



**KENTSEL KATI ATIK TOPLAYAN ÇALIŞANLARIN HAVA
KİRLETİCİLERİNE MARUZİYETLERİNİN İNCELENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Gizem ÇINAR

Eskişehir 2022

**KENTSEL KATI ATIK TOPLAYAN ÇALIŞANLARIN HAVA
KİRLETİCİLERİNE MARUZİYETLERİNİN İNCELENMESİ**

GİZEM ÇINAR

YÜKSEK LİSANS Tezi

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Teknolojileri Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Eftade Emine GAGA

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Mayıs 2022

05/05/2022

DANIşMAN ONAYI

Danişmanlığını yürüttüğüm Yüksek Lisans ğrencisi Gizem ÇINAR, KENTSEL KATI ATIK TOPLAYAN ALIşANLARIN HAVA KRLETCLERNE MARUZYETLERNN NCELENMES başlıklı tez çalışmasını tamamlamıştır. Hazırlamış olduğu tez tarafımca incelenmiş ve öğrencinin tez savunma sınavına alınması bilimsel ve etik açıdan uygun grlmştir.

Tez Danişmanı

Prof. Dr. Eftade Emine GAGA

ÖZET

KENTSEL KATI ATIK TOPLAYAN ÇALIŞANLARIN HAVA KİRLLETİCİLERİNE MARUZİYETLERİNİN İNCELENMESİ

Gizem ÇINAR

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Teknolojileri Bilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mayıs 2022

Danışman: Prof. Dr. Eftade Emine GAGA

Bu çalışmada, katı atık toplama işinde çalışan işçilerin maruz kaldıkları kirlilik ve çalışma güzergahlarındaki dış ortamın hava kalitesinin değerlendirilmesi amacıyla NO₂, SO₂, O₃ ölçüm çalışmaları gerçekleştirilmiştir. İnorganik bileşiklerin (NO₂, SO₂, O₃) ölçümü için pasif örnekleyiciler kullanılmıştır. Çalışma için Odunpazarı Belediyesi Temizlik İşleri Müdürlüğünde çalışan 70 işçi seçilerek kişisel örnekleme gerçekleştirilmiştir. İşçilerin 24 tanesi şoför, 46 tanesi araç arkası işçisi olup 24 farklı güzergahta çalışma yapılarak maruziyet derişimleri tespit edilmiştir.

Ölçüm çalışmasında elde edilen NO₂ konsantrasyonları 12,29- 355,83 µg/m³ arasında, SO₂ konsantrasyonları 106,23- 40349,94 µg/m³, O₃ konsantrasyonları 18,93- 1641,03 µg/m³ arasında değişmektedir. Örnekleme güzergahlarını trafiğin az, orta, çok olduğu gruplamaya göre ayırıp incelediğimizde NO₂ maruziyetinin iki grup içinde trafiğin çok olduğu yerde fazla, trafiğin az olduğu yerde düşük olduğu gözlenmiştir. SO₂ ve O₃ maruziyetinin trafik yoğunluğu ile ilgili ilişkisi çıkmamıştır. Yapılan istatistiksel analizlerde bu durumu desteklemiştir. Ölçüm sonuçları çeşitli mevzuat hükümlerinin sınır değerleri ile karşılaştırılmış ve sonuçların çoğunun sınır değerlerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Mesleki maruziyet ölçümü, Pasif örnekleme, Hava kirliliği, Katı atık toplama işçileri.

ABSTRACT

EXAMINING THE EXPOSURE OF URBAN SOLID WASTE COLLECTORS TO AIR POLLUTANTS

Gizem ÇINAR

Department of Environmental Engineering

Programme in Environmental Technologies

Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Programs, May 2022

Supervisor: Prof. Dr. Eftade Emine GAGA

In this study, NO₂, SO₂, O₃ measurement studies were carried out in order to evaluate the air pollution exposure of the workers working in the garbage collection business and the outdoor air quality on the working routes. Passive samplers were used for the determination of inorganic compounds (NO₂, SO₂, O₃). For the study, 70 workers working in the Odunpazarı Municipality Cleaning Affairs Directorate were included in the study and personal sampling was carried out. 24 and 46 of the participants were drivers and workers behind the vehicle, respectively. Air pollutants concentrations were determined by working on 24 different routes.

The NO₂ concentrations obtained in the measurement study ranged between 12,29-355,83 µg/m³, SO₂ concentrations ranged from 106,3-40349,94 µg/m³, and O₃ concentrations ranged between 18,93-1641,03 µg/m³. When we analyze the sampling routes separately according to the traffic density (low, medium, high), it was observed that the NO₂ exposure in the two groups was correlated with traffic density. SO₂ and O₃ exposures were not associated with traffic density. Statistical analyzes supported this situation. When the measurement results were compared with the limit values of various legislative provisions, it was determined that most of the results were above the limit values.

Keywords: Occupational exposure assessment, Passive sampling, Air pollution,
Garbage collection workers.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamı yöneten, çalışmanın gerçekleşmesinde büyük katkısı olan, bilgi ve deneyimi ile bana her zaman yol gösteren, zamanını benden esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Eftade Emine GAGA'ya,

Tez savunma jürimde yer alan değerli hocalarım Prof. Dr. Aysun ÖZKAN ve Doç. Dr. Akif ARI'ya,

Çalışma aşamalarında çeşitli katkıları bulunan Fatma Nur ERASLAN, Mansoor Ahmad BHAT ve Sercan SEZER'e,

Herşeyden çok sevdiğim kızım Bade'ye,

Bu süreçte bana inanan, yüreklendiren, desteğini hiçbir zaman eksik etmeyen, her anımda yanımda olan canım eşim Gökhan ÇINAR'a,

Bugünlere gelmemi sağlayan, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, üstümde sayısız emekleri olan sevgili ailem; babam Ethem ÖZCAN'a, annem Aynur ÖZCAN'a, abim Alican ÖZCAN'a,

Desteğini çokça hissettiğim ablam Hicran ALTUĞ'a,

Çok özlediğim, hayatımda tanıdığım en güzel insan anneannem Saniye AKŞEHİR'e

sonsuz teşekkür ediyorum.

Gizem ÇINAR

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Gizem ÇINAR

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK SAYFASI	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
DANIŞMAN ONAYI	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR	vi
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
TABLolar DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. HAVA KİRLİLİĞİ.....	2
2.1. Hava Kirliliği Kaynakları	4
2.1.1. Isınmadan kaynaklanan hava kirliliği.....	5
2.1.2. Sanayiden kaynaklanan hava kirliliği	5
2.1.3. Trafikten kaynaklanan hava kirliliği	6
2.2. Tez Çalışması Kapsamında Ele Alınan Hava Kirletici Bileşenler.....	8
2.2.1. Kükürt dioksit (SO ₂)	8
2.2.2. Azot dioksit (NO ₂)	9
2.2.3. Ozon (O ₃).....	9
3. HAVA KİRLİLİĞİ ÖRNEKLEME VE ANALİZ YÖNTEMLERİ	11
3.1. Pasif Örneklem	12
3.2. İyon Kromatografisi (IC)	13
4. LİTERATÜR	14
5. MATERYAL VE YÖNTEM	21

5.1. Çalışma Alanı	22
5.2. Örneklem Programı	24
5.2.1. İnorganik pasif örnekleyiciler	24
5.2.2. Saha çalışması	27
5.2.3. Örneklerin ekstraksiyon ve analizi	28
5.2.4. Kalibrasyon çözeltileri ve kalibrasyon yöntemi	31
5.2.5. Kontrol çalışması- kör örnekleri.....	32
5.3. Uygulanan İstatistiksel Yöntemler	32
5.3.1. Korelasyon analizi	32
5.3.2. Bağımsız örnek t-testi.....	33
5.3.3. Mann Whitney U testi	33
5.3.4. Tek yönlü varyans analizi (ANOVA).....	33
5.3.5. Kruskal-Wallis H testi	34
6. BULGULAR	34
6.1. İşçi Profili.....	34
6.2. İşçilerin Sağlık Durumu Değerlendirmesi	35
6.3. Güzergah Bilgileri	35
6.4. Güzergah Gruplamasına Göre Katı Atık Toplama Bilgileri	37
6.5. Kişisel Örneklemeler Sonucu Elde Edilen SO ₂ , NO ₂ , O ₃ Sonuçları	39
6.6. Araç Arkası İşçilerin Konumlarına Göre Değerlendirilmesi.....	43
6.7. Sonuçların Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı ile Karşılaştırılması	45
6.8. Ölçüm Sonuçlarının Sınır Değerler ile Karşılaştırılması	50
6.9. Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi	56
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	62
KAYNAKÇA.....	67
EKLER	73
ÖZGEÇMİŞ	

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1. Hava kalitesi parametrelerinin kaynakları ve etkileri (ÇMO, 2019)	3
Tablo 5.1. Eskişehir ilinde 2019 yılında kullanılan yakıt türleri ve miktarları (Eskişehir Valiliği Çevre,Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü, 2019)	23
Tablo 5.2. 2019 Yılında Eskişehir ilindeki araç sayısı ve egzoz ölçümü yaptıran araç sayısı (Eskişehir Valiliği Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü, 2019)	24
Tablo 5.3. Örneklemelere ait ayrıntılı bilgiler	28
Tablo 5.4. Örnekleme gününe ait meteorolojik veriler	28
Tablo 5.5. Kalibrasyon eğrilerine ait konsantrasyon değerleri	31
Tablo 5.6. Kör örneklerle ait miktarlar (μg) ve standart sapma değerleri.....	32
Tablo 6.1. İşçi profili.....	34
Tablo 6.2. İşçilerin sağlık değerlendirmeleri	35
Tablo 6.3. Solunum fonksiyon testleri orta olan işçilerin dağılımı.....	35
Tablo 6.4. Trafik yoğunluğuna göre güzergahlar.....	36
Tablo 6.5. Güzergah gruplamasına göre atık tonaj, konteyner sayısı, toplama şekli verileri	37
Tablo 6.6. Güzergah gruplamasına göre O_3 , SO_2 , NO_2 , sonuçları.....	39
Tablo 6.7. Ölçüm istasyonlarının verileri	47
Tablo 6.8. Çalışma güzergahlarının ölçüm istasyonlarına yakınlıklarına göre gruplaması.....	47
Tablo 6.9. Bazı O_3 , SO_2 , NO_2 sınır değerleri	50
Tablo 6.10. (Devam) Bazı O_3 , SO_2 , NO_2 sınır değerleri.....	51
Tablo 6.11. Araç arkası işçi ve şoför derişimleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) için temel istatistik değerlendirmeleri	56
Tablo 6.12. Trafik yoğunluğu ve inorganik kirleticiler arasındaki ilişki hipotezi	57
Tablo 6.13. O_3 , SO_2 , NO_2 arasındaki korelasyon katsayıları ve p değerleri	58
Tablo 6.14. Konteyner sayısı ile O_3 , SO_2 , NO_2 arasındaki korelasyon katsayıları ve p değerleri.....	58
Tablo 6.15. Yapılan km ile O_3 , SO_2 , NO_2 arasındaki korelasyon katsayıları ve p değerleri	59

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Pasif örnekleme yönteminin şematik gösterimi (Kumar ve Viden, 2007)	13
Şekil 5.1. Çalışma aşamalarının şematik gösterimi	22
Şekil 5.2. Çalışmanın gerçekleştirildiği Eskişehir il ve ilçe sınırlarının gösterimi	23
Şekil 5.3. İnorganik pasif örnekleme parçaları	25
Şekil 5.4. Örnekleme gövdesine yerleştirilen filtre kağıdı hazırlık süreci	25
Şekil 5.5. İnorganik pasif örnekleme cihazlarının hazırlık aşamaları	26
Şekil 5.6. Örnekleme cihazlarının konumları	27
Şekil 5.7. Örneklerin ekstraksiyon ve analiz işlemleri gösterimi	29
Şekil 5.8. İyon kromatografi cihazı	30
Şekil 6.1. Güzergahların harita üzerinde gösterimi	36
Şekil 6.2. Güzergah bazında O ₃ sonuçları	41
Şekil 6.3. Güzergah bazında SO ₂ sonuçları	42
Şekil 6.4. Güzergah bazında NO ₂ sonuçları	42
Şekil 6.5. Araç arkasın işçilerin konumları	43
Şekil 6.6. Araç arkasın işçilerin O ₃ maruziyetlerinin karşılaştırılması	44
Şekil 6.7. Araç arkasın işçilerin NO ₂ maruziyetlerinin karşılaştırılması	44
Şekil 6.8. Araç arkasın işçilerin SO ₂ maruziyetlerinin karşılaştırılması	45
Şekil 6.9. Sürekli izleme merkezi (SİM) konumları	46
Şekil 6.10. Gündüz güzergahları O ₃ ortalamasının istasyon verisiyle karşılaştırılması	48
Şekil 6.11. Gece güzergahları O ₃ ortalamasının istasyon verisiyle karşılaştırılması	49
Şekil 6.12. Gündüz güzergahları NO ₂ ortalamasının istasyon verileriyle karşılaştırılması	49
Şekil 6.13. Gece güzergahları NO ₂ ortalamasının istasyon verileriyle karşılaştırılması	50
Şekil 6.14. Şoförlerin O ₃ sonuçlarının limit değerle karşılaştırılması	52
Şekil 6.15. Araç arkasın işçilerin O ₃ sonuçlarının limit değerle karşılaştırılması	52
Şekil 6.16. Şoförlerin NO ₂ sonuçlarının limit değerler ile karşılaştırılması	53

Şekil 6.17. Araç arkası işçilerin NO ₂ sonuçlarının limit değerler ile karşılaştırılması	54
Şekil 6.18. Şoförlerin SO ₂ sonuçlarının limit değerler ile karşılaştırılması.....	55
Şekil 6.19. Araç arkası işçilerin SO ₂ sonuçlarının limit değerler ile karşılaştırılması	55
Şekil 6.20. Toplama şekilleri ve O ₃ , NO ₂ , SO ₂ arasındaki P değerleri	59
Şekil 6.21. Araç arkası işçilerde toplama şekilleri ve NO ₂ , SO ₂ arasındaki P değerleri	60



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

°C	: Santigrat Derece
cm ²	: Santimetrekare
CO	: Karbon Monoksit
CO ₂	: Karbon Dioksit
HC	: Hidrokarbon
H ₂ S	: Hidrojen Sülfür
HKDYY	: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği
IC	: Ion Chromatography (İyon Kromatografi)
mL	: Mililitre
NO	: Azot Oksit
NO ₂	: Azot Dioksit
µg	: Mikrogram
µL	: Mikrolitre
O ₃	: Ozon
Ppm	: Parts per million (Milyonda bir)
Sn	: Saniye
SO ₂	: Kükürt Dioksit
SO ₄ ⁻²	: Sülfat İyonu
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UOB	: Uçucu Organik Bileşen
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü

1. GİRİŞ

Hava kirliliği iç ortam ve dış ortam hava kirliliği olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. Dış ortam hava kirliliği, atmosferdeki kirlilikten bahsederken; iç ortam hava kirliliği ise, bina içi gibi kapalı alanlardaki hava kirliliğini ifade etmektedir. Ortam havasındaki kirlletici konsantrasyonuna bağlı olarak solunum, baş ağrısı gibi çeşitli sağlık problemlerinin yansira yüksek konsantrasyonlarda kanser gibi ölümcül hastalıklara sebep olabilmektedir. Günümüze kadar gerek dış ortam gerekse iç ortam hava kalitesini belirlemeye yönelik literatürde birçok araştırma yapılmıştır (Ashok ve diğ., 2014; Demirel ve diğ., 2014; Parra ve diğ., 2008; Rasmussen ve diğ., 2018; Sarigiannis ve diğ., 2011; Seow ve diğ., 2015; Stranger ve diğ., 2008; Su ve diğ., 2013). Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre hava kirliliğinin sadece 2016 yılında 4.2 milyon prematüre ölüme sebep olduğu tahmin edilmektedir. Genel olarak kentsel hava kirliliği kardiyovasküler ve solunum yolu hastalığı, kanser ve olumsuz doğum sonuçları riskini arttırmaktadır (WHO, 2018).

Bir ulusun hava kalitesinin iyileştirilmesi konusundaki başarısı, yerel ve ulusal hava kirliliği sorunları ve kirlilik azaltmadaki gelişmeler konusunda doğru ve iyi bilgilendirilmiş vatandaşların desteğine bağlıdır (Sharma vd., 2003a). Bir bölgedeki kirlletici seviyelerini anlamak için uygun bir aracın geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu araç, vatandaşın hava kirliliği seviyesi hakkında doğru ve anlaşılabilir şekilde bilgi sağlarken, aynı zamanda ilgili otoritelerin toplum sağlığını korumak için önlem almaları konusunda kullanılabilir olmalıdır (Kyrkilis vd., 2007).

Dünyada hava kirliliği için alınan önlemler, özellikle nüfus yoğunluğu olan ülkelerde oldukça fazladır. Bu sebeple hava kirliliğini azaltmak için alınan tedbir ve eylem planları gelecekte insan sağlığını etkilemesi, yerel ve küresel bağlamda iklim değişikliklerine sebep olması nedeniyle öncelik taşımaktadır. Hava kalitesini iyi seviyeye çekmek için düşük karbonlu araç teşviki, yenilenebilir enerji kaynakları, enerji verimliliği önlemleri gibi eylem planları oluşturulmaktadır. Bu planları gerçekleştirmek için insanları bilgilendirmek ve sürdürülebilir davranışları teşvik etmek için ise halkın katılımının sağlanması gerekmektedir (Sharma, 2014).

Gerçekleştirilen bu tez çalışmasında;

- Katı atık toplama işinde çalışan işçiler seçilmiş ve Eskişehir Odunpazarı Belediyesi Temizlik İşleri Müdürlüğünde çalışan 70 işçiye çalıştıkları dış ortamın hava kalitesini ve maruz kaldıkları kirliliği belirlemek amacıyla kişisel örnekleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir.
- Bu kapsamda, kükürt dioksit (SO₂), azot dioksit (NO₂), ozon (O₃) gaz kirleticilerine olan maruziyet seviyeleri pasif örnekleme yöntemiyle belirlenmiştir.
- İşçilerin çalışma güzergahı ile maruziyet seviyeleri karşılaştırılmıştır.
- Çalışma süresi, sigara kullanma gibi faktörler göz önünde bulundurularak işçi profili oluşturulmuştur.
- İşçilere sağlık taraması kapsamında yapılan solunum fonksiyon testleri ve akciğer grafisileri işyeri hekimi ile birlikte değerlendirilmiştir.
- Sonuçlar istatistiksel açıdan değerlendirilmiştir.

Çöp kamyonları ile katı atık toplayan işçilerin hava kirleticilerine maruziyetleri ile ilgili çok sayıda çalışma olmaması, bu tez çalışmasına ayrı bir önem ve özgünlük kazandırmaktadır. Tez çalışmasının, ilgili alanda ileride yapılacak bilimsel çalışmalara destek olması da çalışmanın en önemli amaçları arasında yer almaktadır. İnsanların günlerinin büyük bir kısmını iş yerlerinde geçirdikleri düşünüldüğünde, maruziyet seviyelerinin belirlenmesinde maruz kalınan iş yerinin özelliği ve buna bağlı olarak kirletici yoğunluğunun önemli olduğunu ortaya koymak çalışmanın diğer önemli amaçlarından birini oluşturmaktadır.

2. HAVA KİRLİLİĞİ

Hava, tıpkı su ve toprak gibi kirlenebilen bir ortamdır. Bunlardan farklı olarak bir insan günlerce aç susuz yaşayabileceği halde nefes almadan birkaç dakika fazla yaşayamamaktadır. Bu yüzden hava, içindeki tüm doğal bileşenleri ile yaşam için zorunlu en kutsal bir haktır. Atmosferin doğal bileşiminde veya atmosferin doğal bileşiminde bulunduğu önemli ölçülerde farklı derişimlerde olabilen maddeler ‘Yabancı Madde’ veya ‘Kirletici’ olarak tanımlanmaktadır. Bu duruma göre Hava

Kirliliği; atmosferde yabancı maddelerin insan sağlığına ve faaliyetlerine, diğer canlıların sağlığına ve faaliyetlerine, eşyalar üzerine ve estetik ölçülere etki yapacak miktar ve sürelerde bulunması olarak tanımlanmaktadır. (Bayat, 2011).

Kent atmosferinde yer alan temel hava kirleticiler arasında partikül madde (PM), kükürt dioksit (SO₂), azot oksitler (NO_x) ve uçucu organik bileşikler (UOB) gibi birincil hava kirleticiler ile fotokimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan ve ikincil bir kirleticiler bileşen olan ozon (O₃) yer almaktadır. Söz konusu bileşenler başta insanlar olmak üzere hayvanlar, bitkiler ve cansız varlıklar üzerinde önemli olumsuz etkilere sahip olabilmektedir (Hecq vd., 1997; Löublod vd., 1997; Ad-Hoc, 1999). Doğal kaynak olan havayı iyi kalitede kullanabilmek için tüm kirleticiler kaynakların (sanayi, evsel ısınma, motorlu araçlar gibi) belirlenmesi ve yönetilmesi gerekmektedir.

Tablo 2.1. Hava kalitesi parametrelerinin kaynakları ve etkileri (ÇMO, 2019)

Kirletici	Ana Kaynağı	Etkisi
Kükürtdioksit (SO ₂)	Fosil Yakıt Yanması, Taşıt Emisyonları	Solunum Yolu Hastalıkları, Asit Yağmurları
Azotoksitler (NO _x)	Taşıt Emisyonları, Yüksek Sıcaklıkta Yanma Prosesleri	Göz ve Solunum Yolu Hastalıkları, Asit Yağmurları
Partikül Madde (PM)	Sanayi, Taşıt Emisyonları, Fosil Yakıt Yanması, Tarım ve İkincil Kimyasal Reaksiyonlar	Kanser, Kalp Problemleri, Solunum Yolu Hastalıkları, Bebek Ölüm Oranlarında Artış
Karbonmonoksit (CO)	Eksik Yanma Ürünü, Taşıt Emisyonları	Kandaki Hemoglobin ile Birleşerek Oksijen Taşınma Kapasitesinde Azalma, Ölüm
Ozon (O ₃)	Trafikten Kaynaklanan Azot Oksitler ve Uçucu Organik Bileşiklerin (VOC) Güneş Işıyla Değişimi	Solunum Sistemi Problemleri, Göz ve Burunda İritasyon, Astım, Vücut Direncinde Azalma

Hava kirliliği, şehirlerdeki sisten ev içindeki dumana kadar her yerde, sağlık ve iklim için bir tehdit oluşturmaktadır. İç ortam ve dış ortam hava kirliliği, büyük ölçüde inme, kalp hastalığı, kronik obstrüktif akciğer hastalığı, akciğer kanseri ve akut solunum

yolu enfeksiyonlarından kaynaklanan ölümlerin artması sonucunda her yıl yaklaşık 7 milyon erken ölüme neden olmaktadır. Bu ölümlerin yaklaşık %21'i zatürreden, %20'si inmeden, %34'ü iskemik kalp hastalığından, %19'u kronik obstrüktif akciğer hastalığından ve %7'si akciğer kanserindendir (DSÖ, 2020). Avrupa Çevre Ajansı'na göre Avrupa'da (Türkiye hariç) yılda hava kirliliği sebebiyle yaklaşık 400.000 kişi hayatını kaybetmektedir (Avrupa Çevre Ajansı, 2019).

2.1. Hava Kirliliği Kaynakları

Hava kirletici kaynaklar çok çeşitlidir. Kaynakların tanımı ve çeşitli amaçlarla kullanımları için kaynak sınıflandırmaları yapılmaktadır. Bunların başlıcaları aşağıda verilmiştir.

İnsan faaliyetleri esas alınarak yapılan sınıflandırma;

- Doğal kaynaklar (volkan, bataklık, organik maddelerin çürümesi vb.)
- İnsan faaliyetlerine dayalı (antropojenik) kaynaklar olarak sınıflandırılır.

b) Kaynak hareketine göre;

- Hareketli (mobil) kaynak
- Durağan kaynak ayrımı yapılır.

c) Kaynak yapısına göre;

- Nokta kaynak (baca gibi belli yapısı olan)
- Çizgisel kaynak (karayolundaki taşıtlar)
- Alan kaynak (yerleşim bölgelerinde yakıt yakılması) sınıflandırması yapılır.

d) Kaynaklarda kirleticilerin kontrolü açısından;

- Yakıt yakılması
- Ulaşım
- Endüstriyel
- Diğer (katı atık yakılması, orman yangınları, inşaat vb.) sınıflandırması yapılır.

Sonuncu sınıflandırma kirletici envanterlerinin yapılması ve kaynak kontrollerinin belirlenmesinde yaygın şekilde kullanılmaktadır (Tünay ve Alp, 1996).

2.1.1. Isınmadan kaynaklanan hava kirliliği

Isınmadan kaynaklanan hava kirliliği özellikle kış döneminin başlaması ile birlikte artış göstermektedir. Ülkemizde kullanılan yakıtların yaklaşık olarak %41'i ısınma alanında kullanılmaktadır. Kış aylarında gözlenen bu sorunun temel nedenlerini; ısınmada kalitesiz yakıtların (kükürt, kül ve nem oranı yüksek kalori değeri düşük kömürler) iyileştirilme işlemine tabi tutulmadan kullanılması, yakıtların tekniğine uygun yakma sistemlerinde kullanılmaması, yanlış yakma tekniklerinin uygulanması, kullanılan kazanların bakımlarının düzenli olarak yapılmaması ve çekişi ve tasarımı uygun olmayan baca sistemlerinin kullanılması olarak sıralanabilmektedir. Bunların yanı sıra hızlı nüfus artışı ve kentlerde nüfus yoğunlaşması, topoğrafik ve meteorolojik şartlara göre şehirlerin yanlış yerleşmesi ve dolayısıyla çarpık kentleşmede yukarıda sıralanan sorunlardan dolayı oluşan hava kirliliği boyutunun daha fazla hissedilmesine neden olmaktadır. Kış aylarında ısınma amacıyla soba ve kaloriferlerde genellikle odun, kömür, fuel-oil ve doğal gaz gibi yakıtlardan dolayı oluşan temel kirletici parametreler yakıt türüne göre değişim göstermekle birlikte katı yakıtlarda ağırlıklı olarak; karbonmonoksit (CO), kükürtdioksit (SO₂), azotdioksitler (NO_x) ve partikül maddeler (is, kurum ve toz)'dir (Kuzey İç Anadolu Temiz Hava Merkezi Müdürlüğü, 2018).

Türkiye'de son yıllarda büyükşehirlerde doğalgaz kullanımı hızla artmakta ve kükürt değeri az, kalori değeri yüksek olan tamamen ithal veya ithal yerli kömür karışımı yakıt kullanılmaktadır. Isıtmada kullanılan diğer yakıt cinsleri de fuel-oil, motorin, kerosin, gaz ve odundur. Konut ısıtılmasında ve enerji temininde kullanılan fosil yakıtlar içerisinde en büyük pay kömür ve petrole aittir. Kullanılan yakıtın kalitesi bu tür kaynaklardan gelen hava kirliliği üzerine çok fazla etki yapmaktadır (Özdemir, 2008).

2.1.2. Sanayiden kaynaklanan hava kirliliği

Günlük ihtiyaçlarımızın karşılanması, ülke kalkınması, yeni iş sahalarının açılarak işsizliğin önlenmesine hizmet amacıyla kurulan fabrikalardan kaynaklanan hava kirliliği 2 aşamalı olarak değerlendirilmektedir. Bunlar; tesislerin enerji ihtiyacı için kullanılan yakıt ve tesis proseslerini içermektedir. Sanayi kaynaklı hava kirliliğinin temelinde; yanlış yer seçimi, yakma kazanının daha az emisyonlara neden olan teknolojiyi

içermemesi, temiz enerji kaynaklarının kullanılmaması, baca gazı artıma tekniklerinin kullanılmaması veya verimlerinin düşük olması, proses üniteleri için en uygun teknolojilerin tercih edilmemesi, geri dönüşümü mümkün olmayan hammaddelerin kullanılması, çevre izinlerinin tamamlanmaması vb. gibi faktörler yer almaktadır (Kuzey İç Anadolu Temiz Hava Merkezi Müdürlüğü, 2018).

2.1.3. Trafikten kaynaklanan hava kirliliği

Günlük yaşantımızın bir parçası olan her gün değişik şekilde yararlandığımız motorlu araçlar büyük kentlerin ana cadde ve kavşaklarında, karayolları çevrelerinde önemli boyutta hava kirliliği sorununun oluşmasına neden olmaktadır. Bir insanın günlük ihtiyacı olan 15 m³ temiz havayı bir tek taşıtın sadece 10 dakikalık bir süre içerisinde tehlikeli hale dönüştürmesi, kentlerdeki yüz binlerce taşıtın neden olduğu hava kirliliğinin boyutu hakkında bizlere yeterli bir fikir verebilmektedir. Şehir trafiğindeki araçların; teknik bakımlarının yeterince yapılmaması, bilinçsiz kullanımı, insanların bulunduğu alanlarda trafikte dur kalk sıklığı ve süresi, eski araç kullanımı, trafik sıkışıklığı ve yol yapısı gibi etkenler egzoz emisyonları kaynaklı hava kirliliğinin daha büyük boyutlarda yaşanmasına neden olmaktadır. Taşıt kaynaklı hava kirliliğinde kirleticileri konsantrasyonu ve türü motor cinsine göre değişmektedir. Taşıtlarda benzinli ve dizel motor olmak üzere iki tür motor kullanılmaktadır. Benzinli motorla çalışan bir taşıtın başlıca kirletici kaynakları; egzoz borusu, benzin deposu, kartel havalandırma, karbüratör, fren balataları ve lastiklerdir. Dizel motorlu taşıtlarda ise başlıca kirletici kaynakları egzoz borusu, fren balataları ve lastiklerdir. Egzozdan üç tür duman çıkmaktadır. Bunlardan uygun yakma tekniğinin olmadığını gösteren siyah duman, tam yanmamış yakıt taneciklerinden oluşmaktadır. Uygun yanma koşullarının olduğunu gösteren gri-beyaz duman, tam yanma artığı maddelerin oluşturduğu dumandır. Motorun bakım ihtiyacı olduğunu gösteren Mavi duman, yanmamış yakıt ve yağ karışımından oluşmaktadır. Taşıtlardan kaynaklanan kirleticiler, genel ve özel kirleticiler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Egzoz gazları içinde bulunan karbondioksit (CO₂), su buharı (H₂O), hidrojen (H₂) ve azot (N₂) gazları kirletici olarak kabul edilmektedir. Egzoz gazı içerisindeki karbonmonoksit (CO), partikül madde (is, toz, tanecik v.s.) ve hidrokarbonlar genel kirleticiler olarak kabul edilmektedir (Kuzey İç Anadolu Temiz Hava Merkezi Müdürlüğü, 2018).

Egzoz Emisyonları;

Ülkelerin yoğun yerleşim bölgelerinde kişisel ulaşım araçları zararlı taşıt egzoz emisyonlarının başlıca ve en büyük üreticisidir. Egzoz emisyonları benzin ya da dizel güçlü içten yanmalı motorlarda yanan hava-yakıt karışımı tarafından üretilir. Emisyonlar aynı zamanda taşıtlar durduğunda yakıtın buharlaşmasından ve sonrasında tekrar yakıt akışı sağlandığında da üretilmektedir. Taşıt emisyonlarının seçimi, arabalarda (benzin ya da dizel) ve kamyonlarda (dizel) yakıt tipine ve çalışma karakterlerine göre çeşitlilik göstermektedir. Taşıt emisyonlarının bileşenleri H_2O , CO_2 , N ve O_2 'dir. Aynı zamanda başka kirleticiler de mevcuttur; bunlar karbon monoksit, nitrojen oksitler, yanmamış yakıt ve küçük toz parçalarıdır. Bu içeriklerden bazıları iklim değişimlerine neden olduğu gibi taşıt bazlı hava kirliliğinde de çok büyük rol oynamaktadır (U.S. Department Of Energy, 2003).

Kişisel sürüş alışkanlıklarının ve aynı zamanda aracın çalışma koşullarının yakıt ekonomisi ve egzoz gazı üretimine çok büyük etkisi vardır. Alttaki evreler egzoz gazı salınımında belirleyici unsur olan evrelerdir.

Yük – Taşıtların üretimden sonraki ağırlıkları asgari yakıt tüketimine sahiptir. Yük arttıkça motor, yükü taşımak için çok daha fazla çalışmak zorunda kalmaktadır. Bunu gerçekleştirmek için de emisyon salınımını tetikleyen yakıtı yakar. Kullanılan yakıt tipine göre de kirleticisi gazlar salınmaktadır.

Motorun Çalışmaya Başlatılması – Motorun ısıtılmadan başlatılması yüksek miktarda yakıt emilmesine yol açmaktadır.

Rölanti, şehir trafiğinde vites değişimi – Bunların hepsi yüksek miktarda yakıt emerek çevre kirliliğine neden olan durumlardır.

Hız – Uzun periyotlarda yüksek hızlarda sürüş daha fazla yakıt yakmaktadır. Uygun ölçüm yapılmayan lastikler sürtünmeyi artıracak için yüksek enerjiye ihtiyaç duyan motor, yakıt tüketimini artıracaktır (Enemarı, 2001).

Motorlu taşıtlardan kaynaklanan temel kirleticilerin başında CO, CO_2 , PM, NO_x ve VOC gelir. Bunlardan NO_x ve VOC'ler, atmosferik ozonun oluşmasında önemli bir paya sahiptir. Oksijenin aktif bir hali olan ozon, hidrokarbonlar ile azot oksitlerin de katıldığı, güneş ışığı ile gerçekleşen çok sayıda karmaşık kimyasal reaksiyon sonucu oluşur. Özellikle, insanların solunum yollarına zarar verir, yapı, bina ve malzemeleri

aşındırır, rüzgarlar ile taşınarak bitki örtüsünün ve ormanların tahribine neden olmaktadır (İlek ve Elbir, 2012).

İçten yanmalı motorlarda; yakıt ve havanın, yanma odası içerisinde karışması ve kimyasal reaksiyonu sonrasında yanma ürünleri oluşur. Eğer yakıt ve hava tam olarak yanmamış ise yanma ürünleri içerisinde egzoz emisyonu olarak adlandırılan kirletici ürünler bulunur. Egzoz emisyonları kentsel hava kirliliğinin en büyük kaynağıdır (Heywood, 1988).

Dizel yakıtlarında az da olsa kükürt bulunur. Kükürt'ün, O₂ ile reaksiyona girmesiyle kükürt dioksit oluşur. SO₂ renksiz, sert kokulu, yanmaz ve patlamaz bir gazdır. SO₂'nin ortamdaki miktarının artması sonucunda, ortamda nefes almada sorunu teşkil etmektedir. Gözlerde ve akciğerlerde yanmaya sebebiyet vermektedir. Bu emisyonun atmosferdeki konsantrasyonu 785 µg/m³'e (300 ppb) ulaştığında tadı, 1305 µg/m³ (500 ppb) değerine ulaştığında ise kokusu algılanmaktadır (Dönmez, Semercioğlu vd., 2009).

Dördüncü düzey başlıklar sola dayalı, italik ve kalın (bold) olmalı, ilk sözcüğün baş harfi büyük yazılmalıdır.

2.2. Tez Çalışması Kapsamında Ele Alınan Hava Kirletici Bileşenler

Çok sayıda hava kirleticileri bulunmasına rağmen, bu tez çalışması kapsamında Kükürt dioksit (SO₂) , Azot dioksit (NO₂) , Ozon (O₃) hava kirleticileri üzerinde çalışılmıştır. Bu kirleticilere ait detaylı bilgilere alt başlıklarda yer verilmiştir.

2.2.1. Kükürt dioksit (SO₂)

Gaz halindeki kirleticiler arasında yanıcı olmayan renksiz bir gaz olan kükürt oksitler en çok bilinen birincil hava kirleticilerdendir. Atmosferde kalıcılık süresi 40 günü bulmaktadır. Çoğunlukla fosil yakıtların yanması sonucunda meydana gelmektedirler. Antropojenik kükürt oksitlerin %80'inden fazlasının endüstriyel kaynaklardan meydana geldiği tahmin edilmektedir (Müezzinoğlu, 1987).

Hava kirliliği yaratan SO₂, ölümlere ve hastalıklara yol açan kirleticiler arasında yer almaktadır. SO₂ başta solunum sistemi rahatsızlıkları olmak üzere çok önemli sağlık etkileri olan zehirli bir maddedir. Akut sağlık etkileri akut bronşit, hırıltılı solunum ve nefes darlığı, bronkospazm ve havayolu aşırı duyarlılığı olarak sıralanabilir. Uzun süreli

veya kronik etkileri kronik bronşit, kronik tıkalıcı akciğer hastalığı, astım ve solunum fonksiyonlarında azalmaz. Uzun süreli kükürt dioksit maruziyeti, kalp ve dolaşım sistemindeki sorunların yanı sıra; üreme sağlığı ile ilgili sorunlara da yol açar ve ölümleri artırmaktadır (U.S.HHS, 1998).

2.2.2. Azot dioksit (NO₂)

Azot gazı atmosferde en fazla bulunan gazdır. Azot atomları oksijen atomları ile birleşerek azot oksitleri oluşturmaktadırlar. Bunlardan NO ve NO₂ derişimleri atmosferde fark edilebilir seviyelerdedir. Bu gazlardan en zararlı olanı NO₂'dir ve NO daha çok NO₂'nin oluşumunda rol oynadığı için önem taşımaktadır. Yanma kaynaklı NO_x emisyonlarının büyük bir kısmı (yaklaşık %95'i) NO, geri kalanı da NO₂ olarak atmosfere verilmektedir. Atmosferde NO hızla NO₂'ye dönüştüğünden azot oksit emisyonları NO₂ cinsinden hesaplanır. Her iki gaz da doğal azot çevriminin birer parçasıdır. Azot oksitlerin havada kalma süreleri saatler mertebesinde (Altuğ, 2013).

Yüksek konsantrasyonda NO₂ içeren havanın solunması, insan solunum sistemindeki hava yollarını tahriş edebilir. Kısa süreli maruziyet solunum hastalıklarını, özellikle astımı şiddetlendirebilir, solunum semptomlarına (öksürük, hırıltılı solunum ve nefes almada zorluk gibi) bağlı olarak hastaneye yatışa yol açabilir. Yüksek NO₂ konsantrasyonlarına daha uzun süre maruz kalmak astım gelişimine katkıda bulunabilir ve solunum yolu enfeksiyonlarına yatkınlığı artırabilir. Astımlı insanlar, çocuklar ve yaşlılar genellikle NO₂'nin sağlık etkileri için daha büyük risk altındadır (THHP, 2020).

2.2.3. Ozon (O₃)

Ozon, normal bir ortamda havanın karışımında çok az miktarda (0,02 ppm) bulunan bir gazdır. Hava karışımı içerisindeki bulunan bu miktar zararlı değildir. İnsan faaliyetlerine bağlı olarak atmosfere yayılan azot oksitler ve hidrokarbonların atmosferdeki fotokimyasal reaksiyonları sonucu ozon oluşur. Söz konusu faaliyetlerin başında, motorlu taşıtların egzozları ve ısı üretimi amacıyla fosil yakıt kullanımı gelmektedir (Kırımhan, 2006).

Troposferik ozon, azot oksitler, uçucu organik bileşikler (VOC) ve karbonmonoksit gibi farklı kaynaklardan ortaya çıkan kirleticilerin güneş ışığı altında foto-kimyasal reaksiyona girmesiyle oluşan bir ikincil kirleticidir.

Ozon kirliliği özellikle termik santraller (kömür ve doğal gaz), sanayi tesisleri ve motorlu araçlardan kaynaklanmaktadır. Ayrıca fabrikalar ve petrol rafinerileri de önemli O_3 oluşumuna neden olan emisyonlar için önemli kaynaklardır. Okside edici bir gaz olan O_3 , solunum yollarında tahrişe neden olarak akciğerde ve soluk borusunda inflamasyon oluşturur, solunum fonksiyonlarını bozar ve astım ataklarını tetikler. Bu etkiler KOAH, astım gibi kronik akciğer hastalıklarına yakalanmış kişilerde, yaşlılarda ve çocuklarda daha çok görülür. Ozona uzun süre tekrarlayan bir şekilde maruz kalan çocuklarda akciğer gelişimi bozulabilir ve astım gelişimi tetiklenebilmektedir (THHP, 2020). Ozonun koku başlangıcı yaklaşık olarak 0,008 - 0,02 ppm ($15 - 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) dir. Fotokimyasal oksitleyiciler çok küçük konsantrasyonlarda dahi insan sağlığına olumsuz etki yapmaya başlamaktadır. 0,10 ppm ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) seviyesindeki ozona 1 saat maruz kalma ile akciğer fonksiyonlarında azalmaların başladığı klinik bulgulara tespit edilmiştir. Sağlıklı insanların egzersiz yaparken, düşük konsantrasyonlarda ozona birkaç saat maruz kalmaları akciğer işlevlerinin zayıflamasına yol açmaktadır. Göğüs ağrıları, öksürük, nefes darlığı ve akciğerde su birikmesine neden olmaktadır (Karakuş, 2002). Hava kirliliğine maruz kalma sonucunda Avrupa Birliğindeki ortalama yaşam süresinin sekiz ay kısaldığı tahmin ediliyor. 2018 yılında, Avrupa genelinde 417.000 ölüm $\text{PM}_{2,5}$ ile, 55.000 ölüm NO_2 ile, 20.600 ölüm ise ozon seviyesiyle ilişkili olarak gerçekleşmiştir (EEA, 2020).

Daha önce de bahsedildiği üzere, ikincil bir kirletici olan O_3 , UOB ve NO_x gibi bileşiklerin güneş ışığı varlığında tepkimeye girmesinden dolayı meydana gelmektedir. Dolayısıyla atmosferdeki O_3 varlığı ile hava sıcaklığı arasında doğrusal bir ilişki söz konusudur. Bu nedenle, özellikle yaz aylarında diğer aylara göre ozon daha fazla derişimlerde bulunmaktadır. O_3 derişiminin en yüksek elde edildiği Nisan-Eylül ayları arasındaki bu dönem “ozon mevsimi” olarak tanımlanmaktadır. Değişen mevsim normalleri sebebiyle O_3 oluşumu için gereken gün ışığı, gün içerisindeki zamanlarda değişiklik göstermektedir. Bu durum O_3 derişimleri üzerinde etkili olmaktadır (Altuğ, 2013). Ozonun, kentsel ortamlarda sıcak güneşli günlerde yüksek seviyelere ulaşması en muhtemeldir, ancak soğuk aylarda da yüksek seviyelere ulaşabilir. Ozon, ayrıca rüzgarla uzun mesafelere taşınabilir, böylece kırsal alanlarda bile yüksek ozon seviyeleri gözlenebilir (EPA, 2022).

3. HAVA KİRLİLİĞİ ÖRNEKLEME VE ANALİZ YÖNTEMLERİ

Hava kalitesinin belirlenmesinde ve kirleticilerin ölçümünde kullanılan örnekleme yöntemleri;

- Pasif Örnekleme
- Aktif Örnekleme
- Otomatik Analizörler
- Uzaktan algılayıcılar olarak sınıflandırılabilir.

Hava kirleticilerinin analizinde kullanılan en yaygın yöntemler kromatografik ve spektroskopik yöntemlerdir.

Kromatografik yöntemler, ortamın fiziksel durumu dikkate alınarak kolon ve düzlemsel kromatografi olmak üzere iki şekilde sınıflandırılabilir (Özçimder ve Demirci, 2004).

Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (HPLC); hızla birçok alandaki analizler ve ayırma için tercih edilen bir yöntemdir. Çözülebilir hemen hemen her şey farklı tipteki HPLC kolonları ile ayrılabilir. HPLC ile analiz edilecek madde miktarı pikogram ve nanogramdan mikrogram ve miligrama ve hatta multigrama kadar değişebilir. Bu yöntemle uçucu bileşikler veya türevleri, basit bir filtreleme sonrasında sulu örnekler doğrudan analiz edilebilir. Geniş bir polarite aralığındaki 7 çeşitli bileşikler tek bir aşamada analiz edilebilir. Termal olarak kararsız bileşiklere uygulanmaktadır (McMaster, 2007).

Atomik Absorpsiyon Spektrometrisi (AAS); temel düzeydeki element atomlarının kendilerine özgü dalga boylarında ışını absorplamasına dayanır. Absorpsiyonun büyüklüğü, temel düzeydeki atomların derişimi ve analit derişimine bağlıdır. Analit derişimi, absorbans ölçümüyle bulunabilir (Kellner ve diğ., 1998).

Bu tez çalışması kapsamında SO₂, NO₂, O₃ için pasif örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Analiz işlemleri de Dionex 1100 İyon Kromatografi cihazında gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışmasında kullanılan örnekleme ve analiz yöntemine ait detaylı bilgilere ise alt başlıklarda yer verilmiştir.

3.1. Pasif Örnekleme

Pasif örnekleyciler, atmosferden gaz örneklerini herhangi bir aktif hava hareketine gereksinim olmadan, moleküler difüzyon kontrolündeki bir hızda toplayabilme özelliğine sahip ekipmanlardır. Böylelikle herhangi bir elektrik gücü veya pompa gereksinimi duyulmaksızın atmosferdeki kirletici gazlar, moleküler difüzyon yoluyla belli bir hızda örnekleycinin kapalı ucunda yer alan sorbent üzerinde tutulmaktadır. Pasif örnekleme yönteminin şematik gösterimi Şekil 3.1’de yer almaktadır. Moleküler difüzyona dayalı olarak gerçekleşen pasif örnekleme yöntemi, I. Fick Yasasıyla ifade edilmektedir. Buna göre, L difüzyon yoluyla t süresinde toplanan bileşen miktarının (Q) diferansiyel olarak zamana bağlı değişimi 3.1 nolu eşitlik ile ifade edilmektedir (Özden, 2005).

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{D \times A}{L} \times (C_0 - C_a) \quad (3.1)$$

Eşitlikte;

Q : adsorplanan bileşen miktarı (µg),

t : örnekleme süresi (sn),

A : difüzyon yolunun kesit alanı (cm²),

D : kirletici bileşenin difüzyon katsayısı (cm² /sn),

L : difüzyon yolunun toplam uzunluğu (cm),

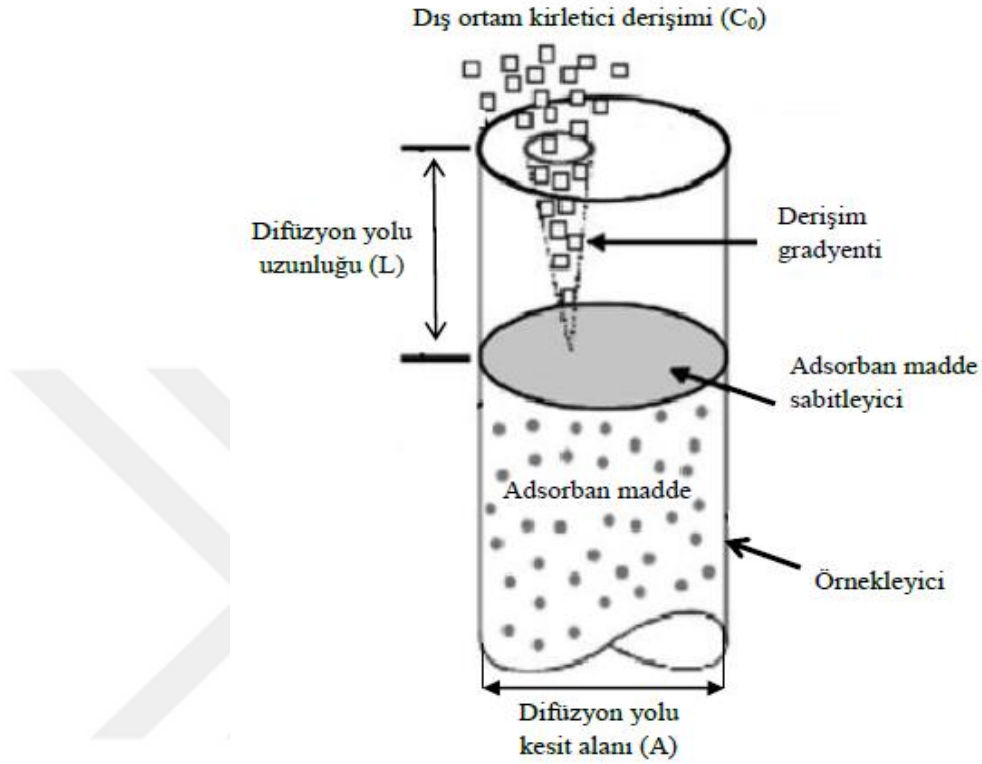
C₀ : örneklenen ortamdaki kirletici bileşen derişimi (µg/m³) ve

C_a : adsorban madde üzerindeki bileşen derişimidir (µg/m³).

Adsorban madde üzerindeki bileşen derişiminin başlangıçta sıfır olduğu (C_a=0) kabul edilerek 3.1 nolu diferansiyel denklem çözüldüğünde, 3.2 nolu eşitlik elde edilmektedir (Gorecki ve Namiesnik, 2002).

$$C_0 = Q \times \frac{L}{D \times A \times t} \quad (3.2)$$

Difüzyon yolu uzunluğu, örnekleyici kesit alanı ve difüzyon katsayısı bir örnekleme sistemi için sabittir ve $(D \times A)/L$ oranı örnekleme hızı (SR) olarak ifade edilmektedir (Özden, 2005).



Şekil 3.1. Pasif örnekleme yönteminin şematik gösterimi (Kumar ve Viden, 2007)

Pasif örnekleyiciler basit ve küçük bir yapıya sahip olma, düşük maliyet, pahalı ve karmaşık ekipmanlara ihtiyaç duyulmaması, enerji gereksiniminin olmaması, yoğun insan gücü gerektirmemesi gibi birçok önemli avantaja sahiptir. Bunun yanı sıra bazı sınırlamaları da mevcuttur; bunlar arasında en önemlisi, ortam koşullarının (sıcaklık, hava hareketi ve nem gibi) örnekleme olası etkileridir. Buna rağmen, birçok kullanıcı pasif örnekleme yöntemi daha geleneksel örnekleme prosedürlerine göre daha iyi bir alternatif olarak görmektedir (Özden, 2005).

3.2. İyon Kromatografisi (IC)

İyon kromatografisi, iyon değiştirme reçineleri tarafından iyonları ayırma ve tayin etme metodudur. Anyonları ayırmak için anyon değiştirme reçineleri, katyonları ayırmak için katyon değiştirme reçineleri kullanılır. Katı bir maddenin yapısında bulunan iyonların, bu katı maddenin temasta olduğu bir çözelti içindeki aynı cins yüklü olan başka iyonlarla bir dengeye göre değiştirilmesi özelliğine dayanır. Florür (F^{-1}),

Klorür (Cl^{-1}), Nitrit (NO_2^{-1}), Bromür (Br^{-1}), Nitrat (NO_3^{-1}), Fosfat (PO_4^{-3}), Sülfat (SO_4^{-2}) anyonları ve Lityum (Li^{+1}), Sodyum (Na^{+1}), Amonyum (NH_4^{+1}), Potasyum (K^{+1}), Kalsiyum (Ca^{+2}), Magnezyum (Mg^{+2}) katyonlarının analizleri yapılabilmektedir.

Tipik bir iyon değişim kolon kromatografisi şunları içerir:

1- Pompa – Yüksek basınçlı bir pompa, eluentin sabit akışını sağlayan İyon değişim kromatografi sisteminin ana parçalarından biri olarak kabul edilmektedir.

2- Enjektör – Eluent akışına ve kolona numune girişi için çeşitli yollar arasında, en basit yöntem bir enjeksiyon valfinin kullanılmasıdır.

3- Kolonlar – Uygulama alanına bağlı olarak numune karışımının ayrılması için bir kolon seçilir. Laboratuvarlarda kullanılan kolonlar camdan, endüstrilerde kullanılan kolonlar ise yüksek kaliteli paslanmaz çelikten veya polimerden imal edilmektedir.

4- Fırın (isteğe bağlı)

5- Dedektör – Bu, analit piklerini sütundan eluent olarak tahmin etmektedir.

6- Veri Toplama ve İşleme Bilgisayarı – Kromatogramların ve verilerin toplanmasına ve birleştirilmesine yardımcı olmaktadır [http-1].

4. LİTERATÜR

Hava kirliliğinin sağlık üzerinde olumsuz etkileri olduğu bilinmektedir. Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre dünyada her yıl toplam 7 milyon insan hava kirliliğinin yol açtığı hastalıklar nedeniyle ölmektedir. Dünyada her 10 kişiden 9'u kirli hava solumaktadır. Bu ölümlerin 4.2 milyonu sanayi, trafik ve ısınma kaynaklı dış ortamdaki hava kirliliği; 3.8 milyonu ise evin içinde yemek ve ısınma için yakılan yakıtlardan kaynaklanan iç ortam kirliliğine bağlı hastalık ve ölümlerden dolayıdır [http-2].

Ülkemizdeki şehirlerde hava kirletici emisyonları hakkında çeşitli çalışmalar mevcuttur ve Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığının Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağından da illerdeki ölçüm istasyonlarında ölçülen kirletici verilerine ulaşılabilmektedir. Ülkemizdeki çalışmaların çoğunluğu il genelindeki hava kirletici kaynaklarının belirlene şeklidir. Kişisel maruziyet inceleme çalışmalarının çoğunda da uçucu organik bileşikler ve partikül madde üzerinde durulmuştur.

Trafığın yoğun olduğu meydan, cadde ve sokak gibi yerlerde oluşan motorlu taşıt kaynaklı hava kirliliğine uzun süre maruz kalan ve risk altında olan meslek grupları; trafik polisleri, taksi şoförleri, katı atık toplama işçileri, otoparklarda ve otoyol gişelerinde çalışan kişilerdir. Bu meslek gruplarında, kan ağır metal düzeylerinin belirlenmesi çalışmaları mevcuttur.

Ülkemizde belediye atıklarının toplanması ve taşınması ilçe belediye sınırları içerisinde ilçe belediyesi sorumluluğunda gerçekleştirilmektedir. İlçe sınırları içerisinde toplanan katı atıklar ya toplama araçları ile doğrudan düzenli depolama alanlarına taşınır ya da aktarma istasyonlarında daha büyük transfer araçlarına aktarılır. Atık kaynaklarının dağınık yapısı ve toplama alanının büyüklüğü sebeplerinden atık toplama işlemleri genellikle verimlilikten oldukça uzaktır. Güzergah planlamaları optimum değildir ve araçlar çoğu zaman kapasitelerinin altında (yarı dolu) çalışmaktadır (Yildiz vd., 2009). Belediye atıkları toplama sisteminin sürekliliği ve kullanılan araçların dizel motorlu kamyonlar olduğu dikkate alınınca ulaşım sektörü kaynaklı hava kirliliğinde önemli bir yeri olduğu tahmin edilmiştir (Yalçınkaya, 2020).

Bu tez çalışmasında incelenen SO₂, NO₂, O₃ kirletici emisyonlarının hava kalitesine etkisi üzerine ülkemizde ve dünyada yapılan çalışmalara aşağıda yer verilmiştir.

Zaldei, Camilli vd. tarafından yapılan çalışmada, İtalya'nın Floransa şehrinde kentsel alanda trafik kaynaklı hava kirliliği monitörlemesi yapılmıştır. Yapılan bu çalışmada, kamera sensörleri ile veriler toplanmış ve bu verilerin analizi için de COPERT programı kullanılmıştır. Bu sonuçlardan istatistik veriler elde etmek için ise IMP programı kullanılmıştır. NO₂ ölçümleri hafta içi ve hafta sonu her gün olacak şekilde sabah (08.00-09.00) ve akşam (18.00-19.00) 1 saat boyunca örnekleme yapılmıştır. Elde edilen derişimler minimum 47,5 µg/m³, maksimum 65,4 µg/m³ olarak saptanmıştır. Bölge için limit değer 1 saatlik ölçüm için 200 µg/m³ olup, değerler limitin altında çıkmıştır (Zaldei, Camilli vd., 2016).

Alkan ve Morcalı tarafından yapılan çalışmada, Kahramanmaraş'ta Necip Fazıl Kültür Merkezi'ne yerleştirilen hava kalitesi izleme istasyonundan alınan SO₂, PM₁₀, NO₂, O₃ derişimleri ile bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışma hazırlanırken izlenen derişimler Haziran 2016 ile Şubat 2017 tarihleri arasını kapsamakta olup ölçülen

değerler üçer aylık periyotlara ayrılarak incelenmiştir. SO₂, NO₂, O₃ derişimleri sırasıyla yaz aylarında en yüksek 20 µg/m³, 20 µg/m³, 120 µg/m³; sonbahar aylarında en yüksek 80 µg/m³, 35 µg/m³, 80 µg/m³; kış aylarında en yüksek 120 µg/m³, 50 µg/m³, 80 µg/m³ civarlarında tespit edilmiştir. Aralık ve Ocak aylarında SO₂ kirleticisi diğer aylara göre yoğun bir şekilde artış göstermiştir. Sonbahar aylarında O₃ derişimleri yaz aylarına göre daha düşük oranlarda tespit edilmiştir. Bunun nedenlerinin başında havanın kademeli olarak soğuması ile birlikte O₃ derişimini tetikleyen sıcaklığın yaz aylarına oranla düşüş göstermiş olduğu belirlenmiştir. Kış döneminde NO₂ emisyonunda artış gözlemlenmiştir (Alkan ve Morcalı, 2017).

Mutlu tarafından 2019'da yapılan çalışmada, Balıkesir il merkezinde trafikten kaynaklanan hava kirliliği seviyeleri incelenmiştir. İl merkezinde bulunan toplam 24 kavşak analiz edilmiş ve bu kavşaklardan geçen taşıt sayımları yapılmıştır. Elde edilen veriler COPERT programı yardımı ile analiz edilerek, kirleticilere ait trafik kaynaklı emisyonlar hesaplanmıştır. İncelenen toplam 24 kavşakta oluşan trafik faaliyetleri neticesinde, sıcak ve soğuk iklim özellikleri dikkate alınarak, yapılan analizler sonucunda yıllık olarak yaklaşık 682 ton CO ve 133 ton NO_x emisyonlarının trafik kaynaklı olarak atmosfere salındığı tahmin edilmektedir. İl merkezinden geçen İzmir-Bursa-İstanbul ana ulaşım hattı üzerinde bulunan kavşaklarda trafik yoğunluğunun diğer kavşaklardan daha fazla ve dolayısıyla atmosfere verilen CO ve NO_x kirleticileri ile yakıt tüketimlerinin daha fazla olduğu tespit edilmiştir. NO_x emisyonu ana ulaşım hattı üzerinde bulunan kavşaklarda (µA Grubu=1014.18 gr NO_x) olduğu belirlenmiştir (Mutlu, 2019)

Kara ve Kaynak Tezel tarafından yapılan çalışmada, Türkiye genelindeki SO₂ yer ölçümleri analiz edilerek kirliliğin mekansal, ölçümlerinin saatlik, aylık ve mevsimlik analizleri incelenerek zamansal olarak değişimi değerlendirilmiştir. R programı kullanılarak veriler kalitelerine göre ayrılmış, ardından istatistiksel olarak analiz edilmiş ve sonuçlar yorumlanmıştır. Buna göre, istasyonların %30'u yıllık SO₂ sınır değerini aşmış ve 2013-17 arasında bu sayıda azalma gözlenmemiş. SO₂ kış dönemi konsantrasyonları hesaplandığında Edirne-Keşan (2015, 681.83 µg/m³), Çan (2013, 271.57 µg/m³) ve Manisa-Soma (2015, 130.41 µg/m³) istasyonları en kirli istasyonlar olduğu tespit edilmiş. Çalışma ile SO₂ kirliliğinin kaynakları gemi trafiği, liman işletmeleri, evsel ısınma ve enerji kömür kullanımı olarak belirlenmiş, enversiyon ve

rüzgarla taşınımın bazı istasyonlarda kirliliği arttırdığı anlaşılmıştır (Kara ve Kaynak Tezel, 2017).

Steinberga, Sustere vd. tarafından yapılan çalışmada, Letonya'nın Riga şehrinde trafik kaynaklı hava kirliliği modellenmesi yapılmıştır. Şehrin kalabalık bir caddesi olan K.Valdemara'da NO_x ve PM_{10} saatlik konsantrasyonlarını tahmin etmek için OSPM (Operational Street Pollution Model) kullanılmıştır. Caddeden günde ortalama 52.000 araç geçmektedir. Çalışmada 5 farklı senaryo uygulanmıştır. Senaryo 1'de 07.00-19.00 saatleri arasında kişisel binek araçlar için ölçüm yapılmıştır ve sonuç $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ saptanmıştır. Senaryo 2'de eski binek araçlar için ölçüm yapılmıştır ve sonuç $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ saptanmıştır. Senaryo 3'te sadece tatil günlerindeki kişisel araçlar için ölçüm yapılmıştır ve sonuç $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ saptanmıştır. Senaryo 4'te 4 adet taksinin 2 tanesi baz alınmış olup, sonuç $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ saptanmıştır. Senaryo 5'te yaz hariç diğer mevsimler için ölçüm yapılmıştır ve sonuç $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ saptanmıştır. Çalışmalar 2 m yükseklikte 8 gün boyunca saat başı yapılmıştır (Steinberga, Sustere vd., 2019).

Elbir, Bayram vd. tarafından yapılan çalışmada, İzmir kent merkezinde karayolu trafiğinden kaynaklanan hava kirliliği incelenmiştir. Çalışmada, 2007 yılı İzmir kent merkezindeki trafikten atmosfere verilen emisyon miktarları CO için 5607 ton, NO_x için 2502 ton, NMVOC için 772 ton, SO_2 için 340 ton ve PM_{10} için 104 ton olarak hesaplanmıştır. CO, NO_x ve NMVOC emisyonlarının yarısından fazlası otomobillerden kaynaklanırken, otobüs+ kamyon kategorisi tek başına SO_2 emisyonlarının %80'nine neden olmaktadır. Minibüs+kamyonet kategorisi ve Motosikletler PM_{10} emisyonlarının önemli bir kaynağıdır. Bunun yanı sıra, hesaplanan emisyonlar CALPUFF dağılım modeli yardımıyla kent merkezindeki hava kalitesi seviyelerini belirlemek için kullanılmıştır. Modelleme sonuçlarına göre, en kötü meteorolojik şartlar için maksimum saatlik konsantrasyonlar CO için $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$, NO_x için $222 \mu\text{g}/\text{m}^3$, NMVOC için $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, SO_2 için $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve PM_{10} için $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır (Elbir, Bayram vd., 2010).

Cuci ve Ergün Polat tarafından yapılan çalışmada, Gaziantep'in hava kalitesinin tespit edilmesi ve değerlendirilmesi amacıyla il merkezinde meydana gelen trafik kaynaklı emisyonlar belirlenmiştir. Gaziantep'te trafik kaynaklı meydana gelen toplam NO_x emisyonlarının %73'ü dizel yakıtlardan, %19'si benzin yakıtlı araçlardan ve geri kalan %8'i ise LPG yakıtlı araçlardan kaynaklandığı görülmüştür. Şehrin trafik akışının

yoğun olduğu 30 noktasında pasif örnekleme metodu ile NO_x emisyonu belirleme çalışmaları yürütülmüştür. Elde edilen veriler 1 aylık bir ölçüm süresini kapsamakta olup söz konusu kavşaklara ait anlık verilerin elde edilmesi bu emisyonların daha iyi değerlendirilmesine olanak sağlamıştır. Trafiğin yoğun olduğu kavşaklarda belirlenen NO_x kirlilik yükü ile bu kavşaklardaki araç sayıları arasında çok net bir ilişki olduğu görülmüştür. Örneğin İller Bankası kavşağındaki araç sayısı 28116 adet ve burada tespit edilen NO_x ise 1.86 µg/m³ iken SSK kavşağındaki araç sayısı 21602 adet ve burada tespit edilen NO_x ise 1.76 µg/m³’ tür. Bu iki kavşak arasındaki araç sayısı ile NO_x emisyonu arasında doğru orantı olduğu tespit edilmiştir. En yüksek emisyon değeri 2,3 µg/m³ ile İbrahimli 2 Kavşağıdır. Pasif örnekleme ile elde edilen NO, NO₂ ve NO_x değerleri Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Genelgesi’nde verilen sınır değerlerin altında kalmaktadır. Elde edilen veriler 1 aylık bir ölçüm süresini kapsamaktadır (Cuci ve Ergün Polat, 2015).

Keçebaş, Kayfeci ve Gedik tarafından yapılan çalışmada, Afyonkarahisar’da ısıtma amaçlı fosil yakıt tüketiminden jeotermal enerji ve doğalgaza geçiş dönemleriyle birlikte hava kalite parametreleri değerlendirilerek, jeotermal ve doğalgaz kullanımının hava kirliliğine etkisi incelenmiştir. İl Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Müdürlüğü, İl Sağlık Müdürlüğü ve Afyonkarahisar Belediyesinden elde edilen veriler dikkate alınmıştır. SO₂ ve PM emisyon ölçümleri şehir merkezinde Bulab 2018 model bir cihaz kullanılarak yapılmıştır. Ölçümler bina çatısından 1,5 metre yükseklikten alınmıştır. SO₂ ölçümü titrasyon yöntemi ile yapılmıştır. Günlük ortalamalar 24 saat boyunca alınan ölçümlere dayanarak hesaplanmıştır. 1990-2007 yılları arasında (doğalgaz ile ısıtmaya başlamadan önce) SO₂’nin ortalama ısıtma sezonu konsantrasyonunun 130 µg/m³ olduğu, 2009-2010 ısıtma sezonundaki SO₂’nin konsantrasyon ortalama değeri ise 55 µg/m³ olduğu, 1990-1996 yılları arasında (jeotermal ile ısıtmaya başlamadan önce) SO₂ konsantrasyonları ortalama değeri 144 µg/m³ olduğu tespit edilmiştir (Keçebaş, Kayfeci, Gedik, 2010).

Alkan tarafından yapılan çalışmada, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Hava Kalitesi İzleme istasyonlarına ait veriler kullanılarak Siirt’in hava kirlilik durumu incelenmiştir. Temel hava kirleticisi olan SO₂ ve PM₁₀ miktarlarının 2015, 2016 ve 2017 yıllarındaki değerlerinin 3 yıllık periyot boyunca takibi gerçekleştirilmiştir. 2017 yıllarını kapsayan ölçüm dönemlerinde Ocak, Şubat, Aralık,

Kasım ve Mart aylarında, SO₂ konsantrasyonu yüksek düzeyde seyretmektedir. Buna göre 2015 yılı Ocak ayı ortalama değeri 39.2 µg/m³, Aralık 50.6 µg/m³, Şubat 27.6 µg/m³, Mart 31.5 µg/m³ ve Kasım 17.8 µg/m³ şeklinde gerçekleşmiştir. Kentte 2016 yılı verilerine göre en yüksek aylık ortalama SO₂ değeri 40 µg/m³ ile Aralık ayı olup, Kasımda 37.5 µg/m³, Ocakta 28.7 µg/m³, Şubatta 23.2 µg/m³ ve Martta 21.3 µg/m³ şeklinde gerçekleşmiştir. Son istatistik yılı olan 2017’de de Ocak ayı 57 µg/m³ değeri ile en yüksek ay olmuştur. Bu yılda sırasıyla Aralık 50.8 µg/m³, Şubat 44 µg/m³ ve Kasım 18.7 µg/m³ değeriyle en yüksek aylık ortalamalara sahip olduğu tespit edilmiştir (Alkan, 2018).

Koca ve Elbir tarafından yapılan çalışmada, Dokuz Eylül üniversitesi Tınaztepe Yerleşkesi içindeki ana karayolu üzerinde uzun süreli taşıt sayımları yapılarak farklı araç türleri (motosiklet, otomobil, minibüs/kamyonet ve otobüs/kamyon) için saatlik trafik yoğunlukları belirlenmiştir. Sayımlar taşınabilir trafik sayım ve sınıflandırma cihazları kullanılarak gerçekleştirilmiş ve sayımlarla birlikte taşıtların hızları da eş zamanlı olarak belirlenmiştir. Çalışmada CORINAIR emisyon faktörü veri tabanından taşıt kategorilerine, motor teknolojisine ve yakıt türlerine göre uygun emisyon faktörleri seçilmiş, seçilen emisyon faktörleriyle araç sayımları ve hızları kullanılarak trafikten kaynaklı hava kirletici emisyon miktarları tahmin edilmiştir. Emisyonlar 5 kirletici (CO, NO_x, NMVOC, PM₁₀ ve SO₂) için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Yapılan çalışmaya göre, yerleşkede ortalama bir hafta boyunca atmosfere verilen toplam emisyon miktarları; NO_x için 21,3 kg, SO₂ için ise 2,8 kg olarak bulunmuştur. Yerleşkede yıllık toplam emisyonlar ise; NO_x için 1,1 ton, SO₂ için 0,15 ton’dur. Yerleşke alanı içinde trafikten kaynaklanan hava kalitesi seviyeleri bir hava kalitesi dağılım modeli ile belirlenmiştir. Model sonuçlarına göre; yıllık ortalama konsantrasyonlar bakımından en yüksek değerlerin hemen yol yakınlarında ve NO_x için 4 µg/m³, SO₂ için 0,5 µg/m³ civarında olduğu görülmüştür. Yıl içindeki saatlik en yüksek konsantrasyonlar incelendiğinde ise, NO_x için 53 µg/m³, SO₂ için 7,2 µg/m³ değerleri görülmüştür (Koca ve Elbir, 2013).

Yalçinkaya tarafından yapılan çalışmada, İzmir’in Çiğli ilçesinde evsel katı atık toplama ve taşıma sisteminden kaynaklanan önemli hava kirleticileri (CO, NMVOC, NO_x, PM, N₂O, NH₃, SO₂ ve CO₂) emisyonlarının hesaplanması ve toplama aracı kapasitesinin (8+1 m³ ve 13+1.5 m³) kirletici emisyonlarına etkisinin incelenmesi için

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı bir yöntem geliştirilmiştir. CBS tabanlı Vehicle Routing Problem (VRP) yöntemi ile optimum güzergahların tayini, toplam kat edilen mesafelerin ve toplam araç çalışma sürelerinin tespiti gerçekleştirilmiştir. Akabinde araç ve yakıt türüne bağlı emisyon faktörleri ve CBS analizleri sonucu elde edilen yakıt tüketiminin çarpımına dayalı hesaplama yöntemi ile emisyonlar hesaplanmıştır. 8+1 m³'lük araç için, NO_x emisyonu 64,538 g/gün, SO₂ emisyonu 12 g/gün; 13+1.5 m³'lük araç için, NO_x emisyonu 75,550 g/gün, SO₂ emisyonu 14 g/gün olarak bulunmuştur (Yalçinkaya, 2020).

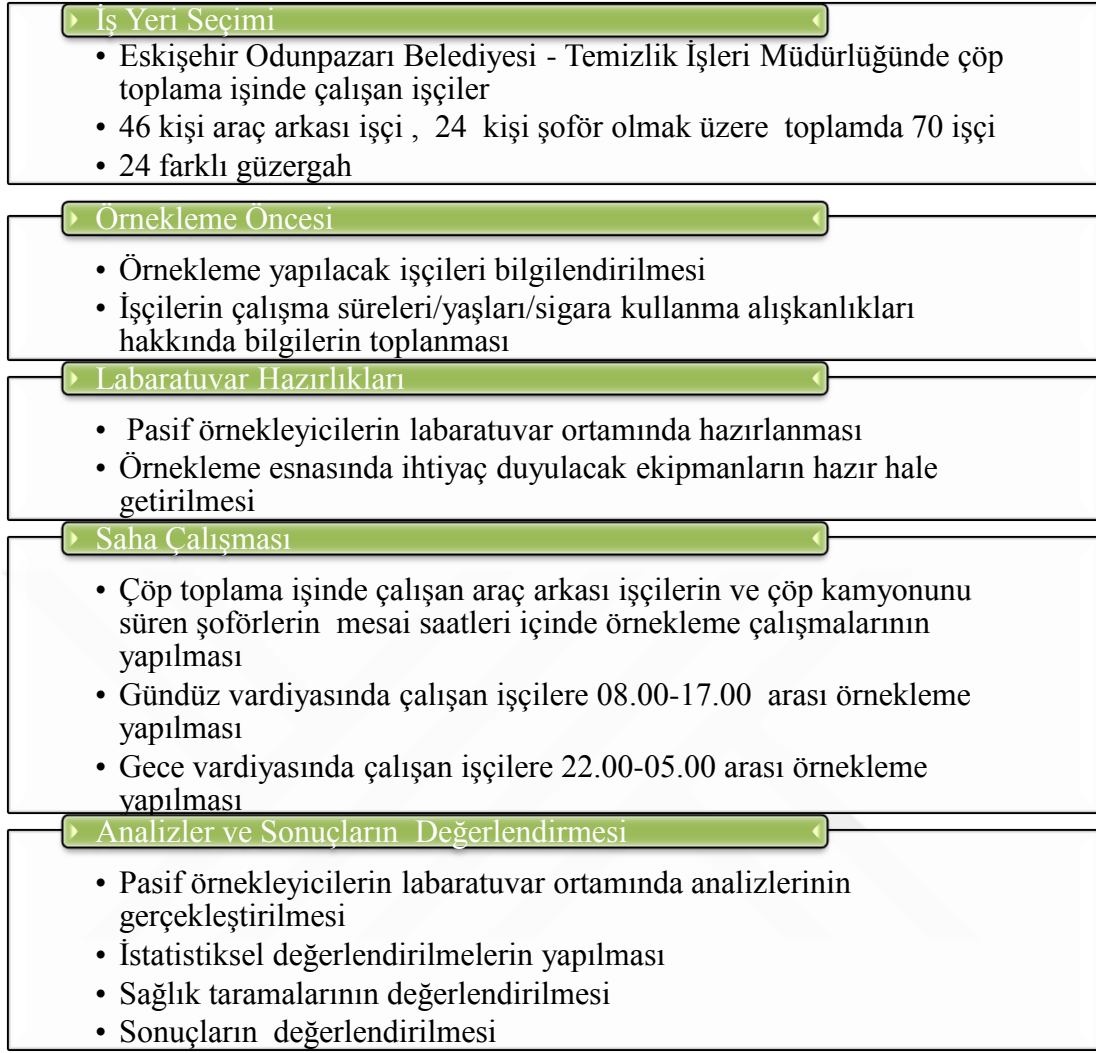
Molina vd. tarafından yapılan çalışmada, İspanya'nın 72.800 nüfuslu Alcalá de Guadaíra Belediyesi için katı atık toplama ve taşıma sisteminden kaynaklanan CO₂, NO_x, NMVOC ve PM emisyonlarını hesaplamışlardır. Euro 3 motor teknolojisine sahip araç filosundan oluşan mevcut katı atık toplama ve taşıma sisteminden kaynaklanan hava kirliletiçi emisyonlarının modellenmesi için COPERT modeli uygulanmıştır. Hesaplanan emisyonlar tüketilen yakıt miktarına bölünerek yakıt tüketimine bağlı emisyon faktörleri (g emisyon/kg yakıt) hesaplanmıştır. Emisyon faktörleri sırasıyla CO₂ için 3.142 g/kg yakıt, NO_x için 29.90 g/kg yakıt, NMVOC için 2.11 ve PM için 0.83 olarak tespit edilmiştir (Molina J.C. vd., 2019).

Hava kirliliğinin sağlık etkileri üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde, hava kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki etkilerini araştıran epidemiyolojik çalışmalara rastlanmıştır. Avrupa'da, Hava Kirliliği ve Sağlık: Avrupa Yaklaşımı (APHEA) çalışmalarında bir saatlik maksimum O₃ konsantrasyonlarındaki her 50 µg/m³'lük yükseklik için, altı şehirdeki günlük mortalite oranlarında artış olduğu saptanmıştır (Touloumi vd., 1997). Kaliforniya'da yapılan prospektif çalışmalarda, bazı astım olguları ile O₃ arasında bir ilişki olduğu ileri sürülmüştür (McConnell vd., 2002). İsviçre'de sekiz değişik bölgede yaşayan insanlarla yapılan bir çalışmada, yetişkinlerde PM₁₀, NO₂ ve SO₂ düzeyleri ile akciğer fonksiyonlarında düşme ve bronşitik semptomlarda artış arasında bir korelasyon saptanmıştır (Zemp vd., 1999). Atlanta olimpiyatlarında, oyunların sürdüğü üç hafta boyunca trafik %22 azalmış ve O₃, NO₂, CO VE PM₁₀ değerleri sırası ile %28, %7, %19, %17 oranında azalma göstermiştir. Çocuklarda astım nedeni ile istenen konsültasyonlar %40, erişkinlerde ise acile başvurular %11-19 oranında azalmıştır (Friedman vd., 2001). Eskişehir'de SO₂ düzeyleri ile üst ve alt solunum yolu enfeksiyonları, KOAH ve kor pulmonale nedeniyle

acil hastane başvurularında artış arasında ilişki bulunmuştur (Ünsal vd., 1999). Gazların kombine etkilerinin araştırıldığı çalışmalarda, SO₂ ve NO₂ birlikte verildiğinde ayrı ayrı verilmelerine göre hava yollarındaki alerjik cevabı daha fazla artırdıkları gösterilmiştir (Devalia vd., 1994).

5. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez çalışması kapsamında, çöp kamyonunda katı atık toplama işi yapan işçilerin maruz kaldıkları kirlilik ve çalışma güzergahlarındaki dış ortamın hava kalitesinin değerlendirilmesi amacıyla NO₂, SO₂, O₃ ölçüm çalışmaları gerçekleştirilmiştir. İnorganik bileşiklerin (NO₂, SO₂, O₃) ölçümü için pasif örnekleyiciler kullanılmıştır. Çalışma için Odunpazarı Belediyesi Temizlik İşleri Müdürlüğünde çalışan 70 işçi seçilerek kişisel örnekleme gerçekleştirilmiştir. İşçilerin 24 tanesi şoför, 46 tanesi araç arkası işçisi olup 24 farklı güzergahta çalışma yapılarak maruziyet derişimleri tespit edilmiştir. Çalışma akış şeması Şekil 5.1’de ayrıntılı olarak gösterilmiş olup çalışma ile ilgili açıklamalar ise alt başlıklarda yer almaktadır.



Şekil 5.1. Çalışma aşamalarının şematik gösterimi

5.1. Çalışma Alanı

Çalışma Eskişehir İli Odunpazarı İlçesinde yaklaşık 419.114 nüfusa hizmet veren Odunpazarı Belediyesi Temizlik İşleri Müdürlüğünün katı atık toplama programı kapsamında yapılmıştır. Çalışmada; Şehir Hastanesi, Köyler, Üniversite Evleri, Organize Sanayi, Orhangazi Mah., 75.Yıl Mah., Çankaya Mah., Gündoğdu Mah., Caddeler, Emek Mah., 71 Evler Mah., Erenköy Mah., Kırmızıtoprak Mah., Odunpazarı Evleri, Gökmeydan Mah., Huzur Mah., Gültepe Mah., Yıldıztepe Mah., Vişnelik Mh., Büyükdere Mah., Sümer Mah., Kurtuluş Mah., İstiklal Mah., Deliklitaş Mah. olmak üzere 24 farklı katı atık toplama güzergahı baz alınmıştır. Şekil 5.2’de Türkiye haritası üzerinde Eskişehir ili ve çalışma alanı gösterilmiştir.



Şekil 5.2. Çalışmanın gerçekleştirildiği Eskişehir il ve ilçe sınırlarının gösterimi

Eskişehir genelinde ısınmada çoğunlukla doğalgaz kullanılsa da belli mahallelerde kömür kullanımı hala mevcuttur. Eskişehir ili konumu itibariyle ve bağlantı yollarında olması sebebiyle ulaşımdan kaynaklı hava kirliliği de gözlemlenebilmektedir.

Tablo 5.1. Eskişehir ilinde 2019 yılında kullanılan yakıt türleri ve miktarları (Eskişehir Valiliği Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü, 2019)

	Katı Yakıt			Doğalgaz		Fuel Oil	
	Kullanım Yeri	Cinsi	Tüketim Miktarı (ton)	Kullanım Yeri	Tüketim Miktarı (sm ³)	Kullanım Yeri	Tüketim Miktarı (kg)
Sanayi	Madencilik	Kömür	32.812	Isınma+İmalat	242.685.911	*	*
	Tüketim Miktarı (ton)			Tüketim Miktarı (sm ³)		Tüketim Miktarı (m ³)	
Konut	42.328			414.000.000		*	

*Veriye ulaşılamamıştır.

İl genelinde motorlu araç sayısı TÜİK verilerine göre 2019 yılı itibarıyla **289.923** adet araç bulunmaktadır. 2019 yılında emisyon ölçüm yetki belgesi bulunan firma sayısı **10** adettir. Ayrıca 2019 yılı içerisinde **119.068** adet egzoz emisyon ölçümü yapılmış olup **109.350** adedi ölçümden geçmiş, **9.718** adedi ölçümden geçememiştir.

Tablo 5.2. 2019 Yılında Eskişehir ilindeki araç sayısı ve egzoz ölçümü yaptıran araç sayısı (Eskişehir Valiliği Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü, 2019)

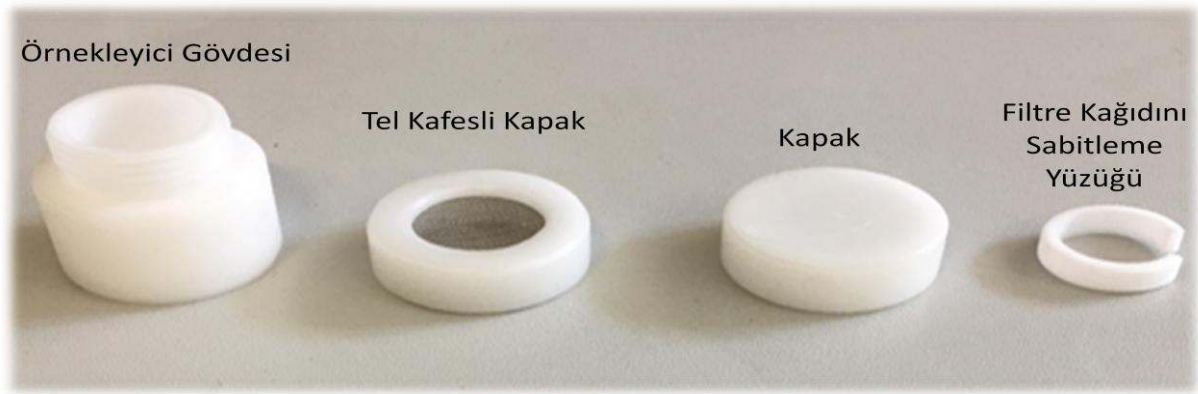
Egzoz Gazı Emisyon Ölçüm Yetki Belgesi Düzenlenen Firma Sayısı	İldeki Toplam Araç Sayısı (TÜİK verisi)	Egzoz Ölçümü Yaptıran Araç Sayısı
10	289.923	119.068

5.2. Örneklem Programı

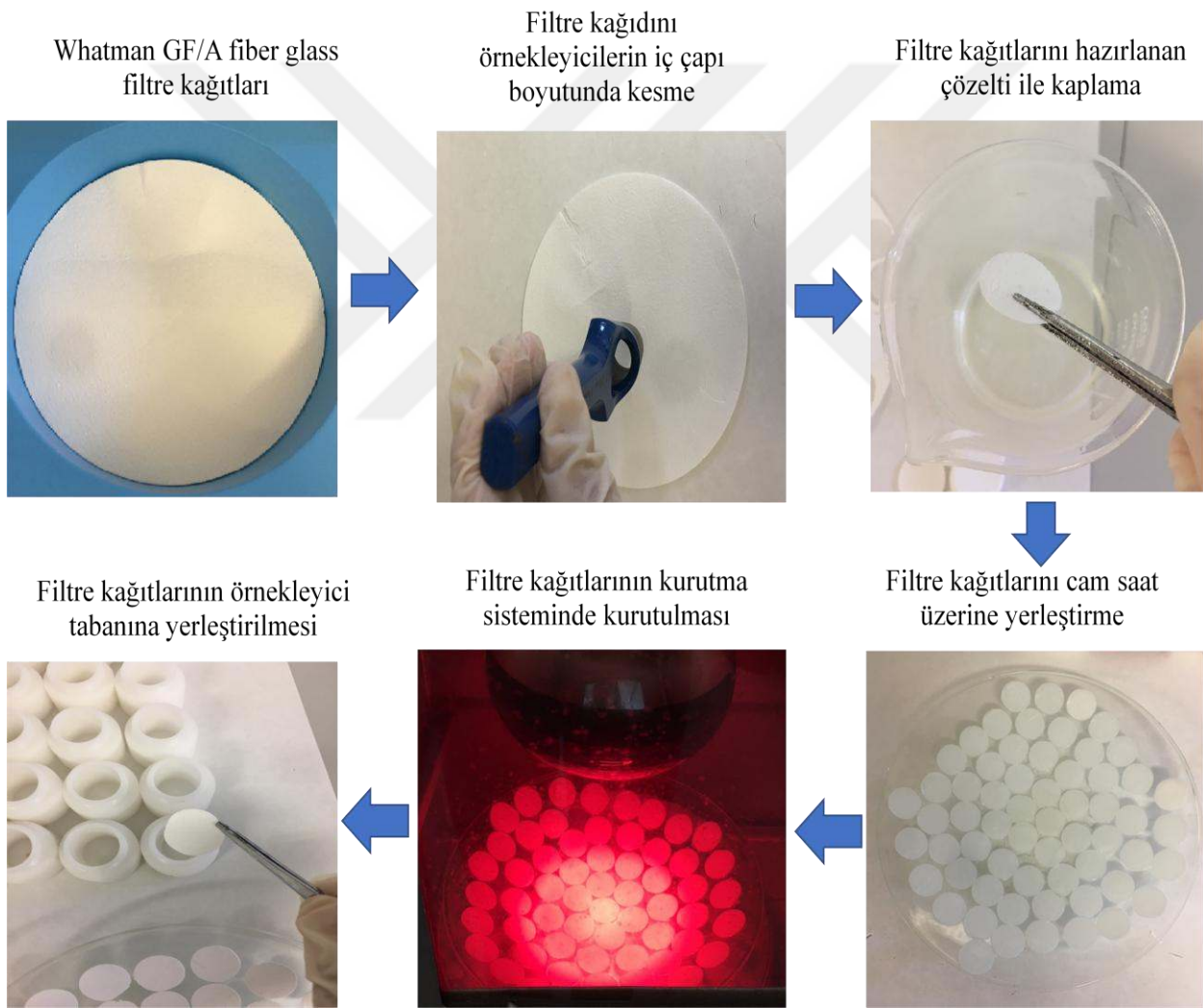
Tez çalışmasında baz aldığımız inorganik bileşenlerin (NO_2 , SO_2 ve O_3) derişimleri pasif örneklem yöntemi ile ölçülmüştür. Örneklem çalışması gece vardiyasında çalışan işçilere 07.09.2021 ve gündüz vardiyasında çalışan işçilere 08.09.2021 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Pasif örneklem çalışmalarında Eskişehir Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Hava Kalitesi Araştırma Ekibi tarafından geliştirilen pasif örnekleyiciler kullanılmıştır. Aşağıda söz konusu örnekleyiciler ile ilgili gerekli açıklamalar yer almaktadır.

5.2.1. İnorganik pasif örnekleyiciler

Pasif örnekleyici 2 cm çap ve 2,5 cm yükseklik boyutlarına sahip olup teflon malzemeden üretilen pasif örnekleyiciler NO_2 ve SO_2 kirleticileri için, delrin malzemeden üretilen pasif örnekleyiciler ise O_3 kirleticisinin örneklenmesi için kullanılmıştır. NO_2 ve SO_2 kirleticileri tek bir pasif örnekleyicide aynı tutma ortamında toplanarak iki kirletici örneklemesi birlikte yapılmıştır. Örnekleyicilerin validasyon çalışmaları Özden (2005) tarafından gerçekleştirilen yüksek lisans tezi kapsamında gerçekleştirilmiş olup, örnekleyici hazırlama, ekstraksiyon ve analiz işlemleri gibi tüm prosedürler söz konusu tez çalışması dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.3'te pasif örnekleyicisi parçaları, Şekil 5.4'de filtre kağıdı hazırlama aşamaları yer almaktadır.



Şekil 5.3. İnorganik pasif örnekleyici parçaları



Şekil 5.4. Örnekleyici gövdesine yerleştirilen filtre kağıdı hazırlık süreci

Çalışmada kullanılan 70 adet NO_2 - SO_2 , 70 adet O_3 ve 12 adet kör örnekleri olmak üzere toplamda 152 adet örnekleme ekipmanı hazırlık aşamaları Şekil 5.5'te ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

- NO_2 ve SO_2 için hazırlanan örnekleyicilerde kaplama çözeltisi olarak %20 Trietanolamin (TEA) sulu çözeltisi kullanılmıştır. Laboratuvar ortamında hazırlanan kaplama çözeltisi için, TEA'dan 5 mL alınarak 25 mL'ye ultra saf su ile tamamlanmıştır.
- O_3 için hazırlanacak örnekleyicilerde kaplama çözeltisi olarak %1 NaNO_2 , %2 Na_2CO_3 ve %2 gliserol sulu çözeltisi kullanılmıştır. Bu çözelti için 1g NaNO_2 , 2g Na_2CO_3 ve 2g gliserol ultra saf su ile 100 mL'ye tamamlanmıştır.



Hazırlanan bu kaplama çözeltisi ile örnekleyicinin iç çapı boyutunda kesilen Whatman GF/A fiber glass filtre kağıtları kaplanmış ve cam saati üzerine yerleştirilmiştir.



Kaplama çözeltisi ile kaplanan filtre kağıtları kurutulmuştur.



Kurutulan filtre kağıtları örnekleyici tabanına sabitleyici yüzük kullanılarak sabitlenmiştir. Kapalı kapakları takılan örnekleyiciler örneklemeye hazır hale getirilmiştir.



İşçilere takılacak olan örnekleyicilerin karıştırılmaması için her birine etiketleme yapılmıştır.



Örnekleme başlayana kadar örnekleyicilerde oluşabilecek herhangi bir kontaminasyonu engellemek için örnekleyiciler +4 °C'de muhafaza edilmiştir. Örnekleme sonrasında da, ağızları kapalı bir şekilde laboratuvara getirilerek analize kadar +4 °C'de bekletilmiştir.

Şekil 5.5. İnorganik pasif örnekleyicilerin hazırlık aşamaları

5.2.2. Saha çalışması

Pasif örnekleme çalışmaları öncesinde işçilerin mesaiye başlarken hazır bulundukları Temizlik İşleri Şantiyesine gidilerek bilgilendirilmiş ve işçilerin sigara kullanma alışkanlıkları, çalıştıkları süreleri, yaşları hakkında bilgiler toplanmıştır. Gündüz vardiyası için 08.09.2021 tarihinde 9 şoför, 17 araç arkası işçisi, gece vardiyası için 07.09.2021 tarihinde 15 şoför, 29 araç arkası işçisi olmak üzere toplamda 70 işçiye daha önce hazırlanmış olduğumuz örnekleyiciler, kişisel örnekleme için kullanılan kolluklara takılarak çalışma gerçekleştirilmiştir. Örnekleyiciler kapakları kapalı bir şekilde şantiyeye getirilmiş olup kolluklara takılırken kapakları açılarak tel kafesli kapaklar takılmıştır. Mesai bitiminde örnekleyiciler toplanmış ve tekrardan kapalı kapakları kapatılmıştır. Toplanan örnekleyiciler analizleri yapılana kadar buzdolabında +4 °C'de muhafaza edilmiştir. Örnekleyicilerin konumları Şekil 5.6'da, örneklemeye ait ayrıntılı bilgiler Tablo 5.3'te, çalışma günü hava sıcaklığı, nem, yağış, rüzgar hızı ve basınç değerleri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün resmi web sayfasından edinilen bilgilere göre not edilerek Tablo 5.4'te verilmiştir.



Şekil 5.6. Örnekleyicilerin konumları

Tablo 5.3. Örneklemelere ait ayrıntılı bilgiler

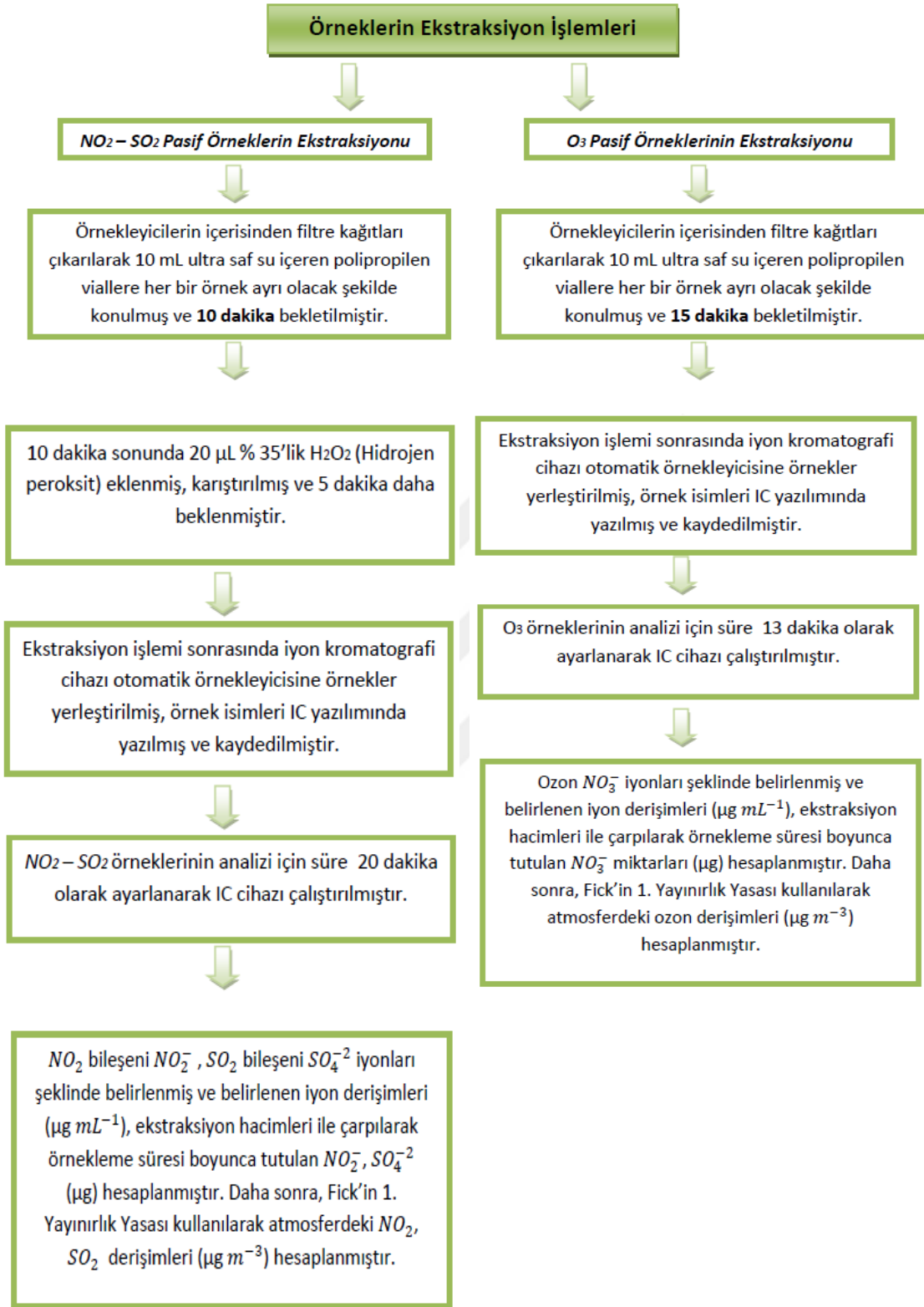
GÜNDÜZ VARDİYASI	Tarih	08.09.2021
	Mesai Başlama	08.00
	Mesai Bitiş	17.00
	İşçi Sayısı	9 Şoför
		17 Araç Arkası
		Toplam 26 İşçi
Güzergah (9 Bölge) ; Şehir Hastanesi, Köyler, Üniversite Evleri, Organize Sanayi, Orhangazi Mah., 75.Yıl Mah., Çankaya Mah., Gündoğdu Mah., Caddeler		
GECE VARDİYASI	Tarih	07.09.2021
	Mesai Başlama	22.00
	Mesai Bitiş	05.00
	İşçi Sayısı	15 Şoför
		29 Araç Arkası
		Toplam 44 İşçi
Güzergah (15 Bölge) ; Emek Mah., 71 Evler Mah., Erenköy Mah., Kırmızıtoprak Mah., Odunpazarı Evleri, Gökmeydan Mah., Huzur Mah., Gültepe Mah., Yıldıztepe Mah., Vişnelik Mah., Büyükdere Mah., Sümer Mah., Kurtuluş Mah., İstiklal Mah., Deliklitaş Mh.		

Tablo 5.4. Örnekleme gününe ait meteorolojik veriler

Parametreler	Gündüz Vardiyası	Gece Vardiyası
Sıcaklık (°C)	22	17
Nem (%)	52	54
Yağış (mm)	0	0
Rüzgar Hızı (km/s)	4,1	4
Basınç (hPa)	911	910

5.2.3. Örneklerin ekstraksiyon ve analizi

Kapalı kapakları takılarak uygun koşullarda muhafaza edilen örnekleyiciler, laboratuvarında gerçekleştirilen ekstraksiyon işlemlerinden sonra Şekil 5.8’de gösterilen iyon kromatografi cihazıyla analiz edilmiştir. Gerçekleştirilen işlemler Şekil 5.7’de ayrıntılı şekilde anlatılmıştır.



Şekil 5.7. Örneklerin ekstraksiyon ve analiz işlemleri gösterimi



Şekil 5.8. İyon kromatografi cihazı

NO_2 – SO_2 pasif örnekleyicilerinde, tutma ortamındaki kaplama çözeltisi TEA, örnekleme süresi boyunca ortamdaki NO_2 ile reaksiyona girerek NO_2^- iyonlarına, SO_2 ile reaksiyona girerek SO_4^{2-} iyonlarına dönüşür. Analiz sonrasında elde edilen NO_2^- ve SO_4^{2-} piklerinin integrasyon işlemi yapıldıktan sonra iyonların derişimleri ppm olarak elde edilmektedir. İyon kromatografi analizi ile elde edilen NO_2^- ve SO_4^{2-} derişimleri ($\mu\text{g}/\text{mL}$) 3.1 numaralı eşitsizlik kullanılarak, örneklenen NO_2 ve SO_2 derişimleri hesaplanmıştır.

Ozon pasif örnekleyicilerindeki O_3 kaplama çözeltisindeki NO_2^- iyonları örnekleme süresi boyunca O_3 ile reaksiyona girer ve NO_3^- iyonlarına dönüşür. Analiz sonucunda filtre kağıtlarında toplanan NO_3^- iyonlarının derişimler elde edilmiştir. Analiz sonrasında elde edilen piklerin integrasyon işlemi yapıldıktan sonra iyonların derişimleri ppm cinsinden hesaplanmıştır.

İyon kromatografisi ile elde edilen derişimler ($\mu\text{g}/\text{mL}$) ekstraksiyon hacmi (10 mL) ile çarpılarak örnekleme süresince tutulan derişim miktarları μg olarak elde edilmiştir. Daha sonra Bölüm 3.1’de verilen 3.1 numaralı eşitlik kullanılarak, örnekleme esnasında toplanan O_3 derişimleri hesaplanmıştır. NO_3^- ve O_3 ’ün moleköl ağırlıkları farklı olduğu için, 3.1 nolu eşitsizlik bileşenlerin moleköl ağırlıklarının oranı ile çarpılmıştır (48/62). Örnekleme süresi boyunca toplanan derişimler μg ’a çevrilip derişimlerin hesaplanması esnasında gerekli örnekleme süresi, ortam sıcaklıkları gibi parametreler denklemde yerlerine yazılarak sonuçlar $\mu\text{g}/\text{m}^3$ cinsinden elde edilmiştir.

3.1 numaralı eşitsizlik yer alan difüzyon katsayısı sıcaklık faktörüne bağlı değişkenlik göstermesinden dolayı, örnekleme sıcaklıklarına ait difüzyon katsayılarını

hesaplamak için 5.1 numaralı eşitlik kullanılmıştır. Difüzyon katsayısı her vardiya için ayrı belirlenmiştir.

$$D_T = D_{298} \times (T)^{1,75} \times (298,15)^{-1,75} \quad (5.1)$$

Eşitlikte difüzyon katsayısı hesaplamasında kullanılan sıcaklık değerleri örnekleme günündeki hava sıcaklığı dikkate alınarak hesaplanmıştır. Bu denkleme göre NO₂ için D₂₉₈ değeri 0,154 cm²/sn, SO₂ için D₂₉₈ değeri 0,127 cm²/sn ve O₃ için D₂₉₈ değeri 0,155 cm²/sn olarak alınmıştır.

5.2.4. Kalibrasyon çözeltileri ve kalibrasyon yöntemi

O₃, NO₂ ve SO₂ kalibrasyon eğrisi oluşturmak için, farklı derişimlerde kalibrasyon çözeltilerini hazırlamadan önce derişik stok çözelti hazırlanmıştır. 500 mL stok standart çözeltisi için 1,875 gr NaNO₂, 3,425 gr NaNO₃ ve 7,395 gr NaSO₄ kimyasalları hassas terazide tartılarak 500 mL'lik bir balon jojeye aktarılmış ve üzeri ultra saf su (Milli Q) ile tamamlanmıştır. Bu çözelti +4 °C' de 3 ay boyunca saklanabilmektedir. Eluent olarak 0,5 M konsantrasyonda NaCO₃ çözeltisinden 10 mL alınarak 1000 mL'ye tamamlanmıştır.

Hazırlanan stok standart çözeltisinden farklı hacimlerde alınarak 7 farklı konsantrasyona sahip yeni kalibrasyon çözeltileri hazırlanmıştır. Kalibrasyon çözeltilerine ait konsantrasyonlar Tablo 5.5'te verilmiştir. Farklı konsantrasyonlardaki standart çözeltiler ile hazırlanan kalibrasyon eğrileri kullanılarak, örneklere ait iyon konsantrasyonları belirlenmiştir.

Tablo 5.5. Kalibrasyon eğrilerine ait konsantrasyon değerleri

Kalibrasyon Çözelti Numarası	Nitrit (mg/L)	Nitrat (mg/L)	Sülfat (mg/L)
1	2,5	5	10
2	1	2	4
3	0,5	1	2
4	0,25	0,5	1
5	0,05	0,1	0,2
6	0,025	0,05	0,1
7	0,0125	0,025	0,05

5.2.5. Kontrol çalışması- kör örnekleri

Tez çalışması kapsamında tüm örnekleme periyotlarında her bir iş yeri için NO₂-SO₂ ve O₃ saha kör örnekleycileri hazırlanmıştır. Kör örnekleyciler her vardiya için aynı aşamalara tabi tutulmuştur. Sahaya götürülen kör örnekleyciler, kişisel örnekleycilerin yerleştirilmesi süresince ağızları kapalı bir şekilde tutulmuş ve sonrasında +4 °C’de analize kadar bekletilmiştir. Kör örnekleyciler, sahaya giderken ve dönerken örnekleycilerin herhangi bir kontaminasyona uğrayıp uğramadığını test etmek amacıyla kullanılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen kör örnek derişimleri tüm örnek derişimlerinden çıkarılmış ve böylece örnekleycilerin sadece mesai halinde maruz kaldıkları derişimler hesaplanmıştır. Tablo 5.6’da kör örneklere ait derişim miktarları ve standart sapmaları verilmiştir.

Tablo 5.6. Kör örneklere ait miktarlar (µg) ve standart sapma değerleri

	Gündüz Vardiyası			Gece Vardiyası		
	NO ₂	SO ₂	O ₃	NO ₂	SO ₂	O ₃
Kör 1	0,002	0,863	1,851	0,002	1,347	2,333
Kör 2	0,011	4,990	1,906	0,021	4,272	2,045
Kör Ortalama	0,007	2,926	1,879	0,012	2,809	2,189
Standart Sapma	0,006	2,918	0,039	0,013	2,068	0,204

5.3. Uygulanan İstatistiksel Yöntemler

Çalışma verileri değerlendirilirken aritmetik ortalama, minimum değer, maksimum değer, geometrik ortalama, ortanca, standart sapma gibi temel istatistik verilerinin yanı sıra t-testi, Mann Whitney U testi, Anova testi, Kruskal-Wallis testi, korelasyon analizi gibi çeşitli istatistiksel yöntemler kullanılmıştır. Tüm istatistiksel analizler SPSS v.16.0 programı kullanılarak gerçekleştirilmiş ve anlamlılık <0,05 düzeyinde değerlendirilmiştir. Kullanılan istatistiksel yöntemler ve çalışmadaki kullanım amaçları aşağıda sırası ile açıklanmıştır.

5.3.1. Korelasyon analizi

İki sayısal ölçüm arasında doğrusal bir ilişki olup olmadığını, varsa bu ilişkinin yönünü ve şiddetinin ne olduğunu belirlemek için kullanılan bir istatistiksel yöntemdir. Verilerin normal dağılıma sahip olması durumunda Pearson korelasyon katsayısı, verilerin normal dağılmadığı durumda ise Spearman Rank korelasyon katsayısı tercih edilir. Bir korelasyon katsayısının yorumlanabilmesi için p değerinin 0.05 den daha küçük olması gerekir. Korelasyon katsayısı negatif ise iki değişken arasında ters ilişki

vardır, yani "değişkenlerden biri artarken diğeri azalmaktadır" yorumu yapılır. Korelasyon katsayısı pozitif ise "değişkenlerden biri artarken diğeri de artmaktadır" yorumu yapılır.

Korelasyon katsayısının yorumu;

$r < 0.2$ ise çok zayıf ilişki yada korelasyon yok

0.2-0.4 arasında ise zayıf korelasyon

0.4-0.6 arasında ise orta şiddette korelasyon

0.6-0.8 arasında ise yüksek korelasyon

$0.8 >$ ise çok yüksek korelasyon olduğu yorumu yapılır [http-3].

5.3.2. Bağımsız örnek t-testi

Bu test iki bağımsız örneklemden elde edilen ortalamalar arasındaki farkın anlamlılığını test etmek için kullanılan parametrik bir testtir. Bir değişkenin farklı gruplar arasında değişip değişmediğini test edilir. Birbirinden bağımsız iki örneklemin belirli bir değişken bakımından birbirinden farklı ortalamalara farklı olup olmadığını test etmek için uygulanır. Burada kritik olan nokta gruplara dahil olma şartının incelenen değişkenden tamamen bağımsız olmasıdır.

5.3.3. Mann Whitney U testi

Mann-Whitney U testi, bağımsız örneklem t testine alternatif olan parametrik olmayan bir testtir. Bu test, benzer popülasyondan gelen iki bağımsız grup arasında ortalama farkına bakmak, ve gruplar arasında fark ya da eşitliği belirlemek için kullanılır. Mann-Whitney U testi genellikle bağımlı değişken sıralı olduğunda ya da t-test için gerekli varsayımların sağlanmadığı durumlarda kullanılır [http-4].

5.3.4. Tek yönlü varyans analizi (ANOVA)

Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) normal dağılımlı bir seride üç ve daha fazla bağımsız ortalama arasındaki farkın manidarlığının hesaplanmasında kullanılır. ANOVA tek başına üç veya daha fazla grubun aritmetik ortalamalarını kümülatif olarak karşılaştırır; bu karşılaştırmalardan en az birisi anlamlı olduğunda ANOVA sonucu da anlamlı bulunur. Bu durumda hipotezler;

H_0 : Ortalamalar arasında fark yoktur.

H_1 : En az iki ortalama arasında anlamlı bir farklılık vardır [http-5].

5.3.5. Kruskal-Wallis H testi

Normal dağılım göstermeyen gruplarda üç veya daha fazla sayıda grubun ortalamaları arasındaki farklılığın anlamlılığını test amacıyla kullanılan bir tekniktir. Tek yönlü varyans analizinin (ANOVA) parametrik olmayan karşılığıdır.

6. BULGULAR

6.1. İşçi Profili

Kişisel örnekleme çalışması gerçekleştirilen 70 işçiye ait yaş aralıkları, çalışma yılları, sigara kullanma alışkanlıkları ile ilgili bilgiler toplanmış ve Tablo 6.1’de özetlenmiştir. Sigara kullanma alışkanlığının yüksek olduğu dikkat çekmektedir.

Tablo 6.1. İşçi profili

Toplam Personel Sayısı	70				
Pozisyonları:					
Araç Arkası İşçi	46				
Şoför	24				
Cinsiyet (%)					
Erkek	100				
Toplam Personel					
Yaş Aralığı	(%)	Çalışma Yılı	(%)	Sigara İçme Alışkanlığı	(%)
20-30	7	1 5	30	Evet	73
30-40	40	5 10	47	Hayır	27
40-50	39	10 15	21		
50 üstü	14	15 üstü	2		
Araç Arkası İşçi					
Yaş Aralığı	(%)	Çalışma Yılı	(%)	Sigara İçme Alışkanlığı	(%)
20-30	11	1 5	33	Evet	70
30-40	39	5 10	37	Hayır	30
40-50	33	10 15	28		
50 üstü	17	15 üstü	2		
Şoför					
Yaş Aralığı	(%)	Çalışma Yılı	(%)	Sigara İçme Alışkanlığı	(%)
20-30	0	1 5	25	Evet	79
30-40	42	5 10	67	Hayır	21
40-50	8	10 15	8		
50 üstü	50	15 üstü	0		

6.2. İşçilerin Sağlık Durumu Değerlendirmesi

İşçilere iki yılda bir kurum tarafından sağlık taraması yaptırılmaktadır. Sağlık taraması sonuçlarına göre işçiler sağlık durumlarının elverişli olduğu işlerde çalıştırılmaktadır. Hava kirliliğinin en çok etkilediği sağlık sorunlarının başında solunum fonksiyonları ve akciğer sorunları geldiği için işçilerin solunum fonksiyonları ve akciğer grafisileri kurum doktoru ile birlikte değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler iyi/orta/kötü şeklinde yapılmıştır.

Çalışma yapılan 70 işçinin hepsinin akciğer grafisi sonuçları iyi düzeydedir. Tablo 6.2’de görüldüğü üzere işçilerin 12’sinin solunum fonksiyon testleri orta, 58’inin iyi düzeydedir. Orta düzeyde olan 12 işçinin 4 tanesi şoför 8 tanesi araç arkası işçidir. Bu 12 işçiden 3 tanesinin sigara içme alışkanlığı bulunmamaktadır. Sigara içme alışkanlığı bulunmayan 3 kişinin de 2’si araç arkası işçi, 1’i şofördür. Tarama sonuçları kötü olan işçiler katı atık toplama işinde çalışmaya uygun olmadığından bu iş kolunda çalıştırılmamaktadır.

Tablo 6.2. İşçilerin sağlık değerlendirmeleri

Solunum Fonksiyon Testi	İşçi Sayısı	Akciğer Grafisi	İşçi Sayısı
İyi	58	İyi	70
Orta	12	Orta	0
Kötü	0	Kötü	0

Tablo 6.3. Solunum fonksiyon testleri orta olan işçilerin dağılımı

Sigara İçme Alışkanlığı	Araç Arkası İşçi Sayısı	Şoför Sayısı
Var	6	3
Yok	2	1

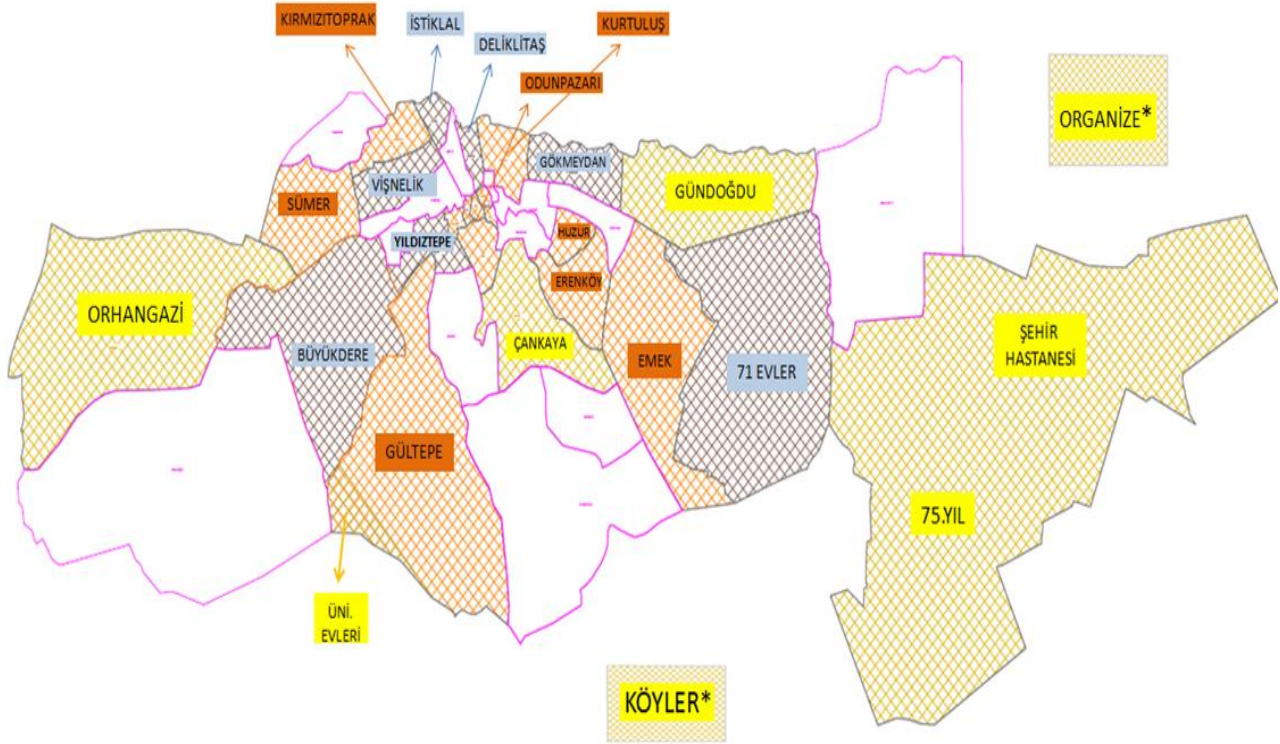
6.3. Güzergah Bilgileri

5. Bölüm Tablo 5.3’te ayrıntıları verilen gündüz vardiyasındaki 9, gece vardiyasındaki 15 olmak üzere toplamda 24 farklı güzergaha ait yerler, trafik yoğunluklarına göre kategorilere ayrılarak Tablo 6.4’te gösterilmiştir. Kategoriler trafik yoğunluğu az, orta ve çok olacak şekildedir. Her kategoride 6 güzergah mevcuttur.

Tablo 6.4. Trafik yoğunluğuna göre güzergahlar

Trafik Yoğunluğu		
Az	Orta	Çok
Şehir Hastanesi	Emek	İstiklal
Köyler	Erenköy	Deliklitaş
Üniversite Evleri	Kırmızıtoprak	Caddeler
Organize	Odunpazarı	Yıldıztepe
Orhangazi	Huzur	Vişnelik
75.Yıl	Gültepe	Büyükdere
Çankaya	Sümer	Gökmeydan
Gündoğdu	Kurtuluş	71 Evler

Güzergahların Odunpazarı sınırlarındaki yerleri Şekil 6.1’de gösterilmiştir. Mavi yerler trafik yoğunluğunun fazla, turuncu yerler orta, sarı yerler az olduğunu göstermektedir. Trafik yoğunluğunun orta olduğu Odunpazarı güzergahı; Dede, Cunudiye, Şarkiye, Paşa, Akcamı, Orta Mahallelerini kapsamaktadır. Her bir güzergah için çöp kamyonlarının gitmiş olduğu rota haritaları Ek-1’de ayrıntılı olarak verilmiştir.



*İşaretli yerler konum bilgisi olarak gösterilmiştir.

Şekil 6.1. Güzergahların harita üzerinde gösterimi

6.4. Güzergah Gruplamasına Göre Katı Atık Toplama Bilgileri

Bu çalışmadaki 24 güzergaha ait çalışma yapılan günlerde mesai saati içinde toplanan atık tonaj bilgileri, güzergahlardaki konteyner sayıları ve katı atığı toplama şekline ait bilgiler Tablo 6.3'te ayrıntılı olarak verilmiştir. Güzergahların 15'inde konteyner sistemi ile toplama yapılmaktadır. Gündoğdu, Caddeler, Erenköy, Odunpazarı, Gökmeydan, Huzur, Sümer güzergahlarında karma yani hem konteyner hem poşet ile toplama, İstiklal ve Deliklitaş güzergahlarında ise trafik yoğunluğu ve sokakların darlığı sebebiyle poşetli toplama yapılmaktadır.

Tablo 6.5. Güzergah gruplamasına göre atık tonaj, konteyner sayısı, toplama şekli verileri

GÜZERGAH	ÖRNEK İSİMLERİ	ATIK TONAJ (kg)	KONTEYNER SAYISI (adet)	TOPLAMA ŞEKLİ
ŞEHİR HASTANESİ	GÜNDÜZ 1	11.600	215	konteyner
	GÜNDÜZ 2	11.600	215	konteyner
	GÜNDÜZ 3	11.600	215	konteyner
KÖYLER	GÜNDÜZ 4	2.450	93	konteyner
	GÜNDÜZ 5	2.450	93	konteyner
	GÜNDÜZ 6	2.450	93	konteyner
ÜNİVERSİTE EVLERİ	GÜNDÜZ 7	8.500	30	konteyner
	GÜNDÜZ 8	8.500	30	konteyner
ORGANİZE	GÜNDÜZ 9	5.100	20	konteyner
	GÜNDÜZ 10	5.100	20	konteyner
	GÜNDÜZ 11	5.100	20	konteyner
ORHANGAZİ	GÜNDÜZ 12	10.600	162	konteyner
	GÜNDÜZ 13	10.600	162	konteyner
	GÜNDÜZ 14	10.600	162	konteyner
75.YIL	GÜNDÜZ 15	9.300	118	konteyner
	GÜNDÜZ 16	9.300	118	konteyner
	GÜNDÜZ 17	9.300	118	konteyner
ÇANKAYA	GÜNDÜZ 18	12.250	154	konteyner
	GÜNDÜZ 19	12.250	154	konteyner
	GÜNDÜZ 20	12.250	154	konteyner
GÜNDOĞDU	GÜNDÜZ 21	7.000	139	karma
	GÜNDÜZ 22	7.000	139	karma
	GÜNDÜZ 23	7.000	139	karma
CADDELER	GÜNDÜZ 24	10.450	55	karma
	GÜNDÜZ 25	10.450	55	karma
	GÜNDÜZ 26	10.450	55	karma
EMEK	GECE 1	17.700	230	konteyner
	GECE 2	17.700	230	konteyner
	GECE 3	17.700	230	konteyner

*Koyu olarak işaretlenmiş yerler şoför , diğerleri araç arkası işçi verileri.

Tablo 6.5. (Devam) Güzergah gruplamasına göre atık tonaj, konteyner sayısı, toplama şekli verileri

GÜZERGAH	ÖRNEK İSİMLERİ	ATIK TONAJ (kg)	KONTEYNER SAYISI (adet)	TOPLAMA ŞEKLİ
71 EVLER	GECE 4	13.450	252	konteyner
	GECE 5	13.450	252	konteyner
	GECE 6	13.450	252	konteyner
ERENKÖY	GECE 7	11.200	82	karma
	GECE 8	11.200	82	karma
	GECE 9	11.200	82	karma
KIRMIZITOPRAK	GECE 10	11.950	73	konteyner
	GECE 11	11.950	73	konteyner
	GECE 12	11.950	73	konteyner
ODUNPAZARI	GECE 13	9.950	70	karma
	GECE 14	9.950	70	karma
	GECE 15	9.950	70	karma
GÖKMEYDAN	GECE 16	15.100	111	karma
	GECE 17	15.100	111	karma
	GECE 18	15.100	111	karma
HUZUR	GECE 19	10.350	30	karma
	GECE 20	10.350	30	karma
	GECE 21	10.350	30	karma
GÜLTEPE	GECE 22	20.350	86	konteyner
	GECE 23	20.350	86	konteyner
	GECE 24	20.350	86	konteyner
YILDIZTEPE	GECE 25	18.550	99	konteyner
	GECE 26	18.550	99	konteyner
	GECE 27	18.550	99	konteyner
VIŞNELİK	GECE 28	11.750	41	konteyner
	GECE 29	11.750	41	konteyner
	GECE 30	11.750	41	konteyner
BÜYÜKDERE	GECE 31	13.750	246	konteyner
	GECE 32	13.750	246	konteyner
	GECE 33	13.750	246	konteyner
SÜMER	GECE 34	12.750	68	karma
	GECE 35	12.750	68	karma
	GECE 36	12.750	68	karma
KURTULUŞ	GECE 37	14.400	94	konteyner
	GECE 38	14.400	94	konteyner
İSTİKLAL	GECE 39	9.150	17	poşet
	GECE 40	9.150	17	poşet
	GECE 41	9.150	17	poşet
DELİKLİTAŞ	GECE 42	8.100	11	poşet
	GECE 43	8.100	11	poşet
	GECE 44	8.100	11	poşet

*Koyu olarak işaretlenmiş yerler şoför , diğerleri araç arkası işçi verileri.

6.5. Kişisel Örneklemeler Sonucu Elde Edilen SO₂, NO₂, O₃ Sonuçları

Bu çalışma kapsamında 7 Eylül ve 8 Eylül 2021 tarihinde 70 işçiyle, gündüz ve gece vardiyası şeklinde ayrılarak SO₂, NO₂, O₃ inorganik kirleticileri için pasif örnekleme kampanyası gerçekleştirilmiştir. Ölçüm çalışmasında elde edilen NO₂ derişimleri 12,29- 355,83 µg/m³ arasında, SO₂ derişimleri 106,23- 40349,94 µg/m³, O₃ derişimleri 18,93- 1641,03 µg/m³ arasında değişmektedir. Her bir örnek için elde edilen değerler Tablo 6.6’da ayrıntılı olarak verilmiştir.

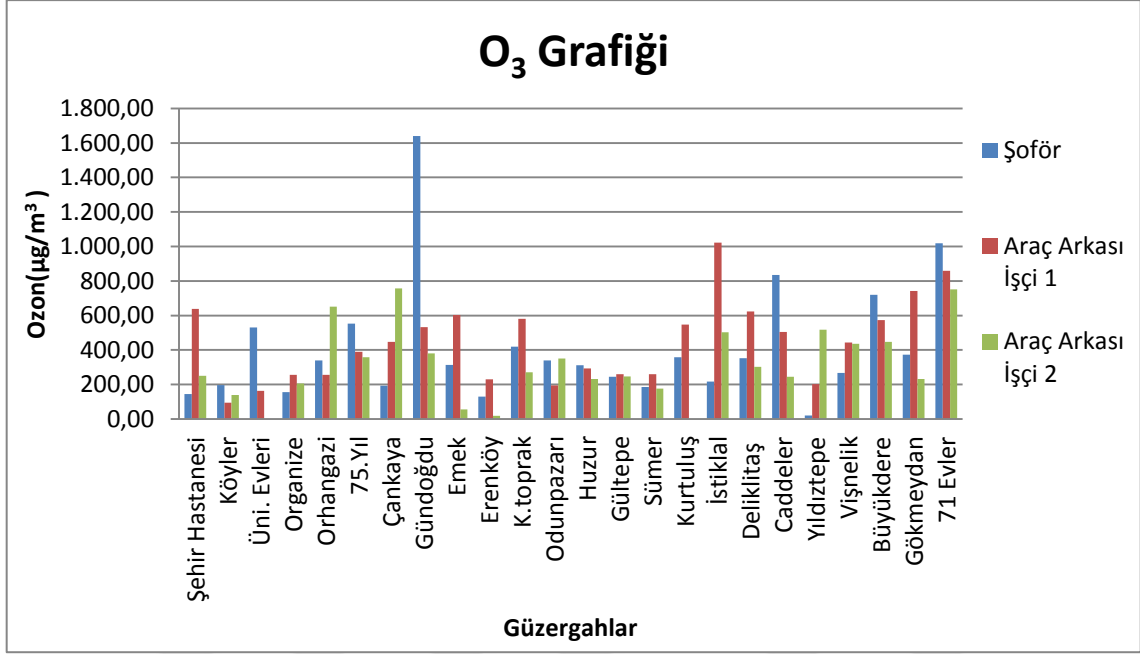
Tablo 6.6.Güzergah gruplamasına göre O₃, SO₂, NO₂, sonuçları

GÜZERGAH	ÖRNEK İSİMLERİ	O ₃ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)
ŞEHİR HASTANESİ	GÜNDÜZ 1	143,82	4.170,32	28,78
	GÜNDÜZ 2	638,34	3.344,22	23,18
	GÜNDÜZ 3	250,90	540,89	25,12
KÖYLER	GÜNDÜZ 4	195,58	753,64	20,42
	GÜNDÜZ 5	93,64	2.072,01	27,42
	GÜNDÜZ 6	138,36	15.333,39	20,75
ÜNİVERSİTE EVLERİ	GÜNDÜZ 7	531,02	1.494,06	24,33
	GÜNDÜZ 8	162,85	1.000,05	29,37
ORGANİZE	GÜNDÜZ 9	156,10	227,80	21,24
	GÜNDÜZ 10	256,67	658,13	54,60
	GÜNDÜZ 11	204,95	8.659,22	54,44
ORHANGAZİ	GÜNDÜZ 12	338,62	793,50	22,38
	GÜNDÜZ 13	256,42	638,79	35,40
	GÜNDÜZ 14	650,25	2.010,96	43,01
75.YIL	GÜNDÜZ 15	552,38	671,42	19,45
	GÜNDÜZ 16	389,72	329,76	12,29
	GÜNDÜZ 17	357,11	777,98	29,70
ÇANKAYA	GÜNDÜZ 18	192,64	1.826,39	29,00
	GÜNDÜZ 19	446,19	6.527,55	50,37
	GÜNDÜZ 20	757,66	599,27	51,63
GÜNDOĞDU	GÜNDÜZ 21	1.641,03	5.164,98	34,91
	GÜNDÜZ 22	532,39	365,28	33,28
	GÜNDÜZ 23	380,10	1.045,57	21,24
CADDELER	GÜNDÜZ 24	834,95	451,83	92,60
	GÜNDÜZ 25	503,66	323,05	210,51
	GÜNDÜZ 26	244,80	1.689,43	206,44
EMEK	GECE 1	313,79	4.440,98	54,01
	GECE 2	602,09	2.347,67	90,87
	GECE 3	55,91	817,19	62,74

Tablo 6.6. (Devam) Güzergah gruplamasına göre O₃, SO₂, NO₂, sonuçları

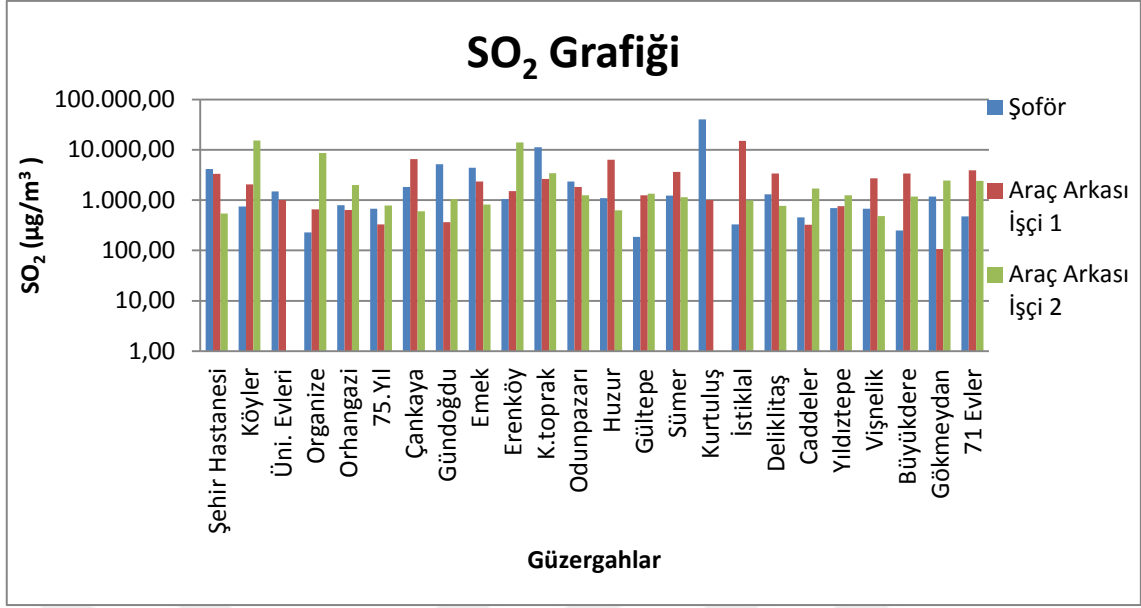
GÜZERGAH	ÖRNEK İSİMLERİ	O ₃ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)
71 EVLER	GECE 4	1.019,32	472,39	77,50
	GECE 5	858,95	3.938,87	199,53
	GECE 6	750,71	2.407,28	229,71
ERENKÖY	GECE 7	130,25	1.050,49	36,97
	GECE 8	229,56	1.517,09	67,62
	GECE 9	18,93	13.986,88	74,29
KIRMIZITOPRAK	GECE 10	418,71	11.202,67	43,05
	GECE 11	579,87	2.652,05	84,87
	GECE 12	270,10	3.458,90	68,45
ODUNPAZARI	GECE 13	338,61	2.349,59	57,67
	GECE 14	194,79	1.838,07	74,92
	GECE 15	350,03	1.248,12	85,91
GÖKMEYDAN	GECE 16	372,87	1.173,36	62,84
	GECE 17	742,10	106,23	106,61
	GECE 18	231,37	2.440,57	95,61
HUZUR	GECE 19	312,30	1.092,66	67,80
	GECE 20	292,77	6.392,08	66,51
	GECE 21	232,53	625,94	65,65
GÜLTEPE	GECE 22	243,95	185,70	43,66
	GECE 23	260,00	1.252,48	60,26
	GECE 24	246,76	1.353,74	55,08
YILDIZTEPE	GECE 25	19,36	691,29	57,24
	GECE 26	202,41	762,57	96,05
	GECE 27	518,02	1.259,10	122,99
VIŞNELİK	GECE 28	266,29	678,92	58,51
	GECE 29	442,88	2.738,76	355,83
	GECE 30	435,60	485,81	227,77
BÜYÜKDERE	GECE 31	719,93	251,23	69,31
	GECE 32	572,82	3.399,47	114,59
	GECE 33	447,51	1.183,12	119,54
SÜMER	GECE 34	184,53	1.240,80	52,50
	GECE 35	259,67	3.649,22	58,53
	GECE 36	176,09	1.153,14	78,80
KURTULUŞ	GECE 37	358,74	40.349,94	43,53
	GECE 38	547,48	1.010,93	74,92
İSTİKLAL	GECE 39	217,14	328,44	75,78
	GECE 40	1.023,12	14.999,72	154,25
	GECE 41	503,12	982,34	159,00
DELİKLİTAŞ	GECE 42	352,68	1.316,27	76,86
	GECE 43	623,61	3.367,58	294,82
	GECE 44	303,03	767,10	150,59

Şekil 6.2’de şoförler ve araç arkası işçilerin güzergah bazında O₃ derişimleri verilmiştir. Bazı güzergahlarda şoförlerin bazı güzergahlarda araç arkası işçilerin sonuçları yüksek çıkmıştır. Gündoğdu güzergahındaki şoför derişiminin yüksekliği dikkat çekmektedir.



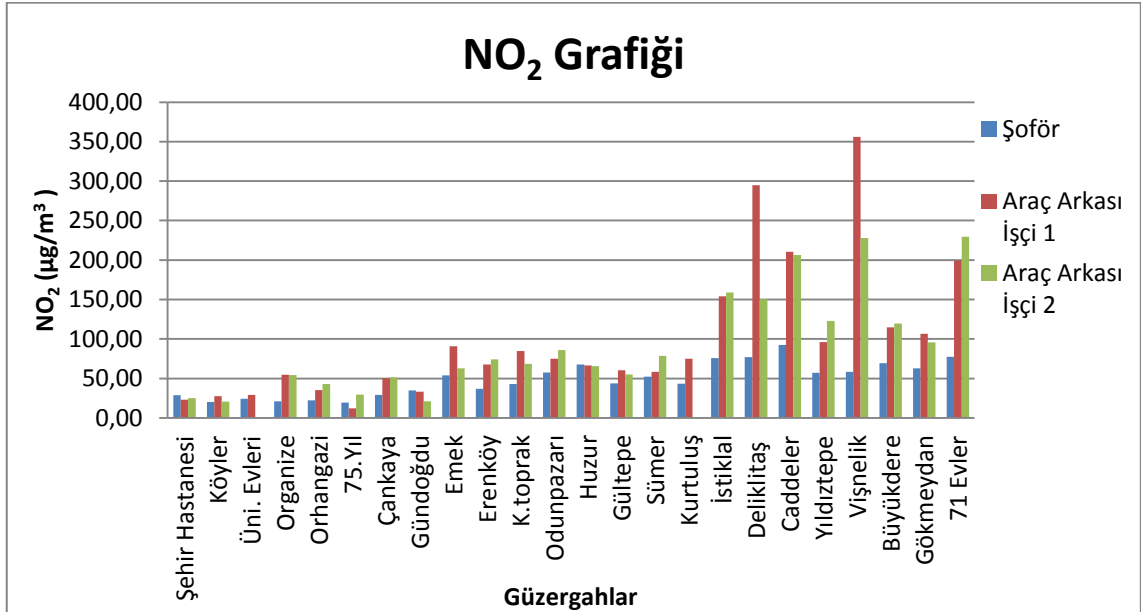
Şekil 6.2. Güzergah bazında O₃ sonuçları

Şekil 6.3’te şoförler ve araç arkası işçilerin güzergah bazında SO₂ derişimleri verilmiştir. O₃ derişimlerinde olduğu gibi SO₂ derişimlerinde de bazı güzergahlarda şoförlerin bazılarında araç arkası işçilerin konsantrasyonları yüksektir. Sonuçlar, Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı kapsamında Eskişehir Odunpazarı Bölgesinde bulunan istasyon verilerinin de oldukça üstündedir. Bu duruma en büyük etkinin trafikten kaynaklı olduğu düşünülmektedir.



Şekil 6.3. Güzergah bazında SO₂ sonuçları

Şekil 6.4'te şoförler ve araç arkası işçilerin güzergah bazında NO₂ derişimleri verilmiştir. Derişimler çoğunlukla araç arkası işçilerde şoförlere göre daha yüksektir. Tablo 6.4'te verilen trafik yoğunluğa göre güzergahlara baktığımızda da NO₂ derişimlerinin trafiğin az yoğun olduğu güzergahtan çok yoğun olduğu güzergaha doğru artış gösterdiği dikkat çekmektedir.



Şekil 6.4. Güzergah bazında NO₂ sonuçları

6.6. Araç Arkası İşçilerin Konumlarına Göre Değerlendirilmesi

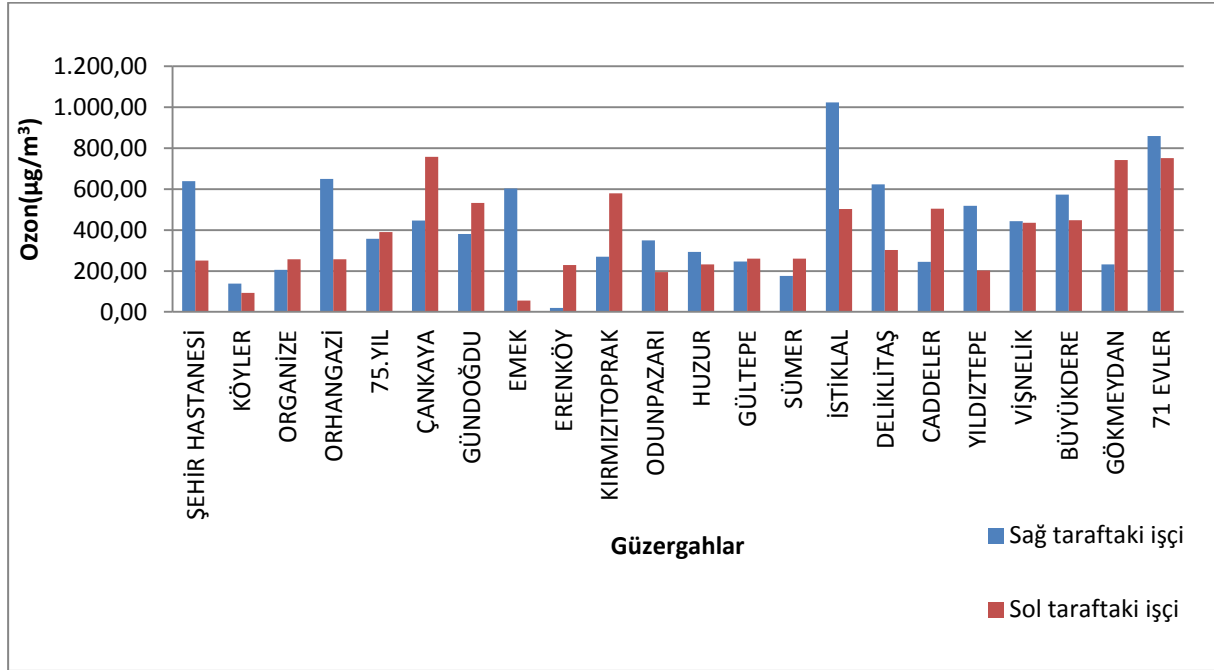
Araç arkası işçiler katı atık toplama yapacakları güzergaha ulaşınca kadar çöp kamyonunun içinde bulunmaktadır. Görevli oldukları güzergaha geldiklerinde inerler ve çöp kamyonunun arkasında bulunan yerlerinde ayakta olacak şekilde konum alırlar. Konteyner ile toplama yapılan bölgelerde çöp kamyonu konteynerin yanına geldiğinde sağda ve solda konumladıkları yerlerinden inerek konteynerin kamyonu boşaltılmasını sağlarlar. Bu esnada kamyon işçilerin işlemi bitirip konumlarını alana kadar rölanti halinde bekleme yapmaktadır. Poşetli toplama yapılan yerlerde aralıklı olarak belli yerlere konulan poşetler konum olarak konteyner arası mesafeye göre daha yakın oldukları için araç arkası işçiler kamyondaki konumlarına geri dönmeden hızlı bir şekilde diğer poşetli toplama alanına giderler. Bu esnada çöp kamyonu yavaş bir şekilde ilerlemeye devam eder ve gerekli durumlarda rölantide beklemektedir. Şekil 6.5'te araç arkası işçilerin konum basamakları ve konteyner yükleme kolu gösterilmiştir.

Bu çalışmadaki çöp kamyonu Ford Kargo model, Euro 6 motor kamyonudur. Kamyonun egzoz çıkışı sağ alt köşededir. Bu kapsamda kamyonun sağ ve sol arkasında konumlanan araç arkası işçilerin maruziyetleri kıyaslanmıştır. Kurtuluş ve Üniversite Evleri güzergahında tek araç arkası işçi olduğu için kıyaslamaya dahil edilmemiştir.



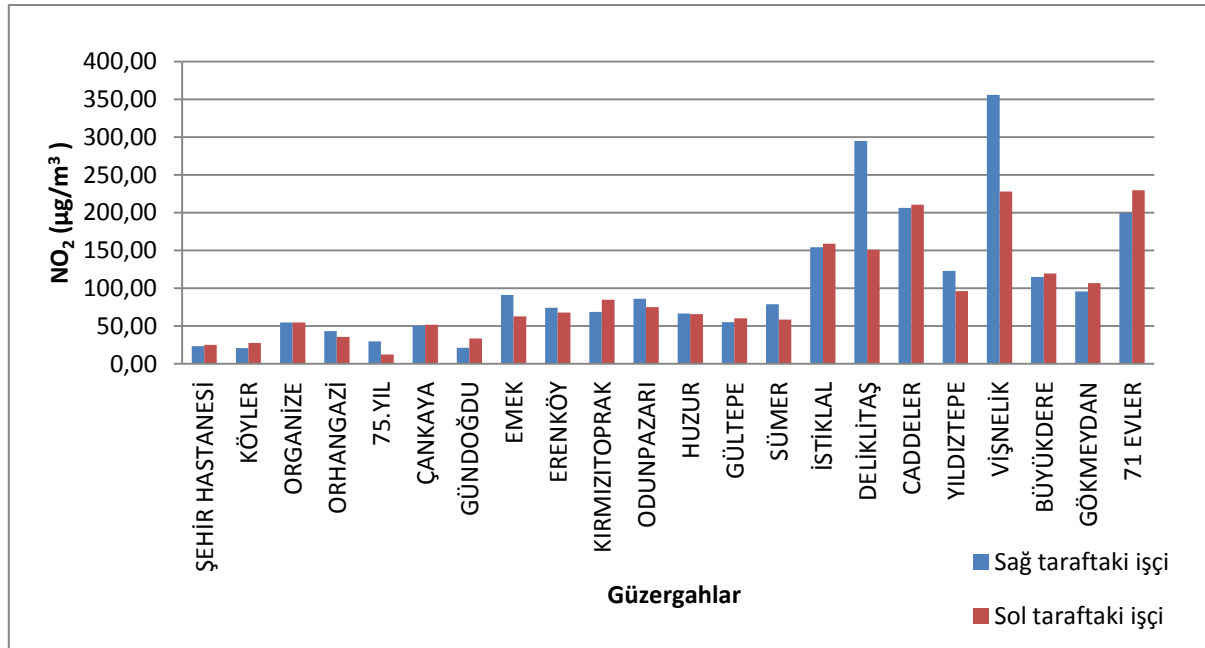
Şekil 6.5. Araç arkasın işçilerin konumları

Şekil 6.6'ya baktığımızda O₃ derişimleri, 22 güzergahın 12'sinde sağ taraftaki işçilerin 10'unda sol taraftaki işçilerin yüksek olduğu görölmektedir.



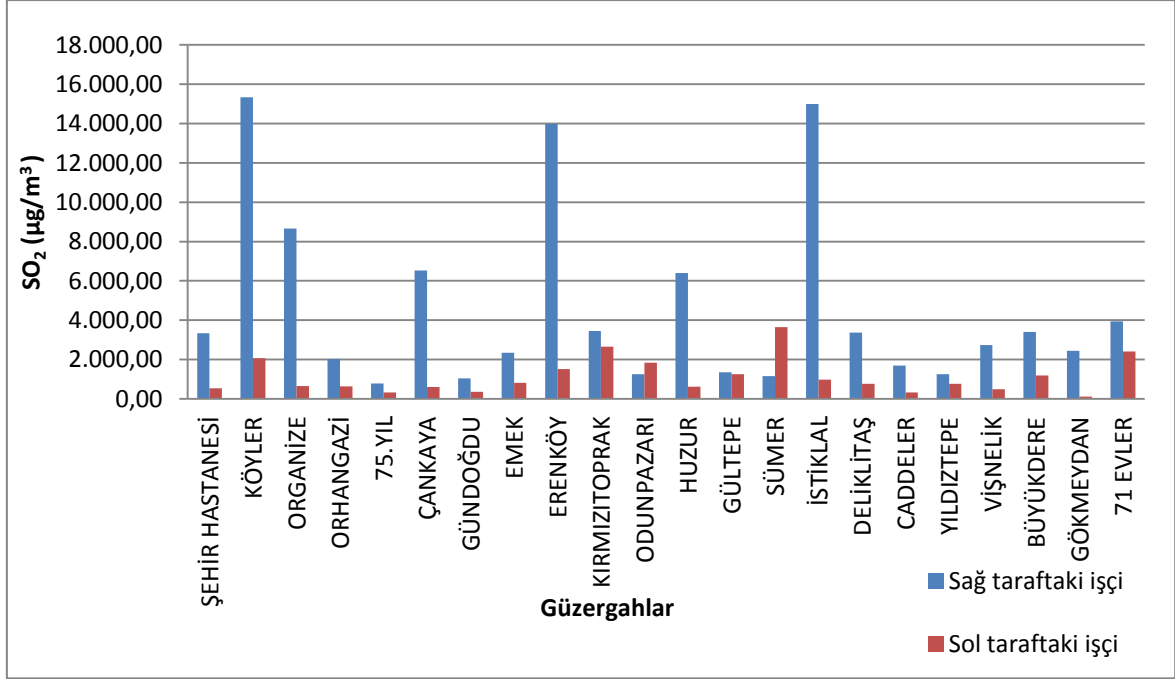
Şekil 6.6. Araç arkasın işçilerin O₃ maruziyetlerinin karşılaştırılması

Şekil 6.7'ye baktığımızda NO₂ derişimleri, 22 güzergahın 10'unda sağ taraftaki işçilerin, 12'sinde sol taraftaki işçilerin yüksek olduğu görölmektedir. İşçilerin NO₂ maruziyeleri güzergah bazında baktığımızda birbirine yakındır.



Şekil 6.7. Araç arkasın işçilerin NO₂ maruziyetlerinin karşılaştırılması

Şekil 6.8'e baktığımızda SO₂ derişimleri, 22 güzergahın 20'sinde sağ taraftaki işçilerde yüksektir. Sol tarafta bulunan işçilerin yüksek olduğu 2 güzergah ise Odunpazarı ve Sümerdir. SO₂ maruziyetinin egzoza yakın konumda bulunan sağ taraftaki işçilerde daha fazla olduğu dikkat çekmektedir.



Şekil 6.8. Araç arkasın işçilerin SO₂ maruziyetlerinin karşılaştırılması

6.7. Sonuçların Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı ile Karşılaştırılması

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından 2005 yılında kurulmuş olan Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı, ülke geneline yayılmış olan izleme istasyonları ile görev yapmakta olup hem işletimi ve yönetiminde iyileştirmeler yapılarak hem de ağın ihtiyaca uygun olarak genişlemesi sağlanarak sürekli olarak geliştirilmektedir. Halkın hava kalitesi verisine erişim hakkı kapsamında www.havaizleme.gov.tr internet adresinde kamuoyu ile paylaşılma olan hava kalitesi izleme verisi, genel halkın veriyi kolayca anlayabilmesi için ilave olarak Hava Kalitesi İndeksi (HKİ) denilen ve hava kalitesini iyi, orta, hassas, sağlıklı, kötü ve tehlikeli şeklinde derecelendiren bir sınıflama sistemi ile de paylaşılmaktadır [http-6].

Eskişehir ilinde 5 adet hava kalitesi izleme istasyonu bulunmakta olup 4 tanesi çalışma yaptığımız Odunpazarı Bölgesinde bulunmaktadır. Şekil 6.9’da numaralandırılmış konumları verilen istasyonların isimleri aşağıda verilmiştir.

- 1)Vişnepark Yaygınlaştırma Ölçüm İstasyonu
- 2)Cumhuriyet Bulvarı Ölçüm İstasyonu
- 3)Odunpazarı Ölçüm İstasyonu
- 4)Metin Sönmez Ölçüm İstasyonu



Şekil 6.9. Sürekli izleme merkezi (SİM) konumları

Sürekli izleme merkezlerinden, çalışma yapılan tarih ve saat aralığındaki veriler alınmıştır. Her bir istasyon için O_3 , SO_2 , NO_2 verileri mevcut değildir. Odunpazarı istasyonundan SO_2 , Cumhuriyet Bulvarı istasyonundan SO_2 , NO_2 , Metin Sönmez istasyonundan SO_2 , NO_2 , Vişnepark Yaygınlaştırma istasyonundan NO_2 ve O_3 için veriler mevcuttur. Tablo 6.7’de bu veriler ayrıntılı şekilde gösterilmiştir.

Tablo 6.7. Ölçüm istasyonlarının verileri

	İstasyon	Parametre	Birim	Min. Değer	Max. Değer	Ort. Değer	Veri Adeti	Toplam Değer
GÜNDÜZ VARDİYASI (08.09.2021) (08.00-17.00)	Odunpazarı	SO ₂	µg/m ³	9,1	10,7	9,75	9	87,78
	Cumhuriyet Bulvarı	SO ₂	µg/m ³	13,2	17,52	14,98	9	134,79
	Cumhuriyet Bulvarı	NO ₂	µg/m ³	42,48	166,83	83,37	9	750,34
	Metin Sonmez	SO ₂	µg/m ³	11,92	14,8	13,42	9	120,8
	Metin Sonmez	NO ₂	µg/m ³	19,09	30,79	22,76	6	136,58
	Vişnepark Yaygınlaştırma	NO ₂	µg/m ³	22,61	53,62	32,64	9	293,79
	Vişnepark Yaygınlaştırma	O ₃	µg/m ³	24,23	54,59	42,52	9	382,64
GECE VARDİYASI (07.09.2021) (22.00-05.00)	Odunpazarı	SO ₂	µg/m ³	9,07	10,56	9,82	7	68,76
	Cumhuriyet Bulvarı	SO ₂	µg/m ³	11,81	13,65	12,79	7	89,51
	Cumhuriyet Bulvarı	NO ₂	µg/m ³	24,75	60,09	46,47	7	325,29
	Metin Sonmez	SO ₂	µg/m ³	12,67	13,78	13,27	7	92,86
	Metin Sonmez	NO ₂	µg/m ³	29,72	38,98	32,81	4	131,25
	Vişnepark Yaygınlaştırma	NO ₂	µg/m ³	19,53	29,44	22,76	7	159,34
	Vişnepark Yaygınlaştırma	O ₃	µg/m ³	38,52	43	40,36	7	282,52
EYLÜL AYI ORTALAMASI (01.09.2021-30.09.2021)	Odunpazarı	SO ₂	µg/m ³	6,02	22,76	8,46	719	6083,36
	Cumhuriyet Bulvarı	SO ₂	µg/m ³	6,64	24,64	10,92	713	7785,27
	Cumhuriyet Bulvarı	NO ₂	µg/m ³	8,46	230,73	60,91	715	43548,72
	Metin Sonmez	SO ₂	µg/m ³	4,66	447,17	10,87	717	7794,94
	Metin Sonmez	NO ₂	µg/m ³	3,98	96,47	26,37	645	17011,46
	Vişnepark Yaygınlaştırma	NO ₂	µg/m ³	6,19	183,96	24,02	591	14198,16
	Vişnepark Yaygınlaştırma	O ₃	µg/m ³	1,3	60,77	31,41	607	19066,4

Çalışma yapmış olduğumuz güzergahların ölçüm istasyonlarına yakınlık durumları Tablo 6.8’ de gösterildiği gibi gruplandırılmıştır.

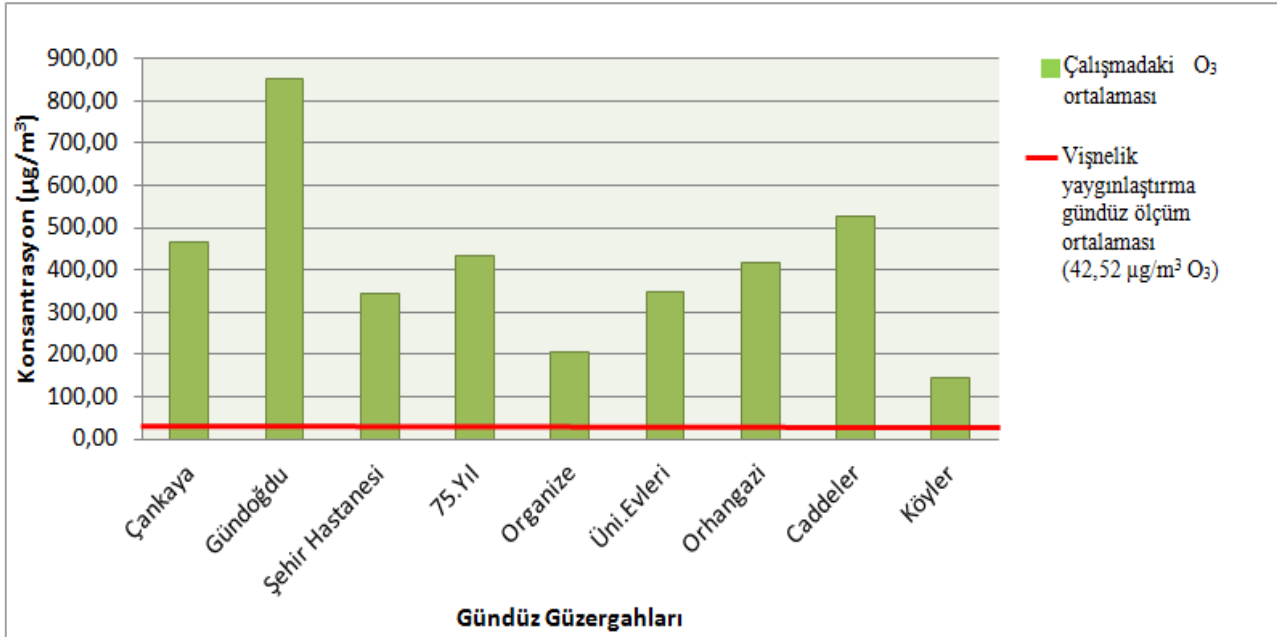
Tablo 6.8. Çalışma güzergahlarının ölçüm istasyonlarına yakınlıklarına göre gruplaması

		Ölçüm İstasyonları				Yakınlık Durumu Bulunmayan
		Vişnepark Yaygınlaştırma	Cumhuriyet Bulvarı	Odunpazarı	Metin Sönmez	
Güzergahlar	Gece	K.toprak	Odunpazarı	Emek		
		Gültepe	İstiklal	Erenköy		
		Sümer	Deliklitaş	Huzur		
		Vişnelik	Kurtuluş	71 Evler		
		Büyükdere	Yıldıztepe	Gökmeydan		
	Gündüz	Üni.Evleri		Çankaya	Şehir Hastanesi	Caddeler
		Orhangazi		Gündoğdu	75.Yıl	Köyler
					Organize	

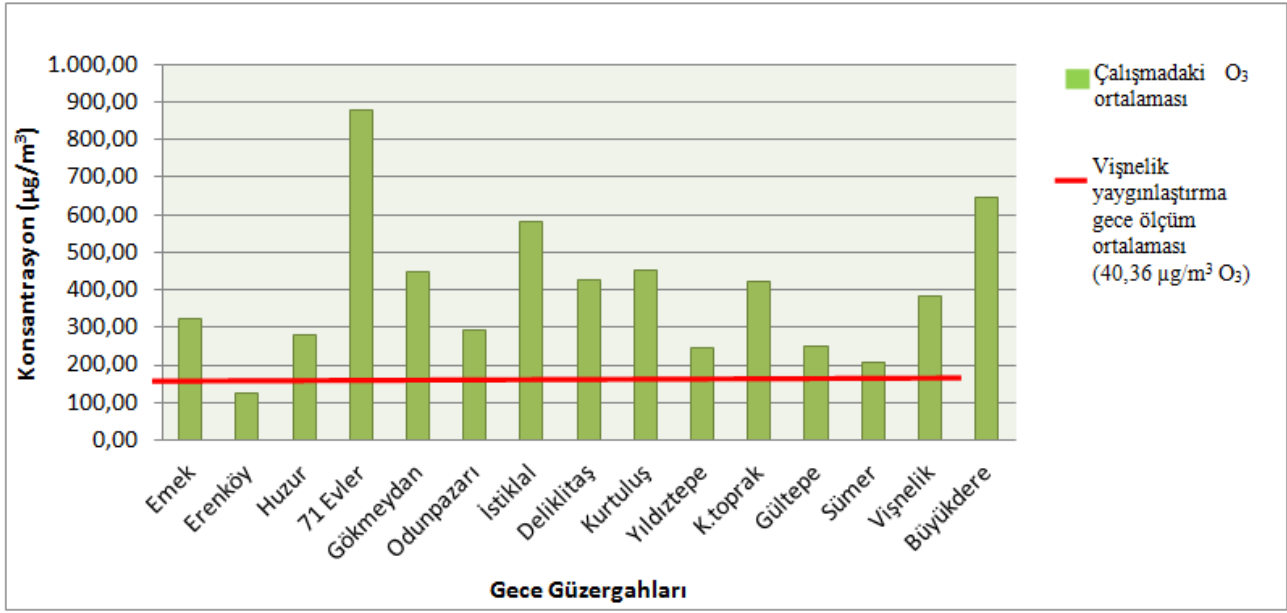
Ölçüm istasyonlarından O₃ verisi sadece Vişnepark Yaygınlaştırma istasyonundan alınmıştır. Gündüz ve gece çalışma saatleri doğrultusunda ayrı ayrı olacak şekilde alınan veriler Şekil 6.10 ve Şekil 6.11’de gösterildiği gibi kıyaslanmıştır. Hem gündüz hem gece güzergahları O₃ derişimleri ortalaması istasyondan alınan verinin üzerinde çıkmıştır.

Ölçüm istasyonlarından NO₂ verisi Cumhuriyet Bulvarı, Vişnelik Yaygınlaştırma ve Metin Sönmez istasyonlarından gündüz ve gece ayrı olacak şekilde veriler alınarak karşılaştırma yapılmıştır. Gündüz vardiyasına baktığımızda; Şekil 6.12’de görüldüğü üzere Cumhuriyet Bulvarı istasyonu verisini geçen tek güzergah Caddelerdir. Vişnelik Yaygınlaştırma istasyonu verisini geçen 4 güzergahın Çankaya, Organize, Orhangazi ve Caddeler olduğu görülmektedir. Metin Sönmez istasyonu verisini ise 75.Yıl güzergahı hariç hepsi geçmektedir. Gece vardiyasına baktığımızda; Şekil 6.13’te görüldüğü üzere Cumhuriyet Bulvarı, Vişnelik Yaygınlaştırma ve Metin Sönmez istasyonlarının verisini gece güzergahlarının hepsinin geçtiği görülmektedir.

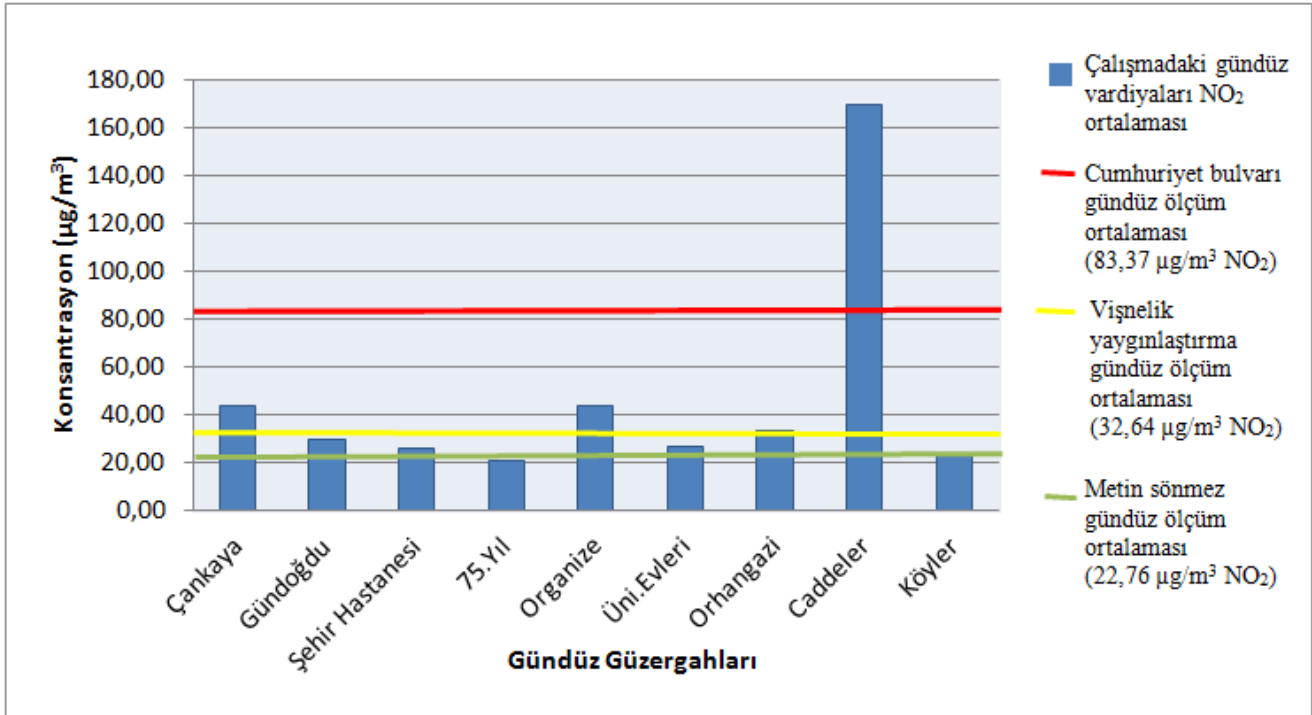
Ölçüm istasyonlarının ortalama SO₂ verileri 9,75 - 14,98 µg/m³ arasında, çalışmadaki güzergah bazında ortalama SO₂ derişimleri 593,05 – 20680,43 µg/m³ arasında değişkenlik gösterdiği için karşılaştırma yapılmamıştır.



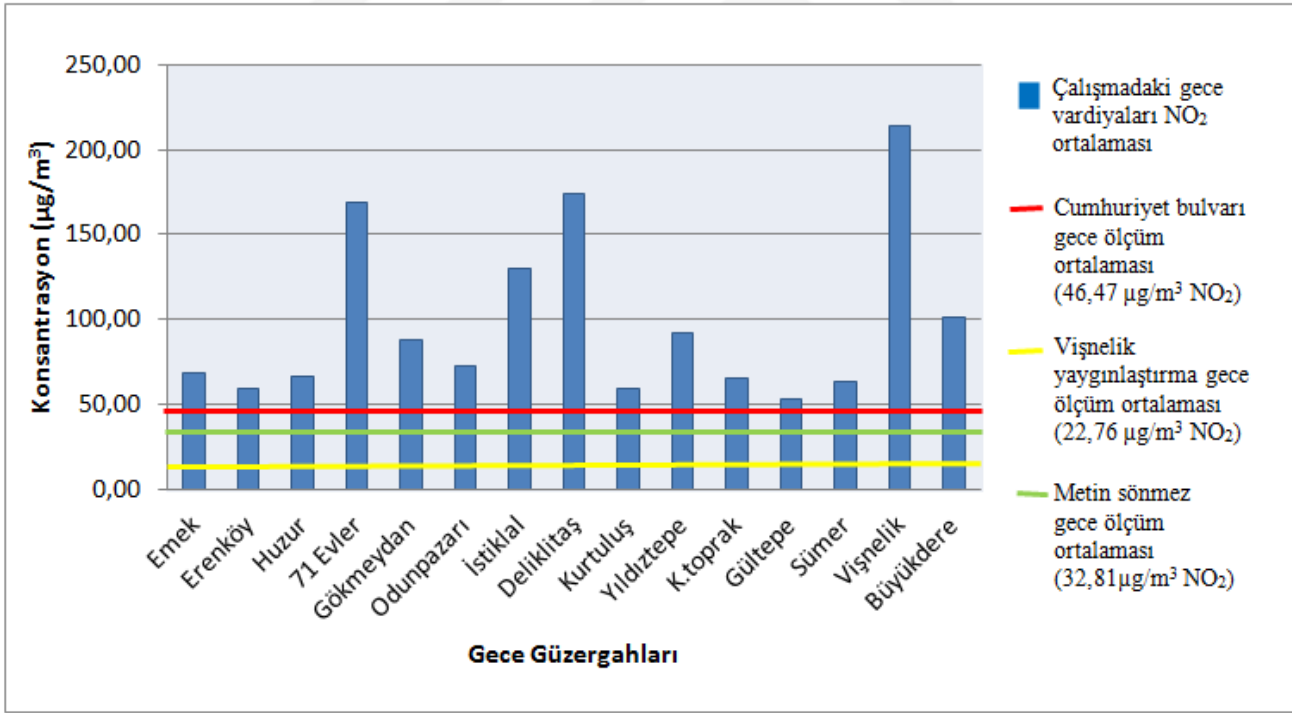
Şekil 6.10. Gündüz güzergahları O₃ ortalamasının istasyon verisiyle karşılaştırılması



Şekil 6.11. Gece güzergahları O₃ ortalamasının istasyon verisiyle karşılaştırılması



Şekil 6.12. Gündüz güzergahları NO₂ ortalamasının istasyon verileriyle karşılaştırılması



Şekil 6.13. Gece güzergahları NO₂ ortalamasının istasyon verileriyle karşılaştırılması

6.8. Ölçüm Sonuçlarının Sınır Değerler ile Karşılaştırılması

Örnekleme çalışmasında hesaplanan NO₂, SO₂ ve O₃ bileşenlerinin atmosferik derişimleri WHO (Dünya Sağlık Örgütü), EU (Avrupa Birliği), EPA (Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı), HKDYY Hava Kalitesi (Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği)' deki kirletici limit değerler baz alınarak karşılaştırma yapılmıştır. Bu çalışmada örnekleme süresi gündüz vardiyası için 9 saat, gece vardiyası için 7 saattir. Limit değerler mevzuatlarda saat ve yıl bazında verilmiş olsa da yapılan bu karşılaştırma maruziyet seviyesi hakkında bize az da olsa bilgi vermektedir. WHO [http-7], EU [http-8], EPA [http-9], HKDYY [http-10] için limit değerler tablo 6.9'da verilmiştir.

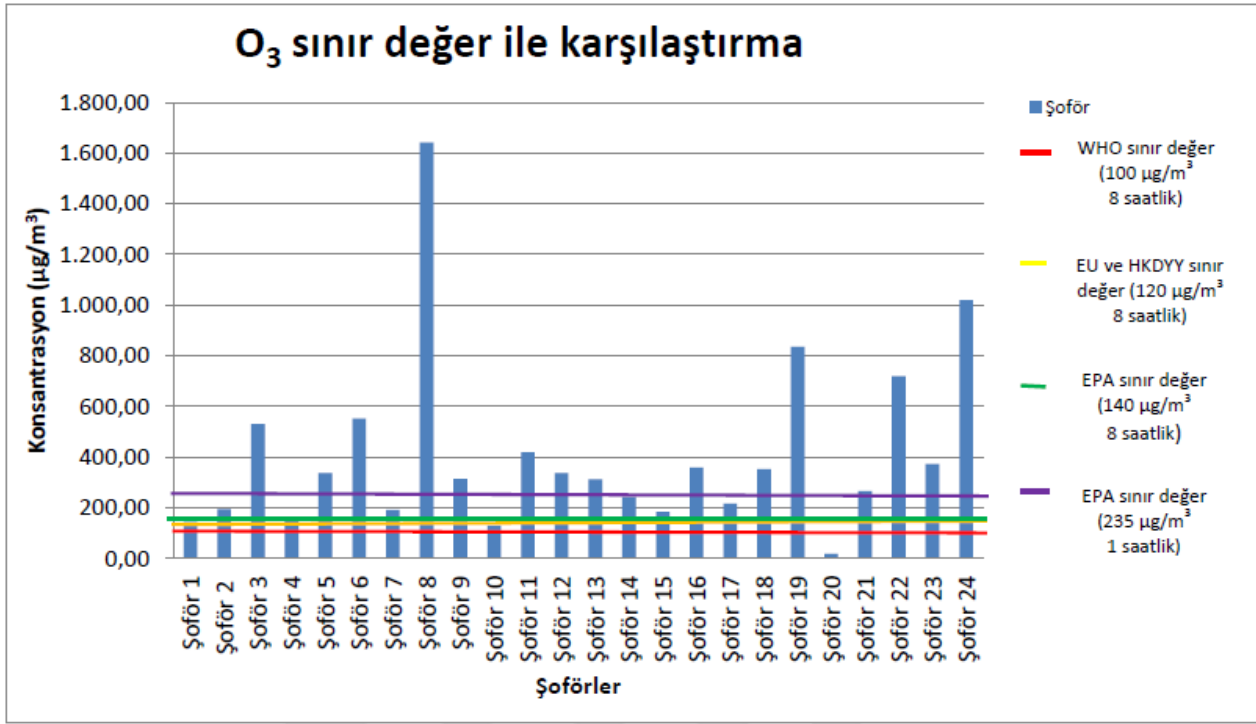
Tablo 6.9. Bazı O₃, SO₂, NO₂ sınır değerleri

Kirletici Türü	Kaynak	Süre	Derişim (µg/m ³)
O ₃	WHO	8 Saat	100
	EU	8 Saat	120
		1 Saat	235
	EPA	8 Saat	140
	HKDYY	8 Saat	120

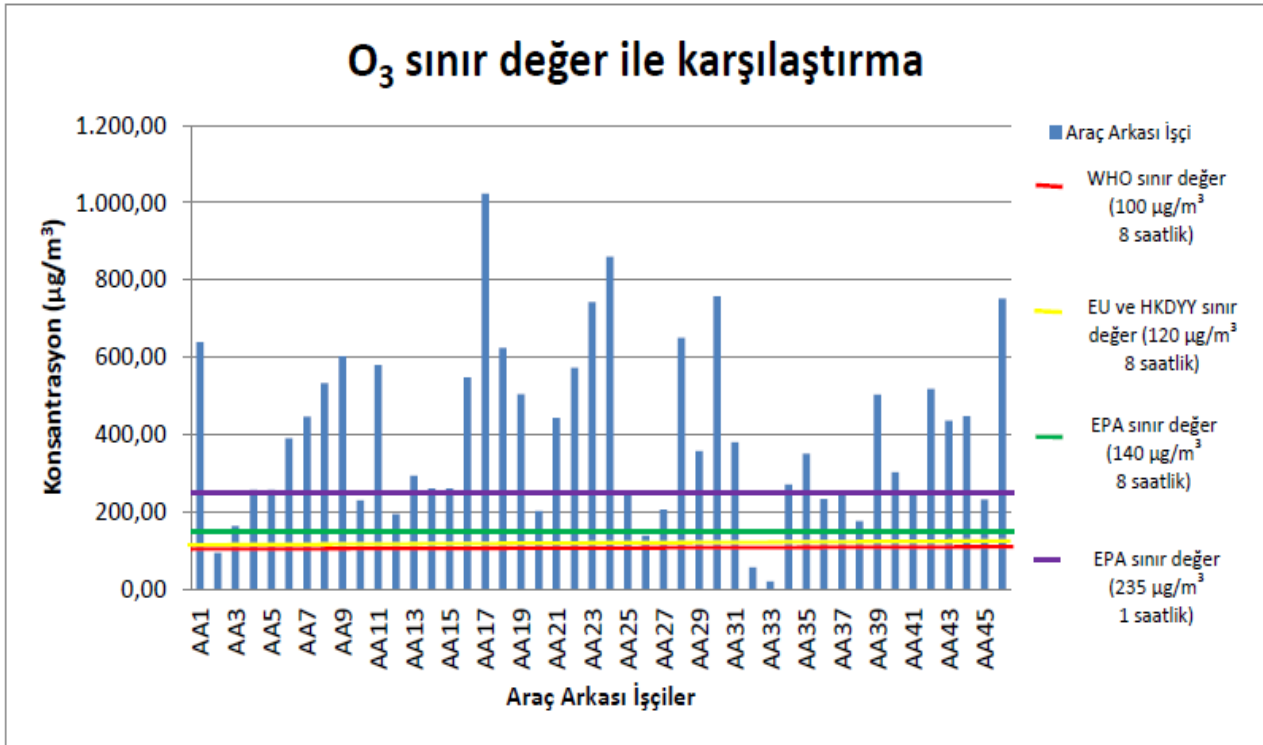
Tablo 6.10. (Devam) Bazı O₃, SO₂, NO₂ sınır değerleri

Kirletici Türü	Kaynak	Süre	Derişim (µg/m ³)
SO ₂	WHO	24 Saat	20
		1 Saat	200
	EU	24 Saat	125
	EPA	3 Saat	1300
		1 Saat	350
	HKDYY	24 Saat	125
NO ₂	WHO	1 Saat	200
	EU	1 Saat	200
	EPA	1 Saat	188
		1 Saat	200
	HKDYY	Yıllık	40

O₃ için Tablo 6.9’da verilen sınır değerler ile çalışma sonucundaki şoför ve araç arkası verileri kıyaslanmıştır. Şekil 6.14 ve Şekil 6.15’te görüldüğü üzere, WHO, EU ve HKDYY sınır değerlerini şoförlerde 1 kişi hariç hepsi, araç arkası işçilerde 3 kişi hariç 43 kişi aşmaktadır. EPA 8 saatlik sınır değerini şoförlerde 2 kişi hariç 22 kişi, araç arkası işçilerde 4 kişi hariç 42 kişi; 1 saatlik sınır değerini ise şoförlerde 16 kişi, araç arkası işçilerde 34 kişi aşmaktadır.

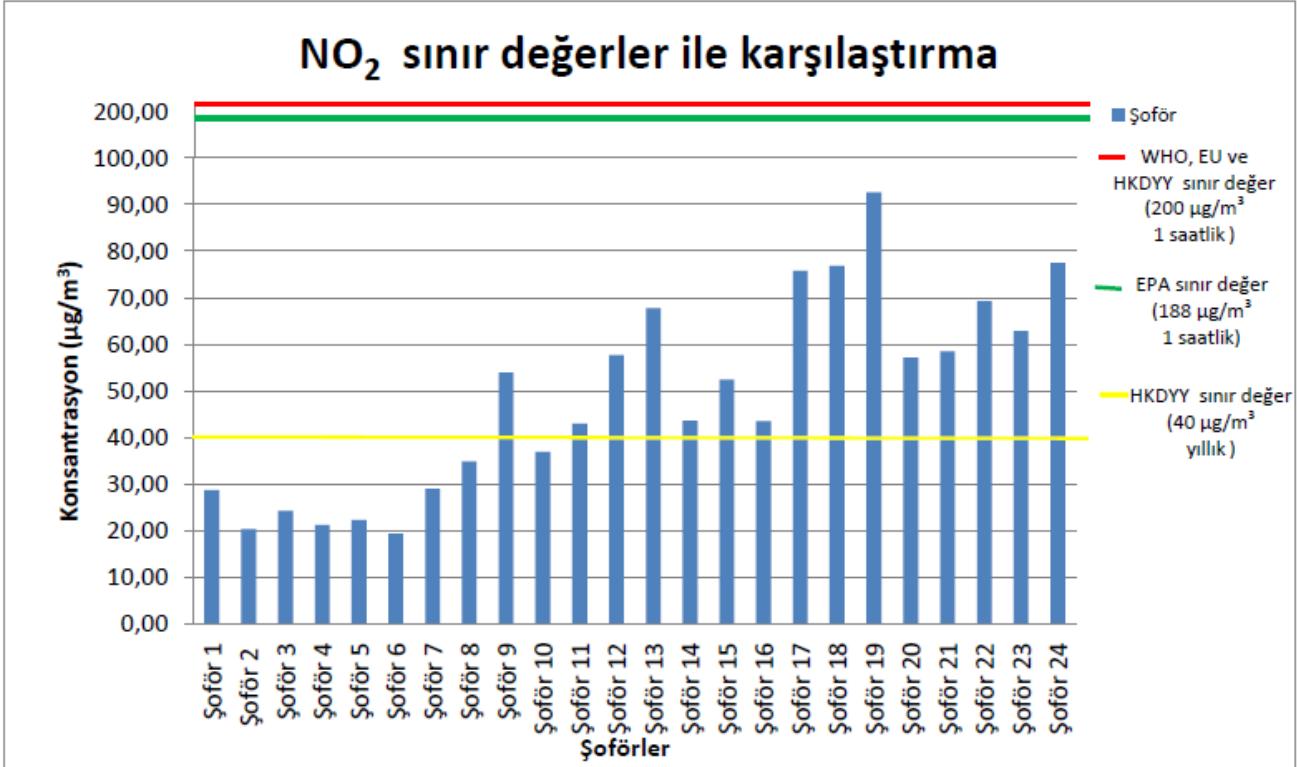


Şekil 6.14. Şoförlerin O₃ sonuçlarının limit değerle karşılaştırılması

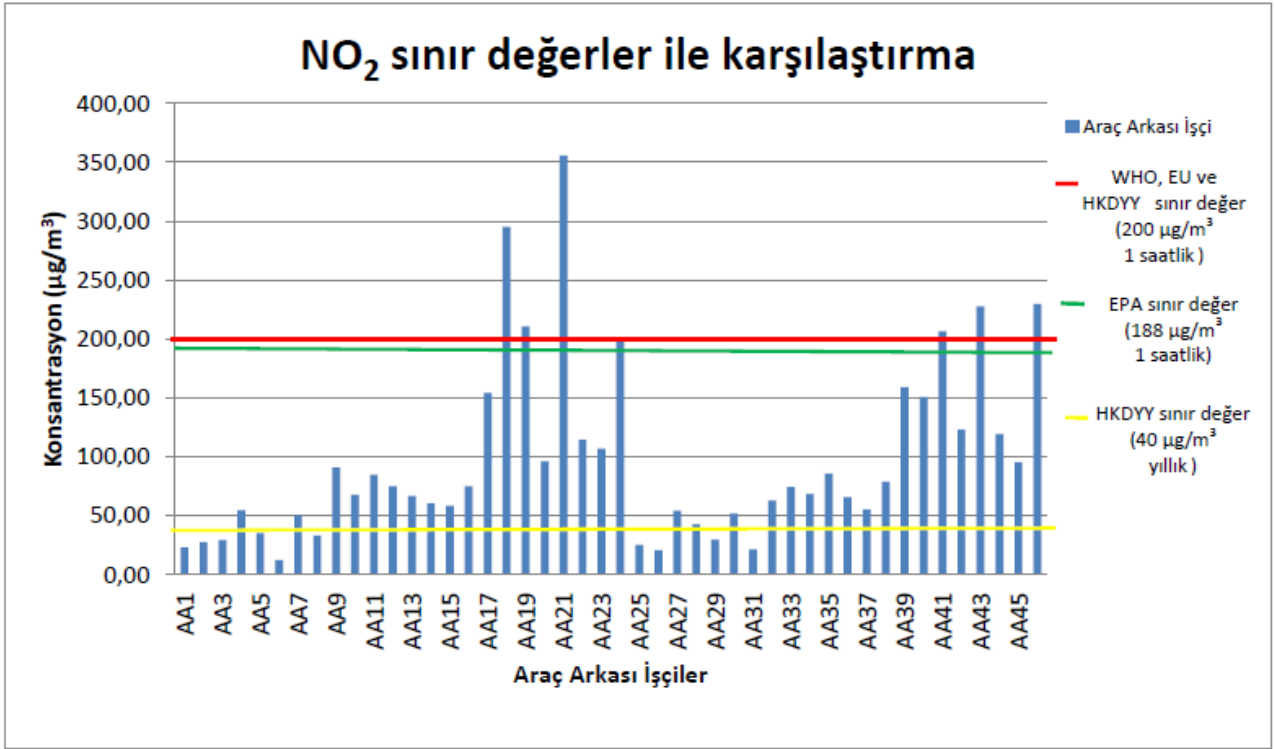


Şekil 6.15. Araç arkası işçilerin O₃ sonuçlarının limit değerle karşılaştırılması

NO₂ için sınır değere baktığımızda WHO, EU ve HKDYY'nin 1 saatlik 200 µg/m³ olan sınır değeri şoförlerde geçen olmamıştır, araç arkası işçilerde ise 6 kişi bu değeri aşmaktadır. EPA'nın 1 saatlik sınır değeri 188 µg/m³ 'ü de şoförlerde aşan olmamış olup araç arkası işçilerde 7 kişi aşmaktadır. HKDYY'nin yıllık 40 µg/m³ olan sınır değerini ise şoförlerde 15 kişinin, araç arkası işçilerde ise 36 kişinin aştığı görülmektedir.

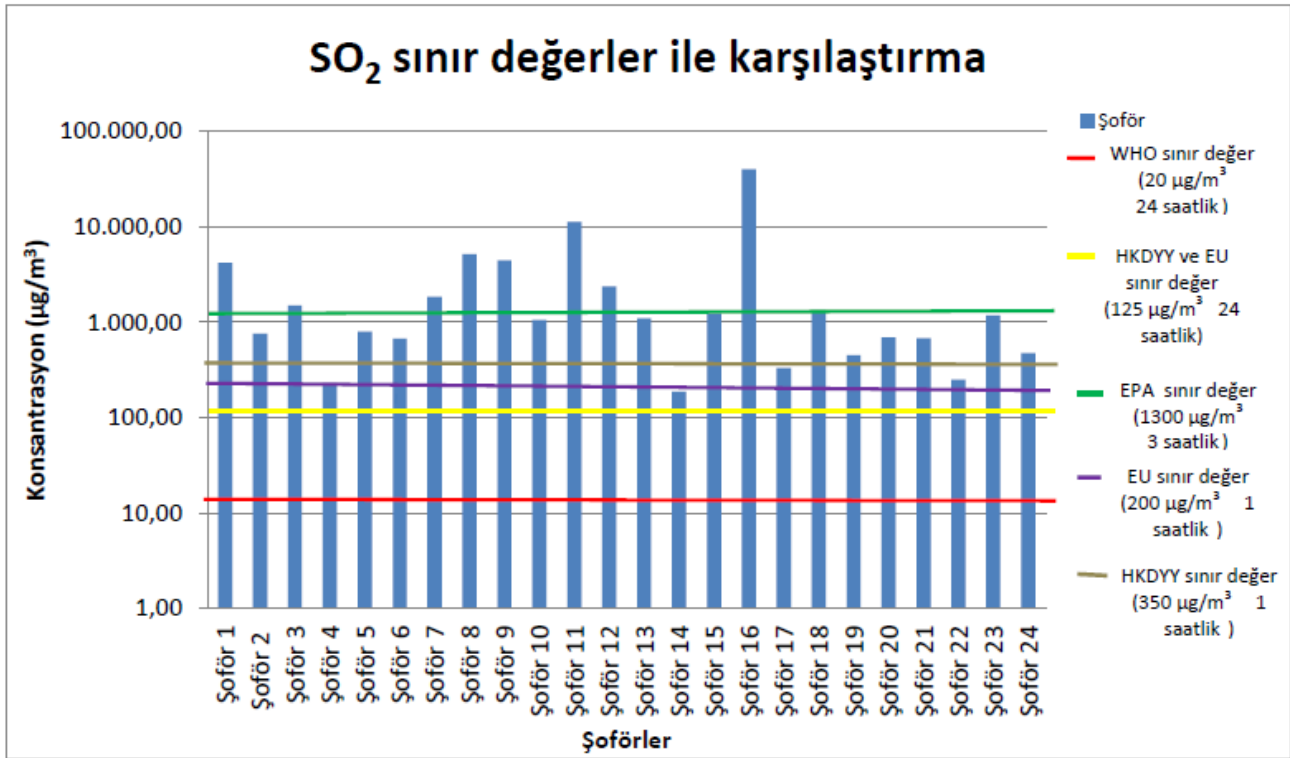


Şekil 6.16. Şoförlerin NO₂ sonuçlarının limit değerler ile karşılaştırılması

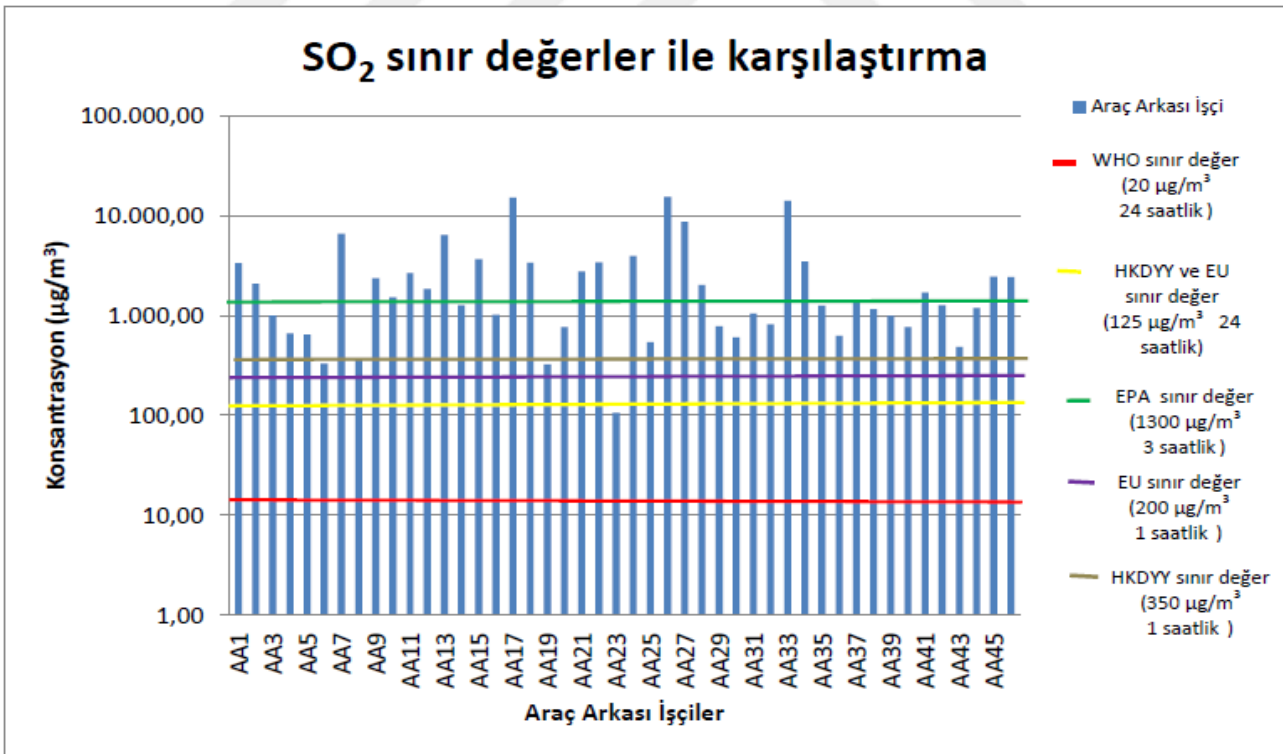


Şekil 6.17. Araç arkası işçilerin NO₂ sonuçlarının limit değerler ile karşılaştırılması

SO₂ için verilen sınır değerlere baktığımızda EU ve HKDYY'nin 24 saatlik 125 µg/m³ olan sınırı şoförlerin hepsinin, araç arkası işçilerin ise 1 tanesi hariç hepsinin aştığı görülmektedir. EU'nun 1 saatlik sınır değeri 200 µg/m³'ü de şoförlerde ve araç arkası işçilerde 1'er kişi hariç hepsi aşmaktadır. HKDYY'nin 1 saatlik sınır değeri 350 µg/m³'ü şoförlerde 20 kişinin, araç arkası işçilerde ise 43 kişinin aştığı görülmektedir. WHO'nun SO₂ sınır değeri olan 24 saatlik 20 µg/m³'ü hem şoförler hem de araç arkası işçilerin hepsi aşmaktadır. EPA'nın 3 saatlik 1300 µg/m³ olan sınır değeri diğer değerlere baktığımızda biraz daha yüksektir. Bu sınır değeri ise şoförlerde 9 kişi, araç arkası işçilerde ise 23 kişi aşmaktadır.



Şekil 6.18. Şoförlerin SO₂ sonuçlarının limit değerler ile karşılaştırılması



Şekil 6.19. Araç arkası işçilerin SO₂ sonuçlarının limit değerler ile karşılaştırılması

6.9. Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi

Çalışmanın bu bölümünde katı atık toplayan işçilerin hava kirleticilerine maruziyetlerini incelemek için kişisel örnekleme ile elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Pasif örnekleme çalışması kapsamında Tablo 6.6’da verilen ayrıntılı sonuçlarına ait O₃, SO₂ ve NO₂ derişimlerinin en küçük, en büyük, ortalama ve standart sapma gibi istatistiksel değerleri tablo 6.10’da verilmiştir.

Tablo 6.11. Araç arkası işçi ve şoför derişimleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) için temel istatistik değerlendirmeleri

		O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
ARAÇ ARKASI İŞÇİ	N	46	46	46
	Aritmetik Ort.	396,43	2783,86	96,20
	Minimum	18,93	106,23	12,29
	Maksimum	1023,12	15333,39	355,83
	Geo. Ort.	324,58	1570,64	72,81
	Ortanca	353,57	1306,42	71,37
	Std. Sapma	223,64	3650,00	76,18
	P	0,837	0,649	0,004
ŞOFÖR	N	24	24	24
	Aritmetik Ort.	410,61	3432,44	48,76
	Minimum	19,36	185,70	19,45
	Maksimum	1641,03	40349,94	92,60
	Geo. Ort.	303,17	1203,71	43,98
	Ortanca	326,20	1071,58	48,08
	Std. Sapma	350,79	8224,97	21,32
	P	0,837	0,649	0,004
TOPLAM (ARAÇ ARKASI İŞÇİLER VE ŞOFÖRLER)	N	70	70	70
	Aritmetik Ort.	401,29	3006,23	79,93
	Minimum	18,93	106,23	12,29
	Maksimum	1641,03	40349,94	355,83
	Geo. Ort.	317,08	1433,70	61,25
	Ortanca	338,62	1244,46	61,50
	Std. Sapma	271,45	5597,75	66,71
	P	0,837	0,649	0,004

Gruplar arası farklar tek yönlü Anova testi ile %95 güven aralığında belirlenmiştir. Tablo 6.10’daki P değerinin <0,05 olduğu durumlarda gruplar arası farklar istatistiksel açıdan anlamlı kabul edilmiştir. Araç arkası işçiler ve şoförler arasındaki ilişkiye bakıldığında; O₃ ve SO₂ için P>0,05 olduğundan anlamlı fark yoktur, yani araç arkası işçiler ve şoförler birbirine yakın derişimlerde O₃ ve SO₂ kirleticilerine maruz kalmaktadır. NO₂ için P<0,05 olduğundan iki grup arasında anlamlı fark vardır,

yani araç arkası işçiler güzergahlarındaki şoförlere göre daha yüksek derişimlerde NO₂ kirleticisine maruz kalmaktadır.

6.Bölüm Tablo 6.4’te verilen trafik yoğunluğuna göre güzergah gruplamasının şoför ve araç arkası işçiler için anlamlı olup olmadığını tespit etmek için;

H₀: O₃, NO₂, SO₂ derişimlerinin trafik yoğunluğu ile ilişkisi yoktur

H₁: O₃, NO₂, SO₂ derişimlerinin trafik yoğunluğu ile ilişkisi vardır,

şeklinde hipotez kurularak %95 güven aralığında Anova testi yapılmıştır. P değerinin <0,05 olduğu durumlarda H₀ hipotezi reddedilerek gruplar arası farklar istatistiksel açıdan anlamlı kabul edilmiştir. Tablo 6.11’de gördüğümüz üzere hem şoförler hem de araç arkası işçilerde NO₂ için H₀ < 0,05 olduğundan trafik yoğunluğunun NO₂ ile ilişkisi yoktur hipotezi reddedilmiştir. Yani trafik yoğunluğunun her iki grup içinde NO₂ emisyonları ile ilişkisi vardır. Trafik yoğunluğunu fazla olduğu güzergahlarda NO₂ değerleri yüksek, trafik yoğunluğunun düşük olduğu güzergahlarda NO₂ değerleri düşüktür. Aynı zamanda araç arkası işçilerin O₃ emisyonları da trafik yoğunluğuyla ilişkisi anlamlı çıkmıştır. Araç arkası işçilerde, trafik yoğunluğunun fazla olduğu güzergahlarda O₃ değerleri yüksektir.

Tablo 6.12. Trafik yoğunluğu ve inorganik kirleticiler arasındaki ilişki hipotezi

	P (Şoför)	P (Araç Arkası İşçi)
NO₂	0,000	0,000
SO₂	0,189	0,954
O₃	0,498	0,009

Ölçüm sonuçları arasında karşılaştırma yapabilmek ve arasındaki ilişkiyi görebilmek için Pearson Korelasyon Katsayılarına (Pearson Correlation Coefficient) bakılmıştır. Korelasyon katsayıları -1 ile + 1 arasında değişmekte ve parametreler arasındaki ilişkiyi vermektedir. Katsayının -1 ‘e yakın olması aralarında ters yönde bir kuvvetli ilişki olduğunu, +1’e yakın olması aralarında aynı yönde kuvvetli bir ilişki olduğunu göstermektedir. Korelasyon analizinde significance (anlamlılık) değeri olan p değeride ilişkinin ya da farkın düzeyinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Değerin 0.05’ten küçük olması istatistiksel olarak anlamlı bir farkın ya da ilişkinin varlığının göstergesi olarak kabul edilmektedir.

Tablo 6.12'ye r değerlerine baktığımızda hem şoförler için hem araç arkası işçiler için O_3 , NO_2 , SO_2 arasında kuvvetli bir ilişki olmadığı gözlenmiştir. Her iki grup için NO_2 - SO_2 arasında çok düşük negatif yönde bir ilişki vardır fakat anlamlı sayılabilecek kuvvette değildir, NO_2 ve SO_2 arasındaki p değerinin $> 0,05$ olması da ilişkinin anlamlı olmadığını göstermektedir. En yakın ilişki araç arkası işçilerde NO_2 ve O_3 arasındadır fakat zayıf bir ilişkidir, $p < 0,05$ olması da ilişkinin anlamlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 6.13. O_3 , SO_2 , NO_2 arasındaki korelasyon katsayıları ve p değerleri

r değerleri	Şoför			Araç Arkası İşçi		
	O_3	SO_2	NO_2	O_3	SO_2	NO_2
O_3	1	0,029	0,166	1	0,018	0,376
NO_2	0,166	-0,099	1	0,376	-0,02	1
SO_2	0,029	1	-0,099	0,018	1	-0,02
p değerleri	Şoför			Araç Arkası İşçi		
	O_3	SO_2	NO_2	O_3	SO_2	NO_2
O_3	1	0,893	0,438	1	0,904	0,01
NO_2	0,438	0,644	1	0,01	0,894	1
SO_2	0,893	1	0,644	0,904	1	0,894

Tablo 6.13'e baktığımızda hem şoförler için hem araç arkası işçiler için konteyner sayısı ve O_3 , NO_2 , SO_2 arasında kuvvetli bir ilişki olmadığı gözlenmiştir. Hem şoförler hem araç arkası işçiler için konteyner sayısı ile O_3 arasında pozitif yönde çok düşük bir korelasyon bulunmaktadır fakat $p > 0,05$ olduğundan ilişki anlamlı değildir.

Tablo 6.14. Konteyner sayısı ile O_3 , SO_2 , NO_2 arasındaki korelasyon katsayıları ve p değerleri

r değerleri	Şoför			Araç Arkası İşçi		
	O_3	SO_2	NO_2	O_3	SO_2	NO_2
O_3	1	0,029	0,166	1	0,018	0,376
NO_2	0,166	-0,099	1	0,376	-0,02	1
SO_2	0,029	1	-0,099	0,018	1	-0,02
p değerleri	Şoför			Araç Arkası İşçi		
	O_3	SO_2	NO_2	O_3	SO_2	NO_2
O_3	1	0,893	0,438	1	0,904	0,01
NO_2	0,438	0,644	1	0,01	0,894	1
SO_2	0,893	1	0,644	0,904	1	0,894

Tablo 6.14'e baktığımızda şoförlerde yapılan km ve O₃, NO₂, SO₂ arasında ilişki bulunmamaktadır. Araç arkası işçilerde de km ve O₃, NO₂ arasında ilişki çıkmamıştır. Araç arkası işçilerin km ve SO₂ arasında 0,308 korelasyon katsayılı zayıf bir ($p < 0,05$) anlamlı ilişki bulunmaktadır. Araç arkası işçi derişimlerinin ortalaması alınarak yapılan analizde ise km ve SO₂ arasında 0,509 korelasyon katsayılı orta kuvvetli ($p < 0,05$) anlamlı bir ilişki bulunmaktadır.

Tablo 6.15. Yapılan km ile O₃, SO₂, NO₂ arasındaki korelasyon katsayıları ve p değerleri

r Değerleri	Şoför			Araç Arkası İşçi			Araç Arkası İşçi Ortalaması		
	O ₃	SO ₂	NO ₂	O ₃	SO ₂	NO ₂	O ₃	SO ₂	NO ₂
km	-0,154	-0,053	-0,255	-0,258	0,308	-0,231	-0,189	0,509	0,061
p Değerleri	Şoför			Araç Arkası İşçi			Araç Arkası İşçi Ortalaması		
	O ₃	SO ₂	NO ₂	O ₃	SO ₂	NO ₂	O ₃	SO ₂	NO ₂
km	0,474	0,806	0,229	0,083	0,038	0,122	0,379	0,011	0,777

Tablo 6.5'te verilen toplama şekillerinin O₃, NO₂ ve SO₂ ile ilişkisi olup olmadığını anlamak için normal dağılım göstermedikleri için Kruskal-Wallis H testi yapılmıştır.

Şekil 6.20'de görüldüğü üzere;

O₃ için P değeri (0,407) > 0,05 olduğu için toplama şekli bakımından O₃ değerleri farklılaşmamıştır.

NO₂ için P değeri (0,004) < 0,05 olduğu için toplama şekli bakımından NO₂ değerleri farklılaşmıştır.

SO₂ için P değeri (0,998) > 0,05 olduğu için toplama şekli bakımından SO₂ değerleri farklılaşmamıştır.

Test Statistics^{a,b}		Test Statistics^{a,b}		Test Statistics^{a,b}	
O₃		NO₂		SO₂	
Kruskal-Wallis H	1,798	Kruskal-Wallis H	11,264	Kruskal-Wallis H	,004
df	2	df	2	df	2
Asymp. Sig.	,407	Asymp. Sig.	,004	Asymp. Sig.	,998
a. Kruskal Wallis Test		a. Kruskal Wallis Test		a. Kruskal Wallis Test	
b. Grouping Variable: toplama		b. Grouping Variable: toplama		b. Grouping Variable: toplama	

Şekil 6.20. Toplama şekilleri ve O₃, NO₂, SO₂ arasındaki P değerleri

Toplama şekillerinin şoförlerden ayrı olarak araç arkası işçilerde O₃, NO₂ ve SO₂ ile ilişkisi olup olmadığına bakılmıştır. O₃ verisinin normalliğine baktığımızda konteyner (P=0,395), karma (P=0,174), poşet (P=0,773) için P>0,05 ve varyans homojenliği için (P=0,373) P>0,05 durumlarını sağladığı için Anova testi yapılmıştır. SO₂ ve NO₂ verileri gruplarda normal dağılmadığı ve ikiden fazla grup olduğu için Kruskal-Wallis H testi yapılmıştır.

O₃ için yapılan Anova sonucunda P değeri < 0,05 olduğundan gruplar arası (konteyner-karma-poşet) ölçülen ozon değerleri birbirinden farklıdır. Yani araç arkası işçilerde toplama sistemi ile O₃ sonuçları arasında ilişki bulunmaktadır.

Şekil 6.21’de görüldüğü üzere;

SO₂ için P değeri (0,788) > 0,05 olduğu için toplama şekli bakımından SO₂ değerleri farklılaşmamıştır.

NO₂ için P değeri (0,027) < 0,05 olduğu için toplama şekli bakımından NO₂ değerleri farklılaşmıştır.

Test Statistics ^{a,b}		
	SO ₂	NO ₂
Kruskal-Wallis H	,477	7,243
df	2	2
Asymp. Sig.	,788	,027

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: toplama

Şekil 6.21. Araç arkası işçilerde toplama şekilleri ve NO₂, SO₂ arasındaki P değerleri

Kirletici parametrelerin gece - gündüz arasındaki ilişkisine bakıldığında; gündüz verilerinde O₃,SO₂, NO₂; gece verilerinde SO₂ ve NO₂ normal dağılım göstermemekte olup sadece gece O₃ verisi normal dağılım göstermektedir. Fakat gündüz verilerinde O₃ normal dağılım göstermediği için bütün kirletici parametreler için Mann-Whitney U testi uygulanmıştır.

O₃ için; P (0,298) > 0,05 olduğu için olduğundan gruplar (gece-gündüz) arasında ölçülen O₃ değerleri arasında anlamlı bir farklılık yoktur.

SO₂ için; $P(0,227) > 0,05$ olduğu için olduğundan gruplar (gece-gündüz) arasında ölçülen SO₂ değerleri arasında anlamlı bir farklılık yoktur.

NO₂ $P(0,00) < 0,05$ olduğundan gruplar (gece-gündüz) arasında ölçülen NO₂ değerleri arasında anlamlı bir farklılık vardır yorumu yapılmıştır.

Kirletici parametrelerin gece - gündüz arasındaki ilişkisine araç arkası işçiler ve şoförler için ayrı bir şekilde bakılmıştır.

Araç arkası işçiler için;

SO₂ ve NO₂ için hem gündüz hem gece için normal dağılım göstermediği için bu kirletici parametreler için Mann-Whitney U testi uygulanmıştır.

SO₂ için; $P(0,155) > 0,05$ olduğu için olduğundan gruplar (gece-gündüz araç arkası) arasında ölçülen SO₂ değerleri arasında anlamlı bir farklılık yoktur.

NO₂ $P(0,00) < 0,05$ olduğundan gruplar (gece-gündüz araç arkası) arasında ölçülen NO₂ değerleri arasında anlamlı bir farklılık vardır.

O₃ için hem gündüz hem gece için normal dağılım gösterdiği için varyans homojenliğine bakılmış olup P değeri $(0,305) > 0,05$ olduğundan gruplardaki ozon değerlerine ilişkin varyanslar homojen çıkmıştır. Gruplar arasında ozon değerleri bakımından hem normallik hem de varyans homojenliği varsayımı sağlandığından gruplar arasında ozon değerleri bakımından bir farklılık olup olmadığını test etmek için bağımsız örnek t testi uygulanmıştır.

Varyansların homojenliği varsayımı altında yapılan t testi sonucuna göre $P(0,522) > 0,05$ çıktığı için gruplar arasında anlamlı bir farklılık yoktur. Yani araç arkası işçiler için gündüz-gece arasında O₃ bakımından anlamlılık söz konusu değildir.

Şoförler için;

SO₂ için normallik durumuna bakıldığında gündüz şoför verileri normal dağılım göstermektedir. Gece şoför verileri normal dağılım göstermediği için parametrik olmayan iki örnek bağımsız grup testi olan Mann-Whitney-U testi uygulanmıştır.

SO₂ için; $P(0,976) > 0,05$ olduğu için gruplar (şoför) arasında ölçülen SO₂ değerleri arasında anlamlı bir farklılık yoktur.

NO₂ için normallik durumuna bakıldığında gece şoför verileri normal dağılım göstermektedir. Gündüz şoför verileri normal dağılım göstermeği için parametrik olmayan iki örnek bağımsız grup testi olan Mann-Whitney-U testi uygulanmıştır.

NO₂ için $P(0,00) < 0,05$ olduğu için olduğundan gruplar (gece-gündüz şoför) arasında ölçülen NO₂ değerleri arasında anlamlı bir farklılık vardır.

O₃ için normallik durumuna bakıldığında gündüz şoför ozon verileri normal dağılım göstermektedir. Gece şoför verileri normal dağılım göstermeği için parametrik olmayan iki örnek bağımsız grup testi olan Mann-Whitney-U testi uygulanmıştır.

O₃ için $P(0,698) > 0,05$ olduğu için gruplar (gece-gündüz şoför) arasında ölçülen O₃ değerleri arasında anlamlı bir farklılık yoktur. Yani gece-gündüz grubunun şoför değerleri üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Katı atık toplama işinde çalışan işçilerin, temel hava kirleticileri arasında yer alan azot NO₂, SO₂ ve O₃ kirleticilerinin işçiler üzerindeki maruziyetini belirlemek için pasif örnekleme yöntemi kullanılarak ölçüm çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Hava kirliliği dünyanın önde gelen sağlık risklerinden biridir. Hava kirliliğine maruz kalmanın yarattığı sağlık riski, dünya çapında başta gelen ölümcül sağlık riskleri arasında metabolik riskler, beslenmeye bağlı riskler ve sigaradan sonra dördüncü sıradadır (Forouzanfar ve diğ., 2015). İşçiler günde ortalama sekiz saatlerini dış ortamda ve genelde trafikte geçirmektedir. Trafikten kaynaklı hava kirliliğinin insan sağlığını olumsuz etkileri mevcuttur. Kirleticilerin vücuda giriş şekli, maruziyet süresi, kirleticilerin yoğunluğu ve kişinin genel sağlık durumu maruziyeti etkileyen önemli faktörlerdir. Çalışma güzergahlarındaki hava kirliliğinin işçiler üzerindeki maruziyetinin ele alındığı bu tez çalışmasının sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

Tez çalışması kapsamında Eskişehir ili Odunpazarı Belediyesinde katı atık toplama işinde çalışan 70 işçiyle çalışma güzergahları göz önüne alınarak kişisel maruziyeti belirlemek için örnekleme gerçekleştirilmiştir. SO₂, NO₂, O₃ inorganik kirleticileri için pasif örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Örnekleme çalışmaları gündüz ve gece vardiyası olarak 2 gruba ayrılmış ve mesai saati boyunca gerçekleştirilmiştir. Gündüz vardiyasında 9 farklı güzergah, gece vardiyasında 15 farklı güzergahta yapılan

çalışmada güzergahlardaki hava kirliliğinin ve işleri gereği maruz kaldıkları egzoz dumanının işçiler üzerindeki maruziyet değerleri tespit edilmiştir.

Pasif örnekleme çalışması sonuçlarına göre, NO₂ derişimleri 12,29- 355,83 µg/m³ arasında ölçülmüştür. Trafik yoğunluğunun yüksek olduğu İstiklal, Deliklitaş, Caddeler, Yıldıztepe, Vişnelik, Büyükdere, Gökmeydan, 71 Evler güzergahlarında hem şoförler için hem araç arkası işçiler için NO₂ derişimleri yüksek çıkmıştır. İşçilerin maruz kaldıkları NO₂ kirliliği çalıştıkları güzergahlarla ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Trafik yoğunluğunun yüksek olduğu çarşı bölgesine yakın yerlerde NO₂ maruziyeti daha fazladır. SO₂ derişimi şoförlerde 185,70- 40349,94 µg/m³ arasında, araç arkası işçilerde 106,23-15333,39 µg/m³ arasında ölçülmüştür. Şoförlerin SO₂ aralığı daha yüksektir. Şoförlerin %79'u sigara içtiği için araç içinde sigara dumanına maruziyetleride oldukça fazla olup, işleri gereği sürekli egzoz gazına maruz kalmaktadırlar. Çalışma eylül ayında havaların güzel olduğu zamanda yapıldığı için evsel ısınmadan kaynaklı kirlilik yükü bulunmamaktadır. Eskişehir'de şeker, çimento endüstrilerinin ve organize sanayi bölgesinin bulunması ildeki hava kirliliğini etki etmektedir. O₃ derişimleri 18,93- 1641,03 µg/m³ arasında değişmektedir. O₃ farklı kaynaklardan ortaya çıkan kirleticilerin güneş ışığı altında reaksiyona girmesiyle oluşan bir ikincil kirletici olduğundan O₃ derişimlerinin güneş ışığı ile doğrudan ilişkisi vardır.

Kişisel sürüş alışkanlıklarının, yük miktarının, motorun çalışmaya başlatılmasının, rölantide beklemenin, hızın, yakıt türünün araçtan çıkan emisyonlar üzerinde etkisi bulunmaktadır. Katı atık toplama işinde çalışan araçlarında uzun süre rölantide bekleme yaptıkları ve araç arkası işçilerin bu süre zarfında egzozun yakınında katı atık toplama işlemini gerçekleştirdikleri bilinmektedir. Trafik yoğunluğunun yüksek olduğu güzergahlarda diğer araçlarında, rölantide bekleme süreleri fazla olduğu için kirletici emisyon kaynaklarına etkisi bulunmaktadır. Ayrıca çöp kamyonunun konteyneri boşaltma esnasındaki motor devri 1000 devir/dakika'dan 3000 devir/dakika'ya kadar yükselmektedir. Bu durum o esnada ortaya çıkan emisyon miktarının fazla olmasına sebep olmaktadır. Kirletici derişimlerinin yüksek seviyelerde çıkmasının başlıca sebeplerinin bunlar olduğu düşünülmektedir.

Çalışmada hesaplanan NO₂, SO₂ ve O₃ bileşenlerinin atmosferik derişimleri WHO (Dünya Sağlık Örgütü), EU (Avrupa Birliği), EPA (Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı), HKDYY (Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi

Yönetmeliği)' deki kirletici limit değerler baz alınarak karşılaştırma yapılmıştır. O₃ için; WHO, EU ve HKDYY sınır değerlerini şoförlerde 1 kişi hariç hepsi, araç arkası işçilerde 3 kişi hariç 43 kişi aşmaktadır. EPA 8 saatlik sınır değerini şoförlerde 2 kişi hariç 22 kişi, araç arkası işçilerde 4 kişi hariç 42 kişi;1 saatlik sınır değerini ise şoförlerde 16 kişi, araç arkası işçilerde 34 kişi aşmaktadır. NO₂ için sınır değere baktığımızda WHO, EU ve HKDYY'nin 1 saatlik 200 µg/m³ olan sınır değeri şoförlerde geçen olmamıştır, araç arkası işçilerde ise 6 kişi bu değeri aşmaktadır. EPA'nın 1 saatlik sınır değeri 188 µg/m³ 'ü de şoförlerde aşan olmamış olup araç arkası işçilerde 7 kişi aşmaktadır. HKDYY'nin yıllık 40 µg/m³ olan sınır değerini ise şoförlerde 15 kişinin, araç arkası işçilerde ise 36 kişinin aştığı görülmektedir. NO₂ sınır değeri aşmada araç arkası işçilerin şoföre oranı daha yüksektir. Saatlik sınır değeri aşan işçilerin hepsi araç arkası işçilerdir çünkü direkt olarak egzoz gazı hava kirleticilerinin içinde mesailerini tamamlamaktadırlar. SO₂ için verilen sınır değerlere baktığımızda EU ve HKDYY'nin 24 saatlik 125 µg/m³ olan sınırı şoförlerin hepsinin, araç arkası işçilerin ise 1 tanesi hariç hepsinin aştığı görülmektedir. EU'nun 1 saatlik sınır değeri 200 µg/m³'ü de şoförlerde ve araç arkası işçilerde 1'er kişi hariç hepsi aşmaktadır. HKDYY'nin 1 saatlik sınır değeri 350 µg/m³ü şoförlerde 20 kişinin, araç arkası işçilerde ise 43 kişinin aştığı görülmektedir. WHO'nun SO₂ sınır değeri olan 24 saatlik 20 µg/m³ü hem şoförler hem de araç arkası işçilerin hepsi aşmaktadır. EPA'nın 3 saatlik 1300 µg/m³ olan sınır değeri diğer değerlere baktığımızda biraz daha yüksektir. Bu sınır değeri ise şoförlerde 9 kişi, araç arkası işçilerde ise 23 kişi aşmaktadır. Çalışma evsel ısınmanın olmadığı ayda yapıldığı için SO₂'nin ana kaynaklarından biride yoktur. Bu yüzden kış aylarında SO₂ maruziyetin artacağı tahmin edilmektedir.

Örnekleme güzergahlarını trafiğin az, orta, çok olduğu gruplamaya göre ayırıp incelediğimizde NO₂ maruziyetinin iki grup içinde trafiğin çok olduğu yerde fazla, trafiğin az olduğu yerde düşük olduğu gözlenmiştir. SO₂ ve O₃ maruziyetinin trafik yoğunluğu ile ilgili ilişkisi çıkmamıştır. Yapılan istatistiksel analizlerde bu durumu desteklemiştir.

Toplama şekli bakımından işçilerin istatistiğine bakıldığında NO₂ değerleri farklılaşmıştır. Yani toplama şeklinin (konteyner, karma, poşet) NO₂ derişimleri üzerinde etkisi bulunmaktadır. Araç arkası işçiler için toplama şekli ayrı olarak değerlendirildiğinde hem O₃ hem de NO₂ değerleri farklılaşmıştır. Toplama şeklinin

araç arkası işçilerde O₃ ve NO₂ derişimleri üzerinde anlamlı bir etkisi bulunmaktadır. Gece - gündüz derişimleri arası bir ilişki olup olmadığı incelendiğinde NO₂ derişimlerinde hem toplu olarak hem şoför ve araç arkası şeklinde ayrı olarak incelendiğinde hepsinde anlamlı bir ilişki bulunmuştur. SO₂ ve O₃ derişimlerinin gece-gündüz arasında anlamlı bir ilişkisi bulunmamaktadır.

Güzergah bazında yapılan km ve derişimler arasında ilişkiye bakıldığında şoförlerde yapılan km ve O₃, NO₂, SO₂ arasında ilişki bulunmamaktadır. Araç arkası işçilerde de km ve O₃, NO₂ arasında ilişki çıkmamıştır. Araç arkası işçilerin km ve SO₂ arasında 0,308 korelasyon katsayılı zayıf bir ($p < 0,05$) anlamlı ilişki bulunmaktadır. Araç arkası işçi derişimlerinin ortalaması alınarak yapılan analizde ise km ve SO₂ arasında 0,509 korelasyon katsayılı orta kuvvetli ($p < 0,05$) anlamlı bir ilişki bulunmaktadır.

Egzoz çıkışı sağ alt köşede olan kamyonların sağ ve sol arkasında konumlanan araç arkası işçilerin egzoz çıkışına göre maruziyetleri kıyaslandığında; O₃ konsantrasyonları 22 güzergahın 12'sinde sağ taraftaki işçilerin 10'unda sol taraftaki işçilerin yüksek olduğu, NO₂ derişimleri 10'unda sağ taraftaki işçilerin, 12'sinde sol taraftaki işçilerin yüksek olduğu görülmektedir. İşçilerin NO₂ maruziyeleri güzergah bazında baktığımızda birbirine yakındır. SO₂ derişimleri, 22 güzergahın 20'sinde sağ taraftaki işçilerde yüksektir. Sol tarafta bulunan işçilerin yüksek olduğu 2 güzergah ise Odunpazarı ve Sümerdir. SO₂ maruziyetinin egzozu yakın konumda bulunan sağ taraftaki işçilerde daha fazla olduğu dikkat çekmektedir.

Bu çalışma, ülkemizde katı atık toplama işinde çalışan işçilerin maruz kaldıkları hava kirleticilerinin işçiler üzerindeki maruziyetlerinin tespit edildiği çalışmalardan biridir. Ülkemizdeki çoğu ilde hava kirliliği emisyon envanteri ve hava kirliliğinin sağlık üzerine etkileri ile ilgili çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalar genellikle il geneli hava kalitesi ile ilgilidir. Hava kirliliği ile ilgili kişisel örnekleme çalışmalarında da daha çok uçucu organik bileşikler ve partikül madde üzerinde durulmuştur. Araç arkası işçilerin çalışma koşulları kaynaklı maruziyeti konusundaki çalışmalar daha çok kan değerleri ve iş sağlığı ve güvenliği şeklinde olduğu görülmektedir. 70 işçiyle gerçekleştirilen bu çalışma sayesinde katı atık toplama işinde çalışan işçilerin maruz kaldıkları kirlilik konusunda literatürde önemli bir boşluk dolduracağı düşünülmekte

olup bu çalışmada elde edeceğimiz veriler işçilerin çalışma koşullarının iyileştirilmesi adına basamak oluşturmaktadır.

Çalışma koşullarının iyileştirilmesi adına öneri olarak;

Otomobillerde çok uzun süredir kullanılan içten yanmalı motorların yerine elektrik motorları kullanılarak ya tamamen elektrikli ya da hibrid araçlar üretilmektedir. Hibrid araçlar, klasik içten yanmalı motor ve elektrik motorunun birlikte tahrik amaçlı kullanıldığı araçlardır. Aracın üzerindeki bataryalarda depolanan elektrik enerjisi ile elektrik motoru kullanılarak, hem CO₂ emisyonu hem de yakıt tüketimi açısından geleneksel içten yanmalı motorlu araçlara göre büyük avantajlar sağlamaktadır (Uçarol ve Kural, 2009). Elektrik ile çalışan çöp kamyonlarının kullanılması hem egzoz gazı emisyonlarını azaltacak hem de daha gürültüsüz bir hizmet sunulabilecektir. Bu kapsamda katı atık toplama işinde çalışan işçilerin hava kirleticilerine maruziyetlerinin azaltılması için elektrikli araçların kullanılması önerilmektedir.

Çöp kamyonlarının egzoz gazı emisyonları yükleri ile orantılı olarak artmaktadır. Büyük araç ve çok yük egzoz gazı emisyonlarının artmasına sebep olduğundan büyük ölçekli yerleşmelerde küçük hacimli çöp kamyonlarıyla toplama yapıp büyük hacimli çöp kamyonlarıyla tesise taşıma yapılması büyük hacimli kamyonların sebebiyet verdiği egzoz gazı emisyonları azaltacaktır. Bu kapsamda aktarmalı taşıma sisteminin katı atık toplama işinde çalışan işçilerin hava kirliliğine maruziyetlerini azaltacağı öngörülmektedir.

Türkiye’de uygulanan daldırmalı çöp konteyneri sisteminin yaygınlaştırılmalı, en azından ring sistemi uygulamasına geçilmesi gerekmektedir. Ring sistemi, daha fazla noktada daldırmalı çöp konteyneri kullanılarak, daldırmalı çöp konteynerinin olmadığı alanlardaki atıkların ring sistemiyle toplanıp yakındaki daldırmalı konteynerde depolanması olarak uygulanmalıdır. Sonuç olarak, bu sistemlerin ilk kuruluş veya satın alma aşamasında geleneksel atık yönetim araçlarından daha yüksek bir finansmana ihtiyaç duyulsa da, insan sağlığının hatta insan hayatının paradan çok daha önemli bir yere sahip olduğu gerçeği unutulmamalıdır (Yaşaroğlu, 2014).

KAYNAKÇA

- Alkan A. (2018). Hava kirliliğinin ciddi boyutlara ulaştığı kentlere bir örnek: Siirt. *Bitlis Eren Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(2), 641-666.
- Alkan, D.S., Morcalı, M.H. (2017). Kahramanmaraş hava kirliliği kaynaklarının izlenmesi ve belirlenmesi. *KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(2), 105-115.
- Altuğ, H. (2013). *Bazı hava kirleticilerin ilköğretim çocuklarında solunum fonksiyonları ve astım ve allerjik hastalıklarla ilişkili semptom prevalansına etkisi*. Anadolu Üniversitesi.
- Ashok, V., Gupta, T., Dubey, S., & Jat, R. (2014). Personal exposure measurement of students to various microenvironments inside and outside the college campus. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186(2), 735–750.
- Avrupa Çevre Ajansı. (2019). *Air quality in Europe Report (Luxembourg: European Union)*.
- Bayat, B. (2011). Hava kirliliği ve kontrolü, *Bilim ve Aklın Aydınlığında Eğitim Dergisi*, S. 135, ss. 55-59.
- Cuci,Y., Ergün Polat, E. (2015). Gaziantep'in trafik kaynaklı hava kirliliğinin belirlenmesi. *KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18(2), 1-11.
- ÇMO (Çevre Mühendisleri Odası). (2019). *Hava Kirliliği Raporu*.
- Devalia J.L., Rusznak C., Herdman M.J., et al. (1994). Effect of nitrogen dioxide and sulphur dioxide on airway response of mild asthmatic patients to allergen inhalation. *Lancet*; 344: 1668-1671.
- Dönmez, D., Semercioğlu, H., Cömert, Ö.M., Üzmez, G. (2009). *Dizel motor ile çalışan belediye otobüslerinin incelenmesi ve emisyon envanterlenmesi*. Bitirme Tezi, Sakarya Üniversitesi.
- Dünya Sağlık Örgütü. (2020). *Air Pollution, World Health Organization*.
- EEA. (2020). *Air quality in Europe - 2020 report*.

- Elbir T., Bayram A., Kara M., Altıok H., Seyfioğlu R., Ergün P., Şimşir S. (2010). İzmir kent merkezinde karayolu trafiğinden kaynaklanan hava kirliliğinin incelenmesi. *DEÜ Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt:12 Sayı:1, 1-17.
- Enemari, J.J. (2001). Vehicular Emission, Environmental And Health Implications. *Conference On Phase-out Of Leaded Gasoline In Nigeria*, s 2-6, Nicon Hilton Hotel, Abuja, 15 – 16.
- EPA. (2022). *Ground-level Ozone Pollution*. United States Environmental Protection Agency, <https://www.epa.gov/ground-level-ozone-pollution/ground-level-ozone-basics> (Erişim tarihi: 15.06.2022).
- Eskişehir Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü. (2019). *Eskişehir İli Çevre Durum Raporu*.
- Forouzanfar, M. H., Alexander, L., Anderson, H. R., Bachman, V. F., Biryukov, S., Brauer, M., ... & Delwiche, K. (2015). Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks in 188 countries. *1990– 2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013*.
- Friedman MS, Powell KE, Hutwagner L, Graham LM, Teague WG. (2001). Impact of changes in transportation and commuting behaviors during the 1996 Summer Olympic Games in Atlanta on air quality and childhood asthma. *JAMA*; 285(7):897-905.
- Gorecki, T. ve Namieśnik, J. (2002). Passive sampling. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 21(4), 276–291.
- Hecq, P., Van Aalst, R., Barnes, R., Bauman, R., Edwards, L., Van Den Hout, D., Hauer, A., De Freitas, C.C.L., Van Leeuwen, R., Rea, J., Rudolf, W. ve De Saeger. (1997). SO₂ position paper.
- Heywood, J. (1988). Internal combustion engine fundamentals. *McGraw-Hill Book Co.*, New York.
- İlek F., Elbir T. (2012). İzmir Körfezi'nde toplu taşıma yapan deniz taşıtlarından kaynaklanan hava kirlenmelerinin kent atmosferindeki dağılımların EPA-ISCST3 modeli ile belirlenmesi. *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi*, 12-9.

- Kara,M.B., Kaynak Tezel, B. (2017). Türkiye’deki SO₂ yer ölçümlerinin değerlendirilmesi ve so₂ kirliliğinin zamansal ve mekansal değişiminin incelenmesi. VII. Ulusal Hava Kirliliği Ve Kontrolü Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, Antalya, 495-508.
- Karakuş, S.Z. (2002). *Benzinli araçlardan kaynaklanan hidrokarbonların ozon oluşumuna etkisinin incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Keçebaş A., Kayfeci M., Gedik E. (2010). Afyonkarahisar’da ölçülen sülfür dioksit ve partikül madde değişimleri üzerine değerlendirme. *Mühendis ve Makine*, Cilt:51 Sayı:610, 14-19.
- Kellner, F., Mermet, J.-M., Otto, M. and Widmer, H. M. (1998). Analytical chemistry, Wiley-VCH: Weinheim, Germany.
- Kırımhan, S. (2006). *Hava Kirliliği ve Kontrolü*, 1. Basım, Ankara.
- Koca H., Elbir T. (2013). Bir üniversite yerleşkesi içinde karayolu trafiğinden kaynaklanan hava kalitesinin belirlenmesi. *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi* 2, 45 – 54.
- Kumar, A. ve Viden, I. (2007). Volatile organic compounds: sampling methods and their worldwide profile in ambient air. *Environ. Monit. Assess.*, 131, 301–321.
- Kuzey İç Anadolu Temiz Hava Merkezi Müdürlüğü. (2018). *Eskişehir İli Hava Kalitesi Analiz Raporu* (2010-2016).
- Kyrkilis, G., Chaloulakou, A. ve Kassomenos, P.A. (2007). Development of an aggregate Air Quality Index for an urban Mediterranean agglomeration: Relation to potential health effects. *Environment International*, 33(5), 670-690.
- McConnell R., Berhane K., Gilliland F. et al. (2002). Asthma in exercising children exposed to ozone: A cohort study. *Lancet* ; 359: 386-91.
- McMaster, M. C. (2007). HPLC A Practical User’s Guide. Second Edition, John Wiley&Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

- Molina J.C., Eguia I., Racero J. (2019). Reducing pollutant emissions in a waste collection vehicle routing problem using a variable neighborhood tabu search algorithm: a case study. *TOP*, 27, 253-287.
- Mutlu, A. (2019) . Balıkesir şehir merkezinde trafik kaynaklı hava kirliliği seviyelerinin analizi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21 (1) , 152-168.
- Müezzinoğlu, A. (1987). Hava Kirliliğinin ve Kontrolünün Esasları. *Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları*, İzmir.
- Özçimder, M. ve Demirci, A. (2004). Gaz ve Sıvı Kromatografileri. *Bilim Yayıncılık*, Kırıkkale.
- Özdemir, F. (2008). *Türkiye genelinde kükürt dioksit ve partiküler madde kirlilik dağılımlarının analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Özden, Ö. (2005). *Hava kalitesinin monitorlanmasında pasif örnekleyicilerin kullanılması*. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi.
- Sharma, M., Pandey, R., Maheshwari, M., Sengupta, B., Shukla, B.P., Mishra, A. (2003a). Air quality index and its interpretation for the city of Delhi. *Clean Air. International Journal on Energy for a Clean Environment* 4, 83–98.
- Sharma, M. (2014). National Air Quality Index, *Control of Urban Pollution*.
- Steinberga,I., Sustere,L., Bikse, J., Bikse Jr, J., Kleperis, J. (2019). Traffic induced air pollution modeling: scenario analysis for air quality management in street canyon. *Procedia Computer Science*; 149, 384–389.
- THHP (Temiz Hava Hakkı Platformu). (2020). *Hava Kirliliği ve Sağlık Etkileri: Kara Rapor*.
- Tünay O., Alp K. (1996). Hava kirlenmesi kontrolü. *İstanbul Ticaret Odası*, Yayın No: 1996- 36, İstanbul.
- Touloumi G, Katsouyanni K, Zmirou D, et al. (1997) Short-term effects of ambient oxidant exposure on mortality: A combined analysis within the APHEA project. Air pollution and health: A European approach. *Am J Epidemiol*; 146: 177-85.
- Uçarol, H. ve Kural, E. (2009). Ulaşımda enerji verimliliği için hibrid ve elektrikli araçlar. *Mühendis ve Makine*; 50, 594, 66-71.

- U.S. Department Of Energy. (2003). Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, 2003. *Vehicle Emissions*, s 1-2.
- U.S.HSS. (U.S. Department Of Health And Human Services). (1998). *Public health service agency for toxic substances and disease regist.*
- Ünsal A, Metintaş M, Öner S, İnan O.Ç. (1999). Eskişehir’de hava kirliliği ve bazı hastalıklar nedeniyle acil başvuruların incelenmesi. *Tüberküloz ve Toraks Dergisi*; 47: 449-455.
- Yalçinkaya S. (2020). Katı atık toplama ve taşıma sisteminden kaynaklanan hava kirlleticileri emisyonlarının mekansal analiz teknikleri ile farklı araç kapasiteleri için hesaplanması: İzmir Çiğli örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*; 6(2), 366-376.
- Yaşaroğlu C.B. (2014). *Eysel katı atık toplama ve taşıma işkolunda çalışanların iş sağlığı ve güvenliği koşullarının iyileştirilmesi*. Uzmanlık Tezi, ÇSGB.
- Yildiz Ş., Saltabas F., Yalcinkaya S., Kemirtlek A. (2009). Katı atık toplama ve taşıma optimizasyonu Kağıthane örneği. *Türkiye’de Katı Atık Yönetimi Sempozyumu Bildiriler Kitabı TÜRKEY 2009*, 15-17 Haziran, İstanbul, ss.17-25.
- WHO. (2018). *Ambient (Outdoor) Air Pollution*. World Health Organization, [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (Erişim tarihi: 27.12.2021).
- Zaldei A., Camilli F., De Filippis T., Di Gennaro F., Di Lonardo S., Dini F., Gioli B., Gualtieri G., Matese A., Nunziati W., Rocchi L., Toscano P., Vagnoli C. (2016). An integrated low-cost road traffic and air pollution monitoring platform for next citizen observatories. *Transportation Research Procedia*, 531-538.
- Zemp E, Elsasser S, Schindler C, et al. (1999). Long-term ambient air pollution and respiratory symptoms in adults (SAPALDIA study). *Am J Respir Crit Care Med*; 159: 1257-66.
- http-1.** <https://labakademi.com/iyon-degisim-kromatografisi-genel-bakis-ion-exchange-chromatography/> (Erişim tarihi: 20.10.2021).
- http-2.** <https://www.who.int/airpollution/en/> (Erişim tarihi: 29.07.2020).

- http-3.** <http://www.p005.net/analiz/korelasyon-analizi> (Erişim tarihi: 04.04.2022).
- http-4.** <https://www.galloglu.com/blog/spss-mann-whitney-u-test> (Erişim tarihi: 04.04.2022).
- http-5.** <https://mustafaotrar.net/istatistik/tek-yonlu-varyans-analizi-anova/> (Erişim tarihi: 04.04.2022).
- http-6.** <https://sim.csb.gov.tr/Home/Index#page-top> (Erişim tarihi: 13.07.2022).
- http-7.** <https://whoairquality.shinyapps.io/AirQualityStandards/> (Erişim tarihi: 14.03.2022).
- http-8.** <https://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm> (Erişim tarihi: 14.03.2022).
- http-9.** [https://stringfixer.com/tr/National Ambient Air Quality Standards](https://stringfixer.com/tr/National_Ambient_Air_Quality_Standards) (Erişim tarihi: 14.03.2022).
- http-10.** <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/06/20080606-6.htm> (Erişim tarihi: 14.03.2022).

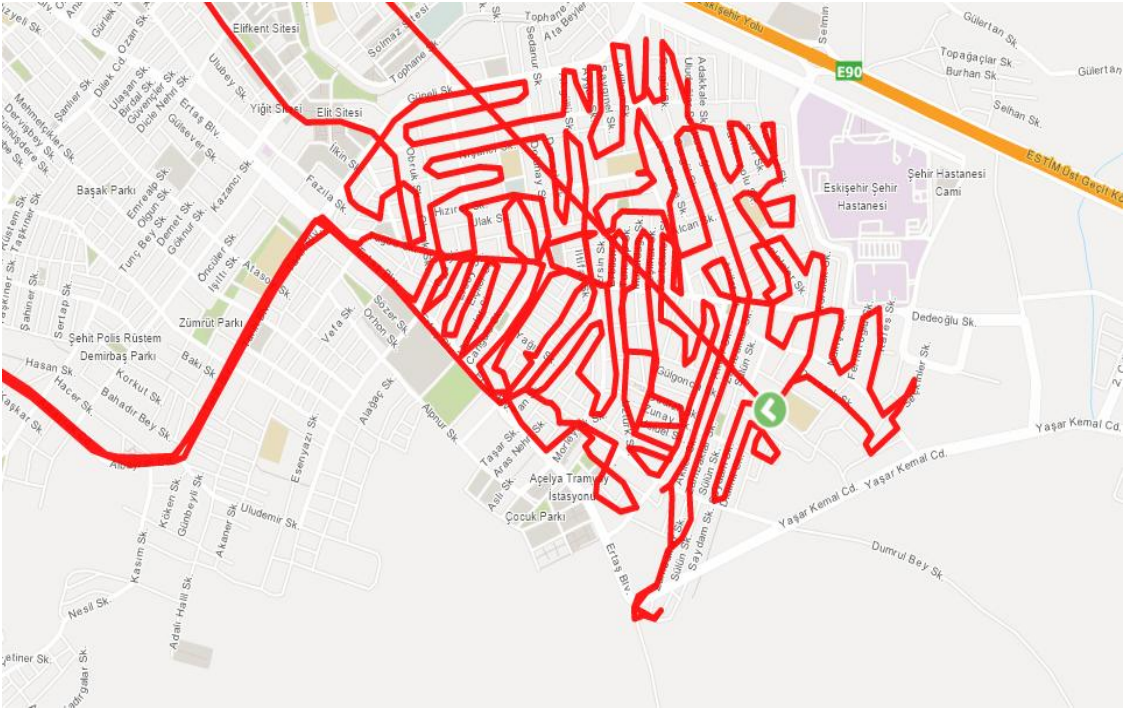
EKLER

EK-1.Güzergahlara ait çöp kamyonlarının rotaları:

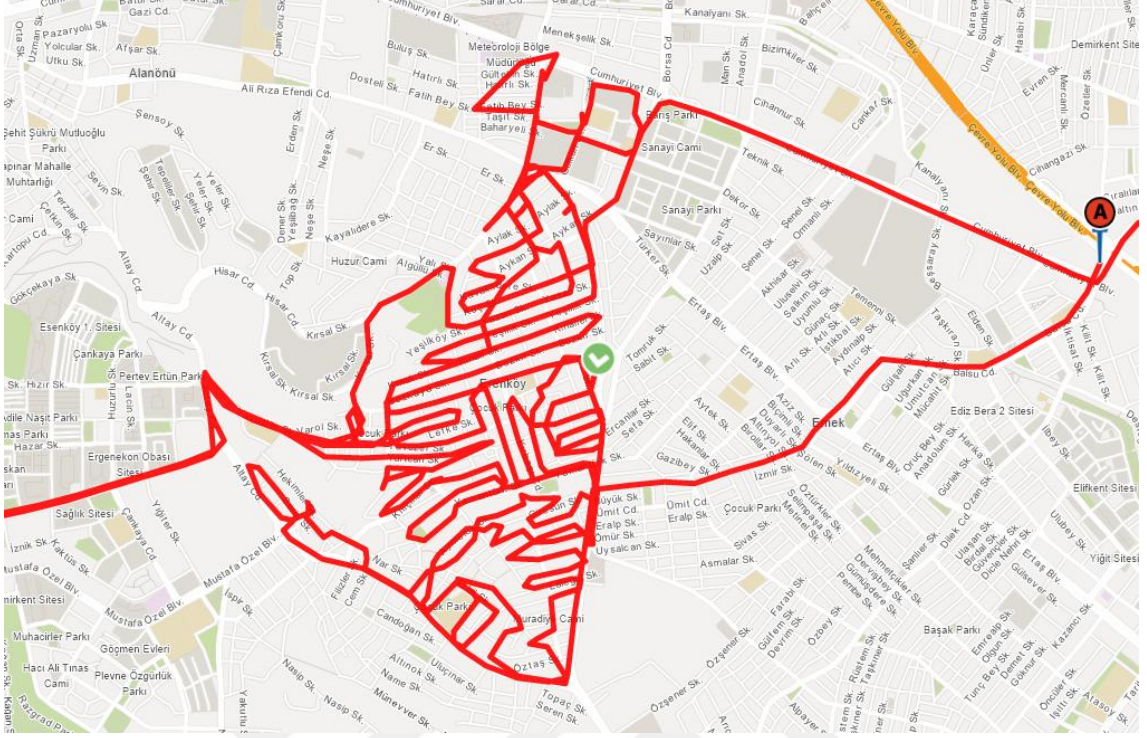
Emek



71 Evler



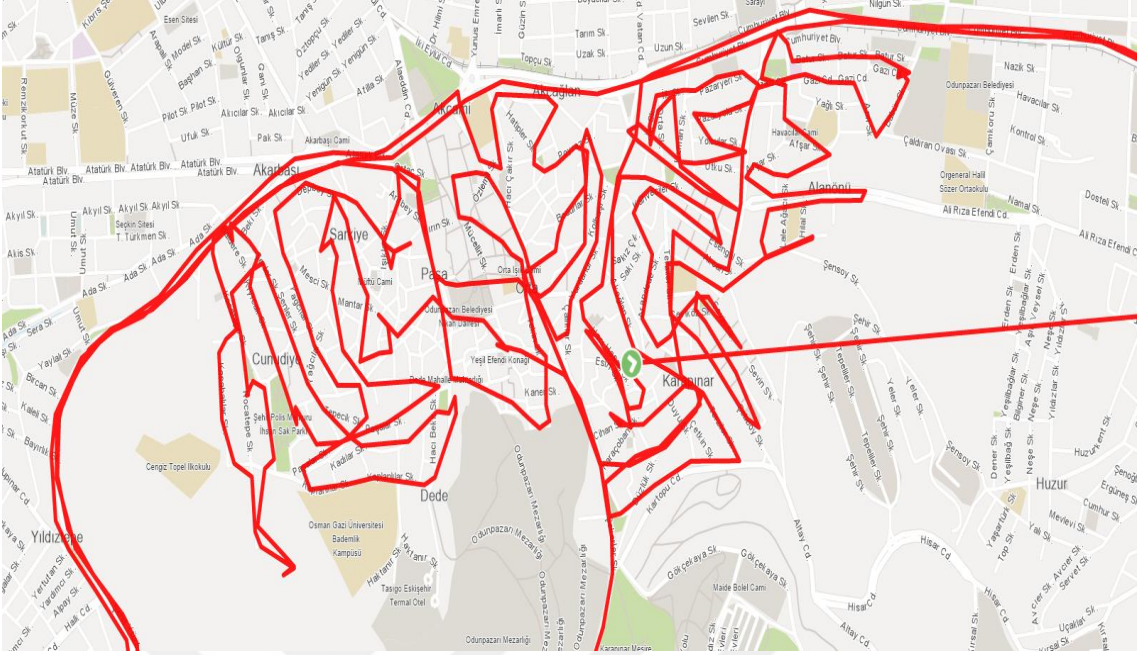
Erenköy



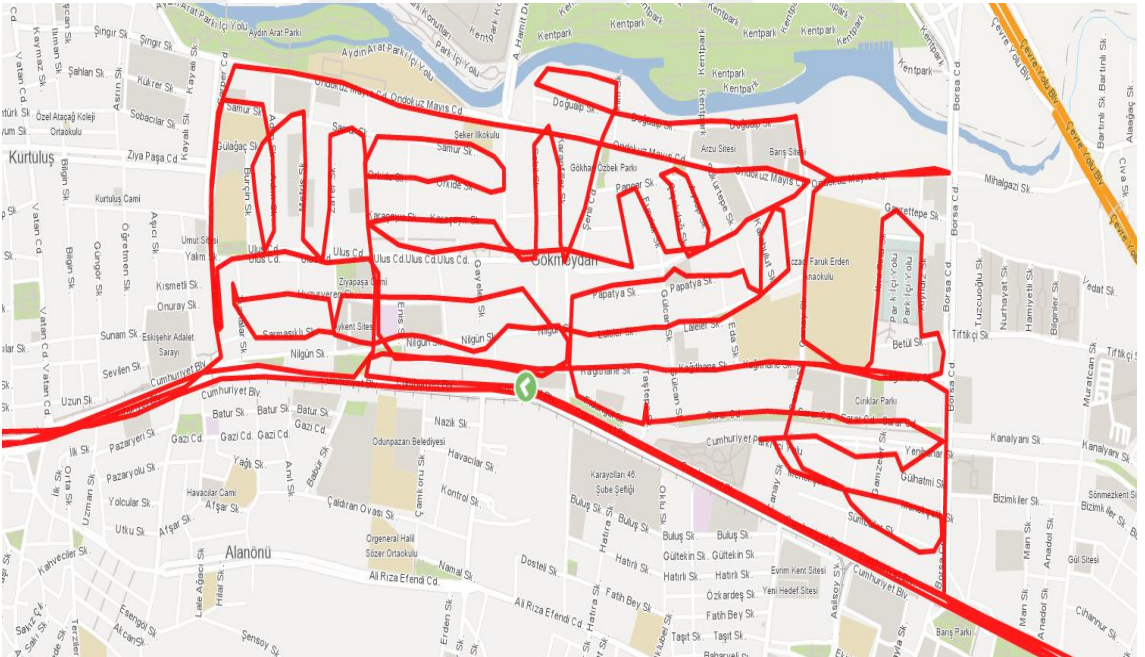
Kırmızıtoprak



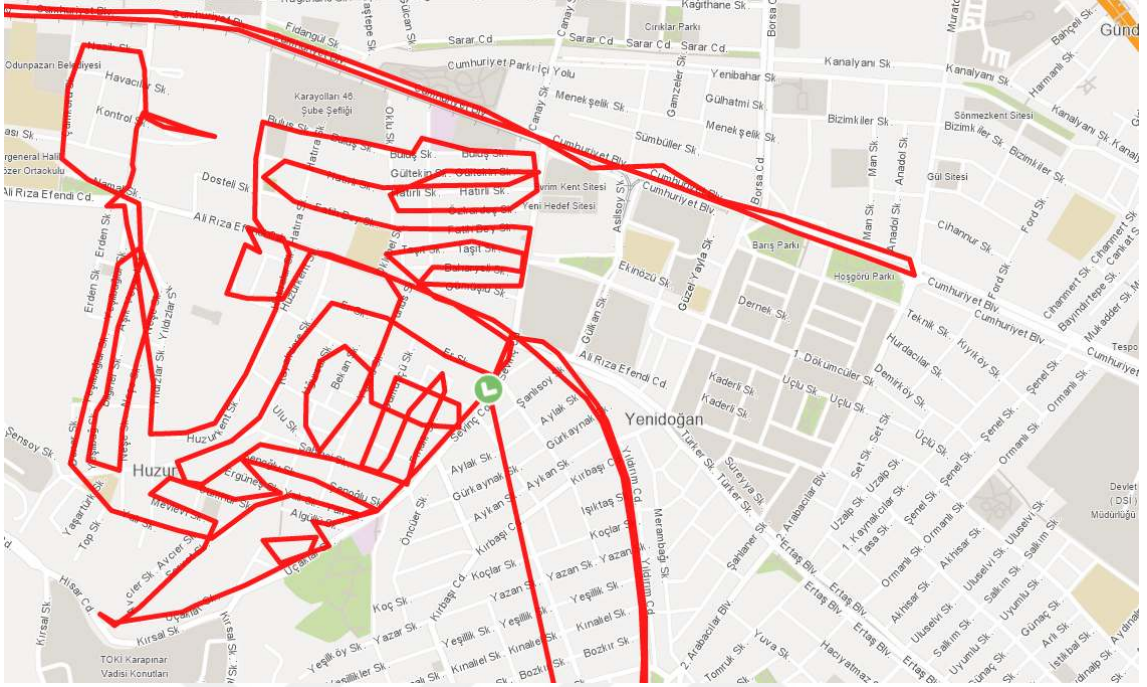
Odunpazarı



Gökmeydan



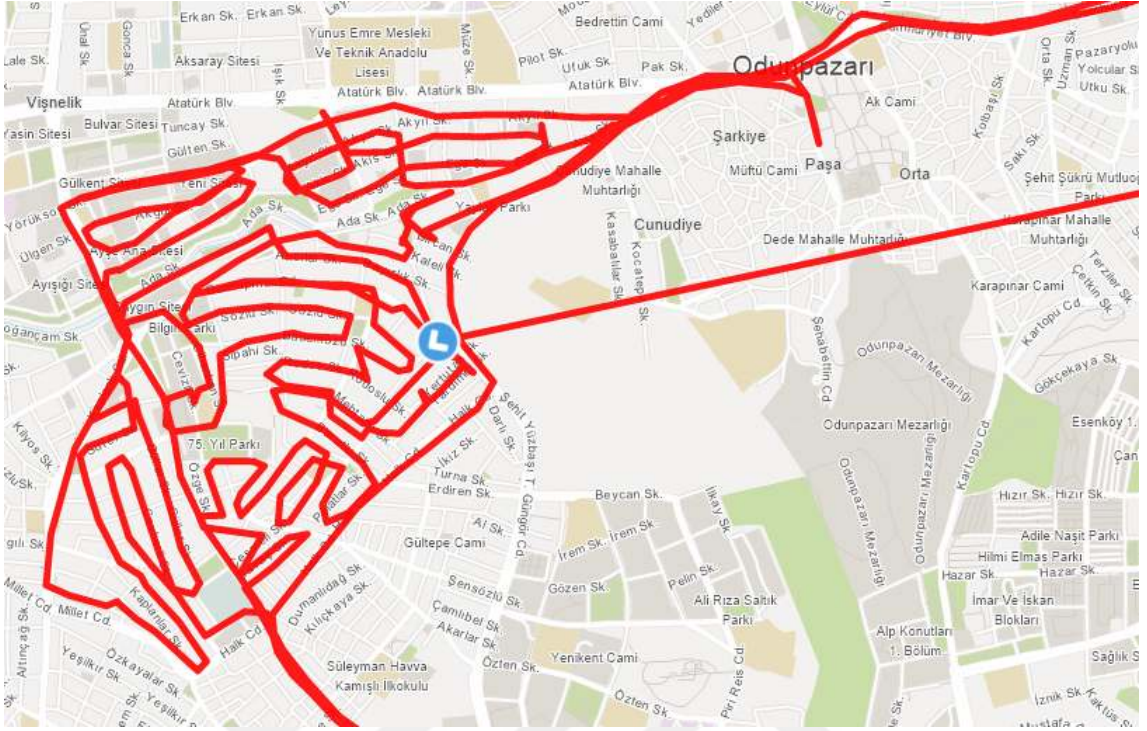
Huzur



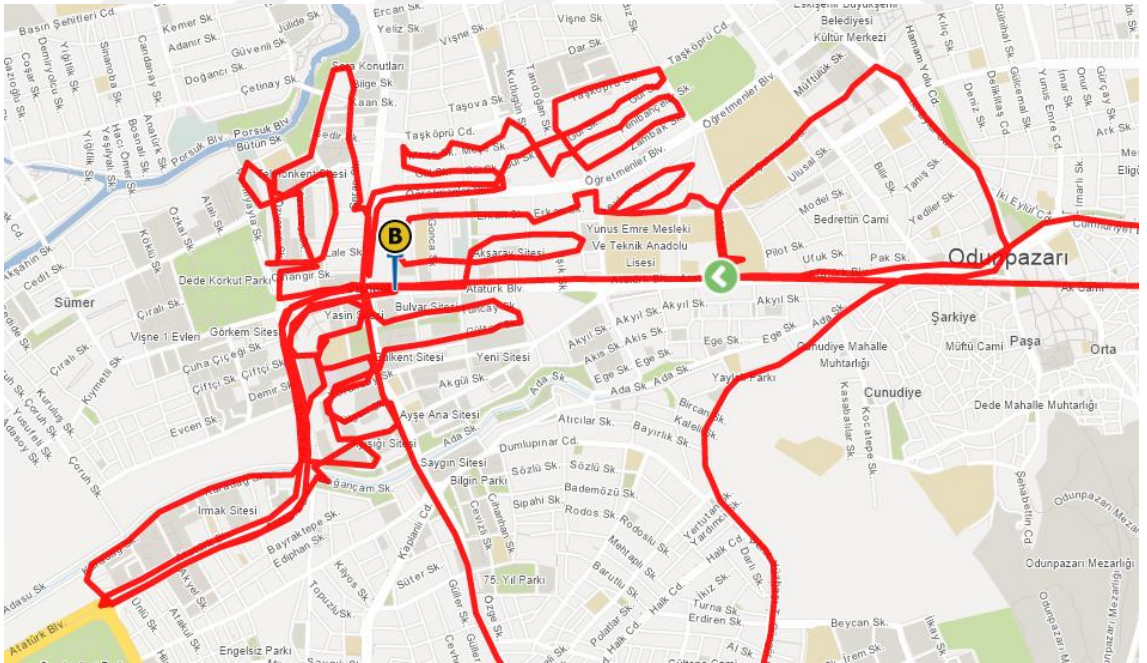
Gültepe



Yıldıztepe



Vişnelik



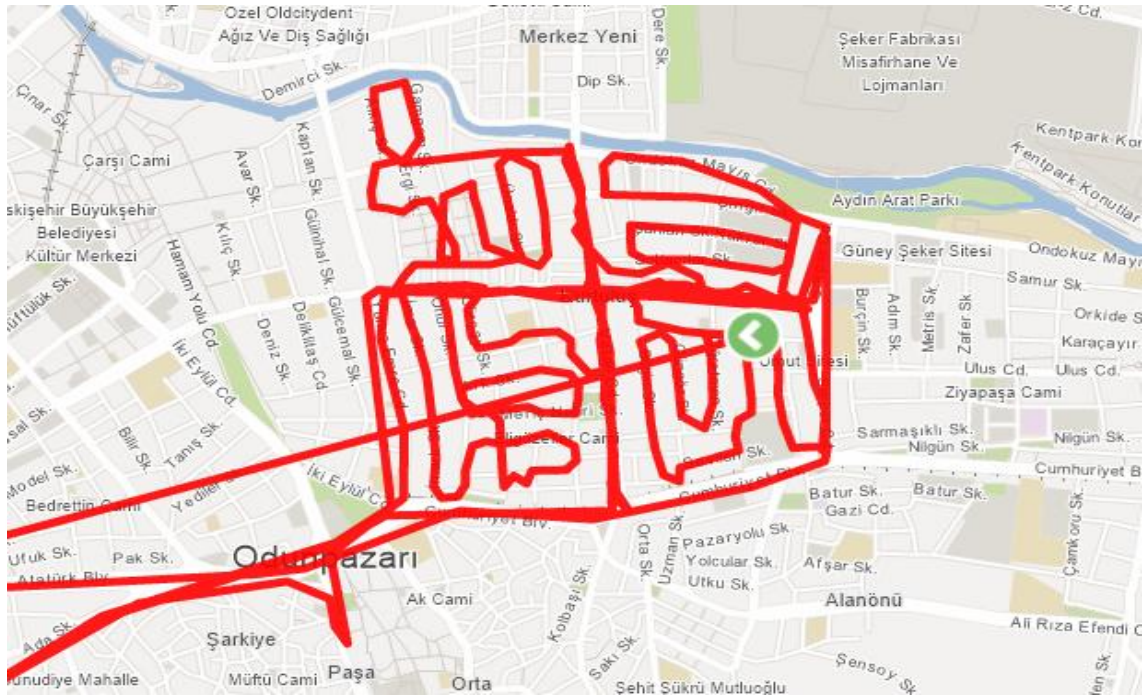
Büyükdere



Sümer



Kurtuluş



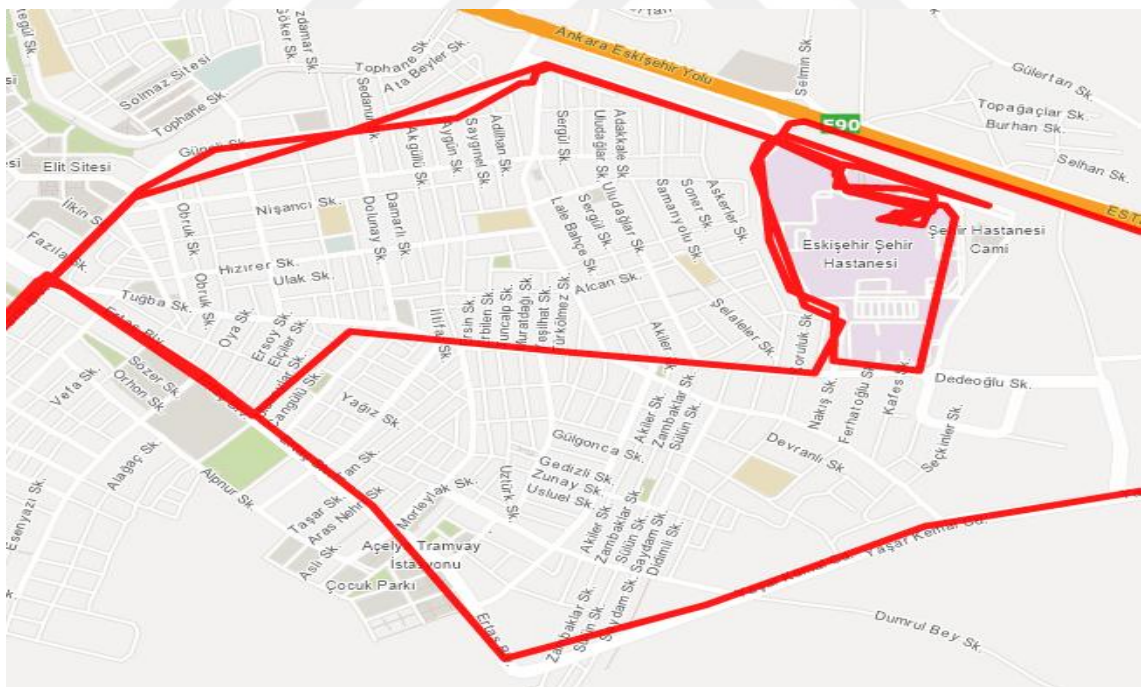
İstiklal



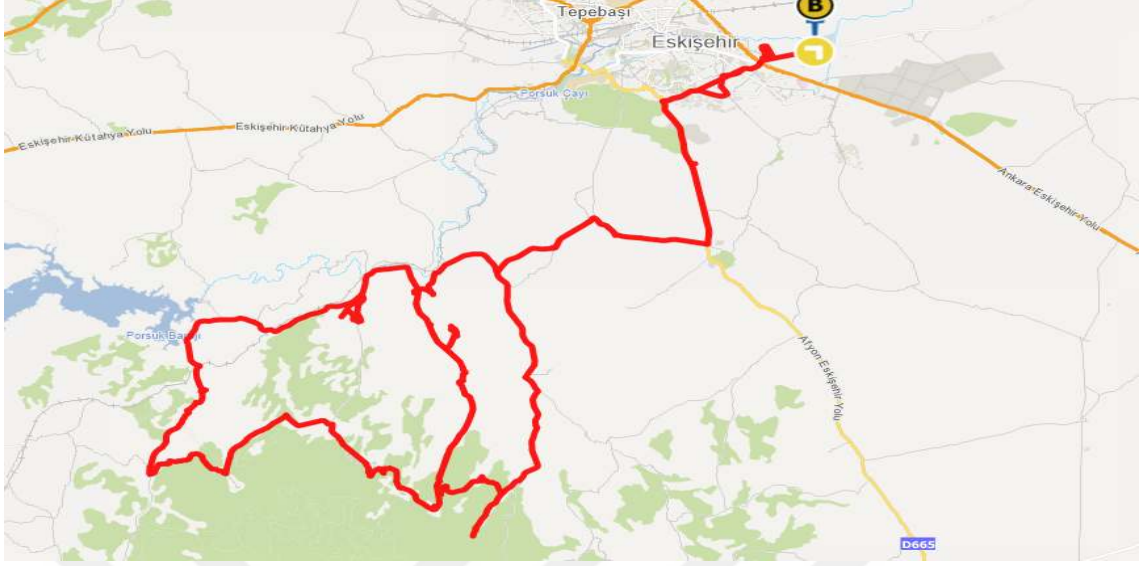
Deliklitaş



Şehir Hastanesi



Köyler



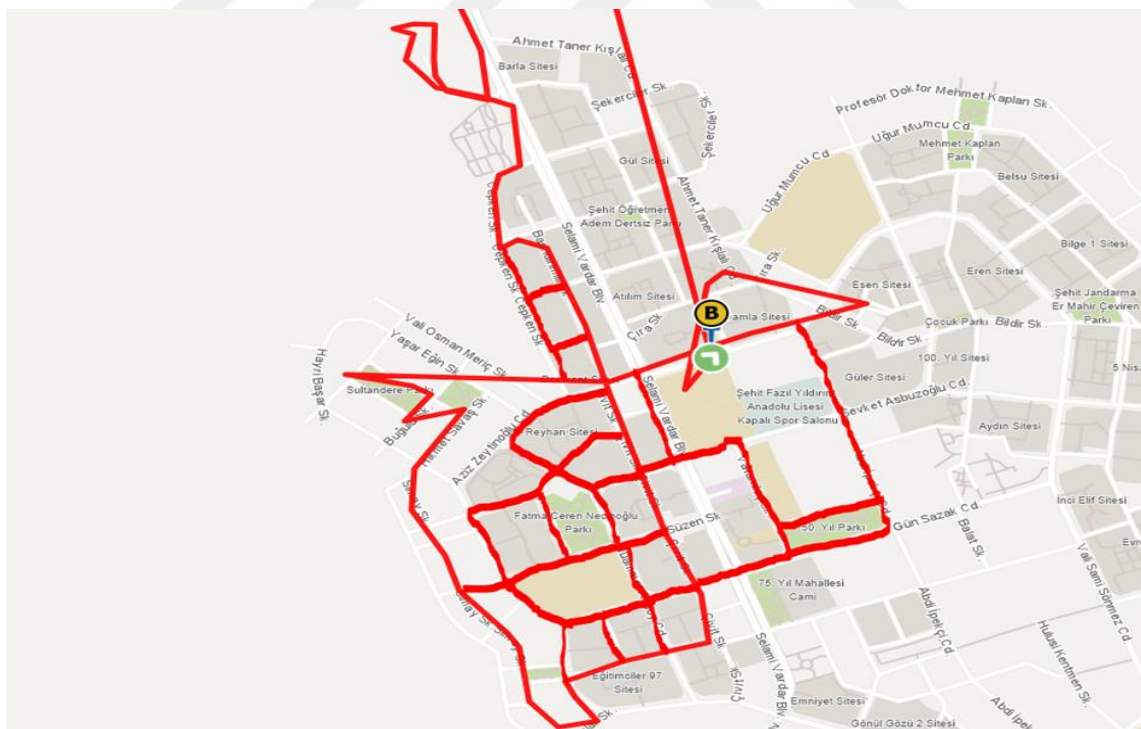
Üniversite Evleri



Organize Sanayi



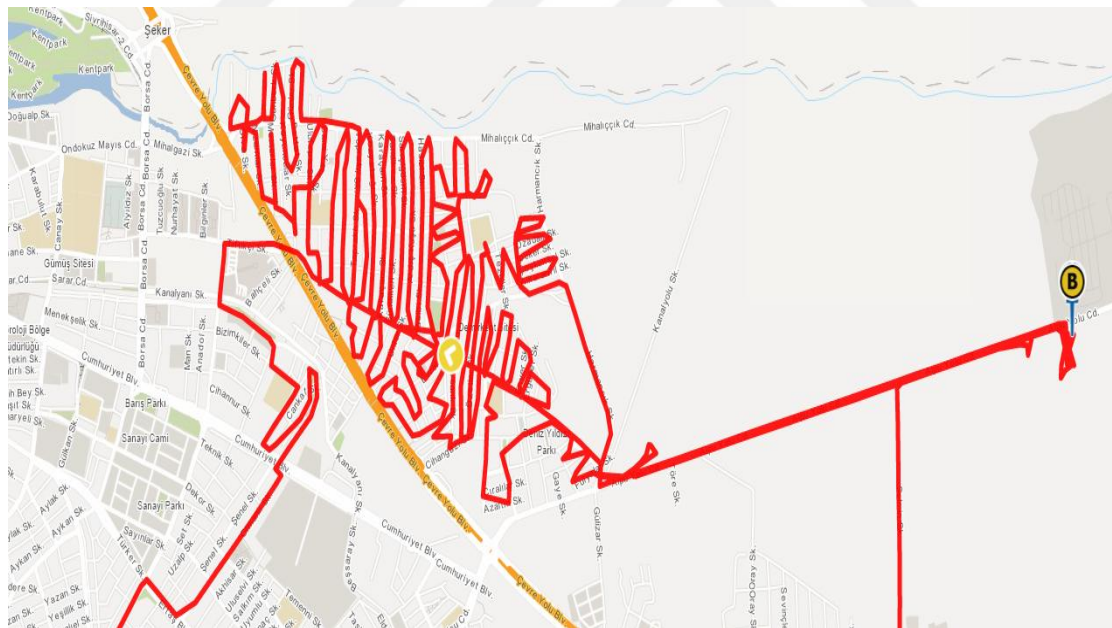
75. Y11



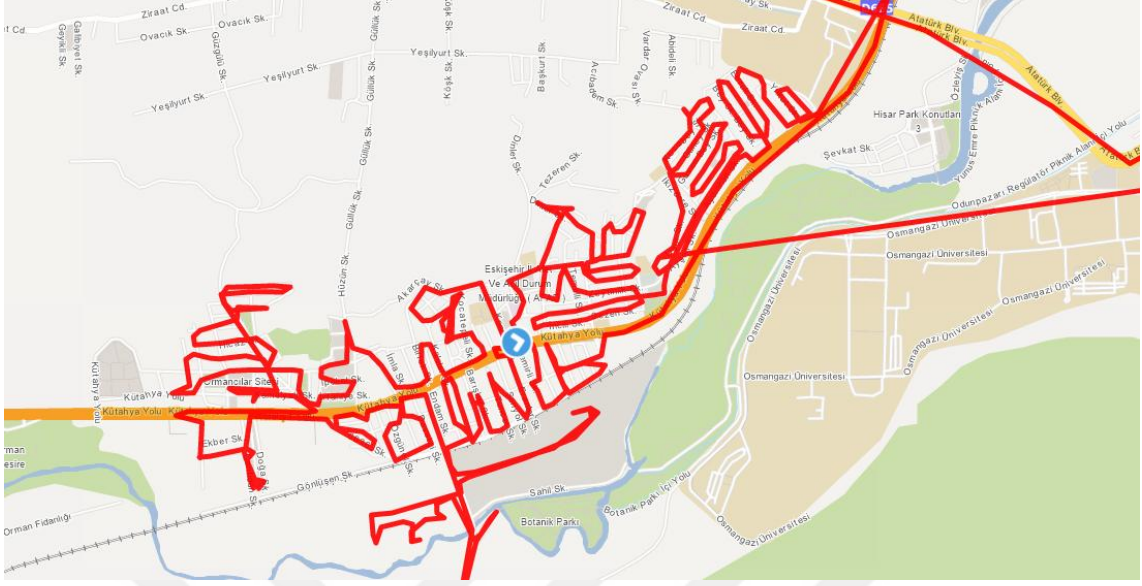
Çankaya



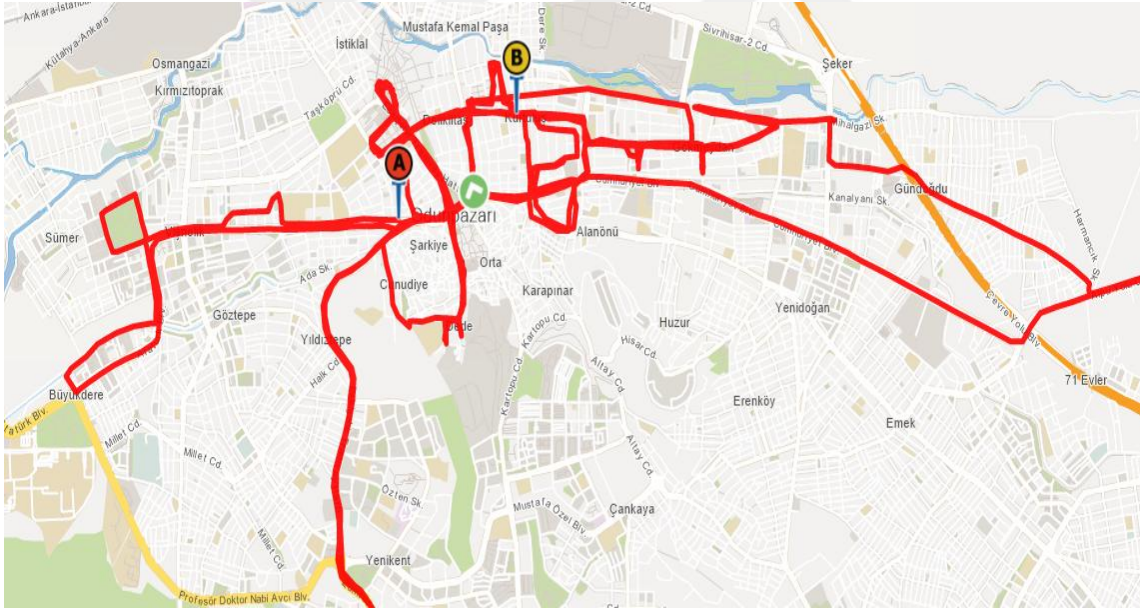
Gündoğdu



Orhangazi



Caddeler



ÖZGEÇMİŞ

Adı: Gizem

Soyadı: Çınar

Doğum Tarihi:

İletişim:

E-mail:

Eğitime Geçmişi:

2011, Yunusemre Anadolu Öğretmen Lisesi, Eskişehir.

2015, Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü.

Mesleki Geçmişi:

2015'den beri , Çevre Mühendisi, Eskişehir Odunpazarı Belediyesi, Temizlik İşleri Müdürlüğü.