılımları Şekil 7.27 ve 7.28’de gösterilmiştir.



**Şekil 7.27 : EURO 3 taşıtlarda CO<sub>2</sub> emisyonu kıyaslaması**



**Şekil 7.28 : EURO 3 taşıtlarda yakıt tüketim değerleri kıyaslaması**

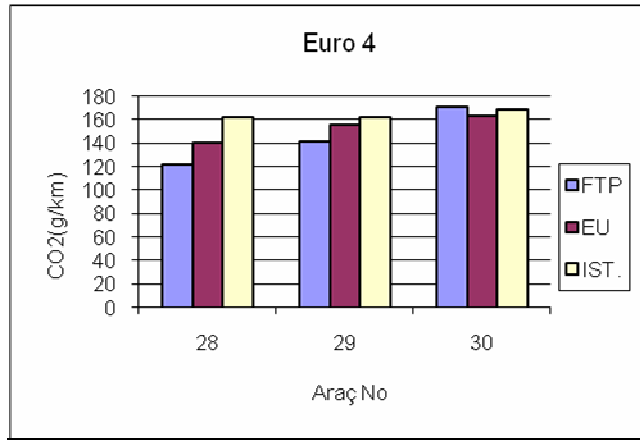
EURO 4 araçların CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketim değerlerinin özet tablosu Çizelge 7.28’de gösterilmiştir. İstanbul çevriminde ortalama CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketim değerleri diğer çevrimlerden yüksek çıkmıştır.



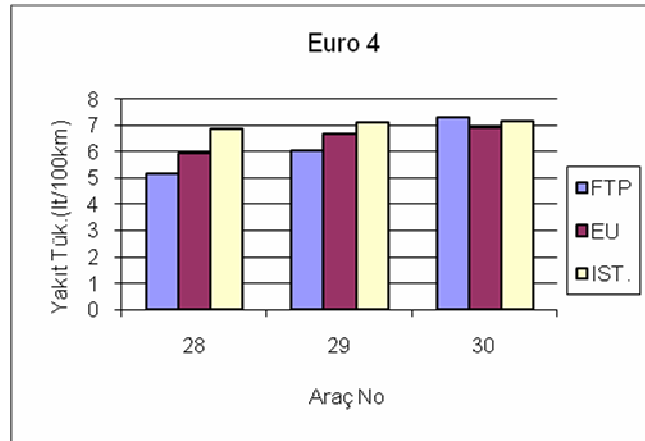
**Çizelge 7.28 : EURO 4 taşıtların CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketim değerlerinin karşılaştırılması**

Çevrim:	EURO 4					
	FTP		EU		IST.	
	CO <sub>2</sub> (g/km)	Yakıt Tüketimi (lt/100km)	CO <sub>2</sub> (g/km)	Yakıt Tüketimi (lt/100km)	CO <sub>2</sub> (g/km)	Yakıt Tüketimi (lt/100km)
En yüksek	170.9	7.33	163.7	6.95	169	7.19
En düşük	122.5	5.18	140.7	5.95	162.3	6.88
Ortalama	<b>144.9</b>	<b>6.18</b>	<b>153.6</b>	<b>6.52</b>	<b>164.7</b>	<b>7.06</b>

EURO 4 araçlarda CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketim değerlerinin araç bazında dağılımları Şekil 7.29 ve 7.30'da gösterilmiştir.



**Şekil 7.29 : EURO 4 taşıtlarda CO<sub>2</sub> emisyonu kıyaslaması**



**Şekil 7.30 : EURO 4 taşıtlarda yakıt tüketim değerleri kıyaslaması**

Tüm araçlar için genel ortalamaya bakıldığında en yüksek CO<sub>2</sub> değerleri yine İstanbul çevriminde tespit edilmiştir. En düşük CO<sub>2</sub> değerleri ise ABD çevrimde gözlenmiştir. CO<sub>2</sub>'nin ortalama değeri AB'de 2007 yılında satılan araçlarda 158 g/km idi. Bizdeki EURO 4 araçların bu değerin altında kalması dikkat çekici bir sonuçtur. Bunun sebebi olarak, bu çalışmada test edilen EURO 4 araçların motor hacimlerinin 1600 cm<sup>3</sup>'ü geçmemesi olarak gösterilebilir. Burada dikkat edilecek bir

husus CO emisyonu çok yüksek olan 1, 4, 9 ve 15 numaralı araçların CO<sub>2</sub> emisyonlarının düşük çıkmasıdır. Bunun nedeni yakıtın karbonunun CO<sub>2</sub>'ye dönüşmeden CO halinde egzozdan dışarı atılmasıdır. [15]

CO<sub>2</sub> değerleri incelendiğinde, İstanbul çevriminin Avrupa çevriminden farkı EKB araçlarda -%6.9, 15.04'lerde +%0.02, EURO 1'lerde +%0.8, EURO 3'lerde +%2.7, EURO 4'lerde ise +%7.2'dir.

Yakıt tüketim değerlerinde ise, İstanbul çevrimi değerleri en yüksek, ABD çevrimi değerleri ise en düşük çıkmıştır. Yakıt tüketimi değerleri incelendiğinde, İstanbul çevriminin Avrupa çevriminden farkı EKB araçlarda +%11.6, 15.04'lerde +%4.9, EURO 1'lerde +%4.6, EURO 3'lerde +%5.1 ve EURO 4 emisyon sınıflarında ise +%8.2'dir.

## **7.5 Avrupa Birliği'ndeki Emisyon Faktörlerinden Sapmalar**

Bir aracın üretiminden veya ithalinden önce, tip testi ile emisyon ve yakıt tüketimi kontrollerinin yapıldığı ve belirli standartlara uyması halinde üretimine veya ithaline izin verildiği bölüm 3'te belirtilmiştir. Ancak yıllar geçtikçe araçların yıpranmalarına bağlı olarak, emisyon faktörlerinde sapmalar meydana gelmektedir.

### **7.5.1 HC emisyonu için sapmalar**

HC emisyonunun sınırlandırılması, EURO 3 emisyon sınıfından sonra başlamıştır. Avrupa Birliği EURO 3 standardına göre benzinli taşıtlarda HC emisyonu sınırı 0.2 g/km, EURO 4 standardına göre ise 0.1 g/km olarak belirlenmiştir. Test edilen araçlarda ortalama HC emisyonu değeri EURO 3'lerde 0.521, EURO 4'lerde ise 0.05 olarak ölçülmüştür. Yani EURO 3 emisyon sınıfındaki sapma %160 olup, EURO 4 sınıfında ise sapma meydana gelmemiş, tersine beklenenden daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlarda dikkat edilmesi gereken bir nokta, EURO 3'lerde bu kadar yüksek sapmanın meydana gelmesinin sebebi 26 no'lu araçtır. 26 no'lu aracın HC emisyon değeri 1.588 olup, bu araç ortalamadan çıkarıldığı takdirde yeni ortalama 0.254 olup, yeni sapma miktarı ise %27'ye gerilemektedir.

### 7.5.2 CO emisyonu için sapmalar

CO emisyonuna getirilen sınırlamalar EURO 1 emisyon standardından bu yana geçerlidir. Avrupa Birliği emisyon standartlarına göre CO sınır değerleri Çizelge 3.4'te görüldüğü üzere EURO 1 araçlarda 2.72, EURO 2 araçlarda 2.2, EURO 3 araçlarda 2.3, EURO 4 araçlarda ise 1 g/km'dir. Test edilen araçların ortalama CO emisyon değerleri ise, EURO 1 için 3.39, EURO 3 için 3.74, EURO 4 için ise 0.52'dir. Böylece sapmalar EURO 1 araçlar için %24.6, EURO 3 araçlar için %62.6'dır. EURO 4 araçlarda çıkan ortalama sonuçlar, sınır değerlerinden daha düşük çıkmıştır.

### 7.5.3 NO<sub>x</sub> emisyonu için sapmalar

Avrupa Birliği standartlarında NO<sub>x</sub> emisyonu sınır değerleri EURO 3 taşıtlarda 0.15 g/km, EURO 4 taşıtlarda ise 0.08 g/km'dir. Testler sonucunda çıkan ortalama değerler ise EURO 3 taşıtlarda 0.40 g/km, EURO 4 taşıtlarda ise 0.047 g/km'dir. Bu sonuçlara göre sapma miktarları EURO 3 araçlarda %167 olmaktadır. Fakat bu sapmanın bu kadar yüksek çıkmasının nedeni 26 no'lu araçtır. 26 no'lu aracın NO<sub>x</sub> değeri 1.23 olup, bu araç ortalamaya katılmadığı takdirde yeni ortalama 0.19 olmakta sapma değeri ise %27'ye düşmektedir. EURO 4 taşıtlarda ise test sonuçları emisyon standartlarına uygun çıkmıştır.

### 7.5.4 HC+NO<sub>x</sub> emisyonu için sapmalar

Avrupa birliği emisyon standartlarına göre HC+NO<sub>x</sub>'in EURO 1 taşıtlarda sınır değeri 0.97'dir. Test edilen EURO 1 taşıtların ortalama HC+NO<sub>x</sub> emisyonu 1.37 çıkmıştır. Avrupa Birliği emisyon faktörlerine göre sapma EURO 1 araçlarda %41'dir. EURO 1 emisyon standardından sonra HC+NO<sub>x</sub> emisyonları toplamı regülasyonlarda bulunmamaktadır. EURO 3 emisyon standardı itibari ile HC ve NO<sub>x</sub> emisyonlarının sınır değerleri ayrı ayrı belirlenmiştir.

Bu sapmalar ile hazırlanmış kötüleşme katsayıları Çizelge 7.29'da gösterilmiştir.

**Çizelge 7.29 : Avrupa Birliği çevriminde standartlara göre kötüleşme katsayıları**

<b>Kötüleşme Katsayıları</b>			
<b>Kirletici</b>	<b>EURO I</b>	<b>EURO III</b>	<b>EURO IV</b>
<b>HC</b>	-	1.27	0.5
<b>CO</b>	1.25	1.63	0.52
<b>NO<sub>x</sub></b>	-	1.27	0.59
<b>HC+NO<sub>x</sub></b>	1.41	-	-

Burada düzeltme katsayısı 1'den küçük olan emisyon sınıflarında araçların emisyon değerleri regülasyonlara uygun çıkmıştır. Bu araçlar Çizelge 7.29'dan görüldüğü gibi EURO 4 araçlar olup, yıpranmamış, bakımları tam araçlardır. EURO 4 emisyon sınıfı öncesi araçlarda ise emisyon standartlarına göre ciddi sapmalar meydana gelmiştir. Buradan çıkaracağımız en önemli sonuç, araçlar eskidikçe egzozlarından çıkan kirletici emisyonların da kötüleştiği ve üretildiği zamanlardaki emisyon standartlarını artık karşılayamamalarıdır.



## 8. GÜVEN ARALIĞI TAHMİNİ

$\theta$  kitle parametresi,  $\hat{\theta}$  bu kitle parametresinin nokta tahmincisini ve  $\theta$  aynı kitle parametresinin bir nokta tahminini gösterebilir. Örneklem büyüklüğü ne olursa olsun, örnekleme yapıldıktan sonra  $\hat{\theta}$ 'nin alacağı değerin yani nokta tahmini  $\theta$ 'nın kitle parametresi  $\theta$ 'ya tam olarak eşit olması beklenmemektedir. Çünkü nokta tahmincisi bir örneklem istatistiği olup, sayılamayan sonsuz sayıda noktadan oluştuğu düşünülen bir sürekli dağılımda tek bir noktanın gerçekleşme olasılığı teorik olarak sıfır kabul edilmektedir. Kısaca  $P[\theta = \hat{\theta}] = 0$  yazılabilir. Burada P, oranı göstermektedir. Öyleyse bir kitle parametresi tahmininin tek bir değer ile ifade edilmesi güvenilir bir çıkarıma olamaz, yani bu türden bir çıkarıma “sıfır” güvenle ifade edilebilir. Çıkarımın güven düzeyini yükseltmenin tek yolu tahminin belirli bir hata payı ( $e$ ) içereceğini kabul etmek ve  $\hat{\theta}$  etrafında bir hata aralığı oluşturmaktır. Böyle bir  $[\hat{\theta} - e, \hat{\theta} + e]$  aralığı  $\theta$ 'nın aralık tahmincisi olarak adlandırılmaktadır. Aralık tahmininin örneklemeden sonra gerçekleşen değeri yani  $[\theta - e, \theta + e]$  aralığı ise  $\theta$ 'nın aralık tahmini olmaktadır.  $\theta$ 'nın aralığına düşme olasılığı  $e$ 'nin alacağı değere bağlı olup,  $\hat{\theta}$ 'nin örnekleme dağılımı bilindiğinde bu olasılık hesaplanabilir.

Kitle ortalaması  $\mu$ 'ye ilişkin çıkarıma yaparken,  $\mu$ 'nün tek bir değer ( $\bar{x}$ ) alacağını sıfır güvenle

$$P[\mu = \bar{x}] = 0 \quad (8.1)$$

ifade etmektedir.

Genel olarak ifade edildiğinde;

$$P[\hat{\theta} - e \leq \theta \leq \hat{\theta} + e] = 1 - \alpha \quad (8.2)$$

Denklem 8.2'de  $(1 - \alpha)$ ,  $\theta$ 'nın  $[\hat{\theta} - e, \hat{\theta} + e]$  aralığına düşme olasılığını göstermektedir. Buradan parantezin içi nokta tahmini  $\theta$  için yazılırsa aşağıdaki eşitlik sağlanır.

$$\theta - e \leq \theta \leq \theta + e \quad (8.3)$$

$\theta$  için  $\%100(1-\alpha)$  güven aralığı elde edilir.  $(1-\alpha), [\theta-e, \theta+e]$  aralık tahminine olan güven düzeyini göstermektedir.

İdeal bir güven aralığı  $e$ 'nin minimum,  $(1-\alpha)$ 'nın maksimum olduğu bir aralıktır.

Kitle ortalaması  $\mu$ 'nün güven aralığı oluşturulurken örneklem ortalaması  $\bar{X}$ 'ya ve  $\bar{X}$ 'nin örnekleme dağılımına başvurulacaktır.  $\bar{X}$ 'nin örnekleme dağılımını belirleyen faktörler; kitlenin dağılımı, kitle varyansının bilinip bilinmemesi ve örneklem büyüklüğüdür. Güven aralıkları oluşturulurken de bu faktörler göz önünde bulundurulmaktadır. [20]

*Kitle dağılımı normal: Kitle varyansı biliniyor*

$$P\left[\bar{X} - z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{X} + z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right] = 1 - \alpha \quad (8.4)$$

Parantezin içini nokta tahmini  $\bar{X}$  için yazılırsa;

$\mu$  için  $\%100(1-\alpha)$  güven aralığı denklem 8.5'teki gibidir.

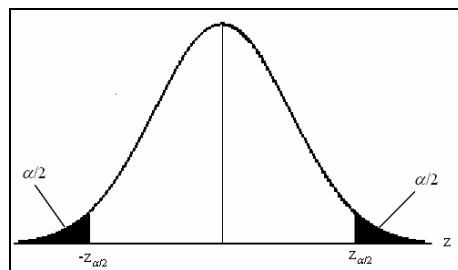
$$\bar{X} - z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{X} + z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (8.5)$$

Burada  $n$ , gözlem sayısıdır.

Aynı aralık  $\left[\bar{X} - z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \bar{X} + z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right]$  olarak da ifade edilebilir.

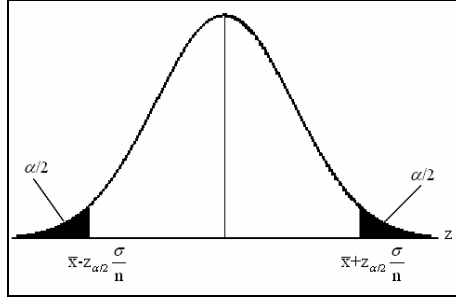
$\bar{X} \pm z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$  değerleri ise güven sınırlarıdır.

Standart normal dağılım ve  $\pm z_{\alpha/2}$  değerleri Şekil 8.1'de gösterilmektedir.



**Şekil 8.1:** Standart normal dağılım ve  $\pm z_{\alpha/2}$  değerleri [20]

$\bar{X}$ 'nin örnekleme dağılımında güven sınırları ise Şekil 8.2'de gösterilmiştir.



**Şekil 8.2:**  $\bar{X}$  'in örnekleme dağılımında güven sınırları [20]

*Kitle dağılımı normal, kitle varyansı bilinmiyor:*

Kitlenin normal dağıldığı ancak kitle varyansının bilinmediği durumda  $\mu$  için  $\%100(1 - \alpha)$  güven aralığı denklem 8.6'da ifade edilmektedir.

$$\bar{X} - t_{\alpha/2} \frac{S}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{X} + t_{\alpha/2} \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (8.6)$$

Bu çalışmada, CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketimi sonuçları açısından tespit değerlerinin güven aralığı hesaplamaları yapılmıştır. Bu hesaplamalar, araçların ait oldukları emisyon sınıfları dikkate alınarak yapılmıştır. Fakat EURO 1, EURO 3 ve EURO 4 emisyon sınıflarında istatistiki çalışmayı anlamlı kılacak düzeyde bir gözlem kümesine sahip olunmamasından dolayı, bu üç emisyon sınıfındaki araçların güven aralığı hesabı beraber yapılmıştır.

#### *Tanımlayıcı Örnek İstatistikleri*

Tüm bilimsel ve teknolojik alanlarda ilk ve temel basamak, üzerinde çalışılan konunun (değişkenin) tanınması basamağıdır. Bilimsel tanımları yeterli ve açık bir şekilde yapılmayan çalışmaların geçerliği sağlanamaz. İlgili değişkeni tanımak amacı ile alınan örneğin büyüklüğü arttıkça, bu gözlemler ile değişken hakkında bilgi edinmenin gücü de artmaktadır. Bu nedenden dolayı gözlem verilerini özetlemek ve başka çalışmalarla kıyaslamak gerekir. Verilerin özetlenmesi üç şekilde mümkün olup bunlar; tablo şeklinde, grafiklerle ve sayısal özetlemedir. Örnek verilerini kullanarak frekans dağılımlarını sayısal olarak özetleyen değerlere tanımlayıcı örnek istatistikleri adı verilir. [21]

Bu çalışmada güven aralığı hesabı yapılırken tanımlayıcı istatistiklerden aritmetik ortalama, standart sapma, ortanca, çarpıklık, basıklık hesaplanmıştır.



### *Aritmetik ortalama:*

En çok bilinen ve kullanılan istatistik aritmetik ortalamadır. Sadece ortalama olarak da kullanılır. Aritmetik ortalama, tüm gözlemlerin toplanması ve toplamın gözlem sayısına bölünmesi ile hesaplanır. [21]

$x_1$ ; herhangi bir X değişkeni için yapılan teksele gözlemi, n; örneklem büyüklüğünü,  $x_1, x_2, \dots, x_n$  ise tüm gözlemleri ifade ederse, gözlemlerin toplamı,

$$\sum_{i=1}^{i=n} x_i = x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n \quad (8.7)$$

Bir X değişkeninin aritmetik ortalaması ( $\mu$ ) ;

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} x_i = \frac{1}{n} \sum x \quad (8.8)$$

### *Standart Sapma:*

Standart sapma, değerlerin ortalama değerden ne kadar uzaklaştığının ölçümüdür,  $\sigma$  ile gösterilir.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (x - \mu)^2} \quad (8.9)$$

### *Ortanca (Medyan):*

Ortanca, bir değişken için yapılan gözlemlerin büyükten küçüğe (veya küçükten büyüğe) sıralanmasından sonra kendisinden küçük veya kendisinden büyük eşit sayıda gözlem bırakan değere denir ve M ile gösterilir. Buna göre ortanca frekans dağılımını iki eşit kısma böler.

### *Çarpıklık:*

Çarpıklık, bir dağılımın ortalaması etrafındaki asimetri derecesini belirtir. Pozitif ve negatif olmak üzere iki tip çarpıklık mevcuttur. Pozitif çarpıklık, asimetric ucu daha yüksek pozitif değerlere doğru genişleyen bir çarpıklığı belirtir. Negatif çarpıklık ise, asimetric ucu daha düşük negatif değerlere doğru genişleyen bir dağılımı belirtir. Çarpıklık denklemi, denklem 'da gösterilmiştir.

$$\text{Çarpıklık} = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum \left( \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \right)^3 \quad (8.10)$$

*Basıklık:*

Basıklık, normal dağılımla karşılaştırıldığında, bir dağılımın göreceli dikliğini ya da düzlüğünü verir. Pozitif basıklık, görece dik bir dağılımı belirtir. Negatif basıklık ise görece düz bir dağılımı belirtir.

Basıklık denkleminin;

$$\text{Basıklık} = \left\{ \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-1)(n-3)} \sum \left( \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \right)^4 \right\} - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)} \quad (8.11)$$

*Güven Aralığı Üst ve Alt Değer:*

Güven aralığı alt ve üst değerlerinin hesaplanmasında  $\bar{X} \pm z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$  güven sınırları denklemin kullanılmıştır. Bu çalışmadaki güven aralığı hesapları %95'lik güven aralığı oluşturularak yapılmıştır, yani güven düzeyi  $(1 - \alpha)$  için 0.95 değeri kullanılmıştır.  $1 - \alpha = 0.95$  olduğu için  $\alpha/2 = 0.025$  olur.  $Z_{0.025}$  değeri standart normal dağılımının ucunda 0.025'lik alan bırakan z değeridir. Bu değer Çizelge 8.1'den görüldüğü üzere 1.96 olarak bulunur.

**Çizelge 8.1:** Çeşitli  $1 - \alpha$  değerlerine karşılık gelen  $z_{\alpha/2}$  değerleri

$1 - \alpha$	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	0.99
$z_{\alpha/2}$	1.15	1.28	1.44	1.64	1.96	2.58

Yani,  $\mu$  için %95'lik güven aralığı;

$$\left[ \bar{X} - 1.96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \bar{X} + 1.96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right] \text{ olur.}$$

Güven aralığı alt ve üst değerler hesaplanırken bu denklem kullanılmıştır.

Yapılan hesaplamalarda ortalama değerler ile ortancalar arasındaki farkların istatistiksel olarak ihmal edilebilecek düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle hesaplamalarda ortalama değerler kullanılmıştır.

## 8.1 EKB Araçlarda Güven Aralığı Hesabı

### 8.1.1 ABD test çevrimi sonuçlarının güven aralığı hesabı

Çizelge 8.2’de EKB araçların ABD test çevrimindeki (FTP 75) CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketimi (Y.T.) değerlerinin özet tablosu verilmiştir.

**Çizelge 8.2:** EKB araçların FTP 75 çevrimindeki CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketimi değerleri

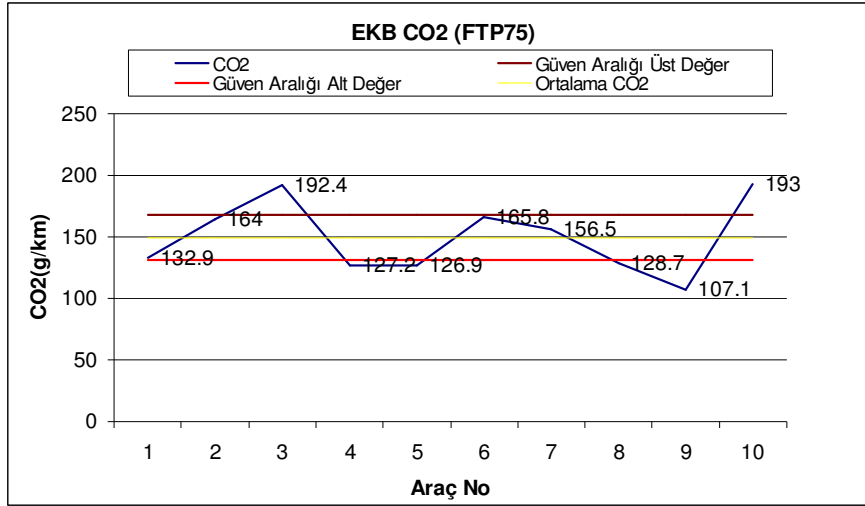
	<b>FTP 75</b>	
	<b>CO<sub>2</sub></b> <b>(g/km)</b>	<b>Y.T.</b> <b>(lt/100 km)</b>
<b>1</b>	132.9	10.08
<b>2</b>	164.0	7.59
<b>3</b>	192.4	9.30
<b>4</b>	127.2	8.44
<b>5</b>	126.9	5.90
<b>6</b>	165.8	7.49
<b>7</b>	156.5	7.66
<b>8</b>	128.7	6.29
<b>9</b>	107.1	7.42
<b>10</b>	193.0	8.83

Bu sonuçlar ile hesaplanan istatistiki değerler Çizelge 8.3’de gösterilmiştir.

**Çizelge 8.3:** EKB araçların FTP 75 çevrimindeki CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketimi sonuçlarının istatistiki değerleri

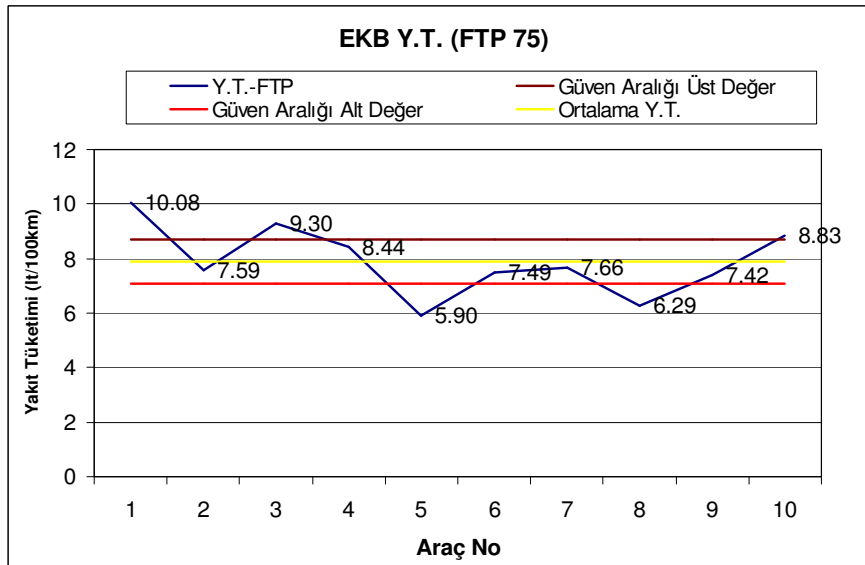
	<b>FTP 75</b>	
	<b>CO<sub>2</sub></b> <b>(g/km)</b>	<b>Y.T.</b> <b>(lt/100 km)</b>
<b>Ortalama</b>	149.5	7.9
<b>Standart Sapma</b>	29.4	1.3
<b>Ortanca</b>	144.7	7.63
<b>Çarpıklık</b>	0.3	0.1
<b>Basıklık</b>	-1.1	-0.4
<b>Maksimum</b>	193	10.08
<b>Minimum</b>	107.1	5.9
<b>Toplam</b>	1494.5	79
<b>Güven Aralığı Üst Değer</b>	167.7	8.7
<b>Güven Aralığı Alt Değer</b>	131.2	7.1
<b>Standart Sapma (%)</b>	19.7%	16.3%
<b>Gözlem Sayısı</b>	10	10
<b>Güven Aralığı</b>	± 12.2%	± 10.1%

EKB araçların FTP 75 çevrimindeki CO<sub>2</sub> sonuçlarının güven aralığı eğrileri Şekil 8.1’de gösterilmiştir.



**Şekil 8.1:** EKB araçların FTP 75 çevrimindeki CO<sub>2</sub> sonuçlarının güven aralığı eğrileri

EKB araçların FTP 75 çevrimindeki yakıt tüketimi sonuçlarının güven aralığı eğrileri ise Şekil 8.2’de gösterilmiştir.



**Şekil 8.2:** EKB araçların FTP 75 çevrimindeki yakıt tüketimi sonuçlarının güven aralığı eğrileri

### 8.1.2 Avrupa Birliği test çevrimi sonuçlarının güven aralığı hesabı

Çizelge 8.4’de EKB araçların Avrupa Birliği çevrimindeki CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketimi değerlerinin özet tablosu gösterilmiştir.

**Çizelge 8.4:** EKB araçların Avrupa Birliği çevrimindeki CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketimi değerleri

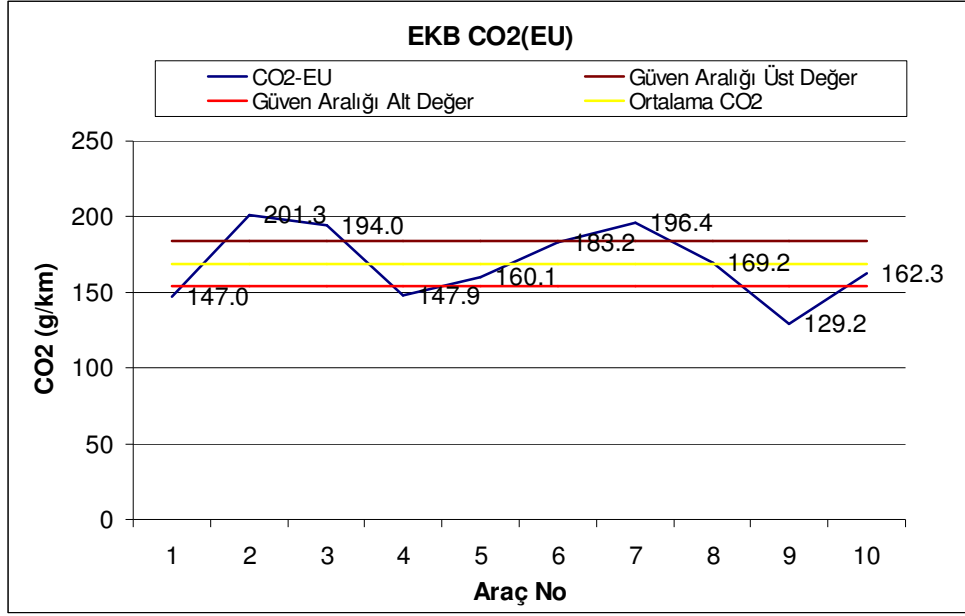
<b>EU</b>	
<b>CO<sub>2</sub></b> <b>(g/km)</b>	<b>Y.T.</b> <b>(lt/100 km)</b>
147.0	10.08
201.3	9.01
194.0	9.14
147.9	9.98
160.1	7.21
183.2	8.17
196.4	9.12
169.2	7.84
129.2	7.99
162.3	7.46

Bu sonuçlar ile hesaplanan istatistiki değerler Çizelge 8.5’de gösterilmiştir.

**Çizelge 8.5:** EKB araçların Avrupa Birliği çevrimindeki CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketimi sonuçlarının istatistiki değerleri

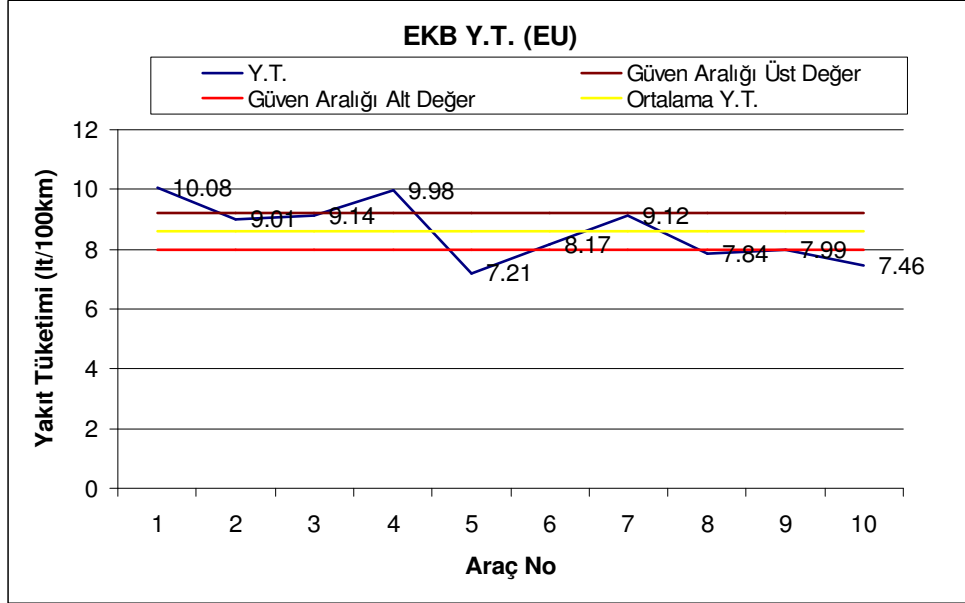
<b>EU</b>		
	<b>CO<sub>2</sub></b> <b>(g/km)</b>	<b>Y.T.</b> <b>(lt/100 km)</b>
<b>Ortalama</b>	169.1	8.6
<b>Standart Sapma</b>	24.2	1.0
<b>Ortanca</b>	165.75	8.59
<b>Çarpıklık</b>	-0.1	0.2
<b>Basıklık</b>	-1.1	-1.3
<b>Maksimum</b>	201.3	10.08
<b>Minimum</b>	129.2	7.21
<b>Toplam</b>	1690.6	86.0
<b>Güven Aralığı Üst Değer</b>	184	9.2
<b>Güven Aralığı Alt Değer</b>	154.1	8
<b>Standart Sapma (%)</b>	14.3%	11.8%
<b>Gözlem Sayısı</b>	10	10
<b>Güven Aralığı</b>	± 8.9%	± 7.3%

EKB araçların Avrupa Birliği çevrimindeki CO<sub>2</sub> sonuçlarının güven aralığı eğrileri Şekil 8.3’de gösterilmiştir.



**Şekil 8.3:** EKB araçların Avrupa Birliği çevrimindeki CO<sub>2</sub> sonuçlarının güven aralığı eğrileri

Yakıt tüketimi sonuçlarının güven aralığı eğrileri ise Şekil 8.4’de gösterilmiştir.



**Şekil 8.4:** EKB araçların Avrupa Birliği çevrimindeki yakıt tüketimi sonuçlarının güven aralığı eğrileri

### 8.1.3 İstanbul şehir çevrimi sonuçlarının güven aralığı hesabı

EKB araçların İstanbul şehir çevrimindeki CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketimi değerlerinin özet tablosu Çizelge 8.6’da gösterilmiştir.

**Çizelge 8.6:** EKB araçların İstanbul şehir çevrimindeki CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketimi değerleri

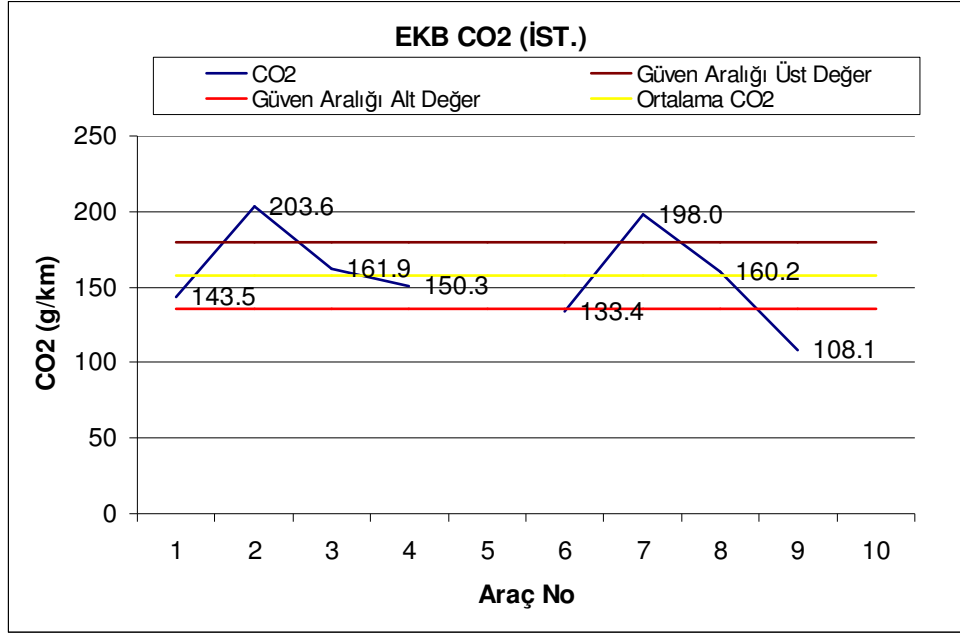
	<b>İST.</b>	
	<b>CO<sub>2</sub></b> <b>(g/km)</b>	<b>Y.T.</b> <b>(l/100km)</b>
<b>1</b>	143.5	10.37
<b>2</b>	203.6	10.05
<b>3</b>	161.9	8.82
<b>4</b>	150.3	8.26
<b>5</b>		
<b>6</b>	133.4	12.93
<b>7</b>	198.0	10.23
<b>8</b>	160.2	8.22
<b>9</b>	108.1	7.98
<b>10</b>		

Bu sonuçlar ile hesaplanan istatistiki değerler Çizelge 8.7’de gösterilmiştir.

**Çizelge 8.7:** EKB araçların İstanbul şehir çevrimindeki CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketimi sonuçlarının istatistiki değerleri

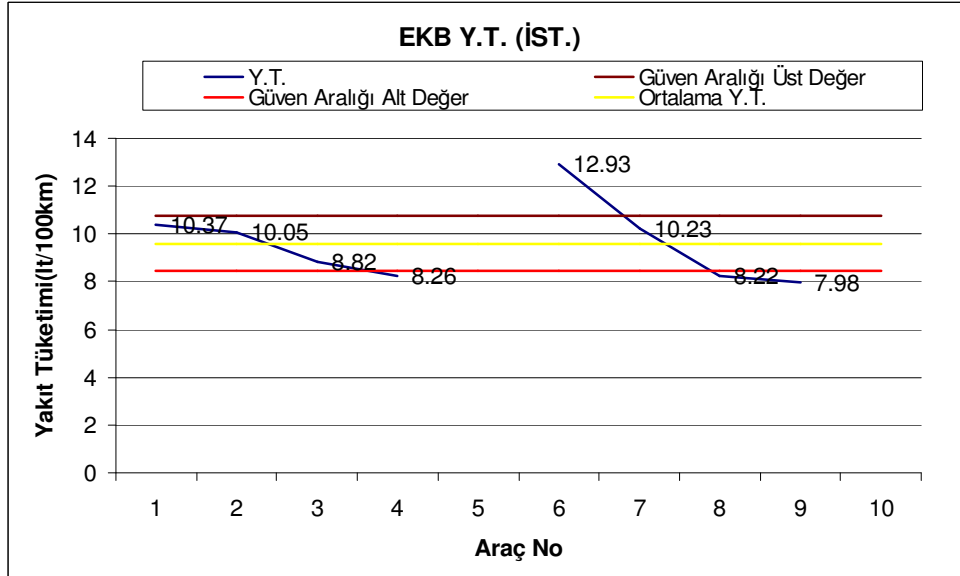
	<b>İST.</b>	
	<b>CO<sub>2</sub></b> <b>(g/km)</b>	<b>Y.T.</b> <b>(lt/100km)</b>
<b>Ortalama</b>	157.4	9.6
<b>Standart Sapma</b>	31.8	1.7
<b>Ortanca</b>	155.25	9.44
<b>Çarpıklık</b>	0.2	1.2
<b>Basıklık</b>	-0.3	1.3
<b>Maksimum</b>	203.6	12.93
<b>Minimum</b>	108.1	7.98
<b>Toplam</b>	1259	76.86
<b>Güven Aralığı Üst Değer</b>	179.4	10.8
<b>Güven Aralığı Alt Değer</b>	135.4	8.5
<b>Standart Sapma (%)</b>	20.2%	17.2%
<b>Gözlem Sayısı</b>	8	8
<b>Güven Aralığı</b>	± 14.0%	± 11.9%

EKB araçların İstanbul şehir çevrimindeki CO<sub>2</sub> sonuçlarının güven aralığı eğrileri Şekil 8.5’de gösterilmiştir.



Şekil 8.5: EKB araçların İstanbul şehir çevrimindeki CO<sub>2</sub> sonuçlarının güven aralığı eğrileri

Yakıt tüketimi sonuçlarının güven aralığı eğrileri ise Şekil 8.6'da gösterilmiştir.



Şekil 8.6: EKB araçların İstanbul şehir çevrimindeki yakıt tüketimi sonuçlarının güven aralığı eğrileri

#### 15.04 Araçlarda Güven Aralığı Hesabı

##### 8.2.1 ABD test çevrimi sonuçlarının güven aralığı hesabı

15.04 araçların FTP 75 çevrimindeki CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketimi sonuçlarının özet tablosu Çizelge 8.8'de gösterilmiştir.



**Çizelge 8.8:** 15.04 araçların FTP 75 çevrimindeki CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketimi değerleri

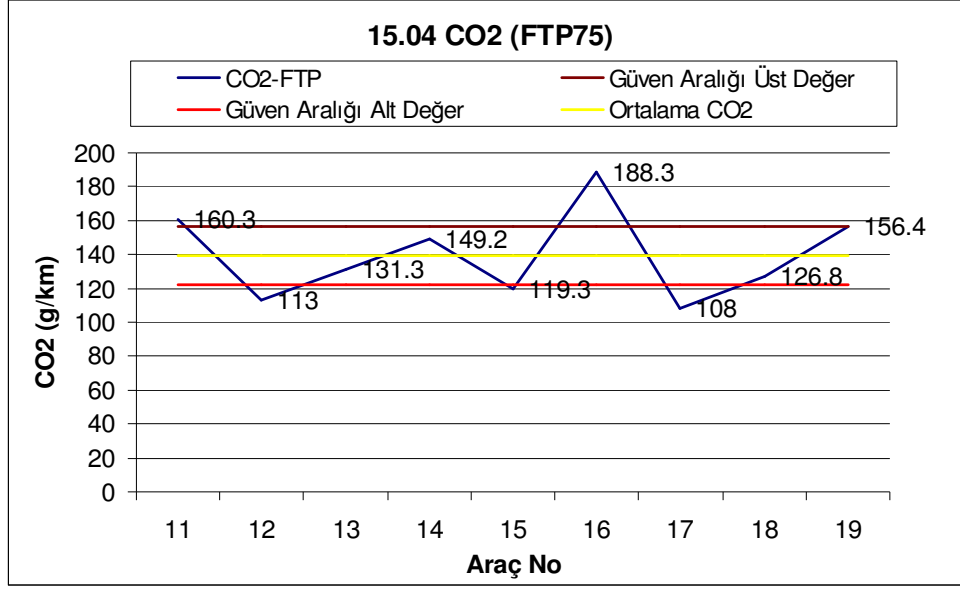
<b>FTP 75</b>		
	<b>CO<sub>2</sub></b> <b>(g/km)</b>	<b>Y.T.</b> <b>(lt/100km)</b>
<b>11</b>	160.3	7.37
<b>12</b>	113.0	5.31
<b>13</b>	131.3	5.91
<b>14</b>	149.2	6.96
<b>15</b>	119.3	9.33
<b>16</b>	188.3	8.20
<b>17</b>	108.0	4.81
<b>18</b>	126.8	5.64
<b>19</b>	156.4	7.39

Bu sonuçlar ile hesaplanan istatistiki değerler ise Çizelge 8.9’da gösterilmiştir.

**Çizelge 8.9:** 15.04 araçların FTP 75 çevrimindeki CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketimi sonuçlarının istatistiki değerleri

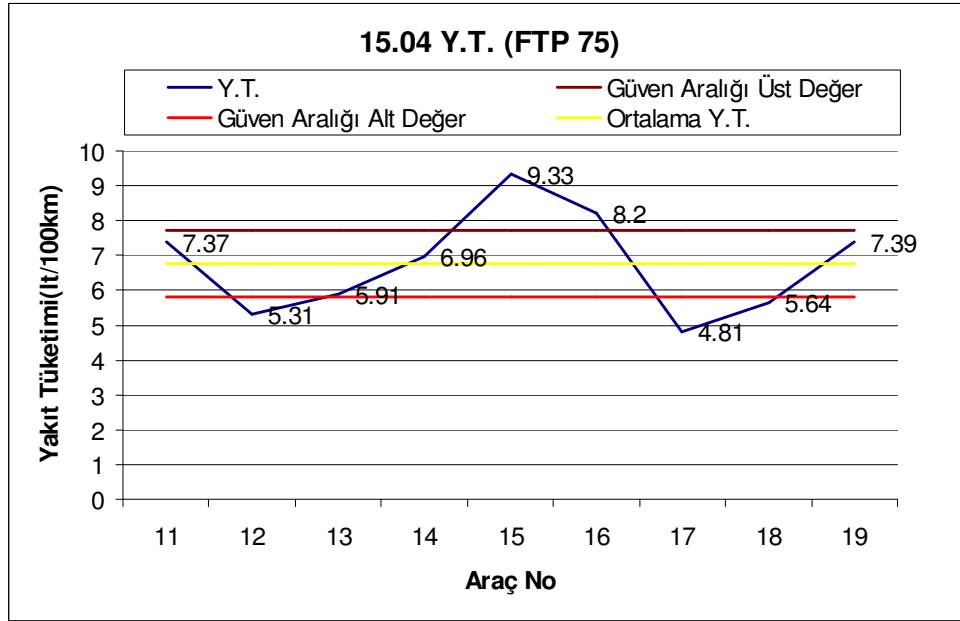
<b>FTP 75</b>		
	<b>CO<sub>2</sub></b> <b>(g/km)</b>	<b>Y.T.</b> <b>(lt/100km)</b>
<b>Ortalama</b>	139.2	6.8
<b>Standart Sapma</b>	26.3	1.5
<b>Ortanca</b>	131.3	6.96
<b>Çarpıklık</b>	0.67	0.38
<b>Basıklık</b>	-0.24	-0.65
<b>Maksimum</b>	188.3	9.33
<b>Minimum</b>	108.0	4.81
<b>Toplam</b>	1252.6	60.9
<b>Güven Aralığı Üst Değer</b>	156.3	7.7
<b>Güven Aralığı Alt Değer</b>	122	5.8
<b>Standart Sapma (%)</b>	18.9%	21.8%
<b>Gözlem Sayısı</b>	9	9
<b>Güven Aralığı</b>	± 12.3%	± 14.2%

15.04 araçların FTP 75 çevrimindeki CO<sub>2</sub> sonuçlarının güven aralığı eğrileri Şekil 8.7’de gösterilmiştir.



Şekil 8.7: 15.04 araçların FTP 75 çevrimindeki CO<sub>2</sub> sonuçlarının güven aralığı eğrileri

Yakıt tüketimi sonuçlarının güven aralığı eğrileri ise Şekil 8.8’de gösterilmiştir.



Şekil 8.8: 15.04 araçların FTP 75 çevrimindeki yakıt tüketimi sonuçlarının güven aralığı eğrileri

### 8.2.2 Avrupa Birliği test çevrimi sonuçlarının güven aralığı hesabı

15.04 araçların Avrupa Birliği çevrimindeki CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketimi sonuçlarının özet tablosu Çizelge 8.10’da gösterilmiştir.

**Çizelge 8.10:** 15.04 araçların Avrupa Birliği çevrimindeki CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketimi değerleri

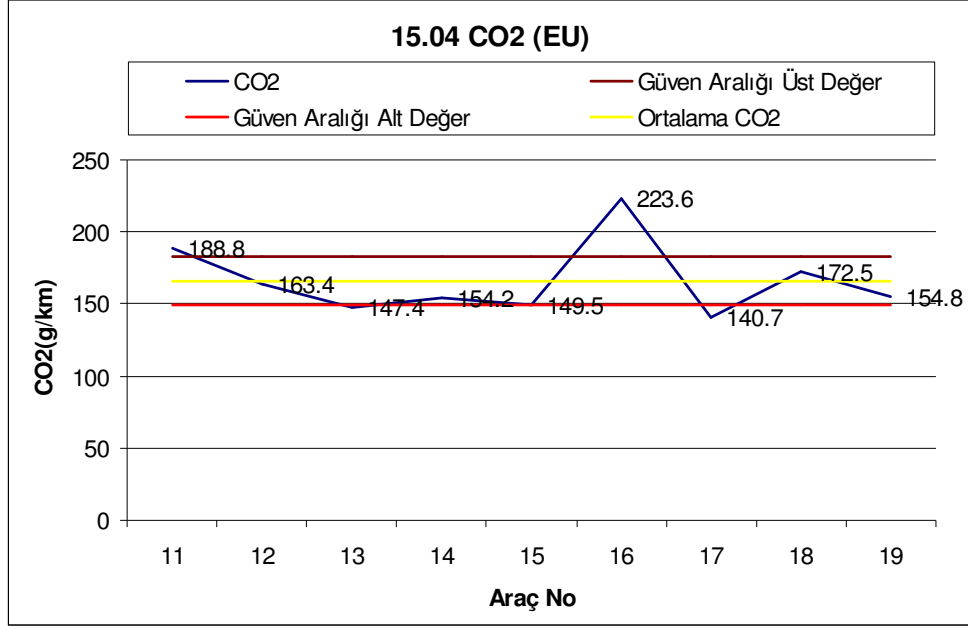
	<b>EU</b>	
	<b>CO<sub>2</sub></b> <b>(g/km)</b>	<b>Y.T.</b> <b>(lt/100km)</b>
<b>11</b>	188.8	8.63
<b>12</b>	163.4	7.4
<b>13</b>	147.4	6.44
<b>14</b>	154.2	7.1
<b>15</b>	149.5	10.54
<b>16</b>	223.6	9.62
<b>17</b>	140.7	6.13
<b>18</b>	172.5	7.56
<b>19</b>	154.8	7.09

Bu sonuçlar ile hesaplanan istatistiki değerler Çizelge 8.11’de gösterilmiştir.

**Çizelge 8.11:** 15.04 araçların Avrupa Birliği çevrimindeki CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketimi sonuçlarının istatistiki değerleri

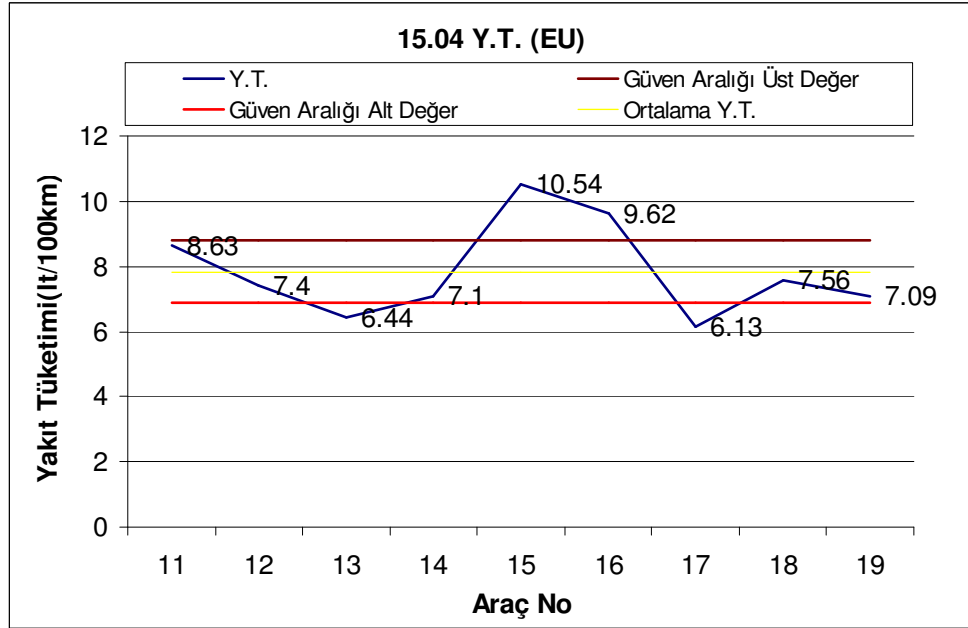
	<b>EU</b>	
	<b>CO<sub>2</sub></b> <b>(g/km)</b>	<b>Y.T.</b> <b>(lt/100km)</b>
<b>Ortalama</b>	166.1	7.8
<b>Standart Sapma</b>	26	1.5
<b>Ortanca</b>	154.8	7.4
<b>Çarpıklık</b>	1.57	0.88
<b>Basıklık</b>	2.37	-0.19
<b>Maksimum</b>	223.6	10.54
<b>Minimum</b>	140.7	6.13
<b>Toplam</b>	1494.9	70.5
<b>Güven Aralığı Üst Değer</b>	183.1	8.8
<b>Güven Aralığı Alt Değer</b>	149.1	6.9
<b>Standart Sapma (%)</b>	15.7%	18.8%
<b>Gözlem Sayısı</b>	9	9
<b>Güven Aralığı</b>	± 10.2%	± 12.3%

15.04 araçların Avrupa Birliği çevrimindeki CO<sub>2</sub> sonuçlarının güven aralığı eğrileri Şekil 8.9’da gösterilmiştir.



**Şekil 8.9:** 15.04 araçların Avrupa Birliği çevrimindeki CO<sub>2</sub> sonuçlarının güven aralığı eğrileri

Yakıt tüketimi değerlerinin güven aralığı eğrileri ise Şekil 8.10'da gösterilmiştir.



**Şekil 8.10:** 15.04 araçların Avrupa Birliği çevrimindeki yakıt tüketimi sonuçlarının güven aralığı eğrileri

### 8.2.3 İstanbul şehir çevrimi sonuçlarının güven aralığı hesabı

15.04 araçların İstanbul şehir çevrimindeki CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketimi sonuçlarının özet tablosu Çizelge 8.12'de gösterilmiştir.

**Çizelge 8.12:** 15.04 araçların İstanbul şehir çevrimindeki CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketimi değerleri

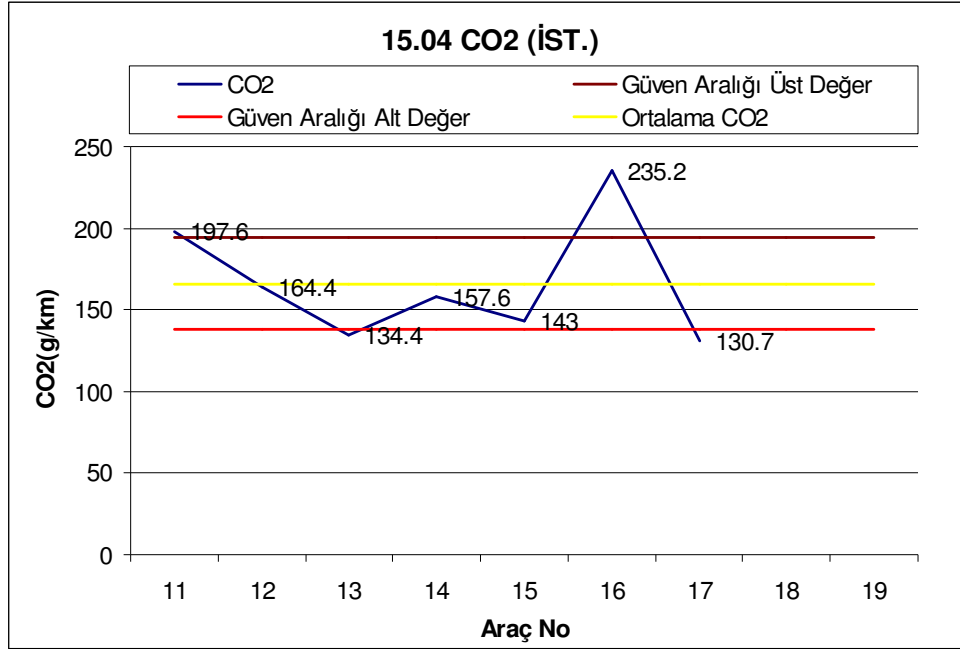
	<b>İST.</b>	
	<b>CO<sub>2</sub></b> <b>(g/km)</b>	<b>Y.T.</b> <b>(lt/100km)</b>
<b>11</b>	197.6	8.98
<b>12</b>	164.4	7.82
<b>13</b>	134.4	6.14
<b>14</b>	157.6	7.45
<b>15</b>	143.0	10.68
<b>16</b>	235.2	10.26
<b>17</b>	130.7	6.23
<b>18</b>		
<b>19</b>		

Bu sonuçlar ile hesaplanan istatistiki değerler Çizelge 8.13’de gösterilmiştir.

**Çizelge 8.13:** 15.04 araçların İstanbul şehir çevrimindeki CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketimi sonuçlarının istatistiki değerleri

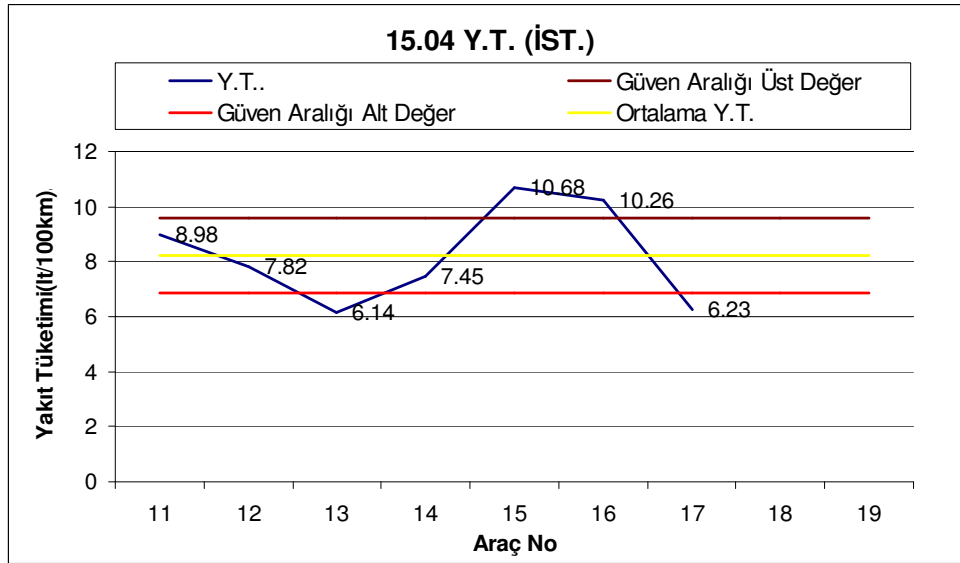
	<b>İST.</b>	
	<b>CO<sub>2</sub></b> <b>(g/km)</b>	<b>Y.T.</b> <b>(lt/100km)</b>
<b>Ortalama</b>	166.1	8.2
<b>Standart Sapma</b>	37.93	1.82
<b>Ortanca</b>	157.6	7.82
<b>Çarpıklık</b>	1.16	0.24
<b>Basıklık</b>	0.6	-1.6
<b>Maksimum</b>	235.2	10.68
<b>Minimum</b>	130.7	6.14
<b>Toplam</b>	1162.9	57.56
<b>Güven Aralığı Üst Değer</b>	194.2	9.6
<b>Güven Aralığı Alt Değer</b>	138.0	6.9
<b>Standart Sapma (%)</b>	22.8%	22.1%
<b>Gözlem Sayısı</b>	7	7
<b>Güven Aralığı</b>	± 16.9%	± 16.4%

15.04 araçların İstanbul şehir çevrimindeki CO<sub>2</sub> sonuçlarının güven aralığı eğrileri Şekil 8.11’de gösterilmiştir.



Şekil 8.11: 15.04 araçların İstanbul şehir çevrimindeki CO<sub>2</sub> sonuçlarının güven aralığı eğrileri

Yakıt tüketimi sonuçlarının güven aralığı eğrileri ise Şekil 8.12’de gösterilmiştir.



Şekil 8.12: 15.04 araçların İstanbul çevrimindeki yakıt tüketimi sonuçlarının güven aralığı eğrileri

### 8.3 EURO 1, EURO 3 ve EURO 4 Araçlarda Güven Aralığı Hesabı

EURO 1, EURO 3 ve EURO 4 araçlarda deney gözlem sayısı yeterli olmadığından ve bu emisyon sınıflarının deney sonuçlarının birbirlerine yakın olmalarından dolayı EURO 1, EURO 3 ve EURO 4 araçların güven aralığı hesabı beraber yapılmıştır.

### 8.3.1 FTP 75 çevrimi sonuçlarının güven aralığı hesabı

EURO 1, EURO 3 ve EURO 4 araçların İstanbul şehir çevrimindeki CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketimi sonuçlarının özet tablosu Çizelge 8.14’de gösterilmiştir.

**Çizelge 8.14:** EURO 1, EURO 3 ve EURO 4 araçların FTP 75 çevrimindeki CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketimi değerleri

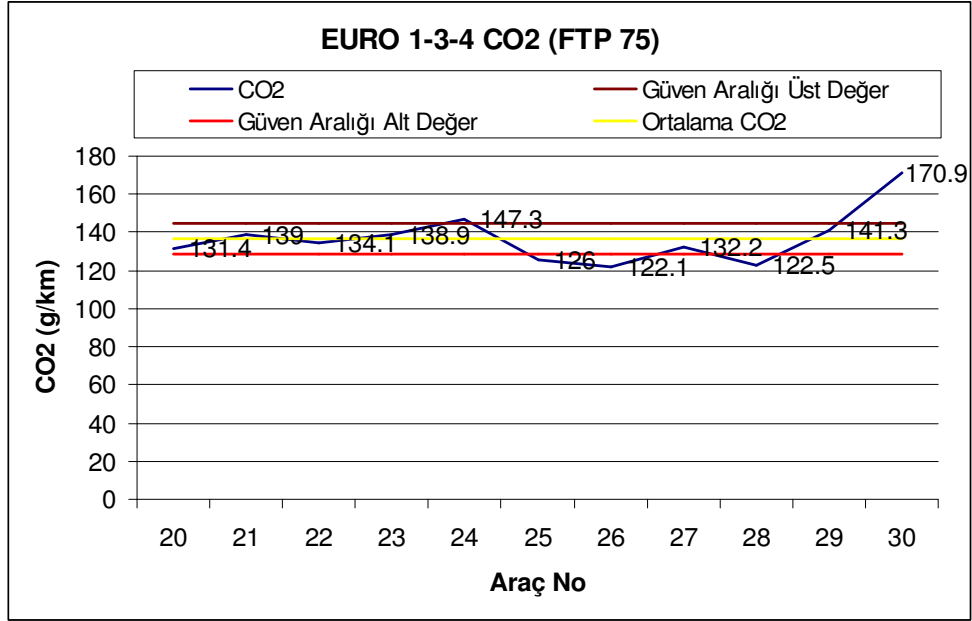
	<b>FTP 75</b>	
	<b>CO<sub>2</sub></b> <b>(g/km)</b>	<b>Y.T.</b> <b>(lt/100km)</b>
<b>20</b>	131.4	6.02
<b>21</b>	139.0	6.08
<b>22</b>	134.1	5.84
<b>23</b>	138.9	5.98
<b>24</b>	147.3	6.36
<b>25</b>	126.0	5.45
<b>26</b>	122.1	5.89
<b>27</b>	132.2	5.93
<b>28</b>	122.5	5.18
<b>29</b>	141.3	6.03
<b>30</b>	170.9	7.33

Bu sonuçlar ile hesaplanan istatistiki değerler Çizelge 8.15’de gösterilmiştir.

**Çizelge 8.15:** EURO 1, EURO 3 ve EURO 4 araçların FTP 75 çevrimindeki CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketimi sonuçlarının istatistiki değerleri

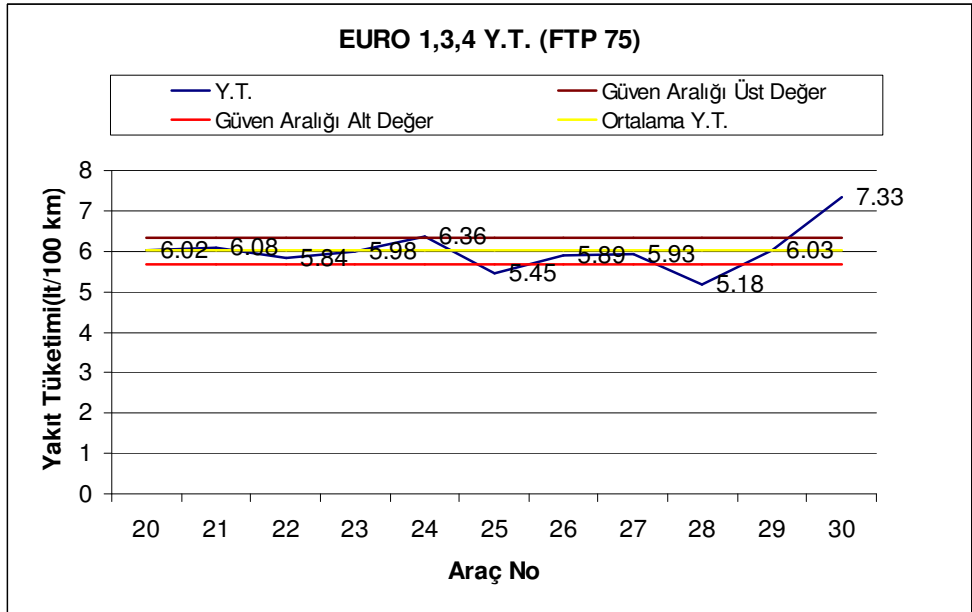
	<b>FTP 75</b>	
	<b>CO<sub>2</sub></b> <b>(g/km)</b>	<b>Y.T.</b> <b>(lt/100km)</b>
<b>Ortalama</b>	136.9	6.01
<b>Standart Sapma</b>	13.77	0.54
<b>Ortanca</b>	134.1	5.98
<b>Çarpıklık</b>	1.53	1.24
<b>Basıklık</b>	3.26	3.63
<b>Maksimum</b>	170.9	7.33
<b>Minimum</b>	122.1	5.18
<b>Toplam</b>	1505.7	66.09
<b>Güven Aralığı Üst Değer</b>	145.0	6.33
<b>Güven Aralığı Alt Değer</b>	128.7	5.69
<b>Standart Sapma (%)</b>	10.1%	9.0%
<b>Gözlem Sayısı</b>	11	11
<b>Güven Aralığı</b>	± 5.9%	± 5.3%

EURO 1, EURO 3 ve EURO 4 araçların FTP 75 çevrimindeki CO<sub>2</sub> sonuçlarının güven aralığı eğrileri Şekil 8.13’de gösterilmiştir.



Şekil 8.13: EURO 1, EURO 3 ve EURO 4 araçların FTP 75 çevrimindeki CO<sub>2</sub> sonuçlarının güven aralığı eğrileri

Yakıt tüketimi sonuçlarının güven aralığı eğrileri ise Şekil 8.14’de gösterilmiştir.



Şekil 8.14: EURO 1, EURO 3 ve EURO 4 araçların FTP 75 test çevrimindeki yakıt tüketimi sonuçlarının güven aralığı eğrileri

### 8.3.2 Avrupa Birliği çevrimi sonuçlarının güven aralığı hesabı

EURO 1, EURO 3 ve EURO 4 araçların Avrupa Birliği çevrimindeki CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketimi sonuçlarının özet tablosu Çizelge 8.16’da gösterilmiştir.



**Çizelge 8.16:** EURO 1, EURO 3 ve EURO 4 araçların Avrupa Birliği çevrimindeki CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketimi değerleri

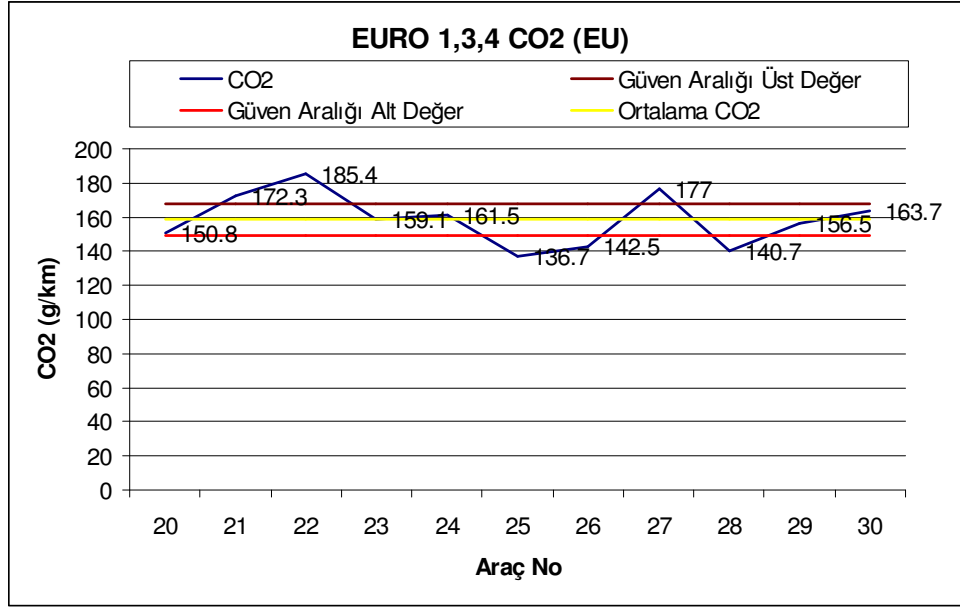
	<b>EU</b>	
	<b>CO<sub>2</sub></b> <b>(g/km)</b>	<b>Y.T.</b> <b>(lt/100km)</b>
<b>20</b>	150.8	6.86
<b>21</b>	172.3	7.58
<b>22</b>	185.4	7.94
<b>23</b>	159.1	6.86
<b>24</b>	161.5	6.92
<b>25</b>	136.7	5.84
<b>26</b>	142.5	6.7
<b>27</b>	177.0	8.03
<b>28</b>	140.7	5.95
<b>29</b>	156.5	6.67
<b>30</b>	163.7	6.95

Bu sonuçlar ile hesaplanan istatistiki değerler Çizelge 8.17’de gösterilmiştir.

**Çizelge 8.17:** EURO 1, EURO 3 ve EURO 4 araçların Avrupa Birliği çevrimindeki CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketimi sonuçlarının istatistiki değerleri

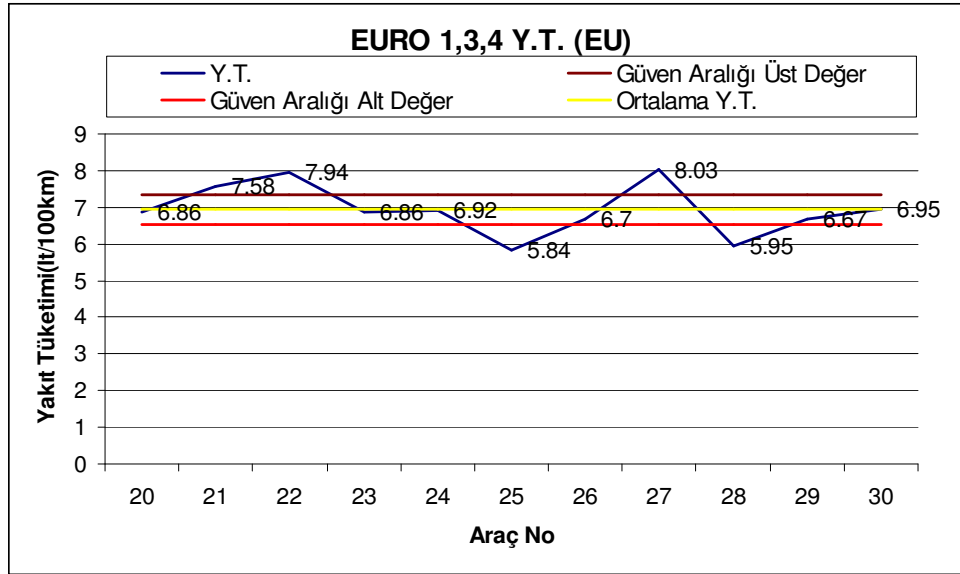
	<b>EU</b>	
	<b>CO<sub>2</sub></b> <b>(g/km)</b>	<b>Y.T.</b> <b>(lt/100km)</b>
<b>Ortalama</b>	158.7	6.94
<b>Standart Sapma</b>	15.5	0.7
<b>Ortanca</b>	159.1	6.86
<b>Çarpıklık</b>	0.21	0.1
<b>Basıklık</b>	-0.78	-0.39
<b>Maksimum</b>	185.4	8.03
<b>Minimum</b>	136.7	5.84
<b>Toplam</b>	1746.2	76.3
<b>Güven Aralığı Üst Değer</b>	167.9	7.35
<b>Güven Aralığı Alt Değer</b>	149.6	6.52
<b>Standart Sapma (%)</b>	9.8%	10.1%
<b>Gözlem Sayısı</b>	11	11
<b>Güven Aralığı</b>	±5.8%	±6.0%

EURO 1, EURO 3 ve EURO 4 araçların Avrupa Birliği çevrimindeki CO<sub>2</sub> sonuçlarının güven aralığı eğrileri Şekil 8.15’de gösterilmiştir.



**Şekil 8.15:** EURO 1, EURO 3 ve EURO 4 araçların Avrupa Birliği test çevrimindeki CO<sub>2</sub> sonuçlarının güven aralığı eğrileri

Yakıt tüketimi sonuçlarının güven aralığı eğrileri ise Şekil 8.16'da gösterilmiştir.



**Şekil 8.16:** EURO 1, EURO 3 ve EURO 4 araçların Avrupa Birliği test çevrimindeki yakıt tüketimi sonuçlarının güven aralığı eğrileri

### 8.3.3 İstanbul Şehir çevriminde güven aralığı hesabı

EURO 1, EURO 3 ve EURO 4 araçların İstanbul şehir çevrimindeki CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketimi değerlerinin özet tablosu Çizelge 8.18'de gösterilmiştir.

**Çizelge 8.18:** İstanbul şehir çevriminde EURO 1,3 ve 4 araçların CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketimi değerleri

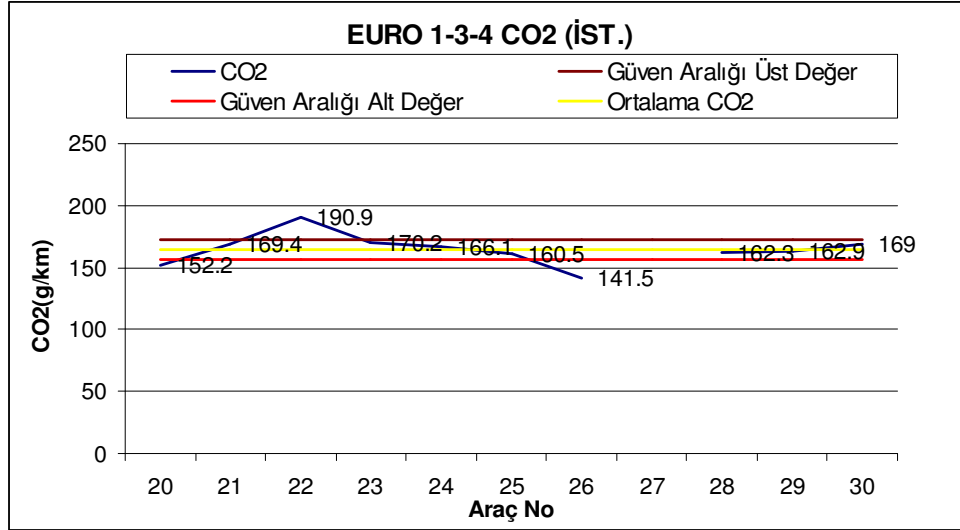
	<b>İST.</b>	
	<b>CO<sub>2</sub></b> <b>(g/km)</b>	<b>Y.T.</b> <b>(lt/100km)</b>
<b>20</b>	152.2	7.18
<b>21</b>	169.4	7.78
<b>22</b>	190.9	8.43
<b>23</b>	170.2	7.63
<b>24</b>	166.1	7.12
<b>25</b>	160.5	7.08
<b>26</b>	141.5	7.04
<b>27</b>		
<b>28</b>	162.3	6.88
<b>29</b>	162.9	7.11
<b>30</b>	169.0	7.19

Bu sonuçlar ile hesaplanan istatistiki değerler Çizelge 8.19’da gösterilmiştir.

**Çizelge 8.19:** EURO 1, EURO 3 ve EURO 4 araçların İstanbul şehir çevrimindeki CO<sub>2</sub> ve yakıt tüketimi sonuçlarının istatistiki değerleri

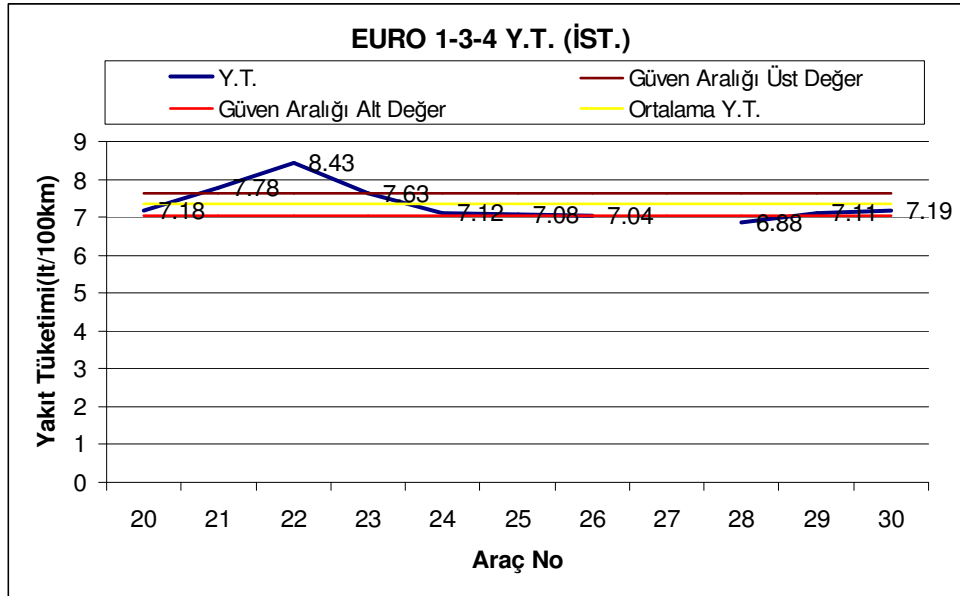
	<b>İST.</b>	
	<b>CO<sub>2</sub></b> <b>(g/km)</b>	<b>Y.T.</b> <b>(lt/100km)</b>
<b>Ortalama</b>	164.5	7.34
<b>Standart Sapma</b>	12.82	0.47
<b>Ortanca</b>	164.5	7.15
<b>Çarpıklık</b>	0.31	1.62
<b>Basıklık</b>	2.04	2.4
<b>Maksimum</b>	190.9	8.43
<b>Minimum</b>	141.5	6.88
<b>Toplam</b>	1645	73.44
<b>Güven Aralığı Üst Değer</b>	172.5	7.64
<b>Güven Aralığı Alt Değer</b>	156.6	7.05
<b>Standart Sapma (%)</b>	7.8%	6.4%
<b>Gözlem Sayısı</b>	10	10
<b>Güven Aralığı</b>	±4.8%	±4.0%

EURO 1, EURO 3 ve EURO 4 araçların İstanbul şehir çevrimindeki CO<sub>2</sub> sonuçlarının güven aralığı eğrileri Şekil 8.17’de gösterilmiştir.



**Şekil 8.17:** EURO 1, EURO 3 ve EURO 4 araçların İstanbul şehir çevrimindeki CO<sub>2</sub> sonuçlarının güven aralığı eğrileri

Yakıt tüketimi sonuçlarının güven aralığı eğrileri ise Şekil 8.18’de gösterilmiştir.



**Şekil 8.18:** EURO 1, EURO 3 ve EURO 4 araçların İstanbul şehir çevrimindeki yakıt tüketimi sonuçlarının güven aralığı eğrileri

EKB araçlar 1993 ve öncesindeki modelleri kapsamaktadır. Bu çalışma kapsamında test edilen EKB araçlar 1979 ile 1992 modelleri arasındadır. Bu araçların yıpranmış ve karbüratörlü olmalarından dolayı, deney sonuçları geniş bir aralıkta çıkmıştır. 15.04 araçlar da EKB araçlar gibi eski ve yıpranmış oldukları için benzer sonuçlar göstermiştir. EURO 1, EURO 3 ve EURO 4 emisyon sınıflarında teste tabi tutulan araçlar ise EKB ve 15.04 araçlara göre daha yeni ve az yıpranmış araçlar olup, bu

nedenle deney sonuçları birbirlerine daha yakın çıkmıştır. Dolayısıyla bu gruptaki araçların tespit değerlerinin güven aralığı eğrileri ortalama değerlere daha yakındır.

## **9. ÇALIŞMANIN SONUÇLARI VE İLERİYE YÖNELİK ÖNERİLER**

Sonuçlara genel olarak bakıldığında, emisyon standartlarına getirilen iyileştirici sınırlamalar, taşıt kaynaklı emisyon miktarlarını ciddi oranda azaltmıştır.

ABD ve Avrupa test çevrimleri ile İstanbul şehir çevrimi sonuçları kıyaslandığında ise, deneyler sonucunda elde edilen emisyon ve yakıt tüketimi değerlerinin birbirlerinden farklı olduğu görülmüştür. Bu sonuçlardan, taşıtların kullanım şekillerinin emisyon ve yakıt tüketimi üzerindeki etkisini görmek mümkündür.

Bu çalışmadan çıkarılacak en önemli sonuç ise, İstanbul şehir çevriminin, ABD ve Avrupa test çevrimlerinden oldukça farklı olduğudur. Bölüm 1’de anlatıldığı üzere, Türkiye’deki taşıtların tip onayı ve ürün uygunluğu emisyon testleri için Avrupa test çevrimi kullanılmaktadır. İstanbul ve Avrupa çevrimlerinin emisyon ve yakıt tüketimi değerlerine bakıldığında, aradaki yüksek farklar, bu çalışmanın amacına ulaştığını göstermiş olup, Avrupa test çevriminin İstanbul’daki trafik koşullarını yeterince temsil etmediği, emisyon ve yakıt tüketimi değerleri açısından çok sağlıklı sonuçlar vermediğini kanıtlamıştır.

İstanbul şehir çevrimi ile Avrupa çevrimine göre daha sağlıklı sonuçlar elde edildiği görülse de bu çalışma daha da iyileştirilebilir. İstanbul çevrimi oluşturulurken yokuş dirençleri dikkate alınmamıştır. İstanbul gibi yükselti farklarının bulunduğu bir şehrin çevriminde yokuş direnci dikkate alındığı takdirde daha sağlıklı sonuçlar elde etmek mümkündür.



## KAYNAKLAR

- [1] **Gürsürer M.**, 2007. Avrupa Şehir Çevrimi ile Amerika Şehir Çevriminin Arasındaki Farkların Deneysel Olarak İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [2] **Sorusbay C., Ergeneman M., Pekin A., Kutlar A., Arslan H.**, 2009. Ulaştırma Sera Gazı Emisyonu Azaltımı Sonuç Raporu, TÜBİTAK – TARAL 105G039 Numaralı Proje, İstanbul
- [3] **Müezzinoğlu, A.** 2000. Hava Kirliliği ve Kontrolünün Esasları, Dokuz Eylül Yayınları, İzmir
- [4] **Ekinci E., Tünay O., İpekoğlu N., Kocasoy G., Okutan H.C., Alp K., Yeldan M.**, 1991. Hava kirliliği kontrol ve Denetim, 5-8 Kasım tarihlerinde düzenlenen “Hava Kirliliği Okulu” Sunumu, TMMOB Kimya Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi
- [5] **Safgönül B., Soruşbay C., Ergeneman M., Arslan E.**, 2005. İçten Yanmalı Motorlar, Birsen Yayınevi, İstanbul
- [6] **Kutlar O.A., Ergeneman M., Arslan H., Mutlu M.**, 1998. Taşıt Egzozundan Kaynaklanan Kirleticiler, Birsen Yayınevi, İstanbul
- [7] **Öztürk K.**, 2002. Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye’ye Olası Etkileri. Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi Cilt 22, Sayı 1, Ankara
- [8] **Pekin A.P.**, 2006. Ulaştırma Sektöründen Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [9] **Zoray F., Pır A.**, 2007. Küresel Isınma Problemi: Sebepleri, Sonuçları, Çözüm Yolları, İstanbul
- [10] **Obitet**, 2007. Buji ile Ateşlemeli Değişken Sıkıştırma Oranlı Motorların Egzoz Emisyonları Açısından İncelenmesi, Gazi Üniversitesi, Ankara ([http://www.obitet.gazi.edu.tr/makale/Makaleler/T4\\_Egzoz.htm](http://www.obitet.gazi.edu.tr/makale/Makaleler/T4_Egzoz.htm))
- [11] **Tezer E.**, 1996. Seminer, Egzoz Gazlarının Çevreye Etkisinin Azaltılması İçin Otomotiv Sektöründe Alınacak Önlemlerin Ekonomik Yönü, İstanbul
- [12] **Bayır, F.**, Şubat 1993. Egzoz emisyonları ve yakıt tüketimi açısından karakteristik taşıt şehir çevrimlerinin tesbiti, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [13] **url:** <http://web.sakarya.edu.tr>, erişim tarihi: 25.11.2009
- [14] **Resmi Gazete**, 04.04.2007 tarihli sayısı, Egzoz Gazı Kontrolü Yönetmeliği, Türkiye
- [15] **Özden, H.**, 1977. Örneklemeye Giriş, Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları, Ankara
- [16] **Özmen A.**, 2007. Örnekleme, Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi, Eskişehir



- [17] **Tong H.Y., Hung W.T., Cheung C.S.**, 1998. Development of a driving cycle for Hong Kong, Atmospheric Environment
- [18] **Biassio M., Bonote C., Monteiro L., Campos C., Orikassa E., Ponte J.C.**, 2001. Automotive Emissions Regulation :A Comparison Between European and American Methodologies and Limits.
- [19] **url:** <http://www.dieselnet.com/standards/cycles/>, erişim tarihi: 03.12.2009
- [20] **Sımsaran E.**, 2000. İstatiksel Yöntemler, Sigma Yayınları, İstanbul
- [21] **Filiz F., Püskülcü H., Eren Ş.**, 1996, İstatistiğe Giriş, Barış Yayınları Fakülteler Kitabevi, İstanbul

## ÖZGEÇMİŞ

**Ad Soyad :** Hasan Ali Taha ÖZTÜRK

**Doğum Yeri ve Tarihi :** İstanbul, 05.09.1984

**Adres :** Girne Mah. Doğuşkent Cad. Güven Sitesi

B Blok No:33 Daire:21 Maltepe- İstanbul

**Lisans - Üniversite :** Yıldız Teknik Üniversitesi,

Makine Mühendisliği Bölümü

