



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**AKSARAY ATMOSFERİNDE PARÇACIK BOYUT DAĞILIMLI
PARTİKÜLER ORGANİK MADDE KOMPOZİSYONUNUN VE
KAYNAKLARININ BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Selin YILDIRIM

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Ebru KOÇAK

AKSARAY, 2021

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 182301407 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi Selin YILDIRIM tarafından hazırlanan “(AKSARAY ATMOSFERİNDE PARÇACIK BOYUT DAĞILIMLI PARTİKÜLER ORGANİK MADDE KOMPOZİSYONUNUN VE KAYNAKLARININ BELİRLENMESİ)” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ebru KOÇAK

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Üye: Doç. Dr. Melayib BİLGİN

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi İlker BALCILAR

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Tez Savunma Tarihi: 25/06/2021

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Doç. Dr. Mehmet Ali HINIS

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinalliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Selin YILDIRIM

TEŞEKKÜR

Başladığım ilk günden beri bütün bilgi birikimini ve deneyimini benimle paylaşan, öğreten ve üzerimde çok emeği olan danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Ebru KOÇAK’a bana vermiş olduğu sonsuz desteklerinden dolayı teşekkür ediyorum. Tezimin gerçekleşmesinde “1002-Hızlı Destek Programı” kapsamında 119Y017 numaralı proje ile maddi destek sağlayan TÜBİTAK kurumuna teşekkür ederim. TEMA Vakfı “Turan Demiraslan Burs Programı”nın verdiği maddi destekler için teşekkür ederim. Bu sürece başladığımda yanımda olup desteğini hiç esirgemeyen ancak süreç esnasında kaybettiğim babam Cerullah YILDIRIM’a teşekkür ediyorum.

Selin YILDIRIM
AKSARAY, 2021

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ	1
1.1 Atmosferik Hava Kirleticileri.....	1
1.2 Atmosferdeki Organik Kirleticiler	3
1.2.1 Çok halkalı aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar)	3
1.3 Kaynak Belirleme Çalışmaları	4
1.3.1 Çok halkalı aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar)'a reseptör bazlı yaklaşım	4
1.3.2 Çok halkalı aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar)'a kaynak bazlı yaklaşım	7
1.4 Atmosferik Aerosollerin Kaynakları	7
1.4.1 Evsel ısınma.....	7
1.4.2 Trafik	7
1.4.3 Doğal kaynaklar.....	8
1.4.4 Yemek pişirme.....	8
1.4.5 Biyokütle yakılması	8
2. KAYNAK ÖZETLERİ	10
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	16
3.1 Aksaray İli Hakkında Demografik Bilgi	16
3.2 Numune Alma Prosedürleri ve Filtrelerin Analiz İçin Hazırlanması.....	16
3.2.1 Örnekleme yeri	16
3.2.2 Örneklerin toplanması	18
3.2.3 Hedef bileşikler.....	20
3.3 Örneklerin Analize Hazırlanması ve Analizler	21
3.4 Kalite Güvence ve Kontrol Protokolü	24
3.4.1 Metot tayin limitleri.....	24
3.4.2 Şahit numune örnekleri.....	25
3.4.3 SRM analizleri.....	25
3.5 Kirletici Kaynaklarının Belirlenmesi	26
3.5.1 Diagnostik oran ile kaynak belirlenmesi	26
3.5.2 Koşullu iki değişkenli olasılık fonksiyonu (KİDOF).....	27
3.5.3 Pozitif matris faktörizasyonu	28
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	31
4.1 Meteoroloji	31
4.2 PM Kütle Konsantrasyonları Ve Mevsimsel Dağılımı.....	32
4.3 PM Kompozisyonunda Belirlenen Parametrelerin İstatistiksel Özetleri.....	37
4.4 PM Kompozisyonunda Belirlenen Parametrelere Ait Değerlerin Literatür İle Karşılaştırılması	42
4.5 PAH'ların Parçacık Boyutuna Göre Değişimi	43
4.6 Diagnostik Oranlar İle Kaynak Belirleme.....	50
4.7 Kirletici Kaynakların Belirlenmesi(PMF).....	51
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR	59

KAYNAKLAR	60
EKLER	69
EK A. PAH Konsantrasyonları Katmanları	69
ÖZGEÇMİŞ	78



YÜKSEK LİSANS TEZİ

AKSARAY ATMOSFERİNDE PARÇACIK BOYUT DAĞILIMLI PARTİKÜLER ORGANİK MADDE KOMPOZİSYONUNUN VE KAYNAKLARININ BELİRLENMESİ

Selin YILDIRIM

Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ebru KOÇAK

ÖZET

Bu tez çalışmasının ana amacı yaz ve kış mevsimlerinde Aksaray atmosferinde bulunan partikül madde (PM) kompozisyonunda PAH bileşenlerinin belirlenmesidir. Ana hedef: (1) parçacık boyutuna bağlı olarak PAH kompozisyonun belirlenmesi, (2) Aksaray atmosferindeki PAH düzeylerinin belirlenmesi, (3) Yaz ve kış mevsiminde belirlenen PM ve PAH kompozisyonun karşılaştırılmasıyla yaz ve kış mevsimi arasında benzerlik ve farklılıkların açığa çıkartılması, (4) kaynak belirleme çalışması ile Aksaray hava kalitesini etkileyen ana kaynakların belirlenmesi gibi özel amaçları içermektedir. Yukarıda belirtilen amaçlara ulaşmak için Aksaray’da Ağustos 2019 ve Eylül 2020 tarihleri arasında 13 hafta yaz ve 16 hafta kış periyodlarında haftalık PM örnekleri toplanmıştır. PM örnekleri kaskat örnekleyici ile kuvars filtre üzerinde sekiz farklı parçacık boyutunda toplanmıştır. Σ PAH konsantrasyonu bimodal (çift tepeli) dağılım göstermiş ve ultra ince parçacık boyutunda pik konsantrasyona ulaşmıştır. Mevsimsellik açısından bakıldığında ise kış periyodunda Σ PAH konsantrasyonlarının yaz periyoduna kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. PM kompozisyonunda analiz edilen PAHların bazıları bimodal dağılım gösterirken, bazıları unimodal dağılım göstermiş, bazı parametreler ise ikiden fazla dağılım özelliği sergilemiştir. Üretilen veri setine uygulanan diagnostik oran yöntemi ile kış periyodunda domine eden kaynakların petrojenik olduğu ve yaz periyodunda da pirolojik kaynakların baskın olduğu görülmüştür. Kaynakların belirlenmesine yönelik çalıştırılan PMF modeli ile de 4 faktörlü bir çözüm elde edilmiştir. Şehir atmosferini etkileyen başlıca kirletici kaynakları (1)evaporatif emisyon ve tam yanmamış petrol, (2) evsel ısınma, (3) trafik ve (4) biyo-kütle yanması olarak saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kaskat İmpaktör, Partikül Madde, Parçacık Boyut Dağılımı, Diagnostik Oran, PMF.

Haziran 2021; 78 sayfa

M.Sc. THESIS

DETERMINATION OF PARTICLE SIZE DISTRIBUTION PARTICLE ORGANIC MATTER COMPOSITION AND SOURCES IN AKSARAY ATMOSPHERE

Selin YILDIRIM

**Aksaray University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering**

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Ebru KOÇAK

ABSTRACT

The main purpose of this study is to determine the PAH components in the particulate matter (PM) composition in Aksaray atmosphere in summer and winter seasons. This main objective is: (1) to determine the PAH composition depending on the particle size, (2) to determine the PAH levels in the Aksaray atmosphere, (3) to reveal the similarities and differences between summer and winter seasons by comparing the PM and PAH composition determined in summer and winter, (4) includes specific purposes such as the source apportionment study and the determination of the main sources affecting the Aksaray air quality. In order to achieve the above-mentioned objectives, weekly PM samples were collected in Aksaray between August 2019 and September 2020, in 13-week summer and 16-week winter periods. PM samples were collected in eight different particle sizes on a quartz filter with a cascade impactor. The Σ PAH concentration showed a bimodal (double peaked) distribution and reached the peak concentration at ultrafine particle size. In terms of seasonality, it was determined that Σ PAH concentrations were higher in the winter period compared to the summer period. Some of the PAHs analyzed in PM composition showed bimodal distribution, some showed unimodal distribution, and some parameters showed more than two distributions. With the diagnostic ratio method applied to the data set, it was seen that the sources that dominate in the winter period are petrogenic and that pyrologic sources dominate in the summer period. A 4-factor solution was obtained with the PMF model used to determine the resources. The main pollutant sources affecting the city atmosphere were identified as (1) evaporative emission and incompletely burned oil, (2) domestic heating, (3) traffic and (4) biomass combustion.

Keywords: Cascade Impactor, Particulate Matter, Particle Size Distribution, Diagnostic Ratio, PMF.

June, 2021; 78 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1. Kentsel hava kirleticilerinin kaynakları.	3
Şekil 3. 1. Örnekleme istasyonu görseli.	17
Şekil 3. 2. İstasyon konum görseli.	17
Şekil 3. 3. Aksaray için aylık ortalama yağış ve 2019 yılı aylık ortalama PM ₁₀ konsantrasyonu.	18
Şekil 3. 4. Kaskat impaktör görseli.	19
Şekil 3. 5. Temiz oda ve filtreler 1.	20
Şekil 3. 6. Temiz oda ve filtreler 2.	20
Şekil 3. 7. Örneklerin hazırlanma işlemleri.	22
Şekil 4. 1. Yaz dönemi PM dağılımı.	34
Şekil 4. 2. Kış dönemi PM dağılımı.	35
Şekil 4. 3. Aksaray- COVID-19'un hava kalitesi üzerindeki etkisi.	36
Şekil 4. 4. PM ₁₀ , PM ₄ , PM _{2,5} ve PM ₁ 'de hesaplanan $\sum$ PAH'lara ait mevsimsel dağılım.	41
Şekil 4. 5. $\sum$ PAH konsantrasyonunun parçacık çapına bağlı değişimi.....	44
Şekil 4. 6. NaP, Acy, Ace ve Flu kütle konsantrasyonunun parçacık çapına bağlı değişimi.	46
Şekil 4. 7. Phe, Ant, Flt ve Pyr kütle konsantrasyonunun parçacık çapına bağlı değişimi.	47
Şekil 4. 8. BaA, Chr, BbF ve BkF kütle konsantrasyonunun parçacık çapına bağlı değişimi.	48
Şekil 4. 9. BaP, BghiP, DahA ve Ind kütle konsantrasyonunun parçacık çapına bağlı değişimi.	49
Şekil 4. 10. PM _{2,5} kütlesine 4 Faktörün yüzde katkıları.	53
Şekil 4. 11. PAH bileşenlerinin 4 Faktör'e yüzde katkıları.	54
Şekil 4. 12. Modellenen PM _{2,5} kütlesinin ölçülen PM _{2,5} kütlesi ile korelasyonu.	54
Şekil 4. 13. Faktör 1 için PAH bileşenlerinin açıklanan yüzdeleri, konsantrasyonları, kaynak katılarının aylık ortalamaları ve Faktör 1'in kaynak katkıları ile uygulanan KİDOF grafiği.	55
Şekil 4. 14. Faktör 2 için PAH bileşenlerinin açıklanan yüzdeleri, konsantrasyonları, kaynak katılarının aylık ortalamaları ve Faktör 2'in kaynak katkıları ile uygulanan KİDOF grafiği.	56
Şekil 4. 15. Faktör 3 için PAH bileşenlerinin açıklanan yüzdeleri, konsantrasyonları, kaynak katılarının aylık ortalamaları ve Faktör 3'in kaynak katkıları ile uygulanan KİDOF grafiği.	57
Şekil 4. 16. Faktör 4 için PAH bileşenlerinin açıklanan yüzdeleri, konsantrasyonları, kaynak katılarının aylık ortalamaları ve Faktör 4'in kaynak katkıları ile uygulanan KİDOF grafiği.	58

ÇİZELGELER

Çizelge 3. 1. Analiz edilecek PAH'lar.	21
Çizelge 3. 2. GC-MS cihazı kalibrasyon parametreleri.	23
Çizelge 3. 3. GC-MS operasyon parametreleri.	23
Çizelge 3. 4. PAH bileşenleri için LOD ve LOQ değerleri.	24
Çizelge 3. 5. SRM materyali analizi geri kazanım oranları ve hata payları.	26
Çizelge 3. 6. Bu çalışmada kullanılan PAH diagnostik oranları.	27
Çizelge 4. 1. Aksaray iline ait meteorolojik veriler.	31
Çizelge 4. 2. PM ₁ fraksiyonunda belirlenen PAH konsantrasyonları istatistikleri. ..	37
Çizelge 4. 3. PM _{2,5} fraksiyonunda belirlenen PAH konsantrasyonları istatistikleri. ..	38
Çizelge 4. 4. PM ₄ fraksiyonunda belirlenen PAH konsantrasyonları istatistikleri. ..	39
Çizelge 4. 5. PM ₁₀ fraksiyonunda belirlenen PAH konsantrasyonları istatistikleri. ..	40
Çizelge 4. 6. PM fraksiyonlarında bulunan Σ PAH değerleri ve mevsimsel değişimleri.	41
Çizelge 4. 7. Bu çalışmada PM ₁₀ fraksiyonunda belirlenen toplam PAHların literatürde verilen değerlerle karşılaştırılması.	43
Çizelge 4. 8. Örnekleme, yaz ve kış dönemlerine ait PAH diagnostik oranları.	51

SİMGELER VE KISALTMALAR

Acy	Asenaftalin
Ace	Acenaphthene
Ant	Antrasen
BaA	Benzo(a)antrasen
BaP	Benzo(a)pyrene
BbF	Benzo(b)floranten
BghiP	Benzo(g,h,i)Piren
BkF	Benzo(k)floranten
Chr	Krisen
DahA	Dibenzo(a,h)antrasen
Flu	Floren
Flt	Floranten
GC-MS	Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi
Ind	Indeno(1,2,3-c,d)piren
Nap	Naphthalene
Phe	Fenantren
PM	Particulate Matter/ Partikül Madde
PM2.5	Aerodinamik Çapı 2.5 Mikrometre ve Altındaki Partikül Maddeler
PM10	Aerodinamik Çapı 10 Mikrometre ve Altındaki Partikül Maddeler
ppm	Parts Per Million (milyonda bir)
ppb	Parts Per Billion (milyarda bir)
PMF	Pozitif Matris Faktörizasyonu
PUF	Yüksek Hacimli Poliüretan Köpük
Pyr	Piren
USEPA	Amerika Çevre Koruma Ajansı/United States Environmental Protection Agency
Δ	Fark
Σ	Toplam
$^{\circ}\text{C}$	Santigrat

1. GİRİŞ

Hava kirliliği tüm ülkeleri etkileyen önemli bir çevre problemidir. Sanayi devriminin başlamasıyla birlikte oldukça yüksek miktarlara ulaşan fosil yakıt tüketimi, son yıllarda çok hızlı artan motorlu taşıtların sayısı, endüstrinin ve konutların ihtiyacı olan enerjinin üretilmesi faaliyetleri şehirlerdeki hava kalitesinin olumsuz yönde etkilenmesine neden olmaktadır.

PM, partikül madde anlamına gelir (parçacık kirliliği olarak da bilinir). Toz, kir, kurum, duman ve sıvı damlacıkları gibi havada bulunan katı parçacıkların ve sıvı damlacıkların birleşimi için kullanılan bir terimdir ve moleküller arası kuvvetler tarafından bir arada tutulurlar ve esas olarak moleküler boyutlardan daha büyüktürler (EPA, 2011; Seinfeld, 1998).

Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH'lar), doğal ve endüstriyel kaynaklardan yayılan, çoğu toksik ve kanserojen etkiye sahip bir grup yarı uçucu organik bileşiktir. Çevre Koruma Ajansı (EPA) bunlardan 16'sını öncelikli kirletici olarak listelenmiştir. Antropojenik faaliyetler, otomobil emisyonları ve yakıt yakmaları nedeniyle kentsel ortamlarda baskın PAH kaynaklarıdır. PAH'lar hem ham hem de rafine yağın önemli bir bileşenidir ve aynı zamanda kömür, yağ ve odunun eksik yanması sırasında da üretilirler (Gaga vd., 2004).

Bu çalışma Aksaray Kentinde yapılan ilk atmosferik organik kirleticilerin ve kaynaklarının belirlenmesi çalışmasıdır. Bu tez ile bir temel hazırlanmış olup ilerleyen süreçlerde örnekleme noktası arttırılarak (şehir merkezi, sanayi bölgesi, yarı-kentsel bölge gibi) ve incelenecek partiküler organik madde içeriği zenginleştirilerek (PAH'ın yanında n-alkanlar, yağ asitleri gibi gruplar da eklenerek) kaynak çeşitlendirilmesi yapılması öngörülmektedir. Bu ve benzeri çalışmalar ve sonuçları Aksaray kentinde yapılacak çalışmalara örnek teşkil edecek ve yaygınlaşmasını sağlayacaktır. Bu anlamda da ulusal ve uluslararası literatüre de katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

1.1 Atmosferik Hava Kirleticileri

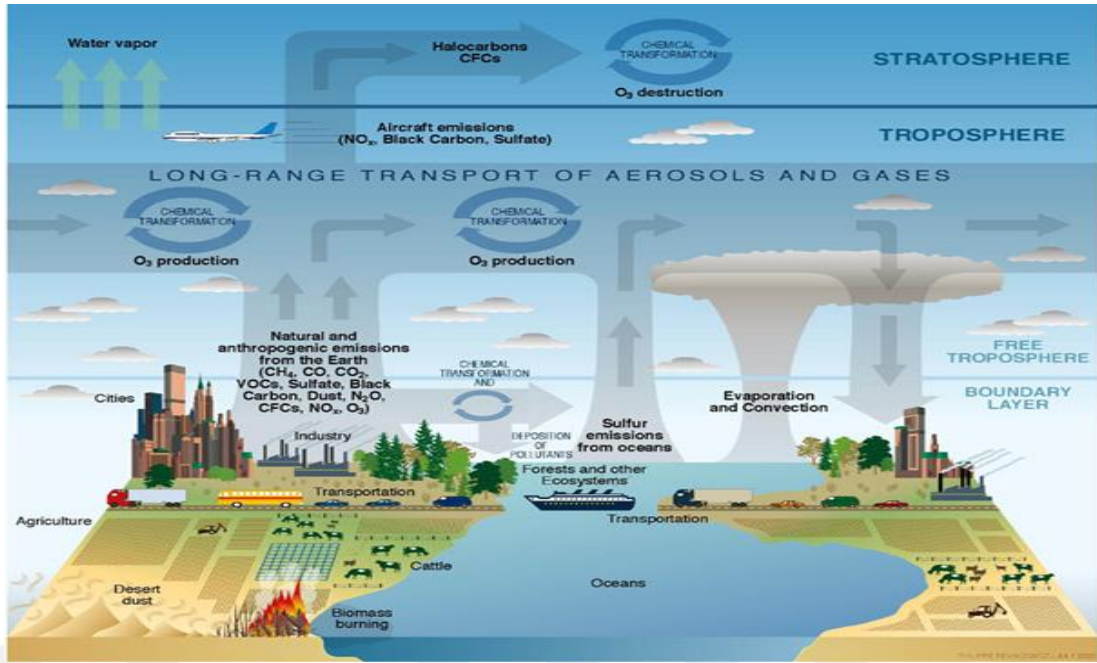
USEPA (Amerika Çevre Koruma Ajansı) hava kirliliğini; “kirletici maddelerin insan sağlığına veya refahına zarar verecek veya başka zararlı çevresel etkiler oluşturacak şekilde havada bulunması” şeklinde tanımlamıştır (USEPA, 2007). Tanımda yer alan

zararlı etkiler; kirletici yayan kaynağın, kirleticilerin taşınımının ve bir alıcı ortamın aynı anda bulunması durumunda meydana gelmektedir. Yayılan kirleticilerin gücü, türü ve aktif durumu, uygulamayı ve etkisini belirleyen önemli faktörlerdir. Kirleticilerin taşınımı meteorolojik koşullara, topografyaya ve günlük klimatolojisine bağlıdır. Tüm bu faktörler, kirleticilerin kullanımı alıcı ortama ulaştığında etkilidir. Alıcılar; insanlar, hayvanlar, malzemeler ve bitkiler.

Atmosferdeki güçlü kirleticilerden olan organik kirleticiler atmosfere karışırlar ve atmosferik uzun mesafeli taşınım ile fiziksel ve kimyasal reaksiyonlara uğrarlar, ardından karasal ve/veya sucul ortamlara kuru veya yağ çökeltme ile dönerek zarar verirler (Köprü, 2012). Yağ ve kuru çökelmelerin sahip olduğu kirleticilerin, çevreye ve insan sağlığına etkileri son 20 yıldır çalışmaların çoğalmasına neden olmuştur (Al-Khashman, 2009).

Atmosferik PM, büyük miktarlarda toksik ve kanserojen organik bileşikler içerebilir. Organik madde yüzdesinin, ölçümün yapıldığı bölgeye bağlı olarak, ince PM modlarının toplam kütesinin %20-50'sini oluşturduğu bilinmektedir (Saxena, 1996; Venkataraman vd., 2002). Kentsel bir atmosferde asılı duran toz; endüstriyel işlemler, trafik, enerji üretimi, evsel ısınma ve doğal kaynaklardan gelen partiküllerin yanı sıra gaz-partikül dönüşümlerinden kaynaklanan ikincil partiküllerden oluşurlar. Özellikle yanma proseslerinden ve gaz-partikül dönüşümünden kaynaklanan partiküller ince partiküllerdir (2,5 μm ve altı) (Finlayson-Pitts, 2000).

Farklı aerodinamik çaplara sahip PM, insan solunum sistemi üzerinde farklı etkilere sahiptir. Tipik olarak, aerodinamik çapı 10 μm 'den küçük olan partiküller, solunum sistemindeki veziküllere taşınabilir (McCormac, 1971). Aerodinamik çapı 5 μm 'den küçük olan partiküller burun ve üst solunum yollarında kalırken, 1-2 μm 'den küçük olan partiküller ise akciğerlerde alveollere kadar taşınmakta olup, orada kalmaktadırlar. Özellikle havada bulunan elementlerin %60-80'i 1-2 μm 'den küçük olan partikül maddelerde mevcuttur (Infante, 1991). Aerodinamik çapı 2,5 μm 'den küçük olan partiküller ise büyük partiküllere göre daha fazla hızlı etkiler göstermektedir (Schwartz vd. , 2000).



Şekil 1. 1. Kentsel hava kirleticilerinin kaynakları (URL-2).

1.2 Atmosferdeki Organik Kirleticiler

1.2.1 Çok halkalı aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar)

Çok halkalı aromatik bileşikler (Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar, PAH), yapılarında iki ya da daha fazla benzen halkası bulunduran ve bunlara bağlı olarak çeşitli elementleri de bulundurabilen farklı fonksiyonel gruplar taşıyan bileşiklerin oluşturduğu bir gruptur. PAH'lar çevreye hem doğal hem de antropojenik kaynaklar ile birlikte yayılırlar. Orman yangınları, volkanik faaliyetler, bakteri ve bitkiler tarafından biyosentez yoluyla atmosfere yayılan PAH'lar başlıca doğal PAH kaynaklarıdır. PAH bileşikleri doğal kaynaklara göre daha fazla insan aktiviteleri nedeniyle oluşmaktadır. Fosil yakıtlar, atık yakma, araç egzozları ve endüstriyel faaliyetlerde eksik yanma sonucu oluşan ara ürünler ise PAH'ların bilinen önemli antropojenik kaynaklarını oluşturmaktadır (Wang, 2006).

Eksik yanma veya yakıt ve havanın yetersiz karışımı yakıtın bir miktarının yanmadan çıkış gazına kaçmasına sebep olur. Bu durumun tersine şayet hava eksik olursa termal dekompozisyon (piroliz) oluşumu olur. Bu dekompozisyon prosesi yakıtın orijinalinde olmayan yeni hidrokarbonların oluşmasına sebebiyet verir. PAH'ların oluşum mekanizması O₂ yetersizliğinin bulunduğu alevin kimyasal indirgenme bölümünde yakıttaki hidrokarbonun pirolizi (500-800 °C arasında) sonucu reaktif serbest

radikallerin üretimine dayanır. Karışımın soğuma reaksiyonu sırasında buhar fazdaki PAH'lar partikül haldeki substratlar üzerine yoğunlaşırlar ve eksik O₂ alevinde termodinamik stabilitelerini yansıtan ürünler oluştururlar (Esen, 2006).

1.3 Kaynak Belirleme Çalışmaları

1.3.1 Çok halkalı aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar)'a reseptör bazlı yaklaşım

Reseptör modelleri, reseptör lokasyonundaki hava kirletici kaynaklarını belirlemek ve ölçmek için kullanılan matematiksel veya istatistiksel prosedürlerdir. Bu modeller, kaynakların alıcı konsantrasyonlarına katkısını tahmin etmek için kirletici emisyonları, meteorolojik veriler veya kimyasal transformasyon mekanizmalarını kullanmamaktadır. Bunun yerine reseptör modelleri, reseptör konsantrasyonlarına kaynakların katkılarını belirlemek ve ölçmek için kaynakta ve reseptörde ölçülen gazların, parçacıkların kimyasal ve fiziksel özelliklerini kullanır.

1.3.1.1 Kimyasal kütle dengesi (CMB) modeli

Kimyasal Kütle Dengesi (CMB) hava kalitesi modeli, hava kaynakları yönetimine uygulanan çeşitli reseptör modellerinden biridir. Reseptör modelleri, reseptör konsantrasyonlarının varlığını tanımlamak ve kaynak katkılarını ölçmek için kaynak ve reseptörde ölçülen gazların ve partiküllerin kimyasal ve fiziksel özelliklerini kullanır. Reseptör modelleri genellikle her bir kaynağın reseptör konsantrasyonlarına katkısını tahmin etmek için kirletici emisyon oranları, meteorolojik taşıma ve kimyasal dönüşüm mekanizmalarının tahminlerini kullanan dispersiyon modelleriyle karşılaştırılır. İki tip model birbirini tamamlar, her tip diğerinin zayıf yönlerini telafi eden güçlü yönleri sahiptir.

CMB modeli, farklı kaynak türlerinin ölçülen kirletici konsantrasyonlarına katkılarını tahmin etmek için çevre kirliliği örneklerinin kimyasal bileşimini kullanır. CMB, havada asılı partikül madde için en yaygın olarak kullanılmaktadır, ancak havadaki gaz türlerine ve topraktaki ve sudaki kimyasalların kaynak dağılımına eşit derecede uygulanabilir.

CMB modeli, bireysel yayıcıların katkılarının yanı sıra kimyasal olarak farklı kaynak türlerinden katkılarını ölçmektedir. Örneğin, model PM₁₀'un $6,7 \pm 2,2 \text{ g m}^{-3}$ 'ünün artık

yağ yakmasından kaynaklandığını hesaplayabilir. Benzer kimyasal bileşimlere sahip kaynaklar model tarafından ayrılamaz. Yazılım, ortam türlerinde ve kaynak profillerinde, kaynak türlerinin birbirinden ne kadar iyi çözülebileceğini söyleyen testler gerçekleştirir.

CMB, kaynak ve ortam verileri mevcut olduğunda dört taneye kadar farklı parçacık boyutu fraksiyonuna ait ölçümlere uygulanabilir. PM_{10} 'u modellerken, ince ($PM_{2,5}$, 0 ila 2,5 μm aerodinamik ϕ) ve kaba (2,5 ila 10 μm aerodinamik ϕ) boyut fraksiyonları genellikle ayrı olarak modellenir. Bu özellik, bir kaynak tipinin diğerinden ayrılmasında parçacık boyutunun ve kimyasal farklılıkların kullanılmasına izin verir (Watson vd. , 1990).

1.3.1.2 Unmix

UNMIX modeli, kaynak profillerini ve olumsuzluklarını fiziksel olarak anlamlı bir niteliği olan katkıların oluşturmak için geometrik olarak sınırlı bir İlke Bileşen Analizi sürümüdür (Hopke, 2009; Jorquera ve Rappenglück, 2004). Model girdi olarak örnek bileşik konsantrasyonlarına ihtiyaç duyar. Faktör ve katkı matrislerindeki bileşikleri belirler. Sabit kaynaklar ise modele bağlı olarak meteorolojik verileri ile yığın konfigürasyonunu içerir. Kaynak ölçümleri gerektirmez. Ticari bir yazılımdır ve yüksek çözünürlüklü çözünürlük ölçümleri için uygundur. Ancak, bazı zayıflıkları vardır; sadece sabit kaynakları ele alır, ölçümdeki belirsizliği hesaba katmaz ve meteorolojik veriler her zaman mevcut veya doğru olmayabilir (Henry, 2003).

1.3.1.3 Pozitif matris faktörizasyonu (PMF)

PMF, Paatero vd. tarafından 1990'ların ortasında geliştirilmiştir (Anttila , 1995; Paatero vd., 1994) ve hava kalitesi araştırmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Kim, 2003; Pandolfi, 2008; Song, 2006). PMF uygulamasının temel amacı, veri değişkenliğini temsil eden faktör sayısını tanımlamak ve ölçülen değişkenler arasındaki korelasyonu incelemektir. Ayrıca belirli kirlilik kaynakları yapısının izleyicilerini de tanımlayabilir ve böylece yorumlanabilir. PMF, negatif olmayan kısıtlamaları optimizasyon sürecine entegre ederek ve her veri için hata tahminlerini kullanarak en küçük kareli yaklaşımı kullanır. PMF'nin diğer modellere göre avantajları şunlardır:

- kaynakların önceden bilinmesini gerektirmez,
- eksik veriler için değer atama ve tespit sınırının altında veriler verir.

Bu nedenle PMF tarafından belirlenen kütle profili faktörleri, kaynak yapının tanımlanmasında diğer reseptör modellerinden türetilenlerden daha iyidir (Paatero, 2002). Ayrıca PMF'nin matematiksel algoritması, temel bileşen analizinden kaynaklanabilecek negatif faktör yükleri ve skorlarının gelişimini önler (Reff, 2007). Tüm kimyasal türlere p bağımsız kaynakları kullanılarak bir kütle denge denklemi denklem (1.1) olarak yazılabilir.

$$X_{ij} = \sum_{k=1}^p g_{ik}f_{kj} + e_{ij} \quad (1.1)$$

Denklem (1.1)'deki, x_{ij} , i. numunede ölçülen j_{th} türünden konsantrasyonudur. g_{ik} , i. örneğe katkıda bulunan k_{th} kaynağından gelen kütle konsantrasyonudur. f_{kj} , k_{th} kaynağından gelen j_{th} türünün kütle fraksiyonudur. e_{ij} , ölçülen j_{th} tür konsantrasyonu ile ilişkili kalıntısıdır. p ise bağımsız kaynakların toplam sayısıdır (Hopke, 1985; Paatero, 1997).

PMF, bir örnek veri matrisini iki matrise ayıran çok değişkenli bir faktör analizi aracı olarak tanımlanabilir. Birincisi faktör katkısı (G), ikincisi faktör profili (F). Programı çalıştırdıktan sonra, ölçülen kaynak profili bilgileri ve emisyon veya deşarj envanterlerini kullanarak numuneye katkıda bulunan kaynak tiplerini belirlemek için bu faktör profilleri kullanıcı tarafından yorumlanmalıdır. Faktör katkıları ve profilleri, hedef fonksiyon olan Q değerini minimize ederek denklem elde edilir (Koçak, 2017).

$$Q = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left(\frac{e_{ij}^2}{s_{ij}} \right) \quad (1.2)$$

Denklem'deki Q, her denemeden sonra kontrol edilmesi gereken bir parametredir. PMF, Q'nun iki versiyonunu verir;

Tüm verileri içeren uyum iyiliği parametresi olan True-Q;

Robust-Q, belirsizliği ölçeklendirilmiş artık 4'ten büyük olan noktalar hariç belirlenen belirlenen uyum iyiliği parametresidir (Koçak, 2017).

1.3.2 Çok halkalı aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar)'a kaynak bazlı yaklaşım

Her gün yollarda dolaşan motorlu taşıtlar salınımı kaynaklı başta CO (karbonmonoksit), NO_x (azotoksitler) ve PAHlar olmak üzere birçok kirletici soluduğumuz havaya karışmaktadır. Kirleticiler, volkan patlamaları, şimşekler gibi doğal aktiviteler sonucu oluşabildiği gibi trafik, endüstri gibi insan aktiviteleri kaynakları tarafından da oluşabilmektedir. Bu düşünce ile kirletici kaynaklarını doğal kaynaklar ve antropojenik kaynaklar olarak ikiye ayırmak mümkündür. En mühim doğal kaynaklar arasında volkan patlamaları, orman ve çalı yangınları, yıldırımlar, okyanuslar, toz fırtınaları, ağaçlar, bitkiler sayılabilir. Endüstriyel aktiviteler, motorlu taşıtlar, fosil yakıtlarla kullanılan evsel ısınma ise antropojenik kaynaklara örnek olarak gösterilebilir (Baumbach, 1996; Finlayson-Pitts ve Pitts Jr., 1986; Müezzinoğlu, 2000).

1.4 Atmosferik Aerosollerin Kaynakları

İnsanların yaşam döngüleri içerisinde meydana getirdikleri faaliyetler sonucunda, işlenen girdiler, ürünler ve atıklar şeklinde çıktılara dönüşürler. Bu faaliyetlerin başlıcası yukarıda da belirtildiği gibi yanma reaksiyonlarıdır. Bu reaksiyonlarla ortaya çıkan kirleticilerin başlıca kaynakları aşağıda açıklanmıştır.

1.4.1 Evsel ısınma

Evsel ısınma amacıyla yakılan fosil yakıt emisyonları, kullanılan yakıtların düşük kalorili olması, yüksek oranda kükürt ve kül içermesi, ısıtma sistemlerinde yanmanın tam olmaması gibi faktörler ile meteorolojik etmenlerin bir araya gelmesi, daha çok kış aylarında şehirlerde yüksek düzeyde hava kirliliğine sebep olmaktadır. Kış sezonu ile kullanımı artan, ısınma için kullanılan fosil yakıtların yanması hava kirliliğinin %80'ini yaratmaktadır (Gümrükçüoğlu, 2011).

1.4.2 Trafik

Son zamanlarda yapılan araştırma çalışmalarında bazı kirletici çeşitleri için ulaşım sektörünün hava kalitesine olumsuz etkisi olduğu görülmektedir. Özellikle otoyollarda hareket halinde olan motorlu karayolu taşıtlarının egzozlarından kent atmosferine verilen kirleticilerin alanın hakim meteorolojik ve topoğrafik koşulları ile zaman

zaman insan sağlığını tehdit edici boyutlara geldiği bilinmektedir. Ayrıca karayollarındaki ulaşımdan kaynaklanan hava kirliliği gibi deniz kıyısında bulunan kentlerde denizyolu ulaşımından ve taşımacılığından kaynaklanan hava kirliliğinin de önemli boyutlarda olabileceği yine son yıllarda yapılan bilimsel çalışmalar ile ortaya konmuştur (İlek, 2012).

1.4.3 Doğal kaynaklar

Orman yangınları, bitki örtüsünün bozulması, toz fırtınaları ve volkanik patlamalar da havanın kirlenmesine neden olmaktadır. “Doğal kaynak” olarak tanımlanan bu kaynaklardan havaya verilen kirleticilerin miktarı, bazı türler için insan kaynaklı kirleticilerden fazladır. Doğal kaynaklı kirleticilerin atmosferdeki dağılımı ve kirleticilerin taşınması, bu kirleticilerin atmosferde çok daha düşük konsantrasyonlarda bulunması ile sonuçlanır. Yağış, oksidasyon, toprakta ve denizlerde absorpsiyon ile doğa kendi kendini temizleme yeteneğine sahiptir (Bayram, 2017).

1.4.4 Yemek pişirme

Gıda ürünlerindeki PAH bileşikleri gıda ürünlerinin pişirilmesi sırasında (ızgara, tütüsleme, kızartma vb. şekillerde) oluşabilmekte veya lifofilik özelliklerinden dolayı yağ dokuda birikerek besin zinciri yoluyla oluşmaktadır. Bu neden süt gibi ateşle temas etmemiş gıdalarda da görülebilmektedirler (Bruno Veyrand, 2007; Tfouni vd. , 2007; Aguinaga vd., 2007).

1.4.5 Biyokütle yakılması

Atmosferdeki CO₂ miktarının artmasının yarattığı iklim değişikliği sorunları, yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgiyi artırmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji sistemindeki oranı günümüzde yaklaşık %5,5 civarında seyretmektedir. Biyokütlenin oranı ise sadece kavramı yağlı tohumlu bitkilerden, büyük endüstri tesisleri atıklarına kadar oldukça geniş bir yelpazede yer edinen maddeleri tanımlamaktadır. Biyokütle kaynaklarıyla elektrik, sıcaklık ve biyoyakıt üretilmektedir (Pala, 2018). Kullanılan dönüştürme yöntemi göz önüne alındığında biyokütle tanımına giren maddeler, özellikle termokimyasal doğrudan yanma, sağlık ve evre üzerinde son derece olumsuz etkilere sahiptir. Odun ve orman atıklarının

yakılması bu mevzuda ön plana çıkmaktadır. Odun yakma, bilhassa noksan yanma durumunda, partikül madde (PM₁, PM_{2,5}, PM₁₀) ve ağır metaller, polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH), metan dışı uçucu naturel bileşikler, kalıcı naturel bileşikler ve karbon monoksit dahil olmak üzere insan sağlığına ve çevreye zararı olan hava kirleticilerinin önemli bir kaynağı olabilir.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Literatürde partiküle bağlı PAH'lar hakkında birçok çalışma bulunmaktadır. Bazıları bu bölümde özetlenmiştir.

Atmosferik partikül madde (PM), doğal ve antropojenik kaynaklardan atmosfere salınan, farklı parçacık boyutlarına ve kimyasal karakterlere sahip olan zerreciklerdir (Finlayson-Pitts ve Pitts Jr., 1999). PM bileşimi, kaynağına, meteorolojik koşullarına ve zamanına bağlı olarak değişiklik gösteren çeşitli organik ve inorganik bileşenlerin oluşturduğu kompleks bir karışımdır (Dreher, 1997; Dybing, 2004).

Türkiye’de hava kalitesi üzerine yapılan çalışmalar 1960’lı yıllarda Ankara’da başlamış ve zaman içerisinde ülkemizde bulunan başka şehirlere yayılmıştır. Uluslararası literatüre bakıldığında ise yapılan çalışma sayısının 1990’lı yıllara kadar hemen hemen yok denecek kadar az olduğunu görmekteyiz. Bu yıllardan sonra gerçekleştirilen çalışmaların hem nitelik hem de nicelik bakımından geliştirilmesi ile uluslararası literatürde yer edinilmeye başlanmıştır.

Taşdemir vd., (2008)’nin Marmara Bölgesi, Bursa ili Butal ilçesinde Ağustos 2004-Mayıs 2005 tarihleri arasında yapılan çalışması incelenmiştir. Bu çalışmada yüksek hacimli hava örnekleyicisi (HVAS) kullanılarak numuneler toplanmış ve Nap, Ace, Chr, BbF, Act, Fl, Phe, Ant, Fl, Py, BaA, BkF, BAP, Ind, DahA, BghiP parametreleri çalışılmıştır. Toplam (gaz + partikül) PAH konsantrasyonları 6 ile 798 ng m⁻³ arasında değişmiştir ve ortalama değeri de 205 ±236 ng m⁻³ olarak belirlenmiştir. Diagnostik oranlar ile de kömür ve odun yakma ile trafik emisyonlarının baskın PAH kaynakları olduğu belirlenmiştir.

Bursa (bir banliyö bölgesi) ilinde Vardar vd., (2008)’nin Temmuz 2004-Mayıs 2005 tarihleri arasında PAH'ların mevsimsel konsantrasyonları ve bölünmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada Anderson yüksek hacimli örnekleyici modeli PS-1 kullanılıp, ardından bileşiklerin gaz fazını tutmak için bir emici tuzak kullanılmıştır. Çalışmada toplam 14 adet PAH (Ace, Fl, Phe, Ant, Fl, Py, BaA, CHR, BbF, BkF, BaP, Ind, DahA, BghiP) parametresi incelenmiştir. Çalışma sonucunda kış mevsimi örneklerinde ortalama P15-PAHs konsantrasyonu yaz mevsimi örneklerden yaklaşık 10 kat daha yüksekti çıkmıştır. Ayrıca, yaz mevsimi numuneler için PAH'ların bölünmesinin, hava alan yörüngelerine bağlı olarak farklı özellikler gösterdiği

gözlenmiştir. Karadeniz'de dolaşan ve kuzey kesiminden örnekleme alanına gelen hava alanları için genellikle değişken sonuçlar elde edilmiştir.

Türkiye’de atmosferik PAH’ların belirlenmesi için Mayıs 2007 ile Nisan 2008 arasında Türkiye, Zonguldak atmosferinde gaz-parçacık dağılım katsayıları belirlenmiştir (Akyüz ve Çubuk, 2010). Toplam PAH konsantrasyonları partikül fazında $0,52 \text{ ng m}^{-3}$ ve 636 ng m^{-3} arasında değişirken, gaz fazında $5,60 \text{ ng m}^{-3}$ ile 725 ng m^{-3} arasında bulunmuştur. Partikül ve gaz fazındaki yıllık ortalama PAH konsantrasyonları sırasıyla 114 ng m^{-3} ve 184 ng m^{-3} olarak kaydedilmiştir. Kış periyodu boyunca daha yüksek seviyelerde partikül ve gaz fazı PAH konsantrasyonları ile önemli mevsimsel özellikler bulunmuştur.

Türkiye’nin Karadeniz Bölgesinde yer alan Zonguldak ilinde ise Ocak-Aralık 2007 tarihlerinde bir aylık süren bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada Zonguldak atmosferinde gaz-parçacık dağılım katsayıları belirlenmiştir (Akyüz ve Çubuk, 2010). Çalışmada 16 adet PAH (Nap, Acy, Ace, Flu, Phe, Ant, Flt, Pyr, Chr, BaA, BbF, BkF, BaP, Ind, DahA, BghiP) parametresine bakılmıştır. Toplam PAH konsantrasyonları partikül fazında $0,52 \text{ ng m}^{-3}$ ve 636 ng m^{-3} arasında değişirken, gaz fazında $5,60 \text{ ng m}^{-3}$ ile 725 ng m^{-3} arasında bulunmuştur. PAH’ların en yüksek çıktığı aylar özellikle kış ayları olmuştur. Kış aylarında birim kütle başına yanmadan kaynaklanan ince partiküllerin yüksek çıktığı gözlenmiştir. Toplam PAH’ların yaklaşık %93,3 ve 84,0’ı $\text{PM}_{2,5}$ olarak belirlenmiş olup, pulmoner alveollere nüfuz ettiği ve sırasıyla kış ve yaz aylarında insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere neden olduğu tespit edilmiştir. $\text{PM}_{2,5}$ için elde edilen nispeten daha yüksek ΣBaPE konsantrasyonları, Zonguldak’taki yerel nüfusun kış aylarında yaz aylarına kıyasla kanser riskine maruz kaldığını ortaya koymuştur.

Türkiye Marmara Bölgesinde yapılan bir diğer çalışma da Esen vd., (2007)’nin Bursa ili Gülbahçe ilçesinde PAH’ların atmosferik konsantrasyonları ile olası kaynakları ve gaz-parçacık bölümlemesidir. Bu çalışmada yüksek hacimli örnekleyci ile numuneler toplanmıştır. Toplam 14 adet PAH (Ace, Flt, Phe, Ant, Fl, Py, BaA, Chr, BbF, BkF, BaP, IcdP, DahA, BghiP) parametresi incelenmiştir. Ölçülen PAH konsantrasyonları yaz ve kış mevsimi olarak iki gruba ayrılmıştır. Kış mevsiminde toplam PAH konsantrasyonları yaz mevsimine göre neredeyse on kat daha yüksek çıkmıştır. Teşhis

oranları ve faktör analizi sonuçları, kış mevsiminde trafiğin konut ısıtma emisyonları ile birlikte PAH konsantrasyonlarına büyük ölçüde etki ettiğini göstermektedir.

İç Anadolu Bölgesi, Konya ilinde Özcan ve Aydın, (2009) kentsel havada bulunan polisiklik aromatik hidrokarbonlar, poliklorlu bifeniller ve organoklorlu pestisitler hakkında bir çalışma yapmıştır. Çalışmada kentsel hava örneklerini toplamak için Model GPS-11'in (Thermo Andersen Inc.) değiştirilmiş yüksek hacimli hava örnekleyicisi kullanılmıştır. Çalışmada 15 adet PAH (Nap, Acy, Ace, Flu, Phe, Flt, Pyr, Chr, BaA, BbF, BkF, BaP, Ind, DahA, BghiP) parametresine bakılmıştır. Bu çalışmada hem gaz hem de partikül fazındaki kirletici konsantrasyonları ayrı ayrı analiz edilmiştir. PAH, PCB ve OCP'lerin ortalama toplam (gaz+partikül) konsantrasyonları sırasıyla 206 ng m^{-3} , $0,106 \text{ ng m}^{-3}$, $4,78 \text{ ng m}^{-3}$ olarak belirlenmiştir. İncelenen hedef bileşiklerin tümü, OCP'ler hariç, gaz fazında baskın olarak bulunmuştur. Kış mevsiminde PAH'ların hava konsantrasyonları daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuçlar, Konya'da tarımsal faaliyetler ve bahçeler sırasında yasadışı olarak kullanıldıklarını veya çevrede geçmiş kullanım kalıntıları olduklarını göstermiştir

Yine Türkiye'de Marmara Bölgesi, İstanbul ilinde üç ayrı istasyonda GPS1 PUF örnekleyici ile toplanan numunelerin PAH toksisite değerlendirmesi ve kaynak dağılımı çalışması yapılmıştır (Hanedar vd., 2014). Çalışmada 16 adet PAH (Nap, Acy, Ace, Flu, Phe, Ant, Flt, Pyr, Chr, BaA, BbF, BkF, BaP, Ind, DahA, BghiP) parametresine ve TSP (toplam askıda parçacıklar)'ye bakılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda istasyonlar arasında Urb1'de maksimum PAH değerleri gözlenmiştir. Urb2'de de maksimum TSP değerleri gözlenmiştir. Rur istasyonun ise, bakılan tüm parametreler için minimum konsantrasyonlara sahip olduğu gözlenmiştir. Ölçülen PAH türlerinin kanserojenlik etkisi ile ilgili olarak, BaP'nin tüm istasyonların yaklaşık olarak yarısında bulunduğu tespit edilmiştir. BaP'nin kanserojenlik etkisi, numune toplanan tüm istasyonlar için en yüksek konsantrasyonun soğuk dönemlerde çıktığı gözlemlenmiştir. BaP ve DBA'nın yüksek çıkmasında trafik emisyonlarında etkisi olduğu bulunmuştur.

Ertürk Arı vd., (2017)'de Kütahya'da yaptıkları çalışmalarda kaskat impaktör kullanılarak askıda olan partiküllerin farklı boyuttaki konsantrasyonları belirlenmiştir. Belirlenen sonuçlara göre kış aylarında ki konsantrasyon miktarı yaz aylarına göre

yüksek çıkmıştır. Mevsimsel değişiklikler incelendiğinde, hem PAH'lar hem de OH-PAH'lar daha soğuk aylar için daha yüksek ve daha sıcak aylar için daha düşüktür (Callén vd., 2014 ; Wang vd., 2006). Günlük ve mevsimsel değişiklikler elde etmek için PAH konsantrasyonları GC-MS ile analiz edilmiştir.

Türkiye’de yapılan çalışmalardan birisi de Gaga vd., (2018)’nin 16-28 Ağustos 2011 arasında yaptığı çalışmadır. Bu çalışma Bilecik-Osmangazi Tüneli’nde yapılmıştır. Çalışmada iki çeşit örnekleme yöntemi kullanılmıştır: Aktif ve pasif örneklemedir. 13 PAH parametresine (Flu, Phe, Ant, Flt, Pyr, BaA, Chr, BghiP, DahA, Ind, BbF, BkF, BaP) bakılmıştır. Oranlar, Osmangazi Tünelindeki PAH'ların baskın kaynağının dizel araç emisyonları olduğunu göstermektedir.

Atmosferik PAH kompozisyonu belirlemek amacıyla Mart 2012-Kasım 2012 arasında Gaga ve Arı, (2019), kentsel ve yarı kentsel iki bölgede yapılan bir çalışmada Eskişehir’de $\Sigma 13$ PAH konsantrasyonları hesaplanmıştır. Kentsel bölge gaz ve partikül Σ PAH seviyeleri sırasıyla $160,4 \text{ ng m}^{-3}$ ve $72,4 \text{ ng m}^{-3}$; yarı-kentsel bölgede ise $74,8 \text{ ng m}^{-3}$ ve $64,8 \text{ ng m}^{-3}$ olarak kaydedilmiştir. Flu, Phe, Flt ve Pyr, her üç örnekleme lokasyonu için gaz fazı numunelerinde en baskın PAH bileşikler iken, BaA, Chr, BbF, BkF ve BaP partikül fazında daha yüksek bulunmuştur.

Karakaş vd., (2019)’nın Karadeniz Bölgesi’nin batısında bulunan Bolu ilinde (kış) 24 Şubat-02 Mart 2014 / (yaz) 02 Haziran-04 Haziran 2014 tarihleri arasında yapılan bir çalışması bulunmaktadır. Bu çalışmada düşük hacimli PUF örnekleyci (Thermo Andersen Instruments, ABD) 225 L dak^{-1} sabit bir akış hızında çalıştırılarak örnekler toplanmıştır. Çalışmada PAH’lar, TSP (Toplam Askıda Patikül)’ler ve elementel ve organik karbonlar incelenmiştir. Bu çalışmada yaz ve kış mevsimlerinde toplam gaz fazı PAH konsantrasyonları sırasıyla $18,65 \pm 1,42 \text{ } \mu\text{g m}^{-3}$ ve $11,11 \pm 1,010 \text{ } \mu\text{g m}^{-3}$ olarak belirlenmiştir. Ayrıca, yaz ve kış mevsimlerinde toplam partikül faz PAH konsantrasyonları sırasıyla $1,00 \pm 0,068 \text{ } \mu\text{g m}^{-3}$ ve $3,80 \pm 0,49 \text{ } \mu\text{g m}^{-3}$ olarak bulunmuştur. Özellikle benzo[a]pyrene, dibenz[a,h]antrasen, benz[a]-antrasen, krizen, benzo[b]floranten, benzo[k]-floranten, benzo[ghi]perilen, indeno[1,2,3-c,d]pirenin EF değerleri diğer değerlerden neredeyse 10 kat daha yüksek çıkmıştır. Bu çalışmada, ağır hizmet tipi dizel araçların genellikle araç yoğunluğunda daha az bulunmasına rağmen, özellikle EC formunda benzinli araçlardan çok daha fazla parçacık yaydığı gözlemlenmiştir.

Türkiye’de yapılan diğer çalışmalar ise Ankara’da (Koçak, 2018) ve Eskişehir’de (Arı, 2016) yapılan çalışmaların sonuçlarıdır. Eskişehir’de günlük toplam PAH derişimleri ortalaması kış mevsiminde $89,6 \pm 33,4 \text{ ng m}^{-3}$ ve yaz mevsimi örneklerinde $36,2 \pm 12,1 \text{ ng m}^{-3}$ olarak hesaplanmıştır. Maksimum toplam PAH derişimleri beklendiği gibi kış mevsiminde gözlenmiş ve $174,7 \text{ ng m}^{-3}$ olarak ölçülmüştür. Ölçüm yapılan noktadaki atmosferik PAH bileşiklerinin birincil kaynağının da kömür ve biyokütle yakılması olduğu sonucuna varılmıştır. Ankara’da tamamlanan çalışma sonucunda ise yarı kentsel istasyonda ortalama PAH değerleri $0,15 - 2,10 \text{ ng m}^{-3}$ arasında değişmekte ve kentsel istasyonda da $0,66 - 0,97 \text{ ng m}^{-3}$ arasında değişiklik göstermiştir. Kentsel istasyondaki Σ PAH konsantrasyonuna ana katkıda bulunanlar, Flut, BbF ve Cor olduğu tespit edilmiştir (sırasıyla ortalama %9,0, %8,6 ve %7,8). Yarı-kentsel istasyon için; BbF, Ind ve Cor ana katkı maddeleri olmuştur (ortalama katkıları sırasıyla %11,5, %10,2 ve %9,9). Kanserojenik olarak tanımlanan ve USEPA tarafından öncelikli atmosferik kirletici (limit değer: 1 ng m^{-3}) olan BaP konsantrasyonları, yarı-kentsel ve kentsel istasyonlarda sırasıyla $1,81$ ve $4,11 \text{ ng m}^{-3}$ olarak tayin edilmiştir.

Uluslararası literatürde de araştırmaların büyük bir kısmının aerosol özelliklerinin hava kalitesi üzerindeki etkisini karakterize etmeye yönelik olduğu görülmektedir. Çin hava kirliliği açısından dünyadaki en kötü ülkelerden biridir. Bu nedenle Çin’de oldukça fazla çalışma bulunmaktadır. Onlardan bir de Yan vd., (2019)’nin Çin’in Hebei, Şansi, Anhui, Guangdong Bölgeleri ve Pekin, Taiyuan, Nanjing, Guangzhou şehirlerinde 2001-2016 yılları arasında yapmış olduğu çalışmadır. Yapılan çalışmada 67 şehirde yapılan 270 adet çalışma toplanmış ve özetlenmiştir. Çalışmalara göre karşılaştırmalar yapılmıştır. Buna göre mevsimsel ve bölgesel olarak çalışmalar sınıflandırılmıştır. PAH konsantrasyonlarına bakılarak kaynaklar belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda kuzeydeki şehirlerde yüksek seviyede çıkan konsantrasyonların güneydeki şehirlerde düşük çıktığı gözlemlenmiştir. Dat ve Chang, (2017) ise yazdıkları bir makale ile genel olarak PAH’ları ve kaynaklarını incelemiştir. Dünya çapından rapor edilen PAH konsantrasyonları karşılaştırılmıştır.

On bir PAH ve iki hidroksil türevinin konsantrasyonu İtalya’nın bir alt kentsel bölgesinde izlenmiştir (Barrado vd., 2012). Toplam PAH ve OH-PAH konsantrasyonları 175 ile 2125 pg m^{-3} arasında değişmiştir. Piren, flor, fenantren ve krisen bileşenleri hemen hemen tüm örneklerde daha yüksek konsantrasyonlara sahip

oldukları belirlenmiştir. Ma vd., (2016) Hong Kong'daki bir kentsel alanda bir yıllık $PM_{2,5}$ 'e bağlı PAH örnekleme gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, dört kaynak belirlenmiştir: deniz araçları, araç emisyonları, biyokütle yakma ve kömür yanması. Benzer sonuçlar Gao vd., (2015) çalışmasında da elde edilmiştir. Çek Cumhuriyeti'nde PAH için uzun süreli bir çalışma yapılmıştır (Dvorskáa vd., 2012). Örnekleme noktası Avrupa arka plan izleme yeri olarak tanımlanabilir. 12 yıllık veri seti, kış konsantrasyonlarının yaz konsantrasyonlarından altı kat daha fazla olduğunu göstermiştir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Aksaray İli Hakkında Demografik Bilgi

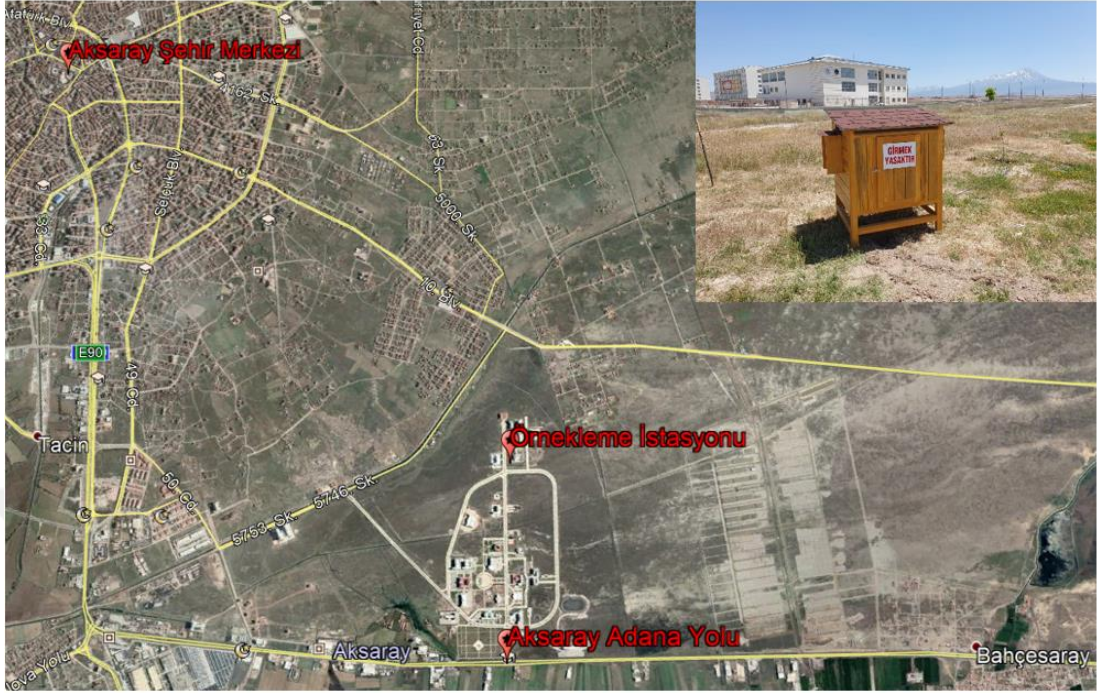
Aksaray ili; Edirne, İstanbul, Ankara, Adana, İskenderun karayolu ile Samsun, Kayseri, Konya, Antalya karayolu üzerindedir. 33-35⁰ doğu meridyenleri ve 38-39⁰ kuzey paralelleri arasında kalmaktadır. Doğusunda Nevşehir ili, Güneydoğusunda Niğde ili, Batısında Konya ili ve Kuzeyinde Ankara ili ile Kuzeydoğusunda Kırşehir ili bulunmaktadır. Yüzölçümü 7626 km²'dir. Aksaray ilinin 8 ilçesi, 192 köyü ve kasabası bulunmaktadır. Aksaray yüzey şekilleri itibariyle düzlükte yer almaktadır. Denizden ortalama 980 metre yüksekliktedir. İlin güneydoğusunda yer alan Hasandağı (3268 m); kuzeyi, orta bölümünden ayıran noktada uzanan ve Hasandağı ile birleşen Ekecik Dağı (2137 m) bu yaylada yer alan yüksekliklerdir. Aksaray'ın orta kesimleri, kuzeyi ve güneyi tamamen ovalıklardan oluşmaktadır. Güneyde Obruk Yaylası ve Aksaray Ovası'nın uzantısıdır. Kuzeyde Kuzey Anadolu Dağları (Karadeniz), güneyde Güney Anadolu Dağları (Toros) ile çevrili olan Aksaray; Doğuda yüksek Doğu Anadolu Platosu ve batıda Ortabatı Anadolu yüksek platosu ile çevrili İç Anadolu Bölgesi'ndeki Tuz Gölü havzasında yer almaktadır. Denizden kesinlikle etkilenmez. En önemli akarsuyu Ulırmak'tır. Aksaray'ın en önemli gölü, Konya ve Ankara ile sınır komşusu olan Tuz Gölü'dür. Aksaray İli orta iklim kuşağında yer alır ve soğuk, karasal bir iklime sahiptir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuktur. Yağışlar genellikle ilkbahar ve kış aylarında görülür. Yaz-kış ve gündüz-gece arasındaki sıcaklık farkları çok büyüktür (Aksaray Belediyesi, 2020).

3.2 Numune Alma Prosedürleri ve Filtrelerin Analiz İçin Hazırlanması

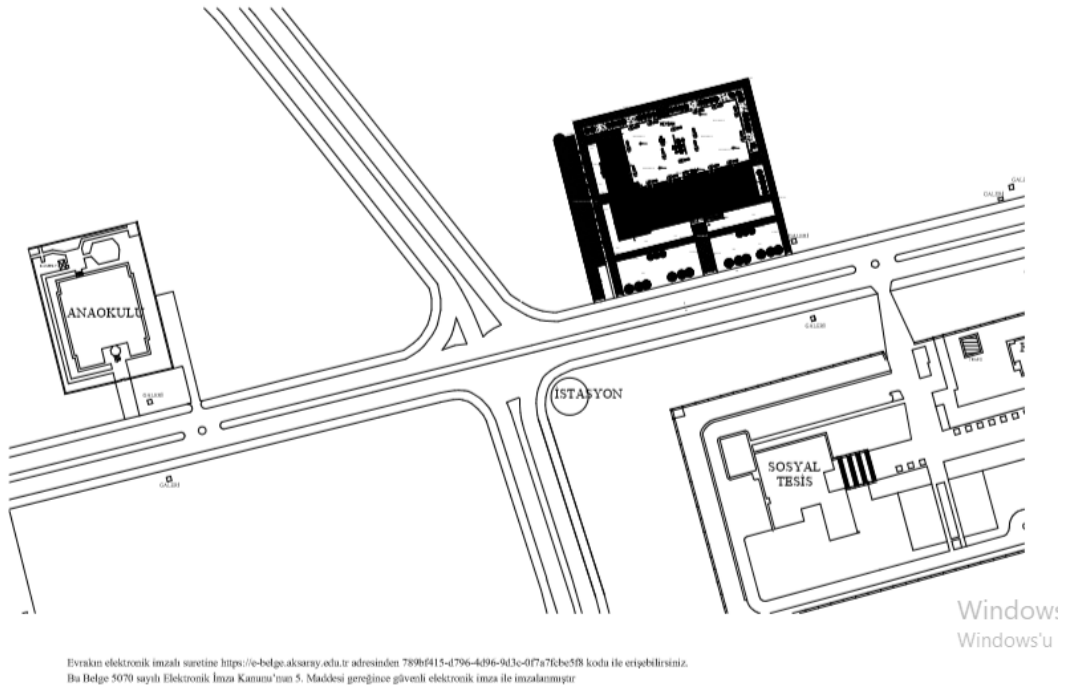
3.2.1 Örnekleme yeri

Bu tez çalışması Aksaray Üniversitesi Kampüs sınırları içerisinde seçilen bir bölgede kurulan istasyonda partikül fazda toplanan aerosolde PAH'ların analizleri ve kaynak belirleme çalışmalarını kapsamaktadır. Örnek toplanan alan üniversite kampüsü içinde yer almıştır. Burayı tercih ederken bazı kriterler göz önüne alınmıştır. Yerleşim bölgesine mesafesi 5-8 km olup, yine sanayi bölgesine de mesafesi 8 km'dir. Kampüsün doğu yakasından E-5 geçmektedir. Konumu sebebi ile Aksaray ilini açıkça temsil edeceği düşünülmüştür. Bunun yanı sıra kampüs sınırlarında olması ile de

ulaşım, güvenlik, elektrik ve gerekli izinler konusunda da kolaylık sağlanmıştır. (şekil 3.1 ve şekil 3.2)



şekil 3.1. Örnekleme istasyonu görseli.

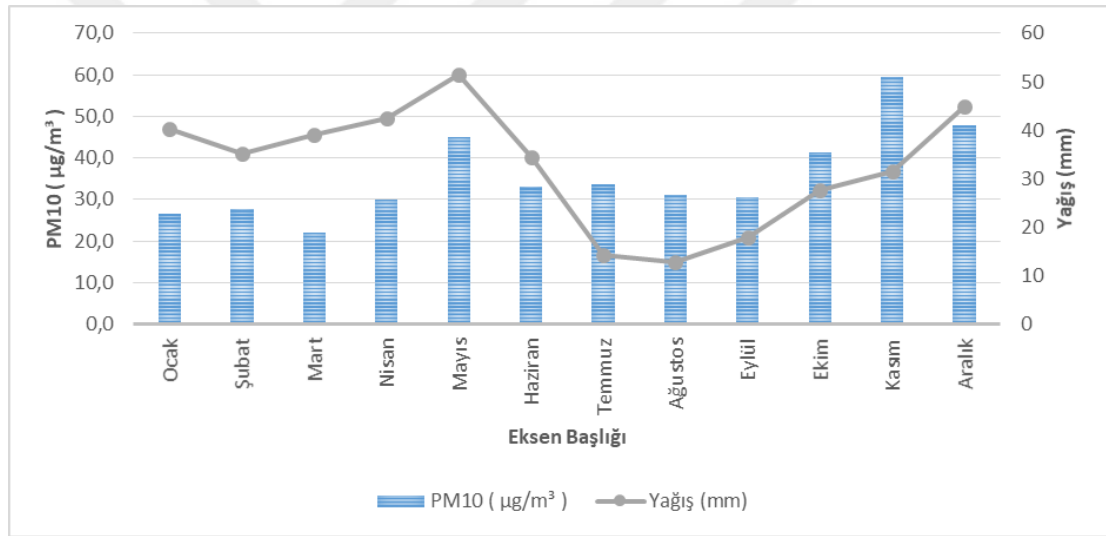


şekil 3.2. İstasyon konum görseli.

Bir yılın yaz ve kış olarak ikiye bölünmesi esasında yağış miktarına göre belirlenmektedir. Toplam yağışın %60-80'ninin düştüğü aylar kış, kalan aylar ise yaz

ayları olarak kabul edilmektedir (Güllü vd., 1998). Aksaray ili için 89 yıllık aylık ortalama yağış miktarları Şekil 3.3'te verilmiştir. Şekil 3.3'ten de görülebileceği gibi Aksaray için yağışlar Eylül ayı ile artışa geçmekte ve Mayıs ayı sonuna kadar da bu artış devam etmiştir. Evsel ısınmanın da başladığı Eylül ayı ile örnekleme periyodu başlatılmış ve kış dönemi örnekleri 4 ay süre ile toplanarak tamamlanmıştır.

Ağustos 2019'un son haftası örnekleme periyodu başlatılmış ve Şubat 2019'un ilk haftası da dahil edilerek yaz periyodundan iki hafta, kış periyodundan da on yedi haftalık örnek toplanmıştır. Daha sonra dünyayı etkisine alan COVID-19 pandemi sürecinde filtre temininde yaşanan problemler sebebi ile tez çalışmasını 6 ay dondurmak durumunda kalarak, örnek toplamaya Temmuz 2020'nin 3. haftasında tekrar başlanmış, Eylül 2020'nin son haftası da dahil edilerek örnekleme periyodu bitirilmiştir. Toplamda 13 hafta yaz ve 16 hafta da kış dönemi örneği toplanmıştır.



Şekil 3.3. Aksaray için aylık ortalama yağış ve 2019 yılı aylık ortalama PM₁₀ konsantrasyonu.

3.2.2 Örneklerin toplanması

Örnekleme için sekiz katmandan oluşan (9,0-10,0 µm, 5,8-9,0 µm, 4,7-5,8 µm, 3,3-4,7 µm, 2,1-3,3 µm, 1,1-2,1 µm, 0,65-1,1 µm, 0,43-0,65 µm) kaskat impaktör (Thermo Fisher Scientific Inc., ABD) kullanılmıştır. Örnekleyici 28.3 L dk⁻¹ hava akımına göre tasarlanmıştır. Örneklerin toplanması için 81 mm çapında kuvars (PALL) filtreler kullanılmıştır. Toplamda her sette 8 örnek alınmıştır. Örneklerin çapı her katmana göre değişmekte ve yukarıdan aşağıya doğru azalmaktadır. Örneklerde toplanan partikül maddenin miktarına bağlı olarak haftalık ya da 10'ar günlük periyotlarla örnekleme

gerçekleştirilmiştir. Ancak Koçak (2018)'in çalışması dikkate alınarak, PM₁₀ değerlerinin son bir yılda (2017-2018) hem kış hem de yaz aylarında limit değerlerini ortalama %50 civarında geçtiği sonucu ile bir haftalık örneklemelerin yeterli olacağı düşünülmüştür (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Kaskat impaktör görseli.

PM örnekleri 81 mm çapında kuvars filtreler üzerinde toplanmıştır. Bu filtrenin seçilme sebebi hem karbon içeriğinin düşük olması, hem de örneklenen havadaki nemi diğer filtreler göre daha az tutmasıdır. Kuvars filtreler, yapılarında bulunan kirleticileri uzaklaştırmak için de kullanılmadan önce 550°C'de beş saat boyunca kül fırınında yakılmıştır. Kül fırınında yakılan filtreler örneklemeden önce ve örneklemeden sonra sabit nem (40 ± 5 %) ve sıcaklıkta (20 ± 2 °C) bekletilerek tartım için hazır hale getirilip ve örneklerin boş ve dolu ağırlıkları belirlenmiştir. Tartım sonuçları arasındaki farktan partikül madde kütlesi hesaplanmıştır. Daha sonra örnekler 3/4 çeyrek ve 1/4 olacak şekilde iki parçaya ayrılmış ve her parçanın ağırlığı

ayrı ayrı belirlenmiştir. Filtrelerin birinci parçasında bu çalışma kapsamında PAHlar ve ikinci parçasında başka bir çalışma kapsamında EC/OC analizleri yapılmıştır. Tartılan filtreler analiz süresine kadar -21°C’de derin dondurucuda saklanmıştır (Şekil 3.5 ve Şekil 3.6).



Şekil 3.5. Temiz oda ve filtreler 1.



Şekil 3.6. Temiz oda ve filtreler 2.

3.2.3 Hedef bileşikler

Bu çalışmada, her bir numunede on altı organik moleküler markör bileşiği nicelendirilmiştir (tam liste Çizelge 3.1’de verilmiştir). Bu bileşikler farklı emisyon

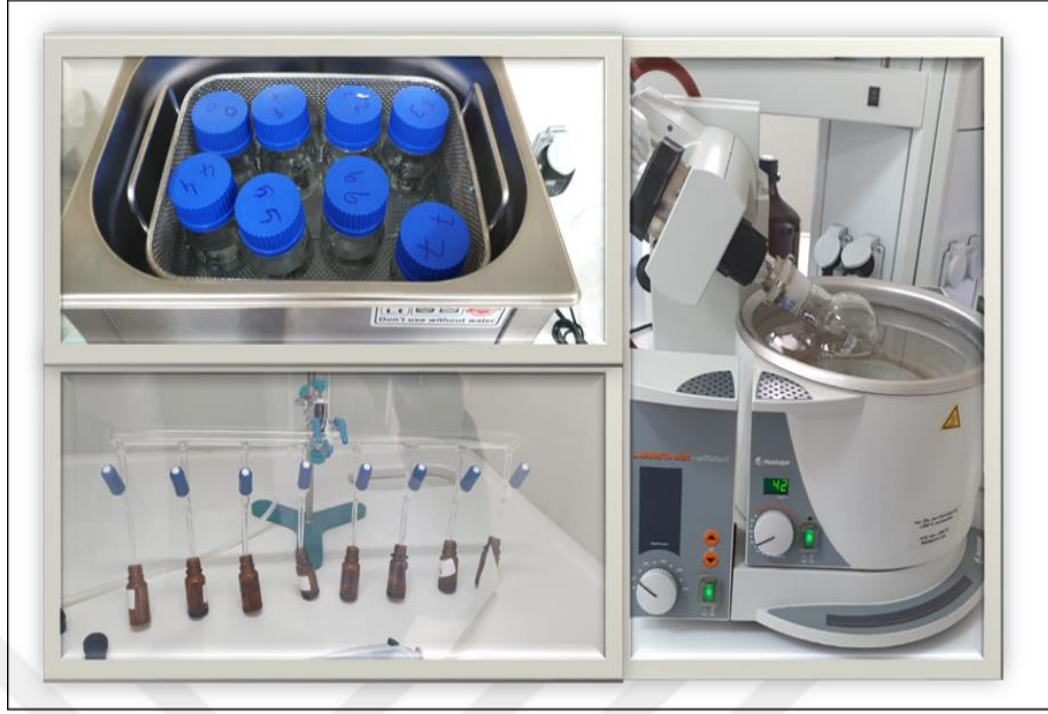
kaynakları için izleyicilerdir ve istasyonlarımızdaki organik parçacıkların bileşimini etkileyen kaynakları dağıtmak için kullanılmıştır.

Çizelge 3.1. Analiz edilecek PAH'lar.

PAHlar	Kısaltma	Ring sayısı	Moleküler ağırlığı (g mole ⁻¹)	Çözünürlük (mg L ⁻¹)	Buhar basıncı (mm Hg)
Naftalin	Nap	2	128,17	31	8,89E-02
Asenaftilen	Acy	3	154,21	3,8	3,75E-03
Asenaften	Ace	3	152,20	16,1	2,90E-02
Floren	Flu	3	178,23	0,045	2,55E-05
Fenantrin	Phe	3	178,23	1,1	6,80E-04
Anthracene	Ant	3	166,22	1,9	3,24E-03
Fluoranthene	Flt	4	202,26	0,26	8,13E-06
Piren	Pyr	4	228,29	0,011	1,54E-07
Benz(a)antrasen	BaA	4	228,29	0,0015	7,80E-09
Krisen	Chr	4	202,26	0,132	4,25E-06
Benzo(b)floranten	BbF	5	252,32	0,0038	4,89E-09
Benzo(k)fluoranthene	BkF	5	252,32	0,0015	8,06E-08
Benzo (a) piren	BaP	5	252,32	0,0008	9,59E-11
Benzo(g, h, i)perilen	BghiP	6	278,35	0,0005	2,10E-11
Dibenz(a, h)antrasen	DahA	6	276,34	0,00026	1,00E-10
İndeno[1,2,3-cd]piren	Ind	6	276,34	0,062	1,40E-10

3.3 Örneklerin Analize Hazırlanması ve Analizler

PAH analizleri için 3/4'ü kesilmiş olan filtreler 100 mL'lik kapaklı cam kavonozlarda 40 ML diklorometan içerisinde yarım saat ultrasonik ekstraksiyona tabi tutulmuştur (Şekil 3.7.). Ekstraksiyondan önce filtrelerin üzerlerine ekstraksiyon ve saflaştırma kayıplarını hesaplamak için kullanılan vekil (surrogate) standartlar bilinen miktarlarda (0.5 ppm) enjekte edilmiştir. Ekstraksiyondan sonra kavanozdaki çözücü alınıp, konsantre edilmek üzere 100 mL'lik temizlenmiş cam balona alınmış dönel buharlaştırıcıda (rotary evaporator-Heidolph, Laborota 4001) 600 mbar vakum ve 42°C'lik su banyosu ile 5-7 mL'ye kadar konsantre edilmiştir. Hacmi 5 mL'ye indirilen örnekler, Na₂SO₄ ve cam yünü içeren kolonlarından geçirilerek susuzlaştırılmış ve 10 mL'lik amber viallere alınmıştır. Süzüntü vakit kaybetmeden azot gazı altında çözücü hacmi neredeyse kuruma noktasına kadar buharlaştırılmış ve 200 µL diklorometan eklenerek 1 dk boyunca vortex işlemi yapılmış ve sonrasında 2 mL'lik GC-MS viallerinin içine yerleştirilen insertlere aktarılmıştır. Vialler de 1 dk vortex işlemine tabi tutulduktan sonra GC-MS analizine hazır hale getirilmiştir. Viallere alınan örnekler bekleme yapılmadan analiz edilmiştir.



Şekil 3.7. Örneklerin hazırlanma işlemleri.

Analize hazır hale getirilen örnekler, konsantrasyonların belirlenmesi amacıyla GCMS (GC-2010, GCMS-QP2010 Plus, Shimadzu) cihazında analiz edilmiştir. GC-MS cihazında, 16 hedef PAH bileşiğinin ve 4 vekil (surrogate) bileşiğin analizlerini yapıp, derişimlerini belirleyebilmek üzere geliştirilmiş bir ayırma ve bir veri analiz metodu hazırlanmıştır. 16 hedef PAH bileşiği (Dr. Ehrenstorfer Pah Mix 14) ve 4 vekil (surrogate) bileşiğinin (Acenaphthene D10, Phenanthrene D10, Chrysene D12, Perylene D12) (Dr. Ehrenstorfer Pah Mix 24 deuterated) standartları kullanılarak önce bu bileşikler için bir kalibrasyon yapılmış, ardından “Seçilmiş İyon Monitorlama” (SIM) modunda analiz yapabilmek için bileşiklerin iyonları SIM penceresinde hazırlanmıştır. 5 farklı kalibrasyon konsantrasyonu seçilmiştir (0.1-0.25-0.5-1.25-2.5 ppm). Internal standart (1-Phenyldodecane) 0,5 ppm hazırlanmış ve her noktada konsantrasyonu sabit tutulmuştur. Her bir kalibrasyon derişimleri 3’er defa basılmıştır. Kalibrasyon için hazırlanan standartların derişimleri, bir PAH bileşiği için kullanılan iyonlar, bileşiklerin geliş zamanları ve kalibrasyon eğrilerine ait regresyon katsayıları Çizelge 3.2 'de gösterilmektedir. Çizelge 3.3’te ise GC-MS operasyon parametreler özetlenmiştir.

Çizelge 3.2. GC-MS cihazı kalibrasyon parametreleri.

PAHlar	<i>İyonlar</i>	Geliş Zamanı (dak)	Lineer Aralık (ppm)	Regresyon Katsayısı (r2)
	<i>m/z 1</i>			
Nap	128	5,013	0,5 -2,5	0,9900
Acy	152	10,509	0,5 -2,5	0,9988
Ace	153	11,227	0,5 -2,5	0,9999
Flu	165	13,550	0,5 -2,5	0,9809
Phe	178	17,877	0,5 -2,5	0,9951
Ant	178	18,111	0,5 -2,5	0,9947
Flt	202	23,491	0,5 -2,5	0,9890
Pyr	202	24,459	0,5 -2,5	0,9974
BaA	228	30,379	0,5 -2,5	0,8925
Chr	228	30,503	0,5 -2,5	0,9974
BbF	252	35,166	0,5 -2,5	1,000
BkF	252	35,291	0,5 -2,5	0,9076
BaP	252	36,414	0,5 -2,5	0,9595
BghiP	276	40,635	0,5 -2,5	0,9476
DahA	278	40,846	0,5 -2,5	0,9629
Ind	276	41,460	0,5 -2,5	0,9632

Çizelge 3.3. GC-MS operasyon parametreleri.

GC Kolonu	30 m x 0,10 µm x 0,25 mm norminal film kalınlığı
Liner	Deaktive edilmiş cam pamuklu Splitless cam liner
Taşıyıcı Gaz	Helyum
Enjeksiyon Tipi	Splitless
Enjeksiyon Portu Sıcaklığı	280 °C
Fırın Sıcaklığı	90°C (1 dak), 1°C /dak ile 280°C'ye , 3,5°C/dak ile 320°C'ye (8dak)
Enjeksiyon Hacmi	2 µL
Kütle Spektrometresi	0,7 kV
Kütle Spektrometresi Quadropol Sıcaklığı	300 °C
Kütle spektrometresi kaynak sıcaklığı	320 °C

3.4 Kalite Güvence ve Kontrol Protokolü

Partiküler organik kirleticilerin ölçülmesinde kullanılan cihaz ve örnek hazırlama yöntemlerinin kalite kontrolü amacıyla metot tayin limitleri, laboratuvar ve saha kör örneklerinin analizi ve SRM analizleri yapılmıştır.

3.4.1 Metot tayin limitleri

GC/MS tayin sınırlarının belirlenmesi için (LOD) her grup için kalibrasyon noktalarının en küçüğü seçilerek 7 kez okutulmuştur. Elde edilen konsantrasyon sonuçlarının standart sapması alındıktan sonra 3 ile çarpılarak LOD değerleri elde edilmiştir.

Tayin sınırı genellikle gerçek ölçümlerde çok düşük kaldığı için metot ölçüm sınırlarının belirlenmesi gerekir. LOQ (ölçüm sınırı) belirlemek için de her grup için kalibrasyon noktalarının en küçüğü seçilerek 7 kez GC-MS’de okutulmuştur. Elde edilen konsantrasyon sonuçlarının standart sapması alındıktan sonra 10 ile çarpılarak LOQ elde edilmiştir. LOD ve LOQ değerleri Çizelge 3.4’de sunulmuştur.

Çizelge 3.4. PAH bileşenleri için LOD ve LOQ değerleri.

PAHlar	LOD ppm	LOQ ppm
Nap	0,00001	0,00003
Acy	0,00005	0,0002
Ace	0,00007	0,0002
Flu	0,00006	0,0002
Phe	0,00005	0,0002
Ant	0,00004	0,0001
Flt	0,00006	0,0002
Pyr	0,00002	0,0001
BaA	0,00004	0,0001
Chr	0,00001	0,00003
BbF	0,00002	0,0001
BkF	0,00006	0,0002
BaP	0,00005	0,0002
BghiP	0,00005	0,0002
DahA	0,00004	0,0001
Ind	0,00003	0,0001

3.4.2 Şahit numune örnekleri

Analiz sonuçları üzerinde filtre materyalinden kaynaklı olarak veya örnekleyiciden, filtrenin araziye taşınması ve örnekleyiciye yerleştirilmesi sırasında vb. herhangi bir kirlenme oluşması gibi durumlardan kaynaklanan bir kirlilik olup olmadığının belirlenmesi için laboratuvar ve arazi kör örnekleri kullanılmıştır. Arazi kör örnekleri, normal örnek alma prosedürü için hazırlanan boş filtrenin araziye götürülüp, örnekleyiciye takıldıktan sonra örnekleyici çalıştırılmadan geri alınan örneklerdir. Laboratuvar kör örnekleri ise aynı şekilde ön işlemlerden geçirilen boş filtrenin araziye çıkarılmadan ekstrakte edilip analiz edildiği örneklerdir. Arazi ve laboratuvar kör örnekleri de diğer örnekler gibi aynı örnek hazırlama ve GC/MS analiz işlemlerinden geçirilip, çalışmada ölçülen tüm parametreler bu filtreler içinde ölçülmüştür. Elde edilen veriler örnek verileriyle karşılaştırılarak kör örneklerin, haftalık örneklere oranları belirlenmiştir. Arazi ve laboratuvar kör örnekleri her 4 haftada bir ölçülmüştür. Kör değerlerin tamamında elde edilen analit derişimlerinin en düşük örnek derişiminin %10'undan düşük olduğu görülmüştür. Dolayısıyla filtreden veya örnekleyiciden kaynaklanan bir kirlenme söz konusu değildir.

3.4.3 SRM analizleri

Metot optimizasyonunda belirlenen GC/MS koşulları ve ekstraksiyon yöntemiyle yapılan analizlerin doğruluğunun ve yeniden üretilebilirliğinin belirlenmesi için sertifikalı SRM analizleri yapılmıştır. Bu amaçla NIST 1649b kentsel toz SRM kullanılmıştır.

SRM 1649b maddesi öncelikle çalışmada kullanılan kalibrasyon aralığındaki konsantrasyonlara denk gelecek şekilde tartılıp (yaklaşık 0,002 gr) daha sonra örneklerle aynı şekilde ultrasonik ekstraksiyon yöntemi ve uçurma işlemleri uygulanmıştır. Hazırlanan SRM örnekleri GC/MS'de aynı yöntemle analiz edilerek elde edilen kromatogramlardan konsantrasyonlar hesaplanmıştır. Kromatogramlardan hesaplanan konsantrasyonlar, başlangıçta eklenen SRM miktarına göre hesaplanan konsantrasyonlarla karşılaştırılarak kullanılan metotla bileşenlerin geri kazanım oranları ve hata oranları hesaplanmıştır (Çizelge 3.5). Tablo incelendiğinde SRM sertifikalı konsantrasyonlarıyla analiz sonucunda elde edilen konsantrasyonların çok benzer olduğu, geri kazanım oranlarının yüksek ve hata oranlarının da %10'un altında olduğu görülmektedir.

Çizelge 3.5. SRM materyalı analizi geri kazanım oranları ve hata payları.

PAHlar	Konsantrasyon (ppm)	SRM 1649b (ppm)	Geri Kazanım (%)	Hata Payı
Nap	0,023	0,025	92,5	7,5
Ant	0,009	0,009	97,8	2,2
Flt	0,133	0,137	96,8	3,2
Pyr	0,112	0,107	104,6	4,6
BaA	0,043	0,047	93,2	6,8
Chr	0,061	0,067	91,5	8,5
BbF	0,142	0,134	106,4	6,4
BkF	0,042	0,039	106,8	6,8
BeP	0,060	0,066	91,1	8,9
BaP	0,053	0,055	96,2	3,8
Pe	0,013	0,014	96,1	3,9
DahA	0,006	0,006	97,7	2,3
BghiP	0,083	0,088	94,8	5,2

3.5 Kirlenici Kaynaklarının Belirlenmesi

Partikül kaynakları ve bu kaynakların katkıları pozitif matris faktörizasyon (PMF) olarak bilinen reseptör modeli ve bunun yanında destekleyici olarak PAHlar için diagnostik oran ve Koşullu iki değişkenli olasılık fonksiyonu (KİDOF) kullanılarak tanımlanmıştır.

3.5.1 Diagnostik oran ile kaynak belirlenmesi

Farklı kaynaklar, farklı moleküler ağırlıklara sahip PAH'lar üretir ve bu özellik, PAH konsantrasyon oranları kullanılarak kaynakları tanımlamak için kullanılır. Düşük moleküler PAH'lar genellikle çim, odun ve kömür yakma gibi düşük sıcaklıktaki işlemlerden üretilir. Öte yandan, örneğin yakıt yanması gibi yüksek sıcaklık süreçleri, daha yüksek moleküler ağırlıklı PAH türlerine yol açar. Bu çalışmada kullanılan tanı oranları ve ilgili bilgiler Çizelge 3.6'da listelenmiştir. Örneğin BaA/(BaA+Chr) oranı kömür yanması, trafik kaynaklı emisyonları ve petrojenik kaynaklı emisyonları ayırt etmek için kullanılabilir. Benzer şekilde, Flu/(Flu+Pyr) oranı, petrojenik kaynaklardan kaynaklanan emisyonlarda <0,4'tür, fosil yakıt yanmasından kaynaklanan emisyonlarda 0,4 ile 0,5 arasında ve biyojenik emisyonlarda > 0,5'tir. Bunlara ek

olarak Ind / (Ind+ BghiP) ve Ant/(Ant+Phe) oranları da kullanılmaktadır (Yunker vd., 2002) . Partiküle bağlı organik bileşiklerin kaynaklarının diagnostik oranları kaynaklar hakkında kesin kanıt sağlamaz, ancak kaynak belirleme çalışmalarında faydalı destekleyici bilgiler sağlar. PMF'de bu oranlar, faktörleri belirlemek ve onlara fiziksel anlam vermek için bilgi kaynaklarından biri olarak da kullanılabilir.

Çizelge 3.6. Bu çalışmada kullanılan PAH diagnostik oranları (Tobiszewski ve Namiesnik, 2012).

Diagnostik oran	Değer aralığı	Kaynak
$\Sigma\text{LMW}/\Sigma\text{HMW}$	<1	pirojenik
	>1	petrojenik
Flt/(Flt+Pyr)	<0,4	petrojenik
	0,4-0,5	fosil yakıt emisyonu
	>0,5	çim-odun-kömür yakma
BaA/(BaA+Chr)	0,2-0,35	kömür yakma
	>0,35	trafik emisyonu
	<0,2	petrojenik
Ant/(Ant+Phe)	<0,1	petrojenik
	>0,1	yakma
Chr/BaA	1<	pirojenik
	>1	petrojenik

3.5.2 Koşullu iki değişkenli olasılık fonksiyonu (KİDOF)

Örnekleme günlerine ait meteorolojik veriler (rüzgar hızı ve yön verileri) Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Sıradan Koşullu olasılık fonksiyonu (KİDOF), ölçülen konsantrasyonun belirli bir rüzgar sektörü için belirlenmiş bir eşik ölçütünü aşma olasılığını tahmin etmektedir (Ashbaugh vd., 1985) (Denklem 3.1).

$$KOF = m\Delta\theta / n\Delta\theta \quad (3.1)$$

Denklem (3.1.)' de, $\Delta\theta$, her bir rüzgâr sektörünü, $n\Delta\theta$, rüzgâr sektörü $\Delta\theta$ 'den esen tüm saatlik rüzgâr sayısını ve $m\Delta\theta$, ise belirlenen eşik konsantrasyonu geçerek rüzgâr sektörü $\Delta\theta$ 'den esen saatlik rüzgâr sayısını temsil etmektedir. Koşullu iki değişkenli

olasılık fonksiyonu (KİDOF), sıradan KİDOF'u ve rüzgâr hızı verilerini üçüncü bir değişken olarak birleştirir. Denklem 3.2 'de gösterilmiştir. Kirletici konsantrasyonu, sadece rüzgâr yönü sektörlerinden ziyade rüzgâr yönü ve rüzgâr hızı aralıkları ile tanımlanan hücrelere tahsis edilir.

$$KİDOF = m\Delta\theta, \Delta u / n\Delta\theta, \Delta u \quad (3.2)$$

Denklem (3.2) 'de, $m\Delta\theta, \Delta u$ belirlenen eşik konsantrasyonu geçerek rüzgâr sektörü $\Delta\theta$ 'den Δu rüzgâr hızı aralığında esen saatlik rüzgâr sayısını temsil etmektedir. $n\Delta\theta, \Delta u$ ise rüzgar yönü-hızı aralığındaki tüm saatlik rüzgar sayısını belirtir. İki değişkenli fonksiyon, kaynakların doğası hakkında daha fazla bilgi sağlar çünkü farklı kaynak tipleri farklı rüzgâr hızı bağımlılıklarına sahip olabilir. Üçüncü bir değişkenin kullanımı bu nedenle söz konusu kaynağın türü hakkında daha fazla bilgi sağlayabilir. Üçüncü değişken rüzgâr hızından bağımsız sıcaklık gibi radyal bir yaklaşım sağlayacak başka bir değişken de olabilir. İki değişkenli polar çizimler bir kirletici konsantrasyonunun rüzgâr hızı ve rüzgâr yönü ile birlikte polar koordinatlarında nasıl değiştiğini gösterir. Polar çizimler bir kirleticinin nasıl dağıldığını görmek ve spesifik kirletici kaynaklarının etkilerini görmek için etkili bir yöntemdir. Rüzgar yönü, rüzgar hızı ile birlikte farklı emisyon kaynaklarını ayırtırmak için kullanılabilecek bir yöntemdir. KİDOF plotları R-openair programı ile hazırlanmıştır (Uria-Tellaetxe ve Carslaw, 2014).

3.5.3 Pozitif matris faktörizasyonu

PMF, kısıtlı, ağırlıklı, en küçük kareler minimizasyonu yöntemini kullanarak genel reseptör modelleme sorunu çözer. Genel olarak model, reseptörü etkileyen p tane kaynak, kaynak tipi veya bölgesinin (faktörler) bir reseptörü etkilediğini ve p tane faktörden kaynaklanan etkilerin doğrusal kombinasyonlarının çeşitli kimyasalların gözlenen konsantrasyonlarında artışa neden olduğunu kabul eder.

PMF'in ağırlıklandırılmış kısmında ise yüksek belirsizliğe sahip veri noktaları (eksik veriler, tanımlama limitleri altındaki veriler veya negatif veriler), kaynak belirlemedeki etkilerinin azaltılması için ağırlıkları azaltılır. Bu PMF'in FA ve PCA'ye göre ikinci bir avantajıdır. Geleneksel faktör analizi yönteminde, eksik veriler (tanımlama limiti altında kalanlar, bazı örneklerde ölçülemeyenler) kullanılmaz. Bazı kimyasal türlerin düşük konsantrasyonda olması nedeniyle atmosferik kirleticilerin

ölçülmesinde çok fazla eksik veri olabilir ve FA metodunda bu verilerin çıkarılması veya yerine yeni bir veri kabul edilmesi gerekebilir. Bunların hiçbirisi ideal yaklaşımlar değildir. Bunun nedeni doğru konsantrasyonları gösterecek hiçbir ideal veri yoktur ve örneklerin çıkarılması yanlış çözümlemeye neden olabilir. PMF’de hiçbir örnek ya da bileşen analizden çıkarılmaz. Eksik veriler izafi veri girişiyle ele alınır ve bu veri girişlerine yüksek belirsizlik atanır. Böylece bunların modele katkıları azaltılarak ağırlıklandırılır.

PMF’in en küçük kareler kısmında, PMF probleminin nesne fonksiyonu olan Q denklem (1.2) ’ye göre en küçük kareler çözümüyle minimize edilir. Bu denklemde s_{ij} , j th kimyasalın i th gündeki belirsizliğini göstermektedir. Belirtilen belirsizlikler verilerdeki belirsizlikleri gerçekten yansıtıyorsa, Q değeri yaklaşık olarak konsantrasyon veri setindeki veri noktalarına eşit olmalıdır (USEPA, 2008).

Bu çalışmada diğer PMF programlarına kıyaslan daha fazla kullanıcı dostu olan EPA PMF 5.0 versiyonu kullanılmıştır. Hedef kirleticilerin her bir örnek için konsantrasyonları ve bunlara karşılık gelen belirsizlikleri PMF programında giriş verisi olarak kullanılır. Yani PMF programının çalışabilmesi için konsantrasyonların ve belirsizliklerin olduğu dosyaları gereklidir ve bununla birlikte PMF analizi için veri setinde eksik kirletici olmamalıdır. Bu eksiklikleri gidermek için literatürde çeşitli yöntemler kullanılmaktadır (Reff vd., 2007); (1) eksik kirleticilere sahip olan örnekler veri setinden tamamen çıkarılır, (2) eksik ölçümlere ait kirleticiler veri setinden çıkarılır, (3) eksik ölçümlere ait her bir kirletici için bir değer atanır ve bu ölçümlerin belirsizlikleri artırılır. Eksik ölçümler için genellikle aritmetik ortalama, ortanca veya geometrik ortalama kullanılır. Konsantrasyonları tayin sınırının (TS) altında olan kirleticiler tayin sınırının yarısı ile değiştirilirken (TS/2), belirsizlikleri ise tayin sınırının beş bölü altısı oranında ($5/6 \cdot TS$) artırılır. Bununla tayin sınırının altında kalan değerlerin belirsizlikleri artırılmış olur. Bir kirleticinin örnek sayısının %95’i tayin sınırının altındaysa bu kirletici veri setinden çıkarılır.

EPA PMF kullanıcı dostu bir ara-yüze sahiptir. Analiz veri girişi kısmında dört alt kategori mevcuttur. Konsantrasyon/Belirsizlik ekranında giriş verisine ait istatistikler (25. Pörsentil, 50. Pörsentil, 75. Pörsentil ve maksimum konsantrasyon değerleri) ve her bir kirletici için sinyal/gürültü oranları (S/N) otomatik olarak hesaplanır ve sergilenir. Kullanıcı bu istatistiki sonuçları inceleyerek kirleticilerin kategorilerini

güçlü, zayıf veya kötü olarak atamaktadır. Paatero ve Hopke (2003) S/N değerleri 0,2'nin altında olan kirleticileri kötü, S/N değeri 2 veya 2'den daha fazla olan kirleticileri güçlü ve S/N değeri 0,2 ile 2 arasında olanları ise zayıf olarak tanımlamıştır. PMF'te eğer kirleticiler kötü olarak tanımlanmışlarsa bu kirleticiler analize dahil edilmezler, zayıf olarak kategorilendirilmiş kirleticilerin ise belirsizlikleri üç kat arttırılır. Ancak bir kirleticinin analizde kalması isteniyorsa kirleticinin veri dosyasındaki belirsizlikleri beş ile 10 kat arasında arttırılarak kirletici analize dahil edilir (Paatero ve Hopke, 2003). PMF te hedef nesne fonksiyonu Q değerinin minimize edilmesidir. Dolayısı ile Q değerini model performansını gösteren en önemli indikatör olduğunu söylemek çok yanlış olmayacaktır. Çeşitli tekrarların arasındaki en küçük Q değeri seçilir ve bu değerin problemdeki lokal minimum mu yoksa küresel minimum mu olduğu araştırılır. PMF analizi sonucunda robust ve gerçek olmak üzere iki tane Q değeri elde edilir. Robust Q değeri veri setinde oldukça farklılık gösteren örneklerin (outlier) çıkarılması sonucu hesaplanan bir Q değeriye, gerçek Q ise tüm verinin kullanılması sonucu elde edilen Q değeridir. PMF'in ürettiği Q değerleri teoretik Q değerine (yaklaşık olarak başlangıç konsantrasyon dosyasındaki örnek sayısına eşit olan) yakın veya eşit olmalıdır. Birbirinden ayrılmış faktörleri uygun olarak kullanmak için, PMF'te temel çözüme F_{peak} seçeneği uygulanmakta ve bu şekilde seçilen temel çözüm F_{peak} seçeneği yardımıyla ile gerçek çözüme geri döndürülmektedir. Veri setinden (ölçüm hataları veya tesadüfi örnek hataları gibi) ve PMF modelini kendisinden (çözümdeki belirsizlikler gibi) olmak üzere PMF analizinde bir takım belirsizlikler oluşmaktadır Bu yüzden oluşan bu hataları en aza indirmek için temel çözüme (kabul edilen çözüm de denilebilir) bootstrap metodu uygulanabilmektedir (Wehrens vd., 2000).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Meteoroloji

Kentsel alanlarda kirletici konsantrasyonlarını etkileyen çeşitli faktörler bulunmaktadır. Bunlar; doğrudan kaynağından salınan kirleticilerin miktarı, kirletici kaynağının özellikleri (noktasal, çizgisel, yüksekliği, zamansal değişimi), kimyasal dönüşümleri ve depolanma oranı vb. bulunmaktadır. Bunların yanında meteoroloji ve kirleticilerin seyrelme kapasitelerini etkileyen atmosferin termodinamik durumu da önem teşkil etmektedir (Stull, 1988). Sıcaklığın azalmasıyla birlikte özellikle kentsel bölgelerde ısınma ihtiyacı artar ve ısınma amaçlı fosil yakıtların kullanımını da artmaktadır. Bunun sonucunda ise atmosferdeki kirleticilerde artış olmaktadır.

Örnekleme yapıldığı süre boyunca örnekleme yapılan bölgedeki meteorolojik koşullar takip edilmiş olup, Aksaray iline ait meteoroloji verileri Aksaray Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü'nden istenmiştir. Alınan veriler Çizelge 4.1'de verilmiştir. Örnekleme boyunca ortalama sıcaklık 15,3°C kaydedilmiştir. Kış periyodu sıcaklığı min. -13,8°C'ye kadar düşmüş ve yaz periyodu mak. sıcaklık da 38,1°C'ye kadar çıkmıştır. Rüzgar hızının durağından 6,1 m/s değerine kadar çıktığı belirlenmiştir. İstasyonu etkileyen baskın rüzgar yönünün ise KİDOF çalışmaları ile de kuzey yönleri olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4. 1. Aksaray iline ait meteorolojik veriler.

Meteorolojik parametreler	Örnekleme			Yaz			Kış		
	Ort.	Min	Mak	Ort.	Min	Mak	Ort.	Min	Mak
Sıcaklık (°C)	15,3	-13,8	38,1	23,5	7,3	38,1	7,0	-13,8	28,7
Nem (%)	49,3	7,0	96,0	36,0	7,0	86,0	62,7	13,0	96,0
Rüzgar hızı (m/s)	1,8	0,0	6,1	2,0	0,0	6,1	1,5	0,0	5,7

4.2 PM KütLe Konsantrasyonları ve Mevsimsel Dağılımı

Bu çalışmada kaskat impaktörün örnekleyici olarak seçilmesinin en önemli sebeplerinden biri parçacık boyut dağılımı ile sonuçları değerlendirebilmektir. Bu çalışmada ayrıca gerek PM konsantrasyonu ve gerekse PM'nin kimyasal kompozisyonunda belirlenen parametrelerin konsantrasyon değerleri PM₁₀, PM₄, PM_{2,5} ve PM₁ olarak ifade edilmiştir. Hesaplamalarda Aryal vd. (2013) tarafından kullanılan yöntem takip edilmiştir. En önemli husus filtreler üzerine toplanan partiküller maddelerin gravimetrik analizlerinin doğru olarak yapılmasıdır. Bu sebeple şartlandırma işlemleri en hassas şekilde yapılmış, ilk ve son şartlandırma arasındaki kütle farkı (μg) örnekleme süresince sistemden geçen hava miktarına (m^3) bölünerek konsantrasyon değerleri hesaplanmıştır.

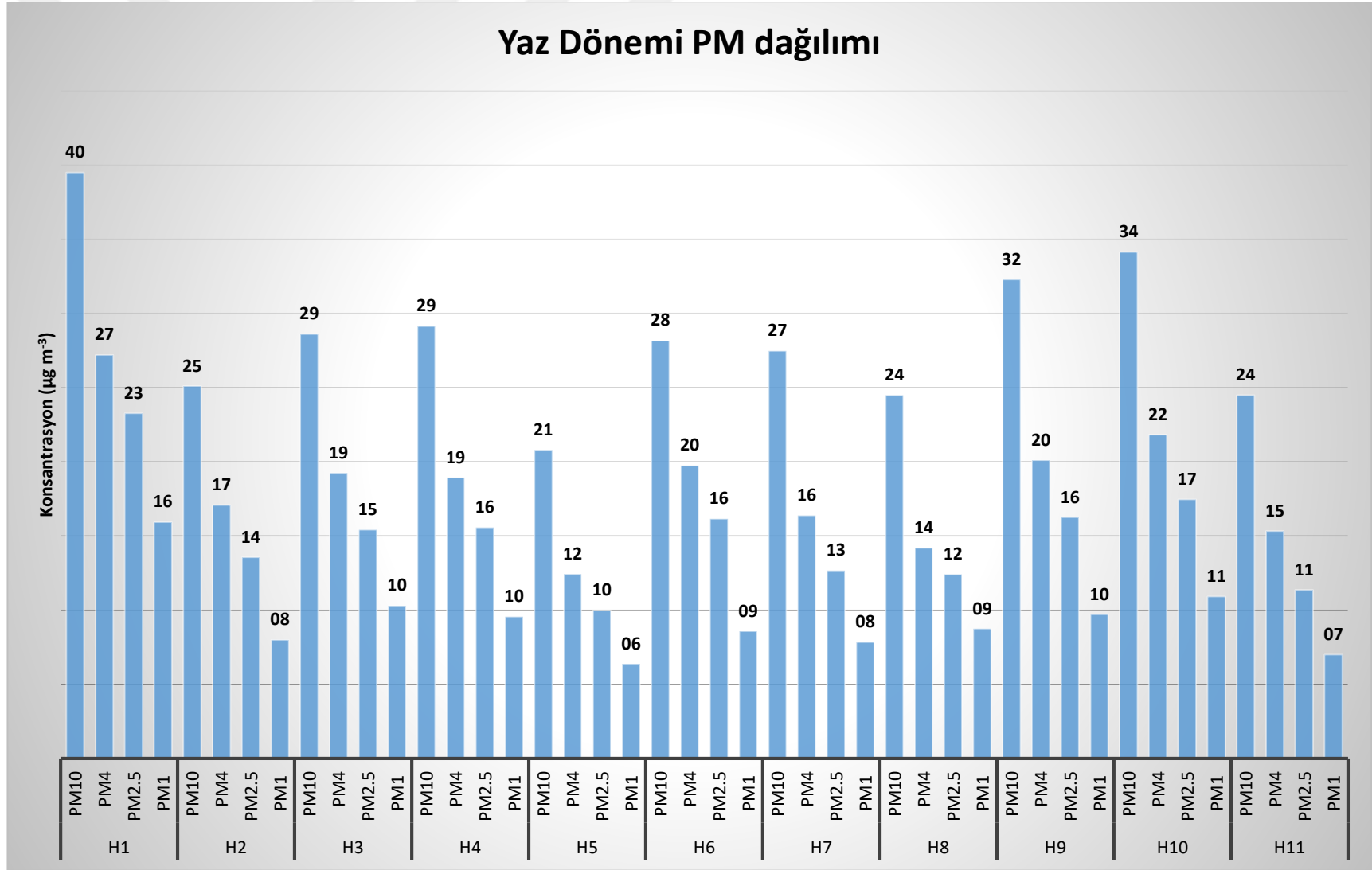
Partiküllerin kütle konsantrasyonunun PM boyutuna göre değişimi incelenmiştir. Şekil 4.1'de yaz dönemine ait PM dağılım grafiği sunulmuştur. Son iki haftayı örneklerinde PM sonuçları (-) hesaplandığı için değerlendirmeye alınmamıştır. Ortalama PM₁₀ değeri $28,5 \mu\text{g m}^{-3}$, ortalama PM_{2,5} değeri $14,81 \mu\text{g m}^{-3}$ olarak hesaplanmıştır. Partikül madde boyutlandırmasına da bakıldığında PM₁₀'dan PM₁'e doğru bir azalma trendi görülmektedir. Avrupa Birliği'nde kirletici maddeler arasında yer alan PM₁₀ seviyesi 24 saatlik ortalama $50 \mu\text{g m}^{-3}$ olarak belirlenmiştir. Dünya Sağlık Örgütü'ne göre PM_{2,5} seviyesinde 24 saatlik ortalama $25 \mu\text{g m}^{-3}$ olarak belirlenmiştir. Yaz döneminde herhangi bir limit aşımı kaydedilmemiştir.

Şekil 4.2'de kış dönemine ait PM dağılım grafiği sunulmuştur. Ortalama PM₁₀ değeri $81,38 \mu\text{g m}^{-3}$, ortalama PM_{2,5} değeri $52,13 \mu\text{g m}^{-3}$ olarak hesaplanmıştır. Partikül madde boyutlandırmasına da bakıldığında PM₁₀'dan PM₁'e doğru bir azalma trendi görülmektedir. Avrupa Birliği'nde kirletici maddeler arasında yer alan PM₁₀ seviyesi 24 saatlik ortalama $50 \mu\text{g m}^{-3}$ olarak belirlenmiştir. Dünya Sağlık Örgütü'ne göre PM_{2,5} seviyesinde 24 saatlik ortalama $25 \mu\text{g m}^{-3}$ olarak belirlenmiştir. Kış dönemine baktığımızda PM₁₀ ve PM_{2,5} seviyesinde 24 saatlik ortalamalara bakıldığında sınır değerini geçtiği gözlemlenmektedir.

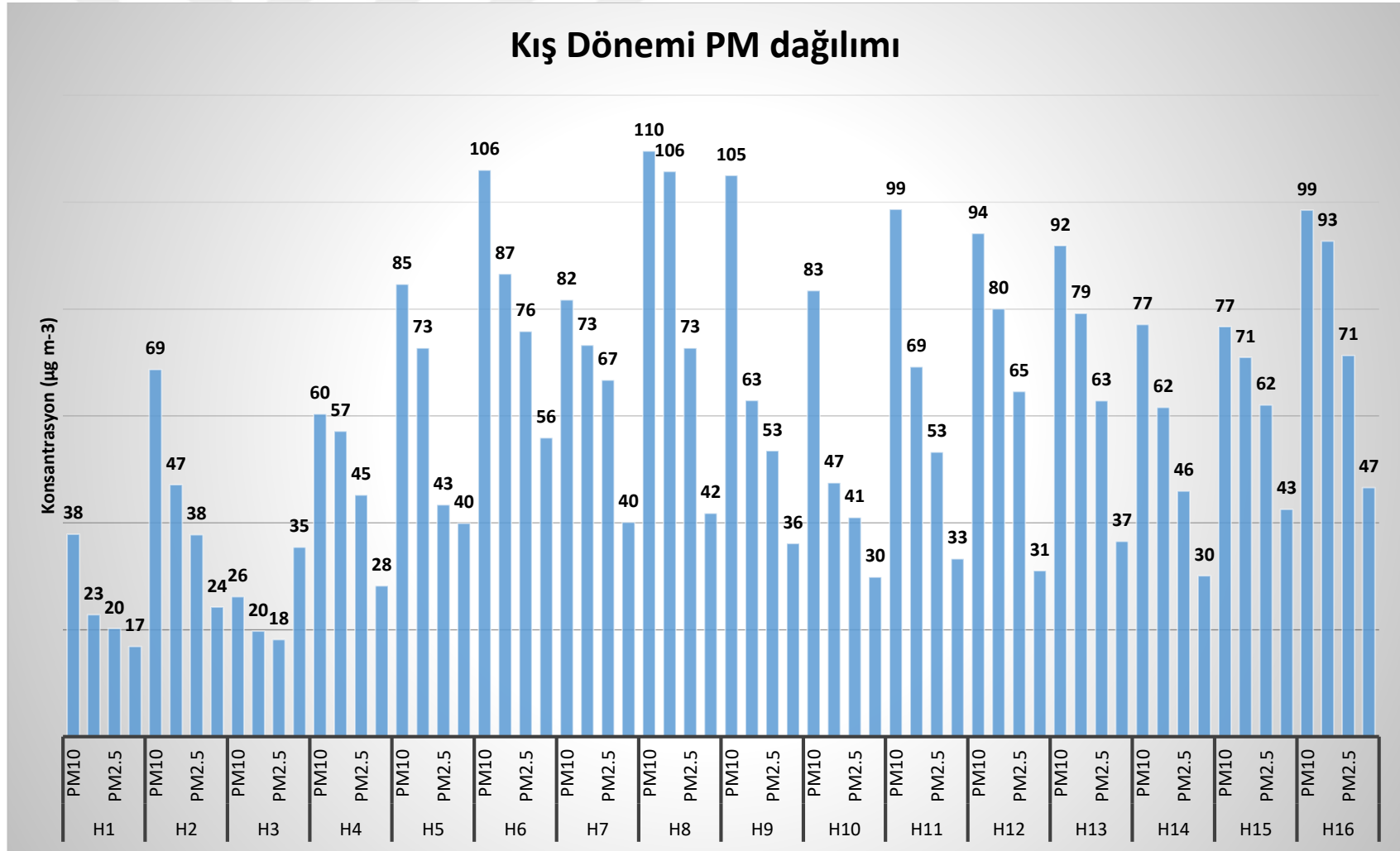
Yaz ve kış dönemine ait sonuçlar karşılaştırıldığında, bütün PM boyutlarında kış dönemi ortalamalarının daha yüksek kaydedildiği görülmüştür. Bunun en önemli sebebinin kış döneminde artan emisyonlar ve elverişsiz atmosfer koşulları (örn. daha

düşük karışım yükseklikleri vb.) olduğu düşünülmektedir. Ayrıca COVID-19 pandemi döneminde yaz dönemi antropojenik faaliyetlerin de azalması ile birlikte de PM boyutlarında bir kütle azalması olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmadan bağımsız olarak Aksaray İli'nde 2020 yılında gerçekleşen üç ana kapanma dönemindeki (23-26 Nisan, 1-3 Mayıs ve 23-26 Mayıs) PM₁₀ ve SO₂ konsantrasyon değişimleri ve karşılaştırma amaçlı 2018-2019 verisi değerlendirilmiştir (Şekil 4.3) İki yıllık geçmiş ortalama değerler ile karşılaştırıldığında PM₁₀ ve SO₂ konsantrasyonlarında istatistiki olarak önemli düşüşler kaydedilmiştir. PM₁₀ ve SO₂ için 1. kapanma döneminde sırasıyla %25,1 ve %5,7, 2. kapanma döneminde sırasıyla %30,6 ve %58,1 ve 3. kapanma döneminde sırasıyla %58,2 ve %93,0 oranında bir azalma kaydedilmiştir.

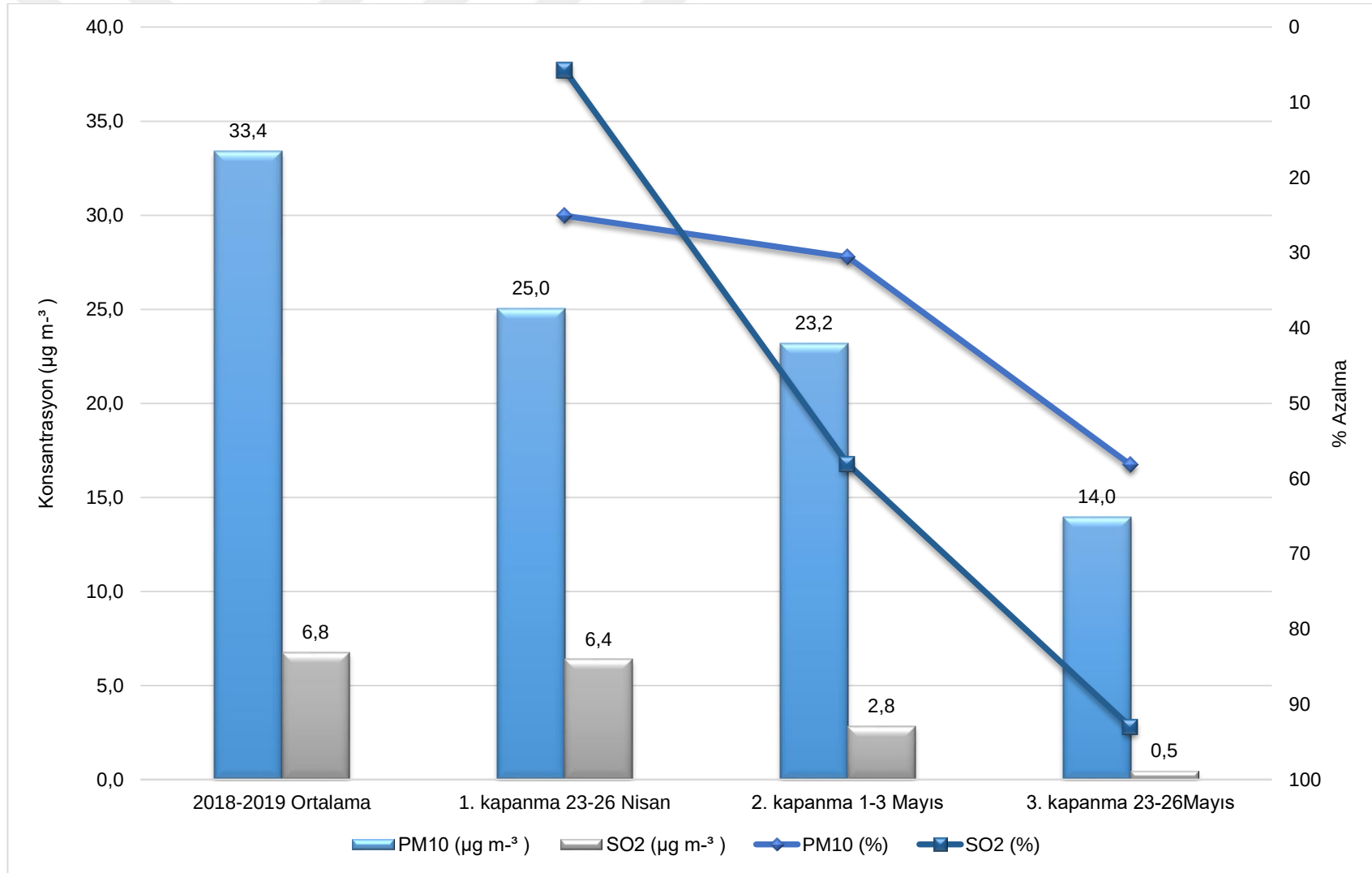




Şekil 4. 1.Yaz dönemi PM dağılımı.



Şekil 4. 2.Kış dönemi PM dağılımı.



Şekil 4. 3. Aksaray- COVID-19'un hava kalitesi üzerindeki etkisi.

4.3 PM Kompozisyonunda Belirlenen Parametrelerin İstatistiksel Özetleri

PM₁₀, PM₄, PM_{2,5} ve PM₁ fraksiyonlarında belirlenen PAH konsantrasyonları hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar sırasıyla Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5’de sunulmuştur.

PM₁ fraksiyonunda PAH bileşenlerinin görülme yüzdesi %60 (Ind) ve %96,7 (Flu-Phe) arasında değişiklik göstermektedir. PM₁ fraksiyonunda belirlenen ortalama PAH konsantrasyonları 0,004 ±0,001 ng m⁻³ (Ace) ve 1,09 ± 0,89 ng m⁻³ (BbF) arasında değişmektedir. BbF bileşeninden sonra ortalama en yüksek konsantrasyon Chr (0,98 ±0,73 ng m⁻³) için bulunmuştur. BaP güçlü bir kanserojen monomerdur ve konsantrasyonu, PAH'ların insanlar üzerindeki potansiyel sağlık riskini belirtmek için kullanılmıştır (Saarnio vd, 2008). 6.06.2008 tarih ve 26898 sayılı R.G. yayımlanarak yürürlüğe giren “Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği” kapsamında ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2000), BaP için günlük limit değeri 1 ng m⁻³ olarak belirlemiştir. Ortalama BaP konsantrasyonu ise 0,65±0,56 ng m⁻³ olarak belirlenmiştir ve bu sınır değerinin altında kaydedilmiştir. Fakat gözlenen maksimum değer 1,77 ng m⁻³ ile belirlenen limit değerinin üstünde saptanmıştır.

Çizelge 4. 2. PM₁ fraksiyonunda belirlenen PAH konsantrasyonları istatistikleri.

PM ₁ (ng m ⁻³)	Ort.	SS	Ortanca	Min.	Mak.	Yaz Ort.	Kış Ort.
Nap	0,53	0,62	0,39	0,005	2,41	0,22	0,71
Acy	0,14	0,22	0,04	0,01	0,69	0,09	0,18
Ace	0,004	0,001	0,00	0,0001	0,03	0,002	0,01
Flu	0,02	0,02	0,02	0,0002	0,08	0,04	0,02
Phe	0,08	0,08	0,06	0,01	0,27	0,02	0,13
Ant	0,03	0,04	0,02	0,0001	0,10	0,002	0,06
Flt	0,49	0,43	0,57	0,0004	1,41	0,05	0,70
Pyr	0,74	0,49	0,79	0,0002	1,70	0,13	0,89
BaA	0,92	0,42	0,89	0,31	1,82	0,59	0,94
Chr	0,98	0,73	1,06	0,0004	2,22	0,19	1,26
BbF	1,09	0,89	1,03	0,01	2,76	0,15	1,56
BkF	0,72	0,59	0,73	0,0001	1,98	0,13	1,04
BaP	0,65	0,56	0,60	0,0002	1,77	0,08	1,00
BghiP	0,93	0,54	0,87	0,15	2,11	0,44	1,00
DahA	0,21	0,11	0,22	0,06	0,43	0,11	0,21
Ind	0,91	0,53	0,93	0,06	1,79	0,43	0,97

PM_{2,5} fraksiyonunda PAH bileşenlerinin görülme yüzdesi %43,3 (DahA) ve %96,7 (Flu-Phe) arasında değişiklik göstermektedir. PM_{2,5} fraksiyonunda belirlenen ortalama PAH konsantrasyonları $0,009 \pm 0,017 \text{ ng m}^{-3}$ (Ace) ve $1,38 \pm 1,17 \text{ ng m}^{-3}$ (BbF) arasında değişmektedir. BbF bileşeninden sonra ortalama en yüksek konsantrasyon Chr ($1,27 \pm 0,95 \text{ ng m}^{-3}$) için bulunmuştur. Ortalama BaP konsantrasyonu ise $0,84 \pm 0,72 \text{ ng m}^{-3}$ olarak sınır değerin altında belirlenmiştir. Fakat gözlenen maksimum değer $2,05 \text{ ng m}^{-3}$ ile belirlenen limit değerin üstünde saptanmıştır.

Çizelge 4. 3. PM_{2,5} fraksiyonunda belirlenen PAH konsantrasyonları istatistikleri.

PM _{2,5} (ng m ⁻³)	Ort.	SS	Ortanca	Min.	Mak.	Yaz Ort.	Kış Ort.
Nap	0,755	0,864	0,359	0,001	3,104	0,243	1,139
Acy	0,181	0,272	0,052	0,005	0,848	0,105	0,252
Ace	0,009	0,017	0,004	0,0001	0,078	0,009	0,007
Flu	0,039	0,031	0,027	0,0002	0,126	0,062	0,022
Phe	0,132	0,125	0,077	0,011	0,438	0,024	0,208
Ant	0,052	0,067	0,017	0,0001	0,206	0,002	0,097
Flt	0,649	0,610	0,574	0,001	2,004	0,046	0,968
Pyr	1,002	0,679	1,162	0,001	2,418	0,135	1,206
BaA	1,185	0,555	1,319	0,315	2,376	0,590	1,225
Chr	1,270	0,953	1,348	0,001	2,663	0,197	1,648
BbF	1,382	1,172	1,434	0,003	3,369	0,140	2,080
BkF	0,865	0,767	0,710	0,001	2,272	0,117	1,379
BaP	0,835	0,718	0,809	0,003	2,046	0,087	1,302
BghiP	1,236	0,674	1,171	0,149	2,530	0,439	1,335
DahA	0,257	0,113	0,291	0,074	0,480	0,110	0,269
Ind	1,173	0,651	1,361	0,061	2,190	0,427	1,266

PM₄ fraksiyonunda PAH bileşenlerinin görülme yüzdesi %43,3 (DahA) ve %96,7 (Flu-Phe) arasında değişiklik göstermektedir. PM₄ fraksiyonunda belirlenen ortalama PAH konsantrasyonları $0,01 \pm 0,02 \text{ ng m}^{-3}$ (Ace) ve $1,396 \pm 1,18 \text{ ng m}^{-3}$ (BbF) arasında değişmektedir. BbF bileşeninden sonra ortalama en yüksek konsantrasyon Chr

($1,28 \pm 0,96 \text{ ng m}^{-3}$) için bulunmuştur. Ortalama BaP konsantrasyonu ise $0,84 \pm 0,72 \text{ ng m}^{-3}$ olarak sınır değerin altında belirlenmiştir. Fakat gözlenen maksimum değer $2,05 \text{ ng m}^{-3}$ ile belirlenen limit değerin üstünde saptanmıştır.

Çizelge 4. 4. PM₄ fraksiyonunda belirlenen PAH konsantrasyonları istatistikleri.

PM ₄ (ng m ⁻³)	Ort.	SS	Ortanca	Min.	Mak.	Yaz Ort.	Kış Ort.
Nap	0,899	1,053	0,397	0,007	3,771	0,292	1,354
Acy	0,215	0,340	0,066	0,005	1,261	0,115	0,308
Ace	0,010	0,020	0,004	0,00001	0,094	0,013	0,007
Flu	0,051	0,045	0,032	0,0002	0,156	0,082	0,030
Phe	0,146	0,132	0,087	0,014	0,466	0,029	0,228
Ant	0,059	0,076	0,017	0,000	0,231	0,004	0,110
Flt	0,667	0,628	0,579	0,001	2,050	0,046	0,995
Pyr	0,973	0,710	1,170	0,0002	2,446	0,108	1,228
BaA	1,185	0,555	1,319	0,315	2,376	0,590	1,225
Chr	1,278	0,961	1,355	0,001	2,675	0,198	1,659
BbF	1,396	1,176	1,451	0,009	3,390	0,143	2,101
BkF	0,871	0,769	0,747	0,001	2,272	0,121	1,386
BaP	0,838	0,718	0,837	0,005	2,046	0,087	1,307
BghiP	1,236	0,674	1,171	0,149	2,530	0,439	1,336
DahA	0,257	0,113	0,291	0,074	0,480	0,110	0,269
Ind	1,173	0,651	1,361	0,061	2,190	0,427	1,266

PM₁₀ fraksiyonunda PAH bileşenlerinin görülme yüzdesi %3,3 (DahA) ve %73,3 (Flt) arasında değişiklik göstermektedir. PM₁₀ fraksiyonunda belirlenen ortalama PAH konsantrasyonları $0,01 \pm 0,01 \text{ ng m}^{-3}$ (Ace) ve $1,697 \pm 1,16 \text{ ng m}^{-3}$ (BbF) arasında değişmektedir. BbF bileşeninden sonra ortalama en yüksek konsantrasyon Nap ($1,51 \pm 0,72 \text{ ng m}^{-3}$) için bulunmuştur. Ortalama BaP konsantrasyonu ise $0,84 \pm 0,64 \text{ ng m}^{-3}$ olarak belirlenen sınır değerin altında belirlenmiştir. Fakat gözlenen maksimum değer $1,79 \text{ ng m}^{-3}$ ile belirlenen limit değerin üstünde saptanmıştır.

Çizelge 4. 5. PM₁₀ fraksiyonunda belirlenen PAH konsantrasyonları istatistikleri.

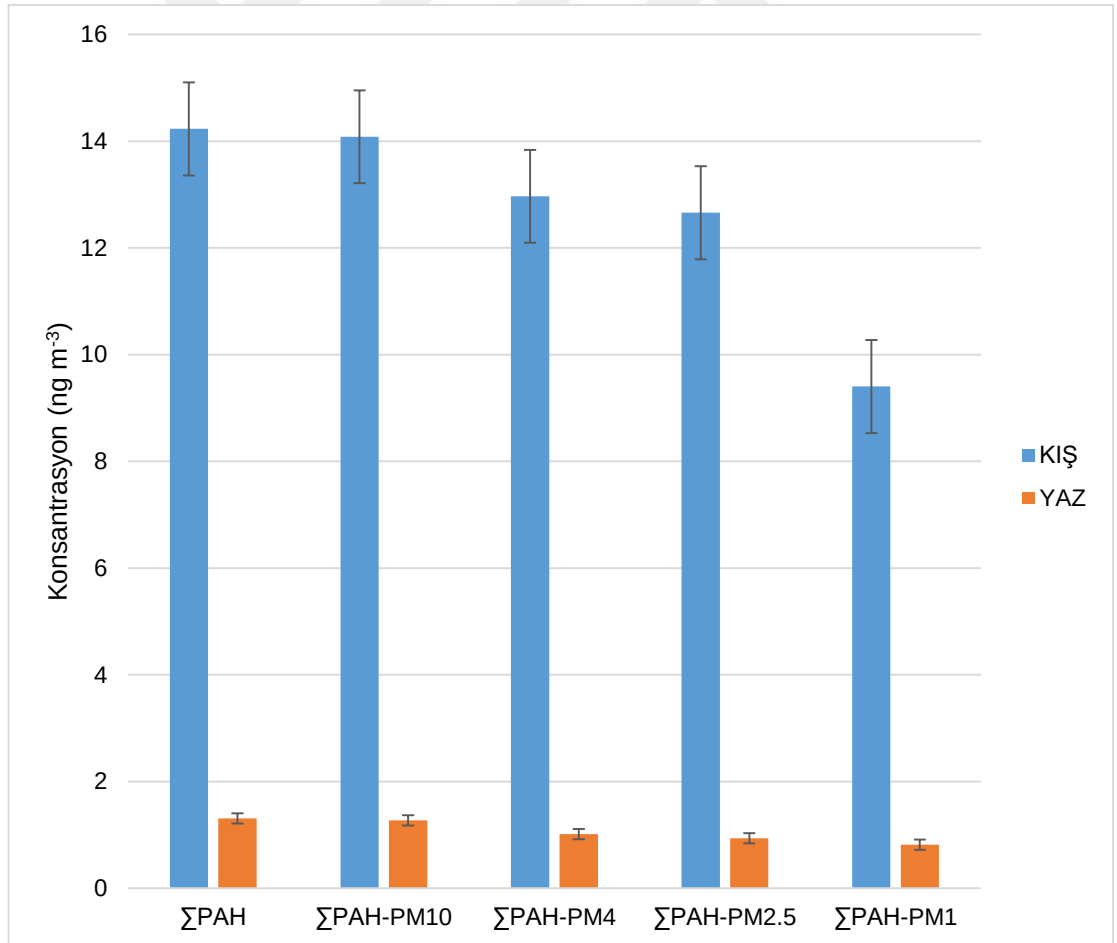
PM ₁₀ (ng m ⁻³)	Ort.	SS	Ortanca	Min.	Mak.	Yaz Ort.	Kış Ort.
Nap	1,508	1,718	0,769	0,004	5,283	0,451	2,330
Acy	0,415	0,561	0,113	0,001	1,685	0,101	0,819
Ace	0,010	0,012	0,002	0,000	0,036	0,015	0,001
Flu	0,216	0,371	0,111	0,004	1,528	0,138	0,302
Phe	0,177	0,184	0,086	0,019	0,578	0,039	0,295
Ant	0,122	0,128	0,068	0,000	0,359	0,024	0,160
Flt	0,788	0,677	0,912	0,0004	2,212	0,069	1,057
Pyr	1,088	0,762	1,259	0,0001	2,558	0,110	1,414
BaA	0,654	0,063	0,654	0,590	0,717	0,590	0,717
Chr	1,398	1,034	1,480	0,001	2,739	0,191	1,954
BbF	1,697	1,157	1,751	0,045	3,460	0,292	2,208
BkF	1,023	0,739	1,124	0,049	2,115	0,219	1,388
BaP	0,838	0,640	0,896	0,009	1,792	0,202	1,157
BghiP	0,513	0,216	0,513	0,297	0,729	0,729	0,297
DahA	0,110	0,000	0,110	0,110	0,110	0,110	
Ind	0,482	0,241	0,482	0,241	0,722	0,722	0,241

Dört farklı PM fraksiyonunda PAH'ların toplam katkıları ve mevsimselliklerini değerlendirmek üzere Çizelge 4.6. ve Şekil 4.4.'de hazırlanmıştır. Toplam PAH'larda belirgin bir mevsimsel değişiklik gözlenmiştir. Kış periyodunda yüksek seviyeler, ardından yaz periyodunda ise en düşük seviyeler görülmüştür. Bu sonuç literatürde yer alan diğer çalışmalarla da uyum içerisindedir (Gigliotti vd., 2000; Park vd., 2002; Terzi ve Samara, 2004). Mevsimsel farklılık, kış periyodunda artan fosil yakıt tüketimi ile açıklanabilir. Ek olarak, düşük atmosferik karışım yüksekliği ve azalan güneş ışığı yoğunluğu kış aylarında PAH kirliliğini arttırabilmektedir. Bunların yanı sıra 4.2 başlığı altında tartışıldığı gibi COVID-19 pandemi sürecinin de bu mevsimsellik üzerinde katkısı olduğu gerçeği kaçınılmazdır. Düşen antropojenik faaliyetlerle

birlikte PAH kaynaklarından salınan emisyonlarda da azalma gerçekleşmiş ve bu da aerosol yapısına katkısını azaltmıştır.

Çizelge 4. 6. PM fraksiyonlarında bulunan Σ PAH değerleri ve mevsimsel değişimleri.

PAH (ng m ⁻³)	KIŞ	SS	YAZ	SS
Σ PAH	14,23	6,15	1,31	1,90
Σ PAH-PM ₁₀	14,08	6,13	1,27	1,90
Σ PAH-PM ₄	12,97	6,09	1,01	1,91
Σ PAH-PM _{2,5}	12,66	6,03	0,94	1,91
Σ PAH-PM ₁	9,40	4,59	0,81	1,92



Şekil 4. 4. PM₁₀, PM₄, PM_{2,5} ve PM₁ 'de hesaplanan Σ PAH'lara ait mevsimsel dağılım.

4.4 PM Kompozisyonunda Belirlenen Parametrelere Ait Değerlerin Literatür ile Karşılaştırılması

Hava izleme çalışmalarında üretilen veri setinin literatürde verilen değerlerle karşılaştırılması, söz konusu izleme çalışmasının gerçekleştirildiği bölgenin genel hava kalite profili hakkında kaba da olsa bir bilgi sağlamaktadır. Bu nedenle bu çalışmada elde edilen verilerde literatürde yapılan çalışmalarla kıyaslanmıştır. Karşılaştırmada kullanılacak olan çalışmaların seçiminde karşılaşılan en büyük zorluk, kaskat impaktörle yapılan çalışmaların hem ülkemizde hem de dünyada çok nadir gerçekleştirilmesi ya da gerçekleştirilen çalışmaların çok az sayıda parametre ile sınırlı kalmasıdır. Bu nedenle bu çalışmada üretilen veri seti için PM₁₀ fraksiyonunda elde edilen değerler baz alınarak söz konusu karşılaştırma gerçekleştirilmiştir. Bu ve literatürde gerçekleştirilen diğer çalışmalarda PM₁₀ fraksiyonunda belirlenen parametrelere ait sonuçlar Çizelge 4.7’de sunulmuştur

Bu çalışma Dumanoglu vd. (2017) ve Akyüz ve Çubuk (2008)’un Kütahya ve Zonguldak’ta yaptıkları çalışmalar sonucunda elde edilen değerlerden düşük kaydedilmiştir. Bu durum, Aksaray atmosferini etkileyen kirletici kaynakların bahsi geçen kentlere kıyasla daha az olmasına bağlanmaktadır. Esen vd. (2008) ve Ayyıldız vd. (2020)’in Bursa kenti atmosferinde yürüttükleri çalışmalardan elde edilen sonuçlara kıyasla daha yakın olduğu görülmektedir. Yine dünyanın birçok kentinde yapılan bazı çalışmaların sonuçları ile kıyaslandığında bu çalışmada elde edilen sonuçların Hong vd., (2007)’nin Çin’in Xiamen kentine yaptığı çalışmada elde ettiği sonuç aralığında kaldığını görmekteyiz. Yunanistan, İspanya ve İsveç’de yapılan çalışmaların ise bu çalışmadan elde edilen toplam PAH konsantrasyonlarından daha düşük seviyelerde kaldığı görülmüştür (Mantis vd., 2005; Barrado vd., 2013; Sanchez vd., 2021). Bu durum PAH konsantrasyonlarına katkıda bulunan antropjenik kaynakların örnekleme yapılan yerden yere farklılık göstermesine dayanmaktadır. Ancak Çizelge 4.7’de sunulan ve bu çalışmada PM₁₀ fraksiyonunda elde edilen diğer değerlerin literatürde verilen değerlerle kıyaslanabilir olduğunu söylemek mümkündür.

Çizelge 4. 7. Bu çalışmada PM₁₀ fraksiyonunda belirlenen toplam PAHların literatürde verilen değerlerle karşılaştırılması.

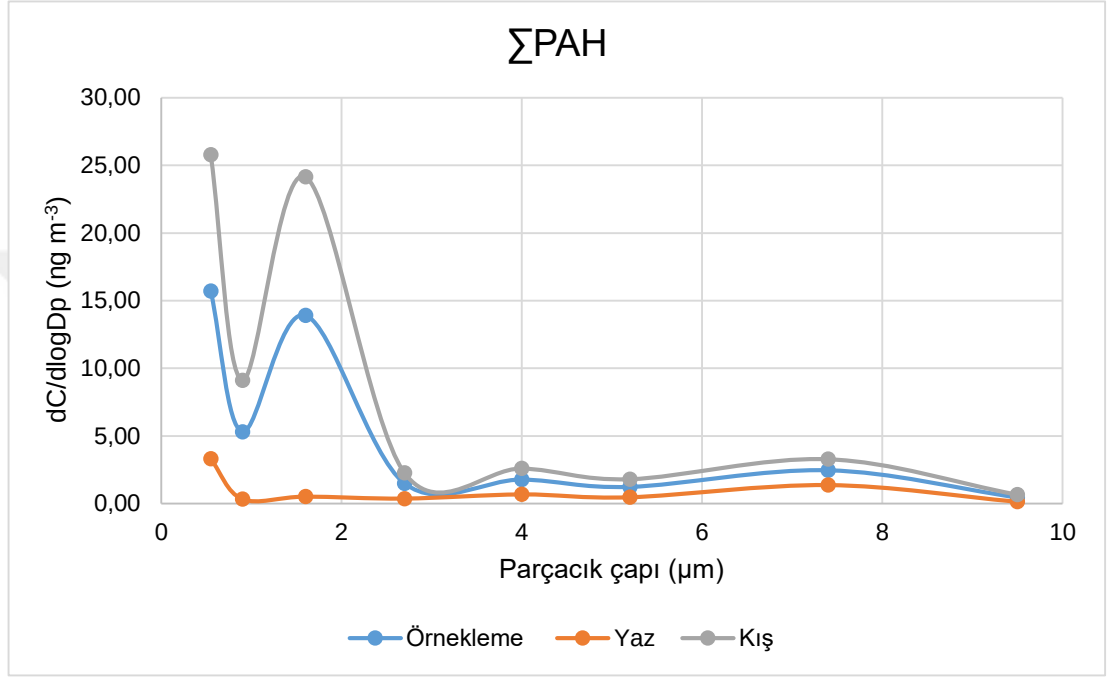
PAHların sayısı	Σ PAH konsantrasyonu (ng m ⁻³)	Parçacık boyutu (µm)	Kaynak
15	1,07-19,37	10	Hong vd., 2007
13	0,65-7,93	10	Mantis vd., 2005
33	0,4-4,2	10	Barrado vd., 2013
12	1,3	10	Sanchez vd., 2021
18	0,58-145	2,5	Wu vd., 2014
18	5,8-180,32	10	Wu vd., 2014
15	0,02- 7,04	2,5-10	Contini vd., 2011
14	5,3	2,5	Esen vd., 2008
16	4,91-5,32	2,5	Ayyıldız vd., 2020
14	28	10	Akyüz ve Çubuk, 2008
16	18,7-240	10	Dumanoğlu vd., 2017
16	11,04	10	Bu çalışma

4.5 PAH'ların Parçacık Boyutuna Göre Değişimi

Bu çalışmada sekiz katmanlı kaskat impaktörle farklı parçacık boyutlarında PM örnekleri toplanmış ve toplanan bu filtrelerde organik kirletici gruplarından PAHlar analiz edilerek bir veri seti oluşturulmuş ve farklı fraksiyonlarda PAH'ların konsantrasyon değişimlerini değerlendirebilme fırsatı bulunmuştur.

Şekil 4.5'te Σ PAH konsantrasyonunun parçacık boyutuna bağlı değişimi verilmiştir. Bu göre baktığımız zaman kış mevsiminde parçacık çapı arttığında kütle konsantrasyonu azalmaktadır. Buna göre Σ PAH bimodal (çift tepeli) dağılım göstermiş ve ultra ince parçacık boyutunda pik konsantrasyona ulaşmıştır. Bu da

Aksaray il merkezinde Σ PAH'ın daha çok antropojenik emisyonlar sonucunda atmosfere salındığını göstermektedir. Mevsimsellik açısından bakıldığında ise kış periyodunda Σ PAH konsantrasyonlarının yaz periyoduna kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum daha önce de belirtildiği gibi kış periyodunda artan emisyonlar ve meteorolojik durumlar ile açıklanabilir.



Şekil 4. 5. Σ PAH konsantrasyonunun parçacık çapına bağlı değişimi.

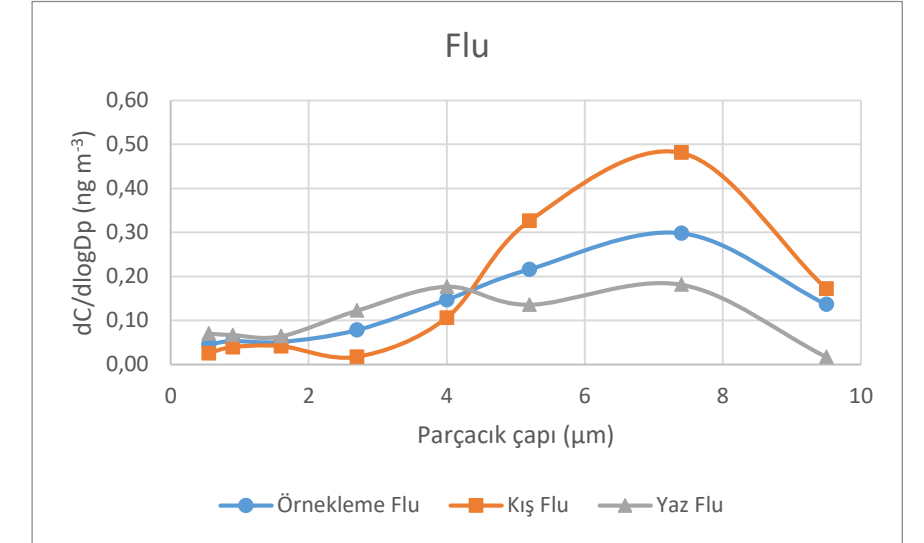
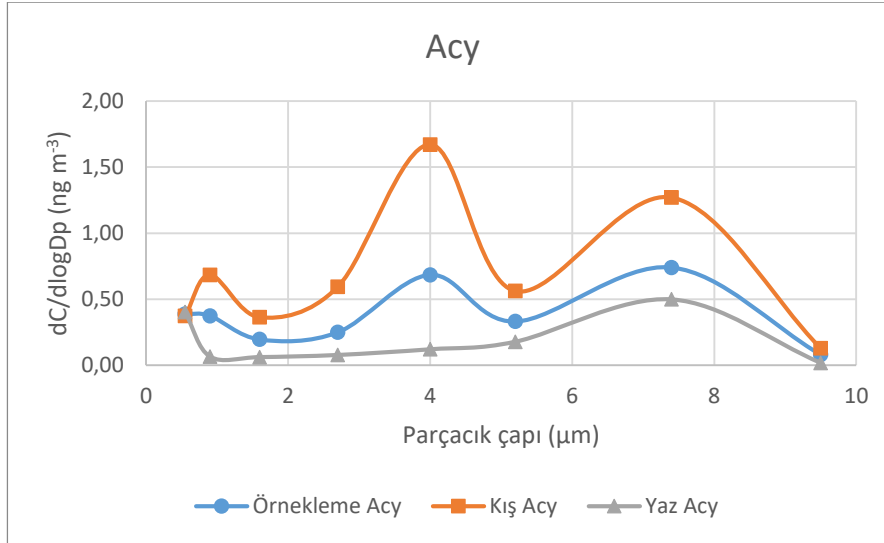
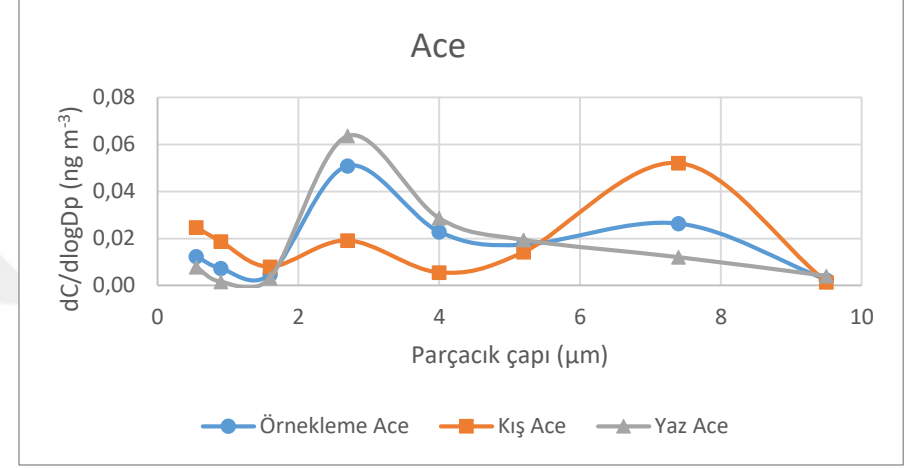
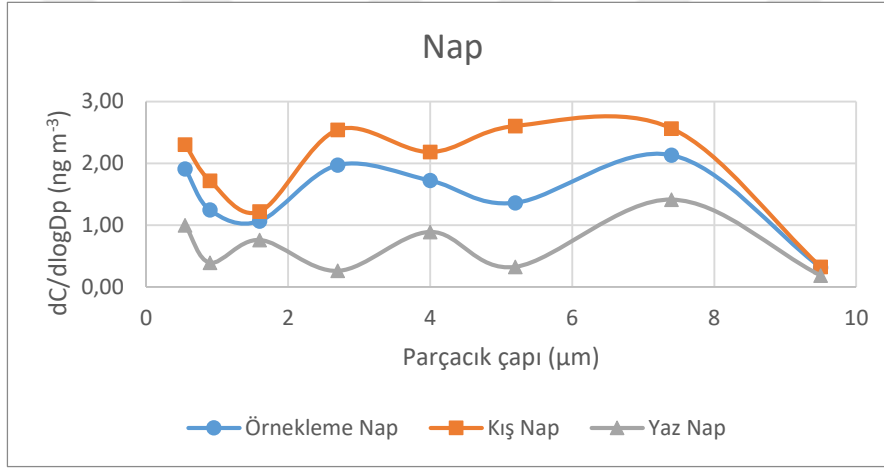
Söz konusu çalışmada PM kompozisyonunda belirlenen PAH bileşenlerinin parçacık boyutuna bağlı olarak gösterdikleri değişim Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da verilmiştir.

Nap trimodal dağılım gösterirken, Acy yaz periyodunda bimodal ve kış döneminde ise trimodal dağılım göstermiştir. Ace bimodal dağılım göstermiş ve kış periyodunda kaba parçacık modunda konsantrasyonu fazla iken, yaz periyodunda ince parçacık modunda daha fazla konsantrasyon görülmüştür. Bunların aksine Flu ise unimodal dağılım göstermiş ve Ace'ye benzer şekilde kış periyodunda kaba parçacık modunda konsantrasyonu artmıştır. Daha büyük partiküllerde daha düşük moleküler ağırlıklı PAH dağılımları, bu türlerin emisyon boyutu dağılımlarındaki farklılıklardan veya farklı gaz-partikül fazı arasındaki dağılımdan kaynaklanabilir (Venkataraman vd., 1999).

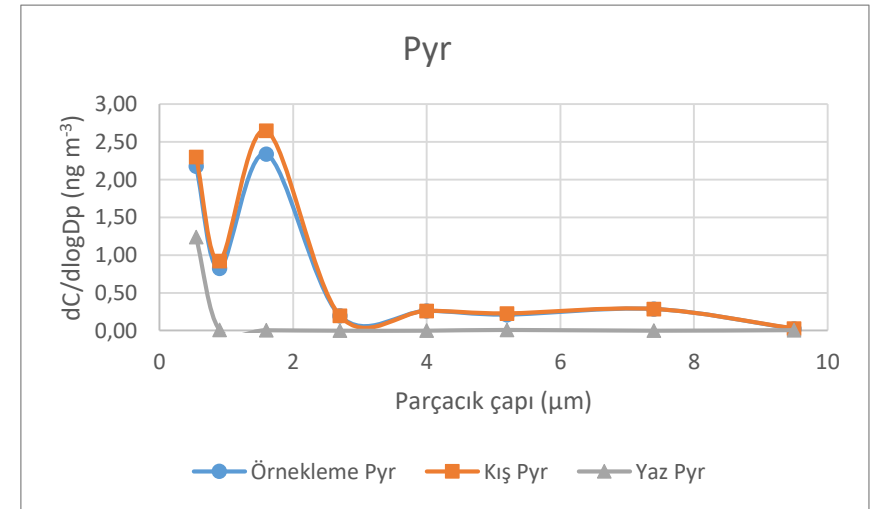
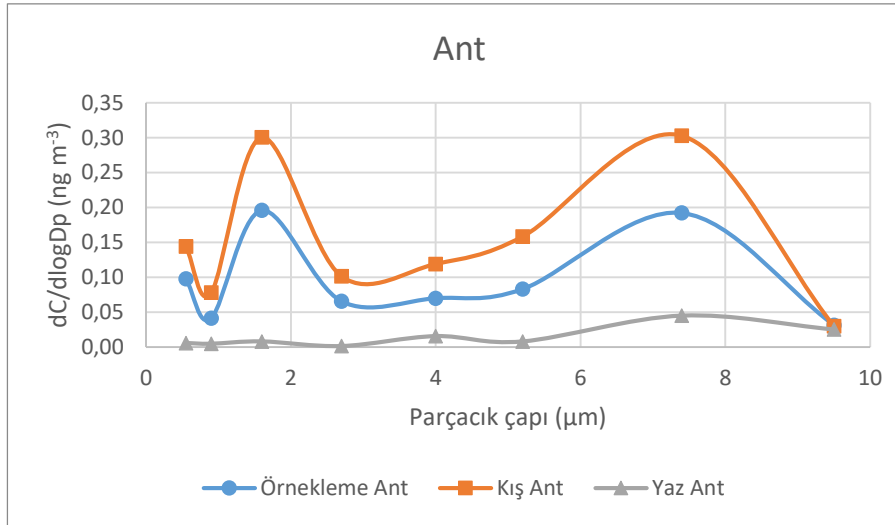
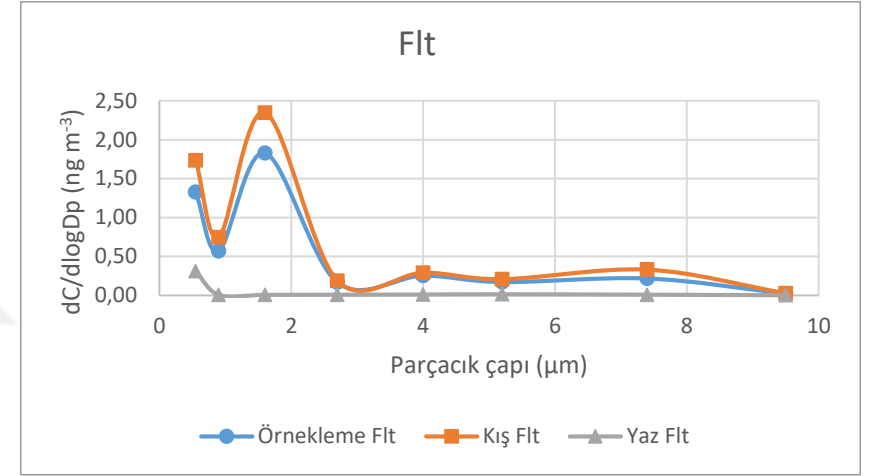
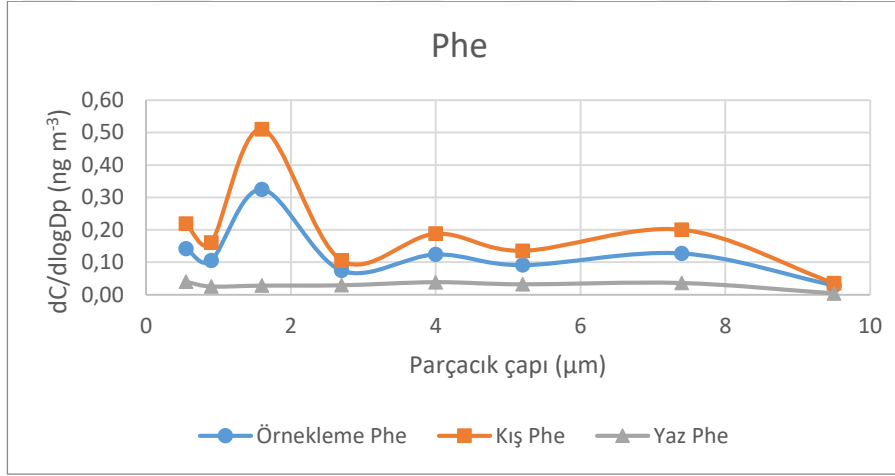
Phe, Flt ve Pyr kış periyodunda ve örnekleme süresince bimodal dağılım, yaz periyodunda ise unimodal dağılım göstermiş ve ultra-ince parçacık ve ince parçacık modunda konsantrasyon yoğunluğu belirlenmiştir. Ant ise kış periyodunda ve örnekleme süresince trimodal dağılım, yaz döneminde ise unimodal dağılım göstermiştir.

BaA, Chr, BbF ve BkF bimodal dağılım göstermiş ve ultra-ince ve ince parçacık modu konsantrasyonları açıkça baskın belirlenmiştir. Benzer durum BaP, BghiP, DahA ve Ind için de görülmektedir. Daha yüksek moleküler ağırlıklı PAH'ların ince parçacık modunda adsorbe edildiği, daha uçucu PAH'ların ise daha büyük parçacık modu ile ilişkili olduğu birçok çalışma tarafından bildirilmiştir (Venkataraman ve Friedlander, 1994; Allen vd., 1996). PAH esas olarak yanma kaynakları tarafından atmosfere salınır ve gaz fazında yayılır veya çok ince parçacık moduyla ilişkilendirilir ve daha sonra buharlaşma ve yoğunlaşma yoluyla kaba parçacık moduyla ilişkilendirilir. Çok daha düşük soğutulmuş sıvı buhar basınçlarına ve Henry sabitine (USEPA, 1988) sahip olan daha yüksek moleküler ağırlıklı PAH'ların, daha düşük moleküler ağırlıklı PAH'lara göre kaba parçacık moduna geçmesi çok daha uzun süreler gerektirmesi ve ince partiküllerde kalma eğiliminde olması beklenir (Allen vd., 1996).

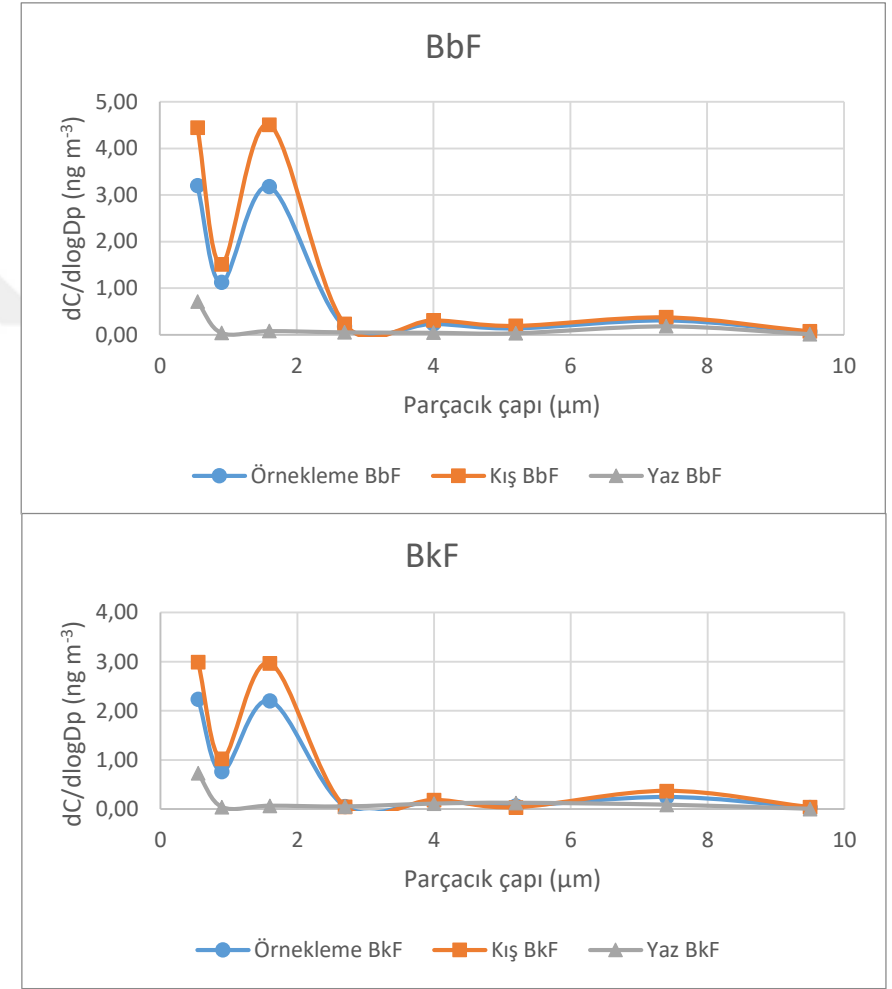
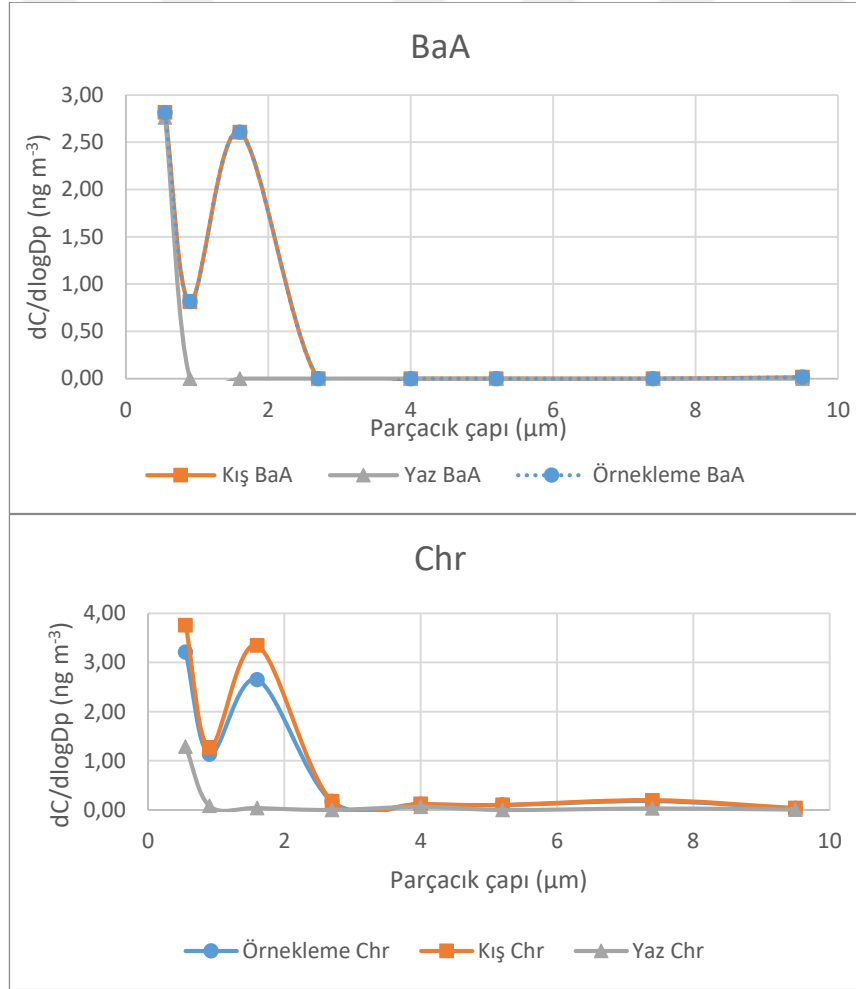
Allen (1997), çok düşük buhar basınçlı PAHlar için ince ve kaba parçacık modları arasındaki geçiş sürelerinin aylar civarında olduğunu hesaplamıştır. Büyük parçacık moduna gelindiğinde ise, bunların atmosferde kalma süreleri kısadır ve bu sebeple, atmosferik gaz fazı ile dengeye gelmesi için gerekli süre sınırlıdır. Ayrıca ince parçacık modunun koagüle olarak kaba parçacık moduna dönüşebileceği de belirtilmelidir. Kaba parçacık modu ile ilişkili PAH'ların ana mekanizması yalnızca ince partiküllerin koagüle yoluyla olsaydı, ince ve kaba partiküllerdeki PAH profilleri benzer olurdu. Ancak Allen vd. (1996), bu hipotezin doğru olmadığını açıklamıştır. Bu çalışmada da benzer sonuçlar bulunmuştur. Şekil 4.6-Şekil 4.9, yapılan analizler sonucunda moleküler ağırlık yükseldikçe, kaba partiküllerle ($D_p > 2,1 \mu m$) ilişkili PAH fraksiyonunun monoton olarak azaldığını göstermektedir.



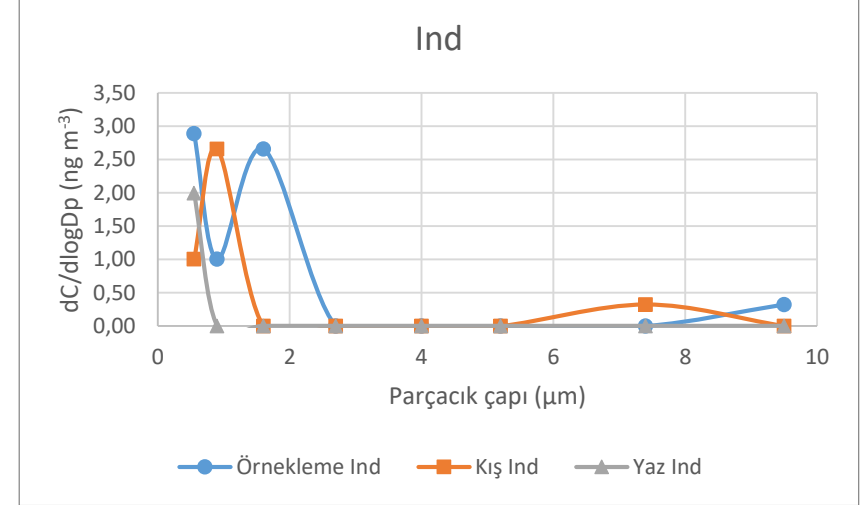
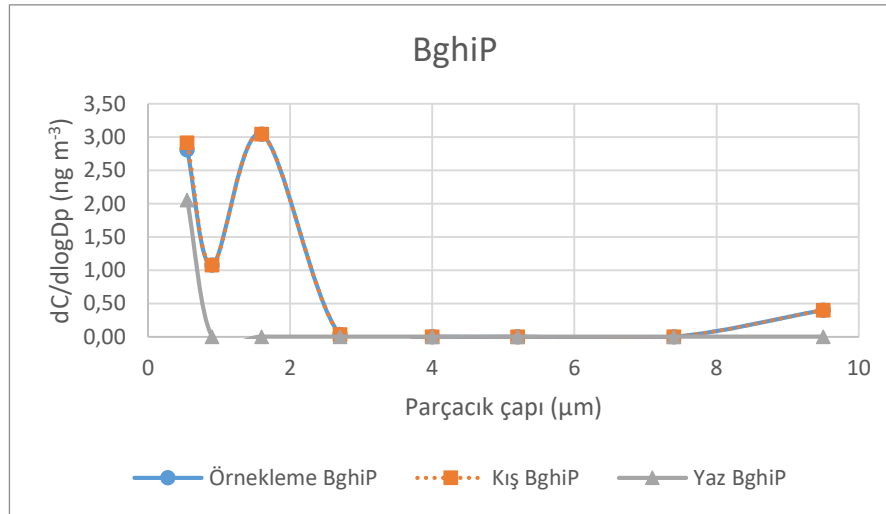
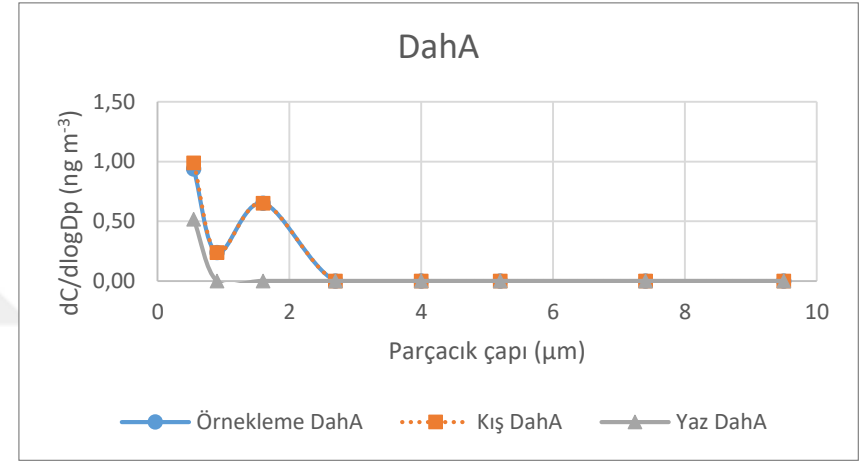
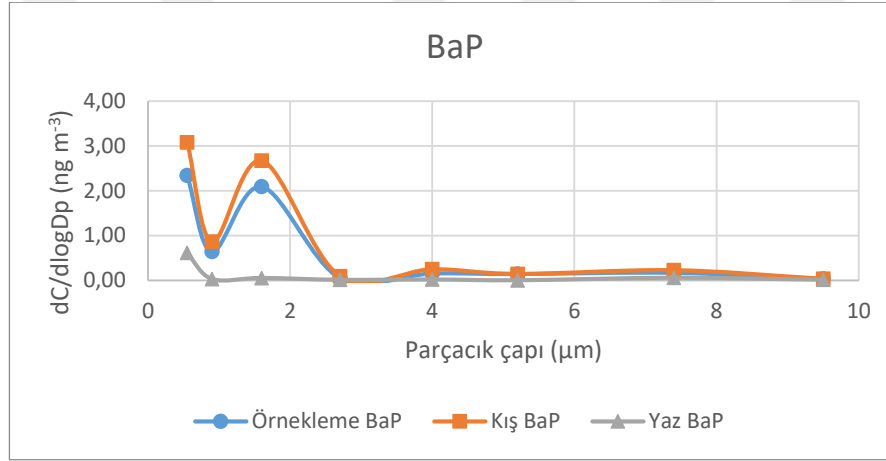
Şekil 4. 6. Nap, Acy, Ace ve Flu kütle konsantrasyonunun parçacık çapına bağlı değişimi.



Şekil 4. 7. Phe, Ant, Flt ve Pyr kütle konsantrasyonunun parçacık çapına bağlı değişimi.



Şekil 4. 8. BaA, Chr, BbF ve BkF kütle konsantrasyonunun parçacık çapına bağlı değişimi.



Şekil 4. 9. BaP, BghiP, DahA ve Ind kütle konsantrasyonunun parçacık çapına bağlı değişimi.

4.6 Diagnostik Oranlar ile Kaynak Belirleme

PAH kaynaklarının farklılıklarını daha iyi tanımlamak için birçok kaynak belirleme çalışmasında kullanılan $\Sigma\text{LMW}/\Sigma\text{HMW}$, $\text{Flt}/(\text{Flt}+\text{Pyr})$, $\text{BaA}/(\text{BaA}+\text{Chr})$, $\text{Ant}/(\text{Ant}+\text{Phe})$ ve Chr/BaA diagnostik oranları analiz edilmiştir. Bu oranlar örnekleme dönemi, yaz ve kış periyodları için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Çizelge 4.8’de yer alan değerlere bakıldığında özellikle kış periyodunda domine eden kaynakların petrojenik olduğu ve yaz periyodunda da pirolojik kaynakların baskın olduğu görülmektedir.

ΣLMW 'nin ΣHMW PAH'lara oranı, petrojenik ve pirojenik kaynaklar arasında ayırım yapmayı amaçlar. <1 değerleri pirojenik kaynakları, >1 değerleri ise petrojenik kaynakları gösterir (Hwang ve Foster, 2006; Zhang vd., 2008). Tüm dönemlerde 0,11 ve 0,21 arasında değişen değerler pirojenik kaynakların işaretçisi olmaktadır. $\text{Flt}/(\text{Flt}+\text{Pyr})$ oranı, petrol, petrol yanması ve yanma kaynakları hakkında fikir verir. 0,4'ün altındaki oran değerleri petrojenik kaynağı gösterir, 0,4 ile 0,5 arasındaki değerler fosil yakıt yanmasını gösterirken, 0,5'den büyük değerler çim-odun-kömür yakmasını gösterir (Yunker vd., 2002). Örnekleme dönemi ve kış periyodunda çim-odun-kömür yakması baskın kaynak olarak hesaplanırken, yaz periyodunda ise petrojenik kaynakların hakim olduğu görülmüştür. $\text{BaA}/(\text{BaA}+\text{Chr})$ oranı, petrojenik, kömür yakma ve trafik emisyon kaynakları hakkında bilgi sağlar. 0,2'nin altında olan değerler petrojenik kaynakları, 0,2 ile 0,35 arasındaki değerler kömür yakma emisyonlarını, 0,35'den büyük değerler de trafik emisyonlarını gösterir (Yunker vd., 2002; Dickhut vd., 2000). Sonuçlara bakıldığında ise bu diagnostik oran için ezici çoğunlukla trafik emisyonları tüm dönemlerde baskın gelmiştir. $\text{Ant}/(\text{Ant}+\text{Phe})$ oranı, 0,1'den küçük değerler için petrojenik ve 0,1'den büyük değerler için de yakma kaynaklarını gösterdiğinden, petrojenik ve yakma kaynakları arasında ayırım yapar (Yunker vd., 2002). Örnekleme döneminin genelinde ve kış periyodunda yanma kaynakları baskın gelirken, yaz periyodunda ise petrojenik kaynaklar baskın gelmiştir. Son olarak Chr/BaA oranı da 1'den küçükse pirojenik, 1'den büyükse de petrojenik kaynakların göstergesidir. Yaz döneminde pirojenik kaynakların baskın olduğu ve kalan dönemlerde de petrojenik kaynakların domine ettiği görülmüştür.

Çizelge 4. 8. Örneklem, yaz ve kış dönemlerine ait PAH diagnostik oranları.

Diagnostik oran	Değer aralığı	Kaynak	Örneklem	Yaz	Kış
$\Sigma\text{LMW}/\Sigma\text{HMW}$	<1	pirojenik *	0,11*	0,19*	0,21*
	>1	petrojenik**			
Flt/(Flt+Pyr)	<0,4	petrojenik*	0,62***	0,23*	0,79***
	0,4-0,5	fosil yakıt emisyonu**			
	>0,5	çim-odun-kömür yakma***			
BaA/(BaA+Chr)	0,2-0,35	kömür yakma*	0,48**	0,75**	0,43**
	>0,35	trafik emisyonu**			
	<0,2	petrojenik***			
Ant/(Ant+Phe)	<0,1	petrojenik*	0,72**	0,09*	0,32**
	>0,1	yakma **			
Chr/BaA	1<	pirojenik *	1,07**	0,33*	1,35**
	>1	petrojenik**			

4.7 Kirletici Kaynakların Belirlenmesi (PMF)

Kaynak belirleme çalışmalarında birçok farklı yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerde kaynakların izleyicileri olarak organik bileşenler de kullanılmaktadır. Bir kaynaktan birçok kirletici salınmakta ve kaynaklar o kaynak türündeki kirleticilerin

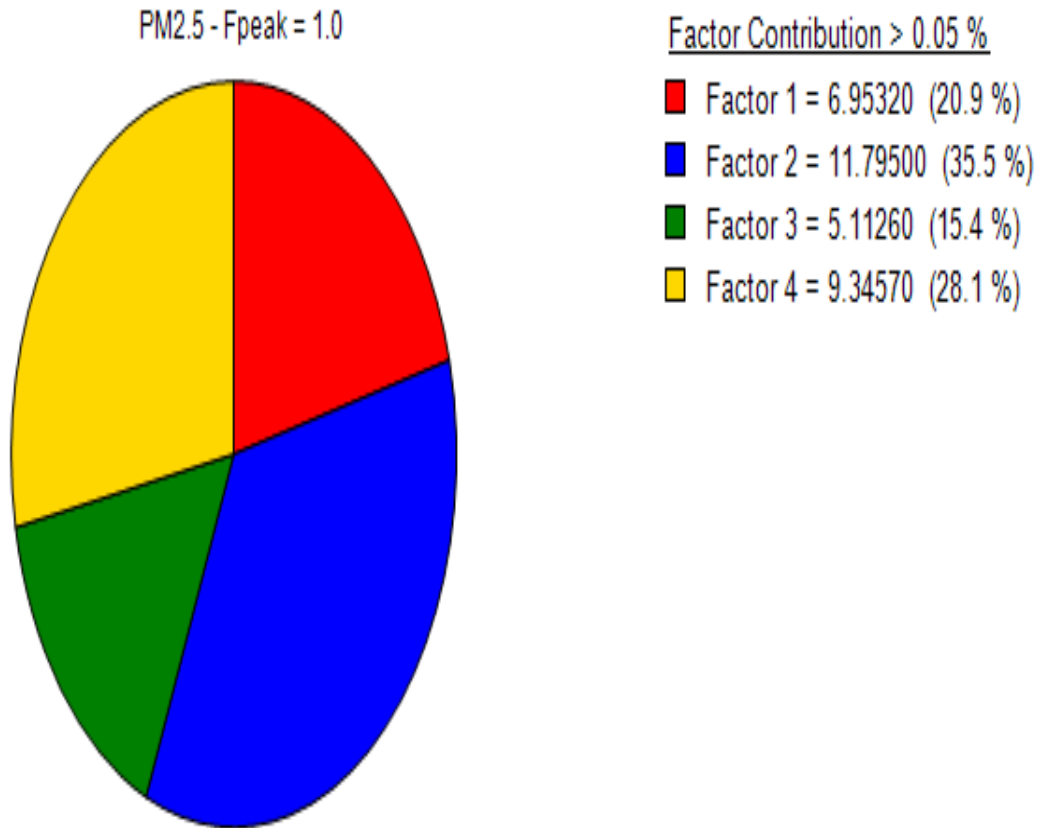
birbirlerine oranı olarak tanımlanmaktadır. Bu kirleticilerin birçoğu sadece bir kaynak türünden salınmadığından kaynakların belirlenmesi daha da zorlaşmaktadır. Literatürde en yaygın olarak kullanılan araçlardan biri olan Pozitif Matris Faktörizasyonu (PMF) yönteminde kaynakların tipleri ve kaynak katkı payları sonuç olarak kullanıcıya verilse dahi bu kaynak türlerini doğru olarak tanımlayabilmek yine kullanıcının sorumluluğundadır ve bu deneyimsiz bir kullanıcı için zor bir süreç olabilmektedir. Bu nedenlerden dolayı kaynakların doğru olarak belirlenebilmesi amacıyla çalışmanın kaynak belirleme kısmında PMF ve Koşullu Olasılık Fonksiyonu (KOF) birlikte kullanılmıştır. Bu yöntemler Materyal ve Metot kısmında açıklandığı için bu bölümde tekrar edilmeyecektir.

Bu çalışmada EPA PMF 5.0 kullanılmıştır. PMF modelin çalıştırabilmek için daha önce 2 dosyanın hazırlanmış olması gerekmektedir, bunlardan ilki ölçülen kirleticilerin konsantrasyonlar içeren bir dosyadır ve ikinci dosya ise her veri için karşılık gelen belirsizlikleri içermektedir. PMF boş verileri kabul etmediğinden, eksik veriler o bileşenin geometrik ortalaması ile değiştirilmiştir ve bu veriler için karşılık gelen belirsizlikler ise Reff vd. (2007), tarafından açıklandığı gibi geometrik ortalamanın 4 katı olarak belirlenmiştir. Metot tayin limitlerinin (MTL) altında kalan değerler veri setinden silinmemiştir. Bunun yerine o değerler MTL/2 değeri ile değiştirilmiştir. Buna karşılık gelen belirsizlik ise $5/6 \times \text{MTL}$ olarak belirsizlik dosyasına girilmiştir.

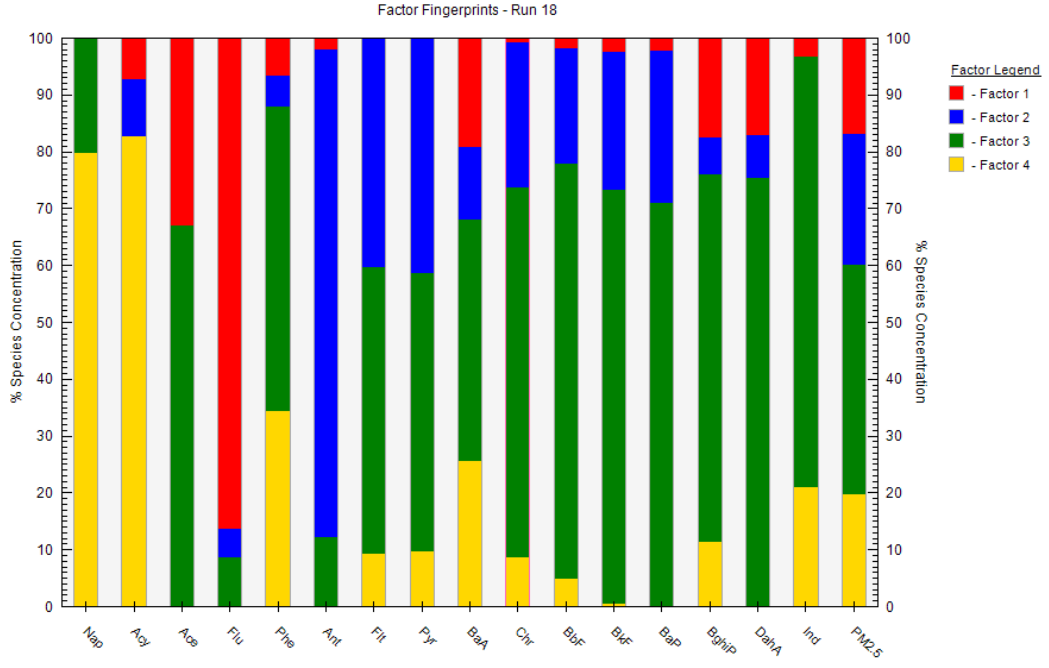
EPA PMF 5.0, veri ve belirsizlik dosyaları modele girildikten sonra tüm elementlerin ölçüm sonucunun belirsizliğe oranını (S/N ratio) verir; bu, ölçümlerdeki değişkenliğin gerçek mi yoksa verilerin gürültüsü (Noise) içinde mi olduğunu gösterir. S/N değerlerine göre kirleticiler EPA PMF 5.0 modelinde 3 kategoride değerlendirilmektedir. Norris vd. (2014), S/N değeri 0,5 ten küçük olanla kirleticileri kategorisinin “BAD” yapılarak analizden çıkarılması gerektiğini bildirmektedir. Ancak burada dikkat edilmesi gereken nokta bazı kirleticiler bazı kaynak türlerinin önemli izleyicisi olabilmesidir. Bu yüzden bir kirleticiyi “BAD” kategorisine almada dikkatli davranılmalıdır. Yine yazar S/N değeri 0,5 ten büyük ama 1’den küçük olan kirleticileri “WEAK” kategorisinde, S/N oranı 1’den büyük kirleticilerin ise “STRONG” kategorisinde olmasını önermektedir. Bu çalışmada tüm bileşenler için S/N oranı 1’den büyük olduğundan tüm kirleticiler “STRONG” seçilmiştir.

Yine birçok deneme sonrasında PMF analizinde performans kriterlerine yakınlığına göre 4 faktörlü çözüm optimum olarak seçilmiştir. PMF’te ilk performans parametresi, Q_{true} ’nun $Q_{expected}$ ’a oranıdır. PMF analizinde önemli bir adım olan faktör sayısı, bu parametrenin performansı ile belirlenebilmektedir. Bu oranın da en fazla 2 olması beklenmektedir. PMF Q_{true}/Q_{exp} oranını kendisi hesaplamaktadır. Bu oran 4 faktörlü çözüm için 1,0 olarak hesaplanmıştır.

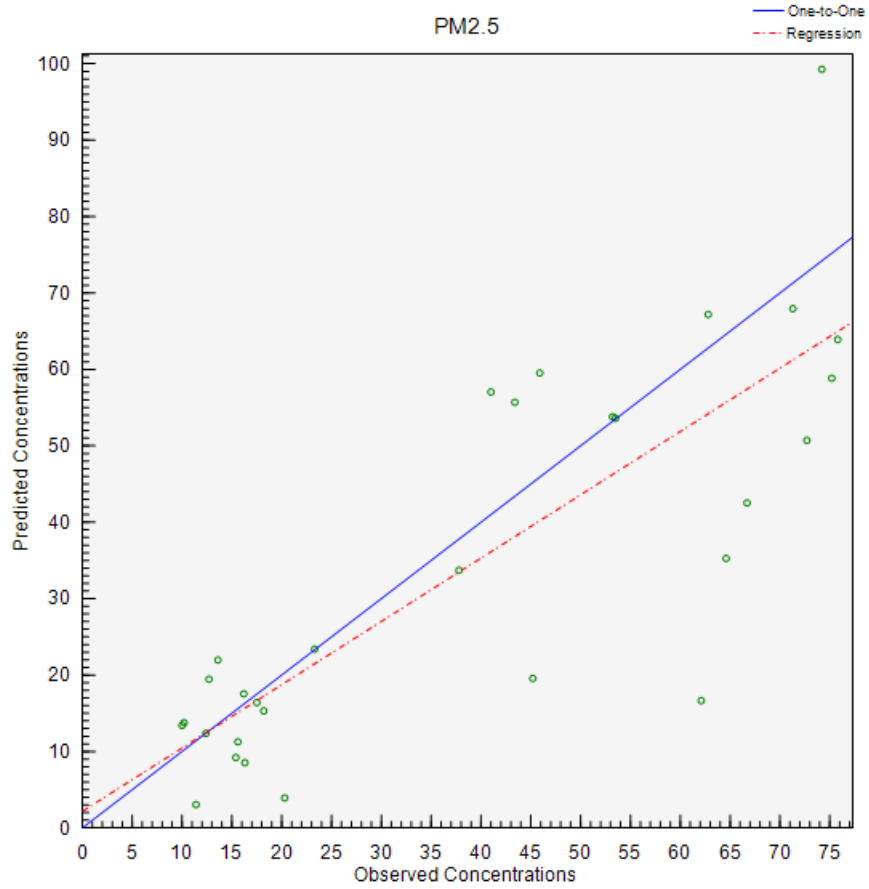
PMF modeli $PM_{2,5}$ fraksiyonuna uygulanmıştır ve yukarıda bahsedilen performans kriterlerine göre 4 faktörlü bir çözüm elde edilmiştir. Bu faktörler ise aşağıda tartışılmıştır. 4 Faktör için modellenen $PM_{2,5}$ kütlesine 4 Faktörün yüzde katkıları Şekil 4.10’da ve PAH bileşenlerinin 4 Faktör’e yüzde katkıları da Şekil 4.11’de verilmiştir. 4 Faktör için modellenen $PM_{2,5}$ kütlesinin ölçülen $PM_{2,5}$ kütlesi ile korelasyon grafiği Şekil 4.12’de verilmiştir. 4 Faktörlü çözümde modellenen $PM_{2,5}$ kütlesi ile ölçülen $PM_{2,5}$ kütlesinin korelasyonu için R^2 değeri 0,73 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.10. $PM_{2,5}$ kütlesine 4 Faktörün yüzde katkıları.

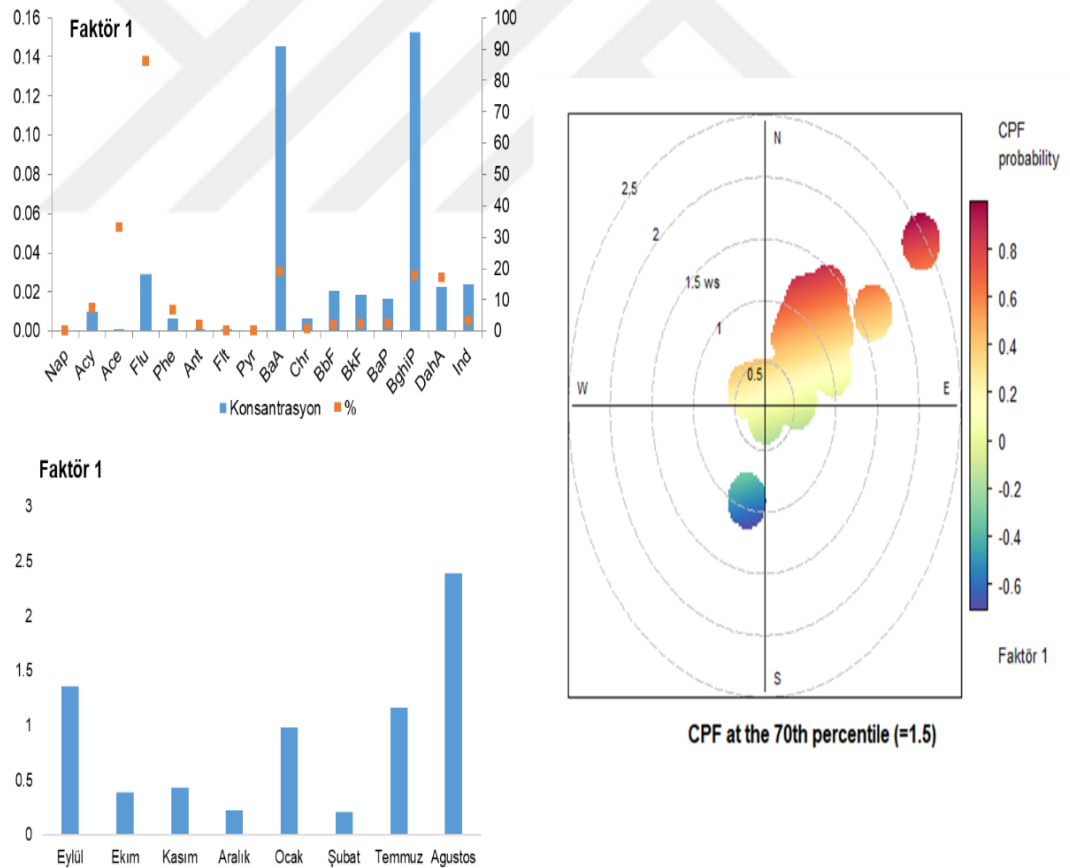


Şekil 4. 11. PAH bileşenlerinin 4 Faktör'e yüzde katkıları.



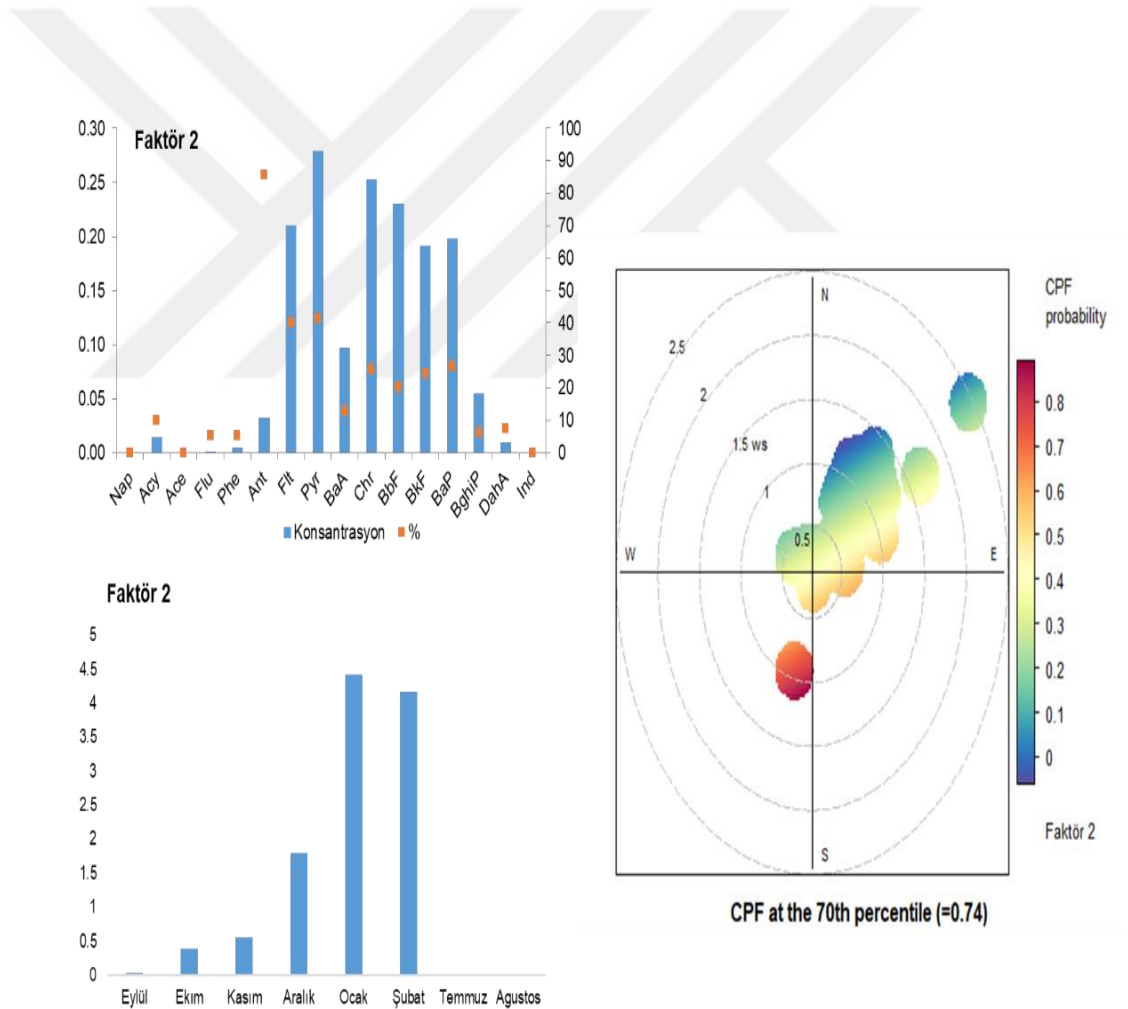
Şekil 4. 12. Modellenen PM_{2,5} kütlesinin ölçülen PM_{2,5} kütlesi ile korelasyonu.

PM_{2,5} fraksiyonunda çözümlenen ilk faktörde bileşenlerin açıklanan yüzdeleri, konsantrasyonları, kaynak katılarının aylık ortalamaları ve Faktör 1'in kaynak katkıları ile uygulanan KİDOF grafiği Şekil 4.13'te verilmiştir. Birinci faktör esas olarak Flu (%86), Ace (%33), BaA (%19.5), BghiP (%17) ve DahA (%17) tarafından tanımlanmıştır. Bu bileşenlerin kaynak katkılarının da yaz aylarında daha yüksek olduğu ve PM_{2,5}'e olan katkısının da %20,9 olduğu görülmektedir. Daha uçucu PAH türlerinin ve daha yüksek moleküler ağırlıklı PAH türlerinin PMF çalışmalarında evaporatif emisyon ve tam yanmamış petrol kaynaklarını işaret ettiği belirtilmiştir. KİDOF grafiğinde ise muhtemel kaynak bölgesini düşük rüzgâr hızlarında bile Aksaray şehir merkezinin bulunduğu kuzey rüzgar sektörünü işaret etmektedir. Bu tartışılanlar ışığında Faktör 1 “Evaporatif emisyon ve tam yanmamış petrol” faktörü olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.13).



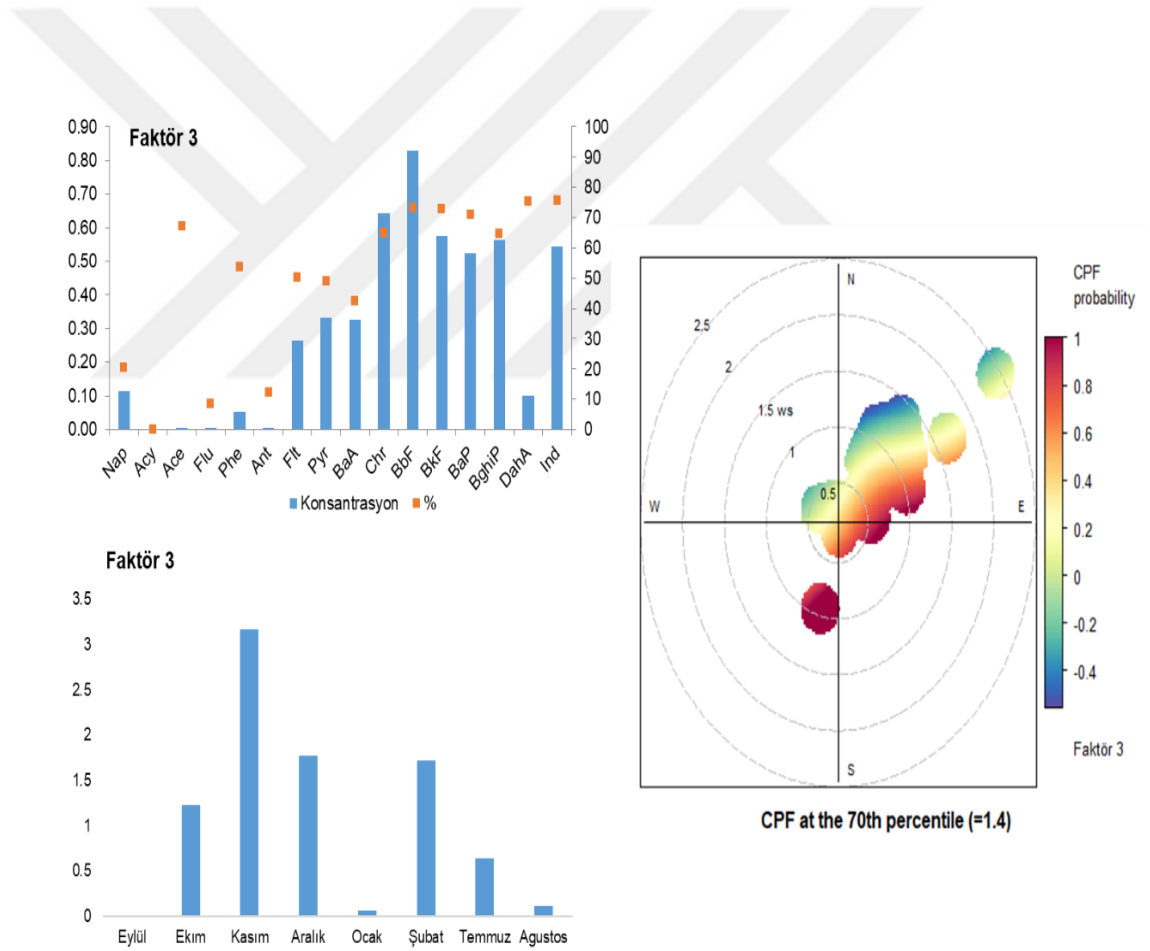
Şekil 4. 13. Faktör 1 için PAH bileşenlerinin açıklanan yüzdeleri, konsantrasyonları, kaynak katılarının aylık ortalamaları ve Faktör 1'in kaynak katkıları ile uygulanan KİDOF grafiği.

PM_{2,5} fraksiyonunda çözümlenen ikinci faktörde bileşenlerin açıklanan yüzdeleri, konsantrasyonları, kaynak katılarının aylık ortalamaları ve Faktör 2'nin kaynak katkıları ile uygulanan KİDOF grafiği Şekil 4.14'de verilmiştir. İkinci faktör esas olarak Ant (%85), Flt (%40) ve Pyr (%41) tarafından tanımlanmıştır. Bu bileşenlerin kaynak katkılarının da açıkça kış aylarında daha yüksek olduğu ve PM_{2,5}'e olan katkısının da % 35,5 olduğu görülmektedir. Bu bileşiklerin yüksek seviyeleri ve daha yüksek kütleli PAH, evsel ısınmadan kaynaklanan emisyonlarla ilişkilendirilmiştir (Yarwood, 2002). KİDOF grafiğinde ise muhtemel kaynak bölgesini düşük rüzgâr hızlarında bile Aksaray şehir merkezinin bulunduğu sektörleri işaret etmektedir. Bu tartışılanlar ışığında Faktör 2 “Evsel ısınma” faktörü olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.14).



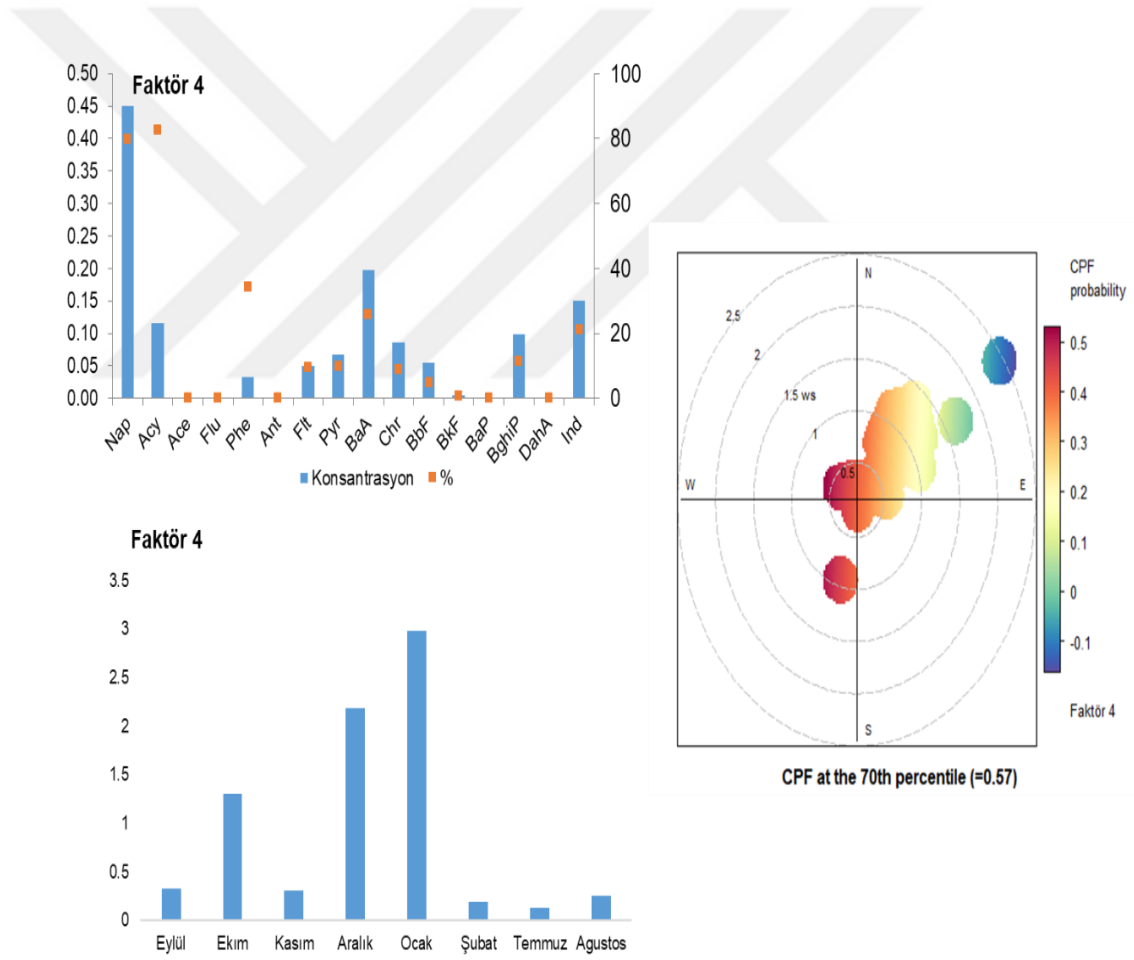
Şekil 4. 14. Faktör 2 için PAH bileşenlerinin açıklanan yüzdeleri, konsantrasyonları, kaynak katılarının aylık ortalamaları ve Faktör 2'nin kaynak katkıları ile uygulanan KİDOF grafiği.

PM_{2,5} fraksiyonunda çözümlenen üçüncü faktörde bileşenlerin açıklanan yüzdeleri, konsantrasyonları, kaynak katılarının aylık ortalamaları ve Faktör 3'ün kaynak katkıları ile uygulanan KİDOF grafiği Şekil 4.15'de verilmiştir. Üçüncü faktör esas olarak BbF (%73), BkF (%72), BaP (%70), DahA (%75) ve Ind (%76) tarafından tanımlanmıştır. Bu bileşenlerin kaynak katkılarının kesin bir mevsimsellik göstermediği ve PM_{2,5}'e olan katkısının da %15,4 olduğu görülmektedir. Bu bileşiklerin yüksek seviyeleri trafikten kaynaklanan emisyonlarla ilişkilendirilmiştir (Simcik vd., 1999; Venkataraman ve Friedlander, 1994). KİDOF grafiğinde ise muhtemel kaynak bölgesini düşük rüzgâr hızlarında bile Aksaray şehir merkezi ve güneyinde yer alan Aksaray-Adana Yolunun bulunduğu sektörleri işaret etmektedir. Bu tartışılanlar ışığında Faktör 3 “Trafik” faktörü olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.15) .



Şekil 4. 15. Faktör 3 için PAH bileşenlerinin açıklanan yüzdeleri, konsantrasyonları, kaynak katılarının aylık ortalamaları ve Faktör 3'ün kaynak katkıları ile uygulanan KİDOF grafiği.

PM_{2,5} fraksiyonunda çözümlenen dördüncü faktörde bileşenlerin açıklanan yüzdeleri, konsantrasyonları, kaynak katılarının aylık ortalamaları ve Faktör 4'ün kaynak katkıları ile uygulanan KİDOF grafiği Şekil 4.16.'da verilmiştir. Dördüncü faktör esas olarak Nap (%79), Acy (%82), Phe (%34), BaA (%26), BghiP (%11) ve Ind (%21) tarafından tanımlanmıştır. Bu bileşenlerin kaynak katkılarının kış aylarında artış gösterdiği ve PM_{2,5}'e olan katkısının da %28,1 olduğu görülmektedir. Bu bileşiklerin yüksek seviyeleri biyo-kütle emisyonlarıyla ilişkilendirilmiştir (Simcik vd., 1999). KİDOF grafiğinde ise muhtemel kaynak bölgesini düşük rüzgâr hızlarında bile Aksaray şehir merkezinin bulunduğu sektörleri işaret etmektedir. Bu tartışılanlar ışığında Faktör 4 “Biyo-kütle yanması” faktörü olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.16).



Şekil 4. 16. Faktör 4 için PAH bileşenlerinin açıklanan yüzdeleri, konsantrasyonları, kaynak katılarının aylık ortalamaları ve Faktör 4'ün kaynak katkıları ile uygulanan KİDOF grafiği.

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında Aksaray ilinde Ağustos 2019 ve Eylül 2020 tarihleri arasında 13 hafta yaz ve 16 hafta kış periyodlarında haftalık PM örnekleri toplanmıştır. PM örnekleri kaskat örnekleyici ile kuvars filtre üzerinde sekiz farklı parçacık boyutunda toplanmıştır. Toplanan örnekler 3/4 çeyrek ve 1/4 olacak şekilde iki parçaya ayrılmış ve filtrelerin birinci parçasında PAHlar (TUBİTAK-119Y017) ve ikinci parçasında başka bir çalışma kapsamında EC/OC analizleri (ASÜ BAP 2019-006) yapılmıştır. Σ PAH konsantrasyonu bimodal (çift tepeli) dağılım göstermiş ve ultra ince parçacık boyutunda pik konsantrasyona ulaşmıştır. Mevsimsellik açısından bakıldığında ise kış periyodunda Σ PAH konsantrasyonlarının yaz periyoduna kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. PM kompozisyonunda analiz edilen PAHların bazıları bimodal dağılım gösterirken, bazıları unimodal dağılım göstermiş, bazı parametreler ise ikiden fazla dağılım özelliği sergilemiştir. Üretilen veri setine uygulanan diagnostik oran yöntemi ile kış periyodunda domine eden kaynakların petrojenik olduğu ve yaz periyodunda da pirolojik kaynakların baskın olduğu görülmüştür. Kaynakların belirlenmesine yönelik çalıştırılan PMF modeli ile de 4 faktörlü bir çözüm elde edilmiştir. Şehir atmosferini etkileyen başlıca kirletici kaynaklarını (1)evaporatif emisyon ve tam yanmamış petrol, (2) evsel ısınma, (3) trafik ve (4) biyo-kütle yanması olarak saptanmıştır. İlerleyen çalışmalarda sağlık riski değerlendirmesinin de bu çalışmalara dahil edilmesiyle sonuçlar zenginleştirileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Aguinaga, N., Campillo, N., Viñas, P. ve Hernández-Córdoba, M., 2007. Determination of 16 polycyclic aromatic hydrocarbons in milk and related products using solid-phase microextraction coupled to gas chromatography–mass spectrometry, *Analytica chimica acta*, 596, 2, 285-290.
- Akyüz, M. ve Çabuk, H., 2008. Particle-associated polycyclic aromatic hydrocarbons in the atmospheric environment of Zonguldak, Turkey, *Science of the Total Environment*, 405, 1–3, 62-70.
- Akyüz, M. ve Çabuk, H., 2009. Meteorological variations of PM_{2.5}/PM₁₀ concentrations and particle-associated polycyclic aromatic hydrocarbons in the atmospheric environment of Zonguldak, Turkey, *Journal of Hazardous Materials*, 170, 1, 13-21.
- Akyüz, M. ve Çabuk, H., 2010. Gas–particle partitioning and seasonal variation of polycyclic aromatic hydrocarbons in the atmosphere of Zonguldak, Turkey, *Science of The Total Environment*, 408, 22, 5550-5558.
- Al-Khashman A. O., 2009. Chemical characteristics of rainwater collected at a western site of Jordan, *Atmospheric Research*, 91, 1, 53-61.
- Allen, J., 1997. Atmospheric partitioning of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and oxygenated PAH, Doctoral Dissertation, Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, USA.
- Allen, J., Dookeran, N., Smith, K. ve Sarofim, A., 1996. Measurement of polycyclic aromatic hydrocarbons associated with size-segregated atmospheric aerosols in Massachusetts, *Environmental Science Technology*, 30, 1023–1031.
- Anttila, P. P., 1995. Source identification of bulk wet deposition in Finland by positive matrix factorization, *Atmospheric Environment*, 29, 14, 1705-1718.
- Arı, A., 2016. Eskişehir atmosferindeki PM_{2.5} parçacıklarının kimyasal karakterizasyonu ve kaynaklarının belirlenmesi, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Aryal, R. K., 2013. Characteristics of atmospheric particulate matter and metals in industrial sites in Korea, *Environment and pollution*, 2, 4, 10.
- Ashbaugh, L. L., 1985. A residence time probability analysis of sulfur concentrations at Grand Canyon National Park, *Atmospheric Environment*, 19, 8, 1263- 1270.
- Ayyildiz, E. G., 2020. Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) at two sites, in Bursa, Turkey: determination of concentrations, gas–particle partitioning, sources, and health risk, *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 1-17.

- Barrado, A. I., 2013. Exploratory data analysis of PAH, nitro-PAH and hydroxy-PAH concentrations in atmospheric PM₁₀-bound aerosol particles. Correlations with physical and chemical factors, *Atmospheric Environment*, 67, 385-393.
- Barrado A. I. ve G. S., 2012. PM_{2.5}-bound PAHs and hydroxy-PAHs in atmospheric aerosol samples: Correlations with season and with physical and chemical factors, *Atmospheric Environment*, 49, 224-232.
- Baumbach, G., 1996. Origin and Sources of Air Pollution. G. , In *Air Quality Control* 15-78.
- Bayram, P., 2017. ÇEV 3616: Hava Kirliliği ve Kontrolü: Giriş, hava kirleticisi kaynaklar, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İzmir.
- Bo G., Guo, H., Wang, X. M., Zhao, X. Y., Ling, Z. H., Zhang, Z. ve Liu, T. Y., 2013. Tracer-based source apportionment of polycyclic aromatic hydrocarbons in PM_{2.5} in Guangzhou, southern China, using positive matrix factorization (PMF), *Environment and Pollution Research*, 20, 4, 2398-2409.
- Bruno Veyrand, A. B., 2007. Innovative method for determination of 19 polycyclic aromatic hydrocarbons in food and oil samples using gas chromatography coupled to tandem mass spectrometry based on an isotope dilution approach, *Journal of Chromatography A*, 1149, 2, 333-334.
- Callén M.S. ve J. A., 2014. Source apportionment of atmospheric PM_{2.5}-bound polycyclic aromatic hydrocarbons by a PMF receptor model. Assessment of potential risk for human health, *Environmental Pollution*, 195, 167-177.
- Callén, M. S., Iturmendi, A. ve López, J. M., 2014. Source apportionment of atmospheric PM_{2.5}-bound polycyclic aromatic hydrocarbons by a PMF receptor model. Assessment of potential risk for human health, *Environmental pollution*, 195, 167-177.
- Chelsea A. O'Driscoll, M. E., 2018. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) present in ambient urban dust drive proinflammatory T cell and dendritic cell responses viresponses via the aryl hydrocarbon receptor (AHR) in vitro, *PLoS One*, 13, 12, E0209690.
- Dat, N.-D. ve Chang, M. B., 2017. Review on characteristics of PAHs in atmosphere, anthropogenic sources and control Technologies, *Science of The Total Environment*, 609, 682-693.
- Dickhut, R. C., 2000. Automotive sources of carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons associated with particulate matter in the Chesapeake Bay region, *Environmental Science Technology*, 34, 21, 4635-4640.
- Dreher, D. L., 1997. Bioavailable transition metals in particulate matter mediate cardiopulmonary injury in healthy and compromised animal models, *Environmental Health Perspectives*, 105, 5, 1053-1060.

- Dumanoglu, Y. G. 2017. Spatial and seasonal variations, sources, air-soil exchange, and carcinogenic risk assessment for PAHs and PCBs in air and soil of Kutahya, Turkey, the province of thermal power plants, *Science of the Total Environmental*, 580, 920-935.
- Dvorskáa, A., Komprdováa, K., Lammelab, G., Klánováa, J. ve Plachác, H., 2012. Polycyclic aromatic hydrocarbons in background air in central Europe- Seasonal levels and limitations for source apportionment, *Atmospheric Environment*, 46, 147-154.
- Dybing, R. F., 2004. Release of inflammatory cytokines, cell toxicity and apoptosis in epithelial lung cells after exposure to ambient air particles of different size fractions, *Toxicology in Vitro*, 18, 2, 203-212.
- EPA, U. 1999. National Air Toxics Program: The Integrated Urban Strategy, Environmental Protection Agency (EPA), USA.
- EPA, U. 2011. Report on the 2011 U.S. Environmental Protection Agency (EPA) Decontamination Research and Development Conference, Washington DC, USA.
- Ertürk Arı P., Arı, A., Gaga, E. O., 2017. Kütahya kentsel ve kırsal bölgelerinde toplanan partikül madde örneklerinde çok halkalı aromatik hidrokarbon (pah'lar), n-alkan, karboksilik asit ve levoglukosan derişimlerinin belirlenmesi ve boyut dağılımlarının incelenmesi, Hava Kirlenmesi Araştırmaları ve Denetimi Türk Milli Komitesi Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, VII. Ulusal Hava Kirliliği Ve Kontrolü Sempozyumu, Antalya.
- Esen, F., 2006. Bursa atmosferi'ndeki polisiklik aromatik hidrokarbonların (pah'ların) gaz/partikül konsantrasyon dağılımları ve kuru çökelme miktarları, Doktora Tezi , Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Esen, F. T., 2008. Atmospheric concentrations of PAHs, their possible sources and gas-to-particle partitioning at a residential site of Bursa, Turkey, *Atmospheric Research*, 88, 3-4, 243-255.
- Finlayson-Pitts, B. J., ve Pitts Jr., J. N., 1986. *Atmospheric Chemistry, Fundamentals and Experimental Techniques*, United States.
- Finlayson-Pitts, B. ve Pitts Jr., J.N., 1999. *Chemistry of the upper and lower atmosphere: theory, experiments, and applications*, Academic Press, California, USA.
- Finlayson-Pitts, B.J. ve Pitts, J.N., 2000. *Atmospheric Chemistry Fundamentals and Experimental Techniques* Wiley, 109, 15.
- Gaga, E. O. ve Arı, A., 2019. Gas-particle partitioning and health risk estimation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) at urban, suburban and tunnel

atmospheres: Use of measured EC and OC in model calculations, *Atmospheric Pollution Research*, 10, 1, 1-11.

Gaga, E. O., Tuncel, G. ve Tuncel, S., 2004. PAH Compostion of snow samples in Ankara city, *Fresenius Environmental Bulletin*, 13, 11, 1295-1302.

Gaga, O. E., Arı, A., Akyol, N., Özden, Ö., Kara, Ü. M., Chow, J. C. ve Odabaşı, M., 2018. Determination of real-world emission factors of trace metals, EC, OC, BTEX, and semivolatile organic compounds (PAHs, PCBs and PCNs) in a rural tunnel in Bilecik, Turkey, *Science of The Total Environment*, 643, 1285-1296.

Gao M, G. S., 2015. Health impacts and economic losses assessment of the 2013 severe haze event in Beijing area, *Science of The Total Environment*, 511, 553-561.

Gigliotti, C. L., Dachs, J., Nelson, E. D., Brunciak, P. A. ve Eisenreich, S. J., 2000. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the New Jersey coastal atmosphere, *Environmental Science and Technology*, 34, 17, 3547-3554.

Gómez, D. R., Watterson, J. D., Americano, B. B., Ha, C., Marland, G., Matsika, E. ve Trean, K., 2006. Stationary combustion. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva: Energy, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Emissions Inventories, Geneva.

Güllü, G. H., Ölmez, I., Aygün, S. ve Tuncel, G., 1998. Atmospheric trace element concentrations over the eastern Mediterranean Sea: Factors affecting temporal variability, *Journal Of Geophysical Research Atmospheres*, 103, D17, 21943-21954.

Gümrükçüoğlu, M. A., 2011. Adapazarı'nda Isınma Kaynaklı Hava Kirliliğinin İncelenmesi, *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi* 31.

Hanedar, A., Alp, K., Kaynak, B. ve Avşar, E., 2014. Toxicity evaluation and source apportionment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) at three stations in Istanbul, Turkey, *Science of The Total Environment*, 488, 437-446.

Hanedar, A., Alp, K., Kaynak, B., Baek, J., Avsar, E. ve Odman, M. T., 2011. Concentrations and sources of PAHs at three stations in Istanbul, Turkey, *Atmospheric Research*, 99, 3-4, 391-399.

Harrison, R. M., Smith, D. J. ve Luhana, L., 1996. Source apportionment of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons collected from an urban location in Birmingham, UK, *Environmental Science & Technology*, 30, 3, 825-832.

Henry, R. C., 2003. Multivariate receptor modeling by N-Dimensional edge detection, *Chemometrics and Intelligent Laboratory System*, 65, 2, 179-189.

- Hong, H., Yin, H., Wang, X. ve Ye, C., 2007. Seasonal variation of PM₁₀-bound PAHs in the atmosphere of Xiamen, China, *Atmospheric Research*, 85, 3-4, 429-441.
- Hopke, P. K., 1985. Receptor modelling in environmental chemistry, John Wiley & Sons.
- Hopke, P. K., 2009. Chapter 1: Theory and application of atmospheric source apportionment, In *Developments in Environmental Science* (In A.H Leg) Amsterdam.
- İlek, F. ve Elbir, T., 2012. İzmir Körfezi'nde toplu taşıma yapan deniz taşıtlarından kaynaklanan hava kirlleticilerin kent atmosferindeki dağılımlarının epa-ıscst3 modeli ile belirlenmesi, *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi*, 12-1, 2-9.
- Infante, R. A., 1991. Size distribution of trace metals in Ponce, Puerto Rico air particulate matter, *Atmospheric Environment Part B, Urban Atmosphere*, 25, 1, 121-131.
- Jorquera, H. ve Rappenglück, B., 2004. Receptor modeling of ambient VOC at Santiago, Chile, *Atmospheric Environment*, 38, 25, 4243-4263.
- Karakaş, D., Demir, T. ve Yenisoğlu-Karakaş, S., 2019. PAHs, elemental and organic carbons in a highway tunnel atmosphere and road dust: Discrimination of diesel and gasoline emissions, *Building and Environment*, 160, 106166.
- Kim, E. H., 2003. Source identification of atlanta aerosol by positive matrix factorization, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 53, 6, 731-739.
- Koçak, E., 2017. Determination of organic particle composition in ankara atmosphere and investigation of their contribution to receptor modeling, *Doktora Tezi, ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara*.
- Koçak, E., 2018. Aksaray kentinin PM₁₀ ve SO₂ Konsantrasyonlarının zamansal değişimi:koşullu iki değişkenli olasılık fonksiyonu ve k-means kümeleme. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6, 3.
- Köprü, İ., Karadeniz, H., Kanca, E., Kılıçer, Y. Ç., Özlü, E., Karakaş, D., Yenisoğlu-Karakaş, S., 2012. Sıralı (fraksiyonel) yağmur örneklerinde polsiklik aromatik hidrokarbon ve organoklorlu pestisit kompozisyonlarının incelenmesi, *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi*, 1, 1-7.
- Ma, Y., Cheng, Y., Qiu, X., Lina, Y., Cao, J. ve Hu, D., 2016. A quantitative assessment of source contributions to fine particulate matter (PM_{2.5})-bound polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and their nitrated and hydroxylated derivatives in Hong Kong, *Environmental pollution*, 219, 742-749.
- Mantis, J. C. ve Samara, C., 2005. PM₁₀-bound polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the Greater Area of Athens, Greece. *Chemosphere*, 59, 5, 593-604.

- Mccormac, B. M. ve Varney, R., 1971. In Introduction to the scientific study of atmospheric pollution, Atmospheric Pollutants, Springer, Dordrecht, 8-52.
- Müezzinoğlu, A., 2000. Hava kirliliği ve kontrolünün esasları, Dokuz Eylül Yayınları, İzmir.
- Ozcan, S. ve Aydın, M. E., 2009. Polycyclic aromatic hydrocarbons, polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in urban air of Konya, Turkey, Atmospheric Research, 93, 4, 715-722.
- Paatero, P., 1997. Least squares formulation of robust non-negative factor analysis, Chemometrics and Intelligent Laboratory System, 37, 23–35.
- Paatero, P. H., 2002. Understanding and controlling rotations in factor analytical models, Chemometrics and Intelligent Laboratory System, 60, 1-2, 253-264.
- Paatero, P. ve Hopke, P., 2003. Discarding or downweighting high-noise variables in factor analytic models, Analytica Chimica Acta , 490, 277–289.
- Paatero, P. ve Tapper, U., 1994. Positive matrix factorization: A non-negative factor model with optimal utilization of error estimates of data values, Environmetrics, 5, 2, 111-126.
- Pala, P. K., 2018. Biyokütle enerji santrallerinin halk sağlığına etkileri. URL Adresi: <https://kuzeyormanlari.org/2018/08/29/biyokutle-enerji-santrallerinin-halk-sagligina-etkileri/> , Erişim Tarihi: 15.10.2020
- Pandolfi, M. V., 2008. Receptor models application to multi-year ambient PM10 measurements in an industrialized ceramic area: Comparison of source apportionment results, Atmospheric Environment, 42, 40, 9007-9017.
- Park, S. S., Kim, Y. J. ve Kang, C. H., 2002. Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons in Seoul, Korea, Atmospheric Environment, 36, 17, 2917-2924.
- Ratola, N., Lacorte, S., Barceló, D. ve Alves, A., 2009. Microwave-assisted extraction and ultrasonic extraction to determine polycyclic aromatic hydrocarbons in needles and bark of Pinus pinaster Ait. and Pinus pinea L. by GC–MS, Talanta, 77, 3, 1120-1128.
- Reff, A. E., 2007. Receptor modeling of ambient particulate matter data using positive matrix factorization: review of existing methods, Journal of the Air & Waste Management Association, 57, 2, 146–154.
- Sánchez-Piñero, J., Moreda-Piñero, J., Concha-Graña, E., Fernández-Amado, M., Muniategui-Lorenzo, S. ve López-Mahía, P., 2021. Inhalation bioaccessibility estimation of polycyclic aromatic hydrocarbons from atmospheric particulate matter (PM₁₀): Influence of PM10 composition and health risk assessment, Chemosphere, 263, 127847.

- Saxena, P. H., 1996. Water-soluble organics in atmospheric particles-a critical review of the literature and application of thermodynamics to identify candidate compounds, *Journal of Atmospheric Chemistry*, 24, 57-109.
- Schwartz, J. ve Neas, L. M., 2000. Fine Particles are more strongly associated than coarse particles with acute respiratory health effects in schoolchildren. *Epidemiology*, 11, 1, 6-11.
- Seinfeld, J. H., 1998. Identification of Products Containing -COOH, -OH, and -CO in Atmospheric Oxidation of Hydrocarbons, *Environmental Science Technology*, 16, 2357-2370.
- Simcik, M. F., Eisenreich, S. J. ve Lioy, P. J., 1999. Source apportionment and source/sink relationships of PAHs in the coastal atmosphere of Chicago and Lake Michigan, *Atmospheric Environment*, 33, 30, 5071-5079.
- Sneddon, J., Masuram, S. ve Richert, J. C., 2007. Gas chromatography mass spectrometry: basic principles, instrumentation and selected applications for detection of organic compounds, *Analytical Letters*, 40, 6, 1003-1012.
- Song, Y. Z., 2006. Source apportionment of PM_{2.5} in Beijing by positive matrix factorization, *Atmospheric Environment*, 40, 8, 1526-1537.
- Stull, R., 1988. An introduction to boundary layer meteorology, *Atmospheric Sciences Library*, 56, 67-73.
- Taşdemir, Y. ve Esen, F., 2007. Urban air PAHs: Concentrations, temporal changes and gas/particle partitioning at a traffic site in Turkey, *Atmospheric Research*, 84, 1, 1-12.
- Taşdemir, Y., Esen, F. ve Vardar, N., 2008. Atmospheric concentrations of PAHs, their possible sources and gas-to-particle partitioning at a residential site of Bursa , Turkey, *Atmospheric Research*, 88, 3-4, 243-255.
- Terzi, E. ve Samara, C., 2004. Gas-particle partitioning of polycyclic aromatic hydrocarbons in urban, adjacent coastal, and continental background sites of western Greece, *Environmental science & technology*, 38, 19, 4973-4978.
- Tfouni, S. A., Machado, R. M., Camargo, M. C., Vitorino, S. H., Vicente, E. ve Toledo, M. C., 2007. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in cachaça by HPLC with fluorescence detection, 101, 334-338.
- Tobiszewski, M. ve Namieśnik, J., 2012. PAH diagnostic ratios for the identification of pollution emission sources, *Environmental pollution*, 162, 110-119.
- Uria-Tellaetxe, I. ve Carslaw, D. C., 2014. Conditional bivariate probability function for source identification, *Environmental modelling & software*, 59, 1-9.
- URL-1 < <https://www.aksaray.bel.tr/aksaray-91> > Erişim Tarihi: 30.05.2020

URL-2 <<https://havakalitesi.ibb.gov.tr/Icerik/bilgi/kirletici-kaynaklar>>, Erişim Tarihi: 25.06.2019

US EPA, 1988. Air quality criteria for ozone and other photochemical oxidants. US Environmental Protection Agency, Environmental Criteria and Assessment Office, Research Triangle Park, NC, EPA-600/8-84-020aF, 3, 6.

USEPA, 2008. EPA Positive matrix factorization (pmf) 3.0 fundamentals & user guide, U.S. Environmental Protection Agency Office of Research and Development Washington, EPA 600/R-08/108., DC 20460.

USEPA, 2007. EPA's 2007 Report on the Environment, USA.

Vardar, N., Esen, F. ve Tasdemir, Y., 2008. Seasonal concentrations and partitioning of PAHs in a suburban site of Bursa, Turkey, *Environmental Pollution*, 155, 2, 298-307.

Venkataraman, C. ve Friedlander, S. K., 1994. Source resolution of fine particulate polycyclic aromatic hydrocarbons using a receptor model modified for reactivity, *Air & waste*, 44, 9, 1103-1108.

Venkataraman, C., Thomas, S. ve Kulkarni, P., 1999. Size distributions of polycyclic aromatic hydrocarbons-gas/particle partitioning to urban aerosols, *J. Aerosol Sci.* 30, 759-770.

Venkataraman, C., Negi, G., Sardar, B. S. ve Rastogi, R., 2002. Size distributions of polycyclic aromatic hydrocarbons in aerosol emissions from biofuel combustion, *Journal of Aerosol Science*, 33, 503-518.

Wang, G. H., 2006. Aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons of atmospheric aerosols in five locations of Nanjing urban area, China, *Atmospheric Research*, 81, 54-66.

Watson, J., Robinson, N., Chow, J., Henry, R., Kim, B., Pace, T. ve Nguyen, Q., 1990. The USEPA/DRI chemical mass balance receptor model, *CMB 7.0*, *Environmental Software*, 5, 1, 38-49.

Wehrens, R. P., 2000. The bootstrap: a tutorial. *Chemometrics and intelligent laboratory systems*, 54, 1, 35-52.

World Health Organization (WHO), 2000. Air Quality guidelines for europe regional office for Europe, World Health Organization, Copenhagen: second ed.

Yan, D., Wu, S., Zhou, S., Tong, G., Li, F., Wang, Y. ve Li, B., 2019. Characteristics, sources and health risk assessment of airborne particulate PAHs in Chinese cities: A review. *Environmental Pollution*, 248, 804-814.

Yarwood, G., 2002. The mechanisms of atmospheric oxidation of aromatic hydrocarbons. Oxford, Ed, U.K..

Yunker, M. M., 2002. PAHs in the Fraser River basin: a critical appraisal of PAH ratios as indicators of PAH source and composition, *Org. Geochem*, 33,(4), 489–515.

Zhang, W., Zhang, S., Wan, C., Yue, D., Ye, Y. ve Wang, X., 2008. Source diagnostics of polycyclic aromatic hydrocarbons in urban road runoff, dust, rain and canopy throughfall, *Environmental Pollution*, 153, 3, 594–601.



EKLER

EK A. PAH Konsantrasyonları Katmanları



Çizelge A. 1. 0. Katman PAH Konsantrasyonları

K0-PAH	Nap	Acy	Ace	Flu	Phe	Ant	Flt	Pyr	BaA	Chr	BbF	BkF	BaP	BghiP	DahA	Ind	Σ PAH
20.08.2019		0.0280															0.0280
30.09.2019					0.0069												0.0069
7.10.2019	0.3351		0.0017	0.0027	0.0539		0.0130										0.4064
14.10.2019	0.4169						0.0271	0.0328		0.1546	0.3538	0.1938	0.1434	0.3903		0.3169	2.0297
21.10.2019	0.0847				0.0056	0.0058	0.0036	0.0064									0.1061
28.10.2019	0.1961				0.0302		0.0398	0.0389		0.0215							0.3265
4.11.2019							0.0344	0.0498		0.0090	0.0373	0.0033					0.1338
11.11.2019				0.0047		0.0104	0.0089	0.0105		0.0200							0.0545
18.11.2019		0.0181	0.0012	0.0076	0.0306	0.0460	0.0755	0.0625		0.0456	0.0549	0.0067	0.0173				0.3659
25.11.2019	0.3195							0.0180		0.0121							0.3496
2.12.2019	0.0386						0.0195	0.0167		0.0341	0.0227	0.0597					0.1914
9.12.2019	0.3949				0.0072	0.0163	0.0138	0.0271		0.0172	0.0793	0.0065					0.5623
16.12.2019		0.1679	0.0000	0.0016		0.0693	0.0471	0.0232		0.0319	0.0737	0.0121	0.0320				0.4587
23.12.2019		0.0812		0.0003		0.0116	0.0087	0.0070		0.0348	0.0525	0.0128	0.0466				0.2555
30.12.2019		0.5183		0.0034		0.0191	0.0243	0.0097			0.0503	0.1161	0.0269				0.7681
7.01.2020	0.0139	0.0020	0.0001	0.0001		0.0024	0.0002										0.0188
13.01.2020		0.0558		1.9759		0.0704	0.0488	0.0374		0.0505	0.0491	0.0588	0.0256				2.3723
20.01.2020		0.1365		0.2487	0.1141	0.0659	0.0694	0.0538		0.0366	0.0336	0.0156	0.0279				0.8021
6.02.2020	1.7509						0.0360	0.0256	0.0141		0.0169	0.0005	0.0010				1.8449
22.07.2019																	
29.07.2020				0.0100				0.0030		0.0178			0.0099				0.0407
5.08.2020	0.0051			0.0003		0.0023											0.0076
12.08.2020	0.2832			0.0153			0.0003	0.0247			0.0210	0.0059	0.0207				0.3711
19.08.2020		0.0261	0.0039	0.0488	0.0021					0.0037							0.0847
26.08.2020	0.0092			0.0337								0.0023					0.0453
2.09.2020		0.0009		0.0002			0.0004	0.0002		0.0011							0.0029
9.09.2020	0.0680	0.0220	0.0006	0.0005			0.0038			0.0040							0.0990
16.09.2020		0.0260	0.0106							0.0072	0.0071	0.0094	0.0051				0.0654
23.09.2020	0.0058	0.0162	0.0007	0.0236	0.0023		0.0013	0.0007									0.0506
30.09.2020	0.7307	0.0008		0.0198		0.0465											0.7979

Çizelge A. 2 1. Katman PAH Konsantrasyonları

K1-PAH	Nap	Acy	Ace	Flu	Phe	Ant	Flt	Pyr	BaA	Chr	BbF	BkF	BaP	BghiP	DahA	Ind	Σ PAH
20.08.2019		0.027892															0.027892
30.09.2019	0.318075	0.342346			0.000948												0.661368
7.10.2019	0.39791			0.007243	0.034439												0.439592
14.10.2019	0.28126			0.000394	0.015966												0.29762
21.10.2019	0.016161				0.005648	0.005802	0.003645	0.006407									0.037662
28.10.2019							0.038637	0.010662									0.049298
4.11.2019	0.198693		0.012264	0.009121	0.029338		0.032527	0.050805		0.086778	0.019386	0.008942					0.447853
11.11.2019			0.001169	0.000315	0.025839	0.039526	0.011566	0.033719		0.015626	0.01175	0.003265					0.142776
18.11.2019	0.255905				0.048029		0.101153	0.080025		0.042754	0.065263	0.003899					0.597027
25.11.2019	0.381232							0.006693									0.387925
2.12.2019	0.530764				0.022476		0.026626	0.040096		0.013458	0.021475						0.654895
9.12.2019	0.229063			0.005753	0.021473		0.012635	0.033239		0.013773							0.315936
16.12.2019		0.091492			0.033518	0.069786	0.05712	0.030696			0.093621	0.180802	0.035188				0.592222
23.12.2019		0.128838	0.001528		0.008529	0.005908	0.006839	0.002419		0.003731							0.157791
30.12.2019		0.30742	0.013286		0.015192	0.016986	0.034875	0.029601		0.006275							0.423635
7.01.2020	0.027047	0.01021	2.48E-05	0.016667	0.006915	0.001427											0.062291
13.01.2020					0.018851	0.04258	0.044538	0.030404		0.003004							0.139377
20.01.2020		0.151094		0.325722	0.036619	0.080696	0.059757	0.042805		0.019101	0.031279	0.004251	0.014287				0.765612
6.02.2020	0.464976				0.002923		0.036553	0.035644		0.009888							0.549985
22.07.2020		0.04093	0.000446	0.017147	0.005226		0.003592										0.06734
29.07.2020				0.00312	0.001817					0.003309			0.006034				0.014281
5.08.2020		0.00259	5.71E-05	0.012028	0.007754	0.000278	6.38E-05										0.022772
12.08.2020	0.029089	0.007237	0.001275	0.036855	0.003368		0.00013										0.077954
19.08.2020		0.056528	0.001869	0.030989	0.00229												0.091676
26.08.2020	0.060936	0.014962	0.004972	0.027897	0.005914		0.001275				0.017842	0.015435					0.149234
2.09.2020		0.002493	0.000136	0.007005	0.003861	0.003484	1.61E-05					0.004968					0.021963
9.09.2020	0.080488	0.009905	0.00012	0.012978	0.003398	0.000146	7.89E-05				0.010556	0.007369					0.125621
16.09.2020	0.406505	0.058003	0.001682	0.024415	0.003502	0.000855											0.494962
23.09.2020		0.033501	0.001195	0.019056	0.000869	0.000189	0.001093										0.055904
30.09.2020	0.026473			0.025006	0.007383	0.024262					0.030335	0.011384					0.124843

Çizelge A. 3. 2. Katman PAH Konsantrasyonları

K2-PAH	Nap	Acy	Ace	Flu	Phe	Ant	Flt	Pyr	BaA	Chr	BbF	BkF	BaP	BghiP	DahA	Ind	Σ PAH
20.08.2019		0.003552															0.003552
30.09.2019	0.172081	0.167134			0.005743												0.344959
7.10.2019	0.748984			0.027362	0.021856												0.798202
14.10.2019	0.983204		0.000815	0.000788	0.035088												1.019896
21.10.2019					0.014251	0.015678	0.003324	0.000648									0.0339
28.10.2019					0.049846	0.027395	0.021409	0.002248									0.100898
4.11.2019			0.006475	0.001345	0.028125		0.037935	0.033986		0.025995	0.02389	0.002867					0.160618
11.11.2019			0.001057	0.001925	0.006714	0.008402	0.008368	0.010778		0.004579	0.00885	0.002571					0.053243
18.11.2019	0.014819				0.044755		0.094616	0.025403		0.023962	0.04308						0.246635
25.11.2019	0.094735							0.014253									0.108988
2.12.2019					0.00012		0.002746	0.002195		0.000488							0.005549
9.12.2019				0.001429	0.029842		0.028536	0.232395		0.035962							0.328164
16.12.2019		0.090203			0.028463	0.066688	0.07165	0.043327		0.009749	0.054308	0.016785	0.035401				0.416574
23.12.2019		0.162445	8.02E-05		0.01904		0.009195	0.007264									0.198024
30.12.2019		0.105005	0.004441		0.003932	0.000909	0.025702	0.027316		0.007989							0.175294
7.01.2020		0.006956	0.000201	0.005267	7.91E-05	0.000155											0.012658
13.01.2020		0.090819			0.011753	0.02235	0.040726	0.022194									0.187842
20.01.2020		0.061244		0.355441	0.023957	0.048256	0.052654	0.029442		0.020506	0.039092	0.000483	0.008665				0.63974
6.02.2020	0.154402			0.006195	0.013982	0.028081	0.018285			0.010191	0.00619						0.237327
22.07.2020			0.00137	0.024236	0.009219	0.000183	0.002328										0.037335
29.07.2020				0.008936	0.002769	0.002225											0.01393
5.08.2020		0.00142	1.59E-05	0.019623	0.005569		0.000284				0.006218						0.03313
12.08.2020		0.002214	0.000652	0.026106	0.006864	0.000152	0.003807	0.00152				0.018783					0.060099
19.08.2020		0.01981	0.013088	0.035239	0.001258												0.069395
26.08.2020	0.004422	0.004756	0.001833	0.029457	0.006028	0.000484											0.046981
2.09.2020		0.001005	5.7E-05	0.007817	0.002704	0.0034											0.014983
9.09.2020	0.004548	0.012808	0.000165	0.006416	0.004191	2.43E-05					0.002514	0.020963					0.05163
16.09.2020	0.009861	0.033147	0.001912	0.01976	0.003671	0.000632					0.006733						0.075716
23.09.2020	0.023884		0.007614	0.016254	0.00278	0.000482											0.051014
30.09.2020	0.088274			0.035336	0.008119	0.003056											0.134785

Çizelge A. 4. 3. Katman PAH Konsantrasyonları

K3-PAH	Nap	Acy	Ace	Flu	Phe	Ant	Flt	Pyr	BaA	Chr	BbF	BkF	BaP	BghiP	DahA	Ind	Σ PAH
20.08.2019		0.011232	0.00389														0.015122
30.09.2019					0.00369												0.00369
7.10.2019	0.260654				0.093964												0.354618
14.10.2019	0.629296		0.001594	0.001165	0.017185												0.649241
21.10.2019					0.019149	0.006562	0.008635			0.003401							0.037748
28.10.2019					0.037499	0.011037	0.015852	0.071042									0.13543
4.11.2019	0.364548			0.000631	0.022161		0.045217	0.053923		0.015603	0.014519	8.59E-06					0.51661
11.11.2019			0.000219	0.006663	0.012041	0.016395	0.007859	0.017387		0.006097	0.012761						0.079422
18.11.2019	0.016664				0.022722		0.102561	0.051774		0.043992	0.038446	0.069193					0.345352
25.11.2019	0.070686																0.070686
2.12.2019	0.631889				0.017974		0.038055	0.032527		0.014973	0.005679						0.741097
9.12.2019	0.004864			0.05958	0.008577		0.010876	0.025317		0.011161	0.018045	0.000577					0.138997
16.12.2019					0.020592	0.025354	0.06149	0.025734			0.180488	0.044777	0.07785				0.436285
23.12.2019		0.183337		0.000349	0.01155	0.001134	0.008962	0.006375		0.003698	0.008083						0.223488
30.12.2019		0.04572			0.016994	0.015232	0.028288	0.000594		0.017069	0.020154	0.0108	0.00349				0.158341
7.01.2020	0.003791	0.00634	7.52E-05	0.009999	0.001183	0.004445											0.025834
13.01.2020					0.021015	0.017571	0.039717	0.017658									0.09596
20.01.2020		0.526508		0.016176	0.011855	0.008838	0.040916	0.023069		0.015553	0.044478	0.001338	0.00345				0.69218
6.02.2020	0.258105			0.002114	0.007875	0.028813	0.022454			0.006073	0.009058						0.334492
22.07.2020			0.008882	0.030244	0.008078					0.007389							0.054593
29.07.2020				0.007031	0.002136	0.008064											0.017231
5.08.2020		0.000842	7.6E-05	0.010257	0.002939	2.37E-05					0.000192	0.004113					0.018441
12.08.2020	0.006104	0.009907	0.000717	0.029856	0.003478	0.000151	0.001589				0.003415	0.021457					0.076674
19.08.2020		0.017292	0.004882	0.02086	0.005209	0.000523											0.048766
26.08.2020	0.458774	0.003583	0.002557	0.029664	0.002714	0.000268											0.497559
2.09.2020		0.000962	7.27E-05	0.012913	0.006591	0.000102											0.020641
9.09.2020	0.007221			0.002168	0.001883	0.000436							0.001367				0.013074
16.09.2020		0.052672	0.002556	0.025304	0.004813	0.000659					0.009522	0.000101	0.002476				0.098103
23.09.2020	0.011244		0.005769	0.024982	0.000723		0.000783				0.006756	0.025723					0.07598
30.09.2020	0.025535			0.028432	0.010623	0.005561											0.07015

Çizelge A. 5 4. Katman PAH Konsantrasyonları

K4-PAH	Nap	Acy	Ace	Flu	Phe	Ant	Flt	Pyr	BaA	Chr	BbF	BkF	BaP	BghiP	DahA	Ind	Σ PAH
20.08.2019		0.025407	0.083615														0.109021
30.09.2019																	0
7.10.2019	0.484419			0.00141	0.011209												0.497038
14.10.2019	0.314055			0.000129	0.014941												0.329125
21.10.2019					0.008574		0.00627	0.003482									0.018327
28.10.2019					0.040485	0.016924	0.010963	0.031223		0.073684							0.173279
4.11.2019	0.324782		0.008976	0.000668	0.022468		0.043094	0.058059		0.030733	0.041909	0.003079		0.001261			0.53503
11.11.2019			0.00132	0.003412	0.027073	0.037132	0.012787	0.024553		0.007824							0.114102
18.11.2019	0.304482			0.000374	0.027655		0.086062	0.098874		0.06454	0.075794	0.028068	0.012714	0.00917			0.707734
25.11.2019	0.077165						0.013262										0.090427
2.12.2019	0.22415				0.014611		0.045264	0.042348		0.017958	0.014331	0.007787					0.366449
9.12.2019	0.248258			0.004829	0.026543		0.022661	0.018661		0.023627	0.050533	0.011299					0.406411
16.12.2019					0.010142	0.024372	0.031853	0.016132			0.033783	0.010466	0.021214				0.147963
23.12.2019		0.171156			0.010625	0.004196	0.015193	0.014495		0.016763	0.048233	0.000636	0.030632				0.311928
30.12.2019		0.084895			0.014881	0.000195	0.018522	0.014093		0.015712	0.018017	0.006171	0.00267				0.175155
7.01.2020	0.027762	0.003044	0.000665	0.002812	0.000595	0.002069											0.036947
13.01.2020		0.130738			0.02617	0.026883	0.062006	0.04007		0.024521							0.310388
20.01.2020		0.118638	0.002098	0.009962	0.020915	0.007808	0.045812	0.041201		0.034708	0.064137	0.003918	0.012441				0.361638
6.02.2020	1.902589				0.011431	0.035876	0.037827			0.015731	0.014383	0.005874					2.023711
22.07.2020		0.001553	0.001324	0.021713	0.007531		0.0007										0.032821
29.07.2020		0.004744		0.025479	0.003065						0.025921	0.039083	0.002351				0.100642
5.08.2020		0.000159	0.000567	0.019033	0.004745	5.32E-05					0.001303	0.001633					0.027493
12.08.2020	0.020997	0.012024	2.57E-06	0.026021	0.000138												0.059183
19.08.2020		0.003916	0.011437	0.021418	0.003561	3.47E-05											0.040366
26.08.2020		5.31E-05	0.001181	0.022725	0.00428												0.02824
2.09.2020		0.00191	0.000418	0.004787	0.005903	5.95E-05						0.008735	0.001542				0.023353
9.09.2020		0.004825	0.000242	0.008256	0.002401	0.000159											0.015883
16.09.2020		0.078186	0.000655	0.032698	0.007643		0.002085				0.00568	0.001227	0.002374				0.130549
23.09.2020	0.008237		0.009262	0.019226	0.002844						0.003044	0.003423	9.63E-05				0.046132
30.09.2020	0.10596			0.028478	0.012259	0.000646						0.001252					0.148595

Çizelge A. 6 5. Katman PAH Konsantrasyonları

K5-PAH	Nap	Acy	Ace	Flu	Phe	Ant	Flt	Pyr	BaA	Chr	BbF	BkF	BaP	BghiP	DahA	Ind	Σ PAH
20.08.2019		0.006885															0.006885
30.09.2019	0.320777																0.320777
7.10.2019	0.00831			0.000551	0.042781			0.1626		0.121906							0.336147
14.10.2019	0.626057			0.00013	0.036387												0.662574
21.10.2019	0.041529			0.000488	0.019924		0.040136	0.07503	0.118809	0.097962	0.166329	0.108527	0.080238	0.120511		0.1449	1.014384
28.10.2019				0.001519	0.080481	0.018979	0.334535	0.451162	0.21435	0.680185	0.669651	0.528472	0.323781	0.490224		0.37787	4.171208
4.11.2019	0.425989			0.003834	0.079702		0.246577	0.394974	0.146801	0.581849	1.024356	0.498664	0.483456	0.743444	0.093298	0.711701	5.434645
11.11.2019			0.000341	0.011997	0.041341	0.021577	0.103425	0.165196	0.153673	0.244171	0.214402	0.216675	0.105347	0.114114		0.125787	1.518045
18.11.2019	0.057383	0.013164		0.01833	0.282184		0.73948	0.909193	0.438282	1.403717	1.06334	0.960155	0.823828	1.013392	0.203219	1.019653	8.945318
25.11.2019	0.435772				0.076399		0.275587	0.305439	0.512666	0.86588	0.917071	0.731774	0.616401	0.754354	0.11166	0.654409	6.257413
2.12.2019	0.487891			0.008267	0.098474		0.536221	0.59493	0.767114	0.497901	1.038742	0.89634	0.708735	0.773414	0.086645	0.706122	7.200797
9.12.2019	0.251896	0.03058		0.011696	0.108445		0.655865	0.640213	0.99527	1.25234	1.629768	0.855415	0.788111	1.19252	0.176704	1.082568	9.671391
16.12.2019		0.015497		0.012639	0.263773	0.075337	0.73211	0.810943	0.660155	0.952677	0.626086	0.567485	0.454202	0.687021		0.317333	6.175257
23.12.2019		0.135255		0.009803	0.146221	0.043931	0.549342	0.689141	0.908919	1.342025	1.219651	1.073834	0.966204	0.977677	0.156731	1.063517	9.282252
30.12.2019		0.129677	0.00284		0.1305	0.085788	0.638209	0.6445	0.658988	0.783158	0.605797	0.576574	0.430988	0.385628		0.24378	5.316428
7.01.2020	0.010318	0.016906	0.000226	0.009887	0.000893	0.002506											0.040737
13.01.2020		0.237771		0.021404	0.25672	0.165353	0.87843	1.138897	1.234279	0.857822	2.29014	0.38742	0.706196	0.565577		0.5189	9.258908
20.01.2020		0.082727		0.023302	0.191173	0.064975	0.976527	1.21928	0.889165	1.077224	1.297525	0.970791	0.9568	0.716804	0.134456	0.412504	9.013252
6.02.2020	0.435211		0.003808	0.007919		0.135612	0.769254	0.83276		0.64291	1.577365	1.071296	1.058237	1.139249	0.222419	1.08058	8.976621
22.07.2020		0.017922	0.00045	0.015703	0.003421		0.003143	0.002009		0.023175	0.0154						0.081223
29.07.2020		0.027091		0.007886	0.004438					0.007594	0.010632	0.012543	0.00509				0.075274
5.08.2020		0.004058	0.000144	0.011084	0.004853	0.000164	5.42E-06				0.000943	0.001963					0.023214
12.08.2020	0.332737	0.000808	0.002749	0.016251	0.00485		0.001561			0.00351	0.052757	0.026146	0.029515				0.470883
19.08.2020	0.007254	0.015296	2.57E-05	0.016982	0.006785												0.046343
26.08.2020		0.002344	0.001838	0.036161	0.011059	0.000356	0.000828	0.000562									0.053147
2.09.2020		0.003121	1.42E-05	0.008911													0.012046
9.09.2020		0.007016	0.000143	0.007573	0.005677	4E-06				0.000863	0.014496	0.030967	0.012129				0.078868
16.09.2020	0.115678	0.055388	0.001185	0.024431	0.003514						0.014565	0.007455	0.000385				0.222601
23.09.2020			9.29E-05	0.002897	0.006475	5.06E-05											0.009516
30.09.2020	0.090817			0.01275	0.012284	0.008299											0.12415

Çizelge A. 7 6. Katman PAH Konsantrasyonları

K6-PAH	Nap	Acy	Ace	Flu	Phe	Ant	Flt	Pyr	BaA	Chr	BbF	BkF	BaP	BghiP	DahA	Ind	Σ PAH
20.08.2019		0.029496															0.029496
30.09.2019				0.000207													0.000207
7.10.2019	0.956215			0.016642	0.025397		0.059649	0.143348		0.073621							1.274871
14.10.2019	1.229418		0.004767	0.002765	0.032219		0.031296	0.059104		0.05453							1.414098
21.10.2019	0.017735			0.007509	0.006012		0.040393	0.054122	0.118041	0.062202	0.13228	0.075479	0.085228	0.083158		0.110362	0.79252
28.10.2019					0.089477	0.012592	0.246937	0.382614	0.268332	0.543601	0.596956	0.489301	0.379399	0.529351	0.089679	0.448754	4.076994
4.11.2019	0.301251			0.007163	0.073633		0.22981	0.343547	0.159245	0.456845	0.75609	0.438497	0.328406	0.415984	0.044109	0.330797	3.885377
11.11.2019		0.066594	0.001186	0.013431	0.013633	0.01942	0.130415	0.178049	0.139505	0.229518	0.278389	0.225012	0.122913	0.178929		0.156235	1.753229
18.11.2019	0.018215	0.012511		0.00371	0.108495		0.455845	0.487671	0.252748	0.723109	0.771026	0.771707	0.433981	0.515354	0.110713	0.391831	5.056915
25.11.2019	0.076059				0.036098		0.13234	0.17823	0.032052	0.28223	0.324194	0.242418	0.243707	0.254708	0.013989	0.263684	2.079707
2.12.2019	0.595595			0.004278	0.075724		0.303203	0.368721	0.306847	0.517702	0.608183	0.227731	0.366883	0.389138	0.044952	0.373586	4.182544
9.12.2019	0.336651			0.008145	0.034222		0.180325	0.220077	0.209031	0.279964	0.370437	0.260364	0.188777	0.24444	0.051509	0.224377	2.608316
16.12.2019		0.036186			0.016466	0.045081	0.248349	0.254438	0.206717	0.322956	0.174431	0.12783	0.221708				1.654161
23.12.2019		0.394218			0.030215	0.015399	0.101199	0.13714	0.119628	0.168863	0.111188	0.096646	0.063831	0.068792		0.122361	1.429478
30.12.2019		0.194486	0.012603		0.038571	0.017467	0.139123	0.15461	0.159832	0.189544	0.180047	0.107417	0.103538				1.297237
7.01.2020		0.010417	0.000171	0.004822	0.00276	0.000342											0.018511
13.01.2020		0.097673		0.002141	0.020508	0.015558	0.302542	0.354144	0.375431	0.556211	0.393375	0.230262	0.197485				2.545331
20.01.2020		0.556474		0.047254		0.029432	0.251892	0.254648	0.241256	0.388485	0.363586	0.153931	0.180026	0.150855		0.134905	2.752743
6.02.2020	0.335486			4.21E-05	0.038325		0.132934	0.126809	0.261991	0.218995	0.217038	0.142346	0.110376	0.131267		0.20419	1.919799
22.07.2020			0.00023	0.017234	0.006443	0.000108	0.005385	0.002281		0.027718	0.008973	0.014403	0.003075				0.08585
29.07.2020				0.030924	0.004514		0.001187	0.003657		0.013046							0.053328
5.08.2020		0.005523	0.000154	0.012947	0.004204	6.63E-05	0.000331				0.011481						0.034705
12.08.2020	0.008165	0.00443	3.85E-05	0.007941	0.00504	0.000381					0.015831	0.004203	0.01607				0.062099
19.08.2020	0.00661	0.01657		0.012717	0.005949	0.000721	0.000698				0.002878	0.032335	0.002019				0.080497
26.08.2020	0.376301	0.009002	0.001174	0.030175	0.007788		6.68E-05										0.424506
2.09.2020		0.001107	0.000757	0.00747	0.007169	0.000471						0.000121	0.005148				0.022243
9.09.2020		0.005012	0.000552	0.00815	0.007193	7.79E-05					0.01182	0.002249					0.035055
16.09.2020	0.017713	0.059111	0.000141	0.025232	0.008915	0.000159											0.111271
23.09.2020			0.000168	0.011036	0.001594								0.0077				0.020497
30.09.2020	0.0862			0.037261	0.010565	0.006894											0.140919

Çizelge A. 8 7. Katman PAH Konsantrasyonları

K7-PAH	Nap	Acy	Ace	Flu	Phe	Ant	Flt	Pyr	BaA	Chr	BbF	BkF	BaP	BghiP	DahA	Ind	Σ PAH
20.08.2019			0.007408														0.007408
30.09.2019		0.692251	0.000111		0.016313		0.010108	0.009311		0.052836				0.148537		0.13198	1.061447
7.10.2019	0.763522			0.009053	0.031449		0.135333	0.202121		0.416464	0.818384	0.501755	0.467254	0.733503		1.223853	5.302691
14.10.2019	0.903116			0.000358	0.004297		0.009326	0.008061									0.925158
21.10.2019				0.012097	0.00866		0.093459	0.196325	0.222332	0.548631	1.172951	0.910428	0.785256	0.869865	0.29057	1.256858	6.367434
28.10.2019	0.175581	0.005448		0.006816	0.090329	0.046155	0.447023	0.630237	0.930703	1.37709	1.780538	1.253846	1.100827	0.977961	0.266656	1.067818	10.15703
4.11.2019		0.027665		0.009152	0.163377	0.031968	0.63959	0.82182	1.260454	1.396606	1.551244	0.850766	1.233749	1.369282	0.342866	1.147433	10.84597
11.11.2019	0.467105		0.00831	0.002106	0.057943		0.51134	0.851456	0.323823	0.867417	1.437341	0.748025	0.871359	0.495889	0.216788	0.391811	7.250715
18.11.2019		0.045154		0.011086	0.020979	0.016827	0.127761	0.20747	0.157509	0.402257	0.344977	0.277178	0.219364	0.199561		0.187497	2.21762
25.11.2019	0.304056	0.025984		0.005089	0.171173		0.806332	1.06785	1.028339	1.393752	1.484975	0.944834	0.932849	1.030294	0.253323	0.776575	10.22543
2.12.2019	0.295437			0.002039	0.03393		0.194301	0.294034	0.48594	0.813885	0.804637	0.816728	0.594054	0.675752	0.161443	0.662319	5.8345
9.12.2019	0.537913			0.002799	0.040565		0.380506	0.475403	1.171946	0.284044	0.9717	0.306207	0.699089	0.585423	0.087262	0.734702	6.27756
16.12.2019																	0
23.12.2019					0.047281	0.020765	0.333732	0.322998	0.415989	0.662416	0.323952	0.165743	0.200586	0.519017		0.379151	3.391631
30.12.2019		0.423519	0.012207	0.001924	0.019405	0.023231	0.253958	0.351314	0.406586	0.795835	0.630023	0.501898	0.457448	0.352354	0.074096	0.495044	4.798842
7.01.2020		0.043997			0.008739	0.030553	0.264126	0.331846	0.314899	0.499913	0.375696	0.535639	0.496136	0.270131		0.061019	3.232694
13.01.2020		0.028828	0.000154	0.002652	0.001328												0.032962
20.01.2020		0.041055		0.001671	0.022791	0.046277	0.732032	0.906662	0.66576	1.033752	0.911507	0.684557	0.594796	0.400379		0.432588	6.473829
6.02.2020		0.080587	0.000518	0.009875	0.027849	0.030215	0.634402	0.7169	0.443994	0.770731	0.703403	0.459642	0.571455	0.243269		0.214255	4.907095
22.07.2020	0.444921			0.002071	0.0477		0.381416	0.521014	0.590432	1.021404	0.958933	0.77842	0.710252	0.729336	0.110392	0.722301	7.018591
29.07.2020		0.000763	0.000471	0.020196	0.000687		0.003381			0.018526	0.01243	0.008814	0.004492				0.069759
5.08.2020		0.028817	0.003084	0.029613	0.001818		0.001617			0.010763	0.005883	0.001301	0.008025				0.090922
12.08.2020		0.000425	3.57E-05	0.006453	0.000739	0.004231					0.001721	0.001282					0.014887
19.08.2020	0.180484	0.004424	0.001356	0.008469	0.000823		0.00107				0.065931	0.175304	0.051914				0.489773
26.08.2020	0.017404	0.067161	0.000576	0.036809	0.00802						0.021616	0.097685					0.249273
2.09.2020		0.02042	0.003004	0.025146	0.009803												0.058372
9.09.2020		0.002421	0.000152	0.003336	0.007737	0.000191							0.000512				0.01435
16.09.2020		0.00429		0.004612	0.004614						0.003341	0.033192					0.050048
23.09.2020		0.038824	0.001329	0.015942	0.002799	0.000204	0.000474										0.059573
30.09.2020			0.000811	0.012848	0.001085	6.41E-05							0.007532				0.022341

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Selin YILDIRIM

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lisans : Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Çevre Mühendisliği
Bölümü,2012-2017

Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim
Dalı, 2018-

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

1. DOKAY Mühendislik ve Danışmanlık Ltd. Şti. / Yaz Stajı
2. PRD Çevre Yatırımları Planlama ve İnşaat LTD. ŞTİ./ Yaz Stajı
3. Batı Laboratuvarı Çevre Ölçüm Hizmetleri Bilişim Müh. Müşv. San. ve Tic.
Ltd. Şti./ Çevre Mühendisi (Ocak 2018- Ağustos 2018)
4. Çevre Boyut Danış. İsg Müh. İnş. Araç Kir. Taah. San. ve Tic. Ltd. Şti./ Çevre
Mühendisi (Ekim 2020-Devam etmekte)