

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**BAL ARILARINDA POLİSİKLIK AROMATİK
HİDROKARBON (PAH) ANALİZLERİ İLE ÇEVRE
KİRLİLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Navid KARGAR

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hasan Baha BÜYÜKİŞİK

Çevre Bilimleri Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu : 615.01.00

Sunuş Tarihi : 09.01.2015

Bornova-İZMİR

2015

KARGAR, Navid tarafından Yüksek Lisans tezi olarak sunulan “**BAL ARILARINDA POLİSİKLİK AROMATİK HİDROKARBON (PAH) ANALİZLERİ İLE ÇEVRE KİRLİLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**” başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 09.01.2015 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı	: Prof. Dr. Hasan Baha BÜYÜKİŞİK
Raportör Üye	: Doç. Dr. Ebru Yeşim ÖZKAN
Üye	: Prof. Dr. Aynur KONTAŞ

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “BAL ARILARINDA POLİSİKLIK AROMATİK HİDROKARBON (PAH) ANALİZLERİ İLE ÇEVRE KİRLİLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

09/01/ 2015

İmzası

Adı-Soyadı

ÖZET

BAL ARILARINDA POLİSİKLIK AROMATİK HİDROKARBON (PAH) ANALİZLERİ İLE ÇEVRE KİRLİLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

KARGAR, Navid

Yüksek Lisans Tezi, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hasan Baha BÜYÜKİŞİK

Ocak 2015, 56 sayfa

Endüstriyel devrimle birlikte, dünya çapında kentlerin büyümesi, araç kullanımının artması, hızlı endüstrileşme ve buna karşılık planlama ve çevresel düzenlemelerdeki eksiklikler sonucu gittikçe artan hava kirliliği pek çok ülkede sağlık ve çevre sorunlarına yol açmıştır.

Çevresel denetim programlarında, canlıların indikatör olarak kullanımları, bu projelerin doğru sonuçlara daha rahat ve ucuz yoldan ulaşmalarını sağlamaktadır.

Bu tez projesinde İzmir kentinin yoğun sanayi bölgesinde bal arılarından yararlanarak biyoizleme uygulanmıştır. Bölgede ısı ve enerji ihtiyacını karşılamak için aşırı miktarda kullanılan kömür ve odun, havada pirojenik kaynaklı PAH kirliliğine sebep olmuştur. Bal arı örneklerinde petrojenik PAH'ların orijinini mühtemelen motorlu araçlar ve petrokimya endüstrisinden kaynaklanmaktadır.

Anahtar kelimeler: Çevresel izleme, biyoindikatör, bal arısı, PAH'lar, kaynak belirleme, EPA

ABSTRACT

EVALUATION OF ENVIRONMENTAL POLLUTION WITH POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS (PAHs) ANALYSIS IN HONEY BEES

KARGAR, Navid

MSc in Environmental Science

Supervisor: Prof. Dr. Hasan Baha BÜYÜKİŞİK

January 2015, 56 pages

With the industrial revolution, worldwide growth of cities, increased vehicle use, rapid industrialization and correspondingly lack of planning and environmental regulations, increasing air pollution in many countries has led to health problems and environmental issues.

environmental control programs, use as an indicator of living, providing more convenient and inexpensive way to reach the correct result of these projects.

This thesis project, biomonitoring has been applied in the busy industrial area of Izmir with using of honeybees. Used excessive amounts of coal and wood for heat and power to meet the needs of the region, has led to the pyrogenic origin of PAH pollution in the air. Using excessive amounts of coal and wood for heat and power to meet the needs of the region, has led to the pyrogenic origin of PAH pollution in the air. The origin of petrogenic PAHs in samples, are likely to result from motor vehicles and petrochemical industry.

Keywords: Environmental monitoring, bioindicator, honey bee, PAH's, source apportionment, EPA

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasını tüm zorluklarına ve sorunlarına rağmen destekleyen ve yürütülmesini sağlayan sayın Prof. Dr. Hasan Baha BÜYÜKİŞİK hocama sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Analizlerin yapmasını üstlenen sayın Doç. Dr. Amir Abbas MATIN'e teşekkür ederim.

Hayatımın tüm dönemlerinde sevgi ve sabırla beni destekleyen eşime tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	ix
TEŞEKKÜR.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xvi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xvii
1. GİRİŞ.....	1
2. 2. ÇEVRE KİRLİLİĞİ	2
2.1 Hava Kirliliği.....	4
2.2 Gürültü Kirliliği.....	4
2.3 Su Kirliliği	5
2.3.1 su kirliliğinin kaynakları.....	5
2.4 Termal Kirliliği.....	6
2.5 Toprak Kirliliği.....	6
2.6 Radyasyon Kirlilikleri	6
3. HAVA KİRLİLİĞİ	7
3.1 Hava Kirliliğinin Tanımı	7
3.2 Hava Kirliliği Kaynaklarının Sınıflandırılması	7
3.3 Hava Kirliliğinin Küresel Etkileri.....	8
3.4 Hava Kirleticileri	8
3.4.1 Hava kirleticilerinin fiziksel özellikleri	9
3.4.2 Atmosferdeki organik kirleticiler	10
4. POLİSİKLIK AROMATİK HİDROKARBONLAR (PAH)	12
4.1 Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar'ın Tanımı.....	12
4.2 Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar'ın Kaynakları.....	12
4.3 Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar'ın Kaynaklarının Belirlenmesi	14

İÇİNDEKİLER (DEVAM)

Sayfa

4.4 Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar'ın Özellikleri.....	15
4.5 Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar'ın Katı / Gaz Faz Arasında Yayılımı....	15
4.6 Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar'ın Oluşumu Ve Emisyon Mekanizması	16
4.7 Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar'ın Sağlık Etkileri.....	16
5. ÇEVRESEL İZLEME.....	18
5.1 Biyoizleme	18
5.1.1 Biyoindikatörler	18
5.1.2 Biyoindikatörlerin özellikleri.....	19
6. PAH BİLEŞİKLERİ İÇİN BİYOİZLEME YÖNTEMİNİN UYGULANDIĞI ÖRNEK ÇALIŞMALAR.....	22
6.1 Sucul Ortamı Etkileyen Pah Kirliliği Ve Biyoizleme.....	22
6.2 Karasal Ortamda Pah Kirliliği Ve Biyoizleme	24
7. TEZ PROJESİNİN AMACI	26
8. BAL ARISI VE ÇEVRESEL İZLEME.....	27
8.1 Bal Arısının Taksonomisi	27
8.2 Bal Arısı Kolonisi	27
8.3 Ana Arı.....	27
8.4 Erkek Arı.....	28
8.5 İşçi Arılar	28
8.6 Arıların Biyoindikatör Olarak Rollerini.....	29
8.6.1 Bal arıları ve zirai mücadele ilaçların denetimi	30
8.6.2 Bal arısı ve ağır metal denetimi	30
8.6.3 Bal arısı ve polisiklik aromatik hidro karbonların denetimi	31
8.6.4 Bal arıları ve radyonüklitlerin denetimi.....	31
9. PROJENİN YÜRÜTÜLDÜĞÜ BÖLGENİN TANITIMI	33

İÇİNDEKİLER (DEVAM)

Sayfa

9.1 Aliğa İlçesinin Tarihçesi	33
9.1.1 Aliğa ilçesinin coğrafik konumu.....	33
9.1.2 Aliğa ilçesinin iklimi	33
9.1.3 Aliğa ilçesinin doğal varlıkları	33
9.1.4 Aliğa ilçesinin sanayisi	34
9.1.5 Aliğa ilçesinin çevresel durumu	35
9.2 Karaburun İlçesinin Tanıtımı.....	35
9.2.1 Karaburun ilçesinin tarihçesi	35
9.2.2 Karaburun ilçesinin coğrafik konumu	36
9.2.3 Karaburun ilçesinin iklimi	36
9.2.4 Karaburun ilçesinin doğal özellikleri	36
9.2.5 Karaburun’da bulunan madenler ve çevresel sorunları	37
10. MATERYAL VE YÖNTEM.....	38
10.1. Çalışmanın Yapıldığı Bölge Ve Örnekleme	38
10.2 Kimyasal Analiz İçin Gerekli Materyaller	39
10.2.1 Numune hazırlama.....	40
10.2.2 Analiz yöntemi	40
11 KİMYASAL VE İSTATİSTİK ANALİZ SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	41
12. SONUÇ VE ÖNERİ	51
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	52
EKLER	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.2.1 EPA tarafından belirlenmiş 16 PAH bileşiği	14
10.1.1 Aliğa sanayi bölgesinde alınmış örneklerin konumu	38
10.1.2 Örneklerin alındığı bölgeler	39
11.1 İstasyonların toplam PAH miktarı	42
11.2 Kutu grafiği	43
11.3 Kutu grafiği	44
11.4 Normalize edilmiş verilerle kaynak belirlenmesi	48
11.5 Faktör analiz sonucu 1	49
11.6 Faktör analiz sonucu 2	50

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3..4.1 Hava kirleticilerinin bazı kaynakları	10
6.2.1 Çeşitli araştırmalarda kozalaklı bitkiler üzerinde yapılmış olan PAH analizleri	25
11.1 Kimyasal analiz sonuçları.....	41
11.2 Şahit verilere (Arı 1) dayanarak normalize edilmiş veri.....	43
11.3 Şahit verilere (Arı 4) dayanarak normalize edilmiş veriler	44
11.4 Şahit verilere (Arı 2) dayanarak normalize edilmiş veriler	45
11.5 Şahit verilere (Arı 6) dayanarak normalize edilmiş veriler	45
11.6 Diagnostik oranlar	45
11.7 Diagnostik oranların sonuçları.....	46
11.8 Bileşiklerin kaynak ilişkileri.....	48

1. GİRİŞ

İnsanoğlu yer yüzünde yaşamaya başladığı andan itibaren doğadan yararlanıp kendi hayatının devamını sağlamıştır. Nüfusun az ve teknolojinin gelişmediği dönemlerde doğa insan faaliyetleri karşısında kendini yenileyip onarma fırsatına sahipti ama endüstri devriminden sonra nüfus artışı, teknolojinin her geçen gün ilerlemesi, tüketim alışkanlıklarının değişmesi vb. doğal kaynakları yenilenebilme sürecinden çok daha hızlı tüketip dolayısıyla çevresel sorunlar ortaya çıkmıştır. Günümüzde bir çok bilim dalında karşı karşıya olduğumuz en büyük soruna çare bulmak için araştırmalar yapılmaktadır. Bu araştırmaların çoğu var olan süreçleri ve değişiklikleri gözlem altında tutarak, kontrol edip çevre sağlığı için kalite seviyesinin gereken sınırı aşmaması için önlemler üretmekle ilgilidir.

Çevre konusunda gündemde olan ve en önemli sorunlardan biri, atmosfer kirliliğidir. Atmosfer kirleticilerin üretimini tamamen durdurabilme şansımız olmasada kaynaklarının belirlenmesi ve kontrol altına alınması bir çok olumsuz etkiyi azaltmakta yardımcı olabilmektedir ve aslında çevresel izleme programları bu amaç için hazırlanıp uygulanmaktadırlar. Uygun bir çevre izleme programında uygun indikatör ve kirletici faktörü birleşince başarılı bir şekilde çevre sağlığı durumu hakkında bilgi edinip gerektiğinde uygun önlemler sağlamak mümkündür.

Yıllarca yapılan bilimsel araştırmalarda bal arılarının çevre izleme programlarında güvenilir indikatör oldukları ispatlanmıştır. Bu çalışmada bu bilgiye dayanarak, İzmir'in en önemli sanayi alanlarından olan Aliğa ilçesinde atmosferik kirleticilerin incelenmesinde bal arıları kullanılmıştır. Bu çalışmada en önemli çevre ve atmosfer kirleticisi olarak tanınan poliaromatik hidrokarbonlarla ilgili iyi indikatörler olan bal arıları yoğun sanayi bölgesinde yerleştirilerek PAH yoğunluğu ve kaynakları hakkında önemli bilgilere ulaşmamızı sağlamıştır.

2. ÇEVRE KİRLİLİĞİ

Yerküresi-atmosfer sistemindeki fiziksel veya biyolojik bileşenlerin, doğal çevresel döngülerini olumsuz etkileyebilecek kadar kirlenmesine çevre kirliliği denilmektedir. Çevre kirliliğinde bahs ettiğimiz kirlilik çevre, insan ve tüm canlı organizmalara zarar veren, çevre ve canlıların sağlığını negatif yönde etkileyen kirleticilerdir. Bazen bu kirleticiler bir kimyasal madde bazende ses, ışık veya ısı gibi bir enerji türü olabilir; tabii ki bu faktörler doğal ve gereken sınırı aştıklarında kirleticiler olarak adlandırılıyorlar. Bazen bu kirleticiler doğanın normal şekilde onları atma, başka bir zararsız maddeye dönüştürme veya bertaraf etmesinden daha hızlı çevreye girip birikiyorlar. Doğanın bu kirleticileri bertaraf edebilmesi için yıllara ihtiyacı olabilir, mesela radyoaktif maddelerin bertarafı için binlerce yıl zaman gerekmektedir.

Çevre kirliliği 19. Yüzyıldan itibaren sanayi devriminden bu güne her geçen gün artarak en önemli sorun haline gelmiştir. Çevre kirliliği ve genel olarak çevresel problemler hem gelişmiş hemde gelişmekte olan ülkelerde görülmektedir. Nüfusun artması, kentlerin büyümesi ve gıda, enerji ve diğer gereksinimleri karşılamak için doğal kaynakların sınırsız tüketilmesi doğanın dengesini bozmuştur. 1992 yılında gerçekleştirilen Birleşmiş Milletler Kalkınma Konferansı'nda (UNCED) şehirlerdeki çevresel bozunmaya dikkat çekilerek, acil tedbirlerin alınması gerektiği ifade edilmiş ve kentsel hava kirliliğinin önemine işaret edilerek; 21. yüzyıl için sürdürülebilir bir eylem planının oluşturulması, kirleticiler konsantrasyonları, kaynakları, ve etkilerine yönelik güvenilir ve kabul edilebilir verilerin üretilmesi konusunda çaba gösterilmesi gereği vurgulanmıştır (Yeşilyurt ve Akcan, 2001).

Çevre kirleticileri gaz, katı ve sıvı maddeler şeklinde bulunmaktadır. Bu kirleticiler özel mekana ve kaynaklarına sınırlı değiller ve her zaman sınırları aşp başka bölgelerde etkileyebilmektedirler; bazıları canlı organizmalar tarafından bozulamaz ve yıllarca ekosferde birikip, habitata zarar vermektedir.

Çevre kirliliği hava, su ve toprak kirliliği olarak 3 bölüme ayrılmaktadır.

Önemli hava kirleticileri: kükürt dioksit, azot dioksit, karbon monoksit, ozon, uçucu organik bileşikler, radyoaktif ve ağır metal,vb.

Su kirleticileri: insektisitler ve herbisitler, hayvan çiftliklerinden gelen atıklar, sanayi ve çeşitli fabrikaların atık suları veya katı atıkları, ağır metal, çeşitli kimyasal maddeler vb.

Toprak kirleticileri: zirai alanlarda kullanılan gübre ve ilaçlar, hidrokarbonlar, çözücüler ve ağır metaller.

Fosil yakıtlar en önemli çevre kirleticisi olarak bulunmaktadır. Günümüzde fosil yakıtlar hem günlük enerji ihtiyacı için hem plastik, solventler, deterjanlar, asfalt ve bir çok başka ürünün ham maddesi olarak kullanılmaktadır. Dünyada kullanılan enerjinin yaklaşık 90%'ı fosil yakıtlardan karşılanmaktadır.

En çok fosil yakıt kullanarak çevre kirliliğine sebep olan sektörler:

- Enerji üreten santraller
- Petrol rafineleri
- Petrokimya tesisleri
- Fosil yakıt üretim ve dağıtım
- Motorlu taşıtlar
- Gemi sanayisi
- Hava yol ulaşımı

Fosil yakıttan sonra çevre kirliliğine sebep olan faaliyetler arasında ziraat ikinci sıradadır. Aşırı miktarda pestisit ve gübre kullanımı toprak ve yüzey suların kirlenmesine sebep olmaktadır (Gray, 2008).

Genel olarak çevre kirliliği altı başlık altında incelenebilmektedir:

- Hava kirliliği
- Gürültü kirliliği

-Su kirliliği

-Toprak kirliliği

-Termal kirlilik

-Radyasyon kirliliği

2.1 Hava Kirliliği

Katı, sıvı, gaz, radyoaktif maddelerin çevre ve canlıların sağlığını olumsuz yönde etkileyen miktarlarda atmosferde bulunması, hava kirliliği olarak tanımlanmaktadır. Atmosfer kirliliğinden, kirleticiler ve kaynakları, sebebiyet verdikleri sorunlar ve izleme programları ile ilgili hava kirliliği başlığı altında gelecek bölümlerde detaylı şekilde bahs edilecektir.

2.2 Gürültü Kirliliği

Gürültü yaygın kirleticilerdendir. Gürültü” değersiz ses” veya” dinleyici tarafından istenmeyen ve rahatsız edici olan ses” olarak bilinmektedir. Db olarak ölçülen gürültü, dünya sağlık örgütü tarafından belirlenen sınıra göre maksimum gündüz 45 db’i ve gece ise 35 db’i aşmaması gerekmektedir ama nerdeyse tüm faaliyetlerin ses ve gürültü yapması onu önemli sorun haline getirmiştir.

2.2.1 Bazı günlük faaliyetlerin sebep olduğu gürültü ölçüleri

Faaliyetler	Üretilen gürültü (db)
Normal konuşma	20-30
Yüksek sesle konuşma	60
Uçak	90-120
Motorsiklet	105
Trafik	60-90

Daha yüksek teknolojiye sahip motorlu taşıtları kullanarak, elektrik enerjisiyle çalışan araçları tercih ederek, sanayilerde ses izolasyonları yaparak vb. gürültü kirliliğini azaltmak mümkün olabilmektedir.

2.3 Su Kirliliği

Su kirliliği en ciddi çevresel problemlerdendir. Endüstri, ziraat, evsel atıklar ve bir çok insan faaliyeti sonucunda su kirliliği ortaya çıkmaktadır. Organik maddelerin çürümesi, toprak erezyonu ve kayaların aşınması sonucunda açığa çıkan ve yıkanan mineraller doğal yollardan oluşan su kirliliğinin yollarındandır.

2.3.1 Su kirliliğinin kaynakları

-Ziraai alanlardan gelen sıvı atıklar: Tarımda kullanılan pestisitler, herbisitler, gübreler, vb. yıkanarak su kaynaklarına karışıp gıda zincirine dahil olmaktadırlar.

-Endüstriyel bölgenin arınmamış atıkları: Endüstriyel atıklarda bulunan kurşun, çinko, arsenik, bakır, civa ve diğer ağır metaller su kaynaklarını kirletmektedir.

-Küller ve katı atıkların su kaynaklarında birikmesi

-Denizlerin petrolla kirlenmesi: Petrol çıkarma işlemleri, gemilerde olan sızıntılar ve petrol tankerleriyle ortaya çıkmaktadır.

- Otofikasyon, su kaynaklarının kirlilik nedenlerinden sayılmaktadır. Kanalizasyon suları ve tarım arazilerinden su kaynaklarına karışan sıvı atıklar su kaynaklarının besin madde bakımından zenginliğine sebep olmaktadır ve bu durumda alglar ve fitoplanktonların üremesine ve çoğalmasına sebep olmaktadır. Yaşayan canlı organizmalar çoğalınca O_2 ihtiyacının artması sonucu organizmaların ölümü ve onların bakteriler ve heterotrofik protozoanlar tarafından ayrışmaları çözülmeyen oksijen üretimine sebep olur. Bu durum büyük sucul canlılar gurubunun ölümüne sebebiyet vermektedir.

Atık suları denizlere boşaltmadan önce arıtma işlemlerinin yapılması ve tarımda zirai mücadele ilaçların kullanımının azaltılması, su kaynakları kirliliğinin azaltılmasına yardımcı olabilmektedir.

2.4 Termal Kirliliği

Tüm enerji üreten tesisler ve diğer sanayiler büyük miktarda suyu, soyutma işlemleri için kullanıp sıcak suyu su kaynaklarına deşarj etmektedirler. Bu işlem 10°C-15°C su sıcaklığının artmasına sebep olmaktadır. Su ısının yükselmesi oksijenin suda çözülmesini azaltarak aquatik hayatı olumsuz etkilemektedir.

2.5 Toprak Kirliliği

Genelde su kirliliğine sebep olan kirleticiler toprak içinde kirlilik kaynağı olabilmektedir. Evlerden ve sanayilerden atılan katı atıklar (plastik, kağıt, kumaş, metal vb.), bacalardan çıkan küller, ilaçlar, tarımda kullanılan gübre ve ilaçlar, asit yağmuru vb. bu kirletici faktörler arasında yer almaktadır.

Doğada çürümeyen maddelerin kullanımının azaltılması, bir çok maddeyi gömme yerine geri dönüştürme işlemleriyle tekrar kullanmak, atıkları deşarj etmeden arıtmak, toprak kirliliğini önlemek için yapılabilecek çözümlerdendir.

2.6 Radyasyon Kirliliği

Radyasyon bir enerji türüdür. Radyoaktif nüklitlerin parçalanması sırasında ortaya çıkmaktadır. Radyasyon kirliliği iyonlaştırıcı olmayan radyasyon ve iyonlaştırıcı radyasyon olarak iki gruba ayrılmaktadır. İyonlaştırıcı radyasyon canlı organizmalar için daha zararlıdır.

3. HAVA KİRLİLİĞİ

3.1 Hava Kirliliğinin Tanımı

Genel olarak insan ve çevre sağlığı üzerinde negatif etki yaratan her hangi bir istenmeyen veya doğal olarak hava birleşimi içinde yer almayan maddelerin atmosferde bulunması hava kirliliği olarak tanımlanmaktadır. SO_x, NO_x, CO, HCs,... gibi gazlar, duman, toz ve bazı partikül maddeler, radyoaktif maddeler ve bir çok başka madde hava kirliliğine neden olabilmektedir. Bu maddelerin bazıları normal ve doğal şekilde düşük dozda atmosferde mevcut olup bu dozlarda zararsızdırlar. Günümüzde hava kirliliği dünyada var olan en önemli çevresel sorunlardan biridir. Endüstriyel gelişim, sanayi faaliyetleri, fosil yakıtların kullanımı ve motorlu taşıt kullanımı sonucunda yüksek miktarda gaz ve partikül şeklinde çeşitli maddeler havaya salınıp hava kirliliğine sebep olmaktadır (Admassu, 2006).

Dünyada yaklaşık 1200 milyon kişi yüksek dozda SO₂'ye maruz kalmaktadır. Açık hava yani dış ortamda bulunan SO₂ ve SPM'in (Solid Particulate materials) yüksek konsantrasyonu 500,000'den fazla kişinin ölümüne sebep olmaktadır. Dünyada, 1400 milyon kişi duman ve SPM'e maruz kalmaktadır ve kapalı ortamlarda bulunan SPM konsantrasyonu 2.5 milyondan fazla insanın ölümüne sebebiyet vermektedir. Avrupa ve Kuzey Amerika'nın yüzde 15-20'si yüksek dozda NO₂'ya maruz kalmakta ve neredeyse dünyanın yarısında yüksek seviyede CO bulunmaktadır. Dünya sağlık örgütünün 2002 yılındaki açıklamasına göre, kadınlar erkeklere göre daha fazla çevre ve hava kirliliğinden etkilenmektedirler (Sobsey, 2007).

Hava kirliliği çok karmaşık bir fiziksel ve kimyasal sistemdir, bazı bileşenler, ya çözülüyorlar yada havada asılı kalıyorlar bazıları ise birbirleriyle reaksiyona girip bazı farklı etkiler yaratabiliyorlar. Hava kirliliği mevsimden mevsime, endüstri faaliyetlerin yoğunluğu, trafik yoğunluğu, hakim rüzgarın yönü ve şiddetine göre ve diğer başka sebeplerden dolayı değişebilmektedir. EPA, 1990 yılında 188 tehlikeli atmosfer kirleticisi ya da diğer adıyla "hava zehiri" belirlemiştir. 188 atmosfer kirleticisinin çoğu antropojenik, trafik ve üretim kaynaklıdır. Ar, Cu, Cr içerenler doğal oluşumludur. Madencilik ve eritme gibi çeşitli aktivitelerle oluşmaktadır (Tam ve Newman, 2004).

3.2 Hava Kirliliği Kaynaklarının Sınıflandırılması

1)Sabit kaynaklar:

-Genel güç ve enerji üreten veya atık yakma tesisleri

-İmalat ve üretim aşamaları: CO_x , NO_x , SO_x , UO_x , PAH, nükleer fizyon, UOB, NH_3 , H_2S

-Maden ocakları: SO_x , Pb, Cd, As, Hg, Ni, Tl, çeşitli partikül ve aerosoller

-Fosil yakıt ekstraksiyonu ve dağılımı

-Çözücü üretimi ve kullanımı: çeşitli uçucu bileşenler

-Atık arıtma veya bertaraf etme işlemleri: duman, aerosoller, çeşitli partiküller (CO_x , NO_x , PAH, PCDD, PCDF,...)

-Ziraat: pestisit aerosoller, NH_3 , H_2S ve katı partiküller

-Doğal yollar: volkanik patlamalar, orman yangını

2)Sabit olmayan kaynaklar:

-Trafik ve taşımacılık: egzoz gazları, aerosoller, duman, çeşitli partiküller (CO_x , NO_x , SO_x , PAH, PAN, V, MO,...)

-Cadde dışı mobil kaynaklar

3.3 Hava kirliliğinin küresel etkileri

-Ozon tabakasının incilmesi (klorofluorokarbonların etkisi)

-Küresel ısınma (sera gazları), (Sobsey, 2007).

3.4 Hava kirleticileri

- Kükürt dioksit: kükürt dioksit sanayileşme döneminin ilk gününden itibaren en önemli hava kirleticisi olarak tanımlanmıştır. Hava kirliliği ve havanın asitleşmesinde en önemli faktördür.

- Azot dioksit: NO_2 en önemli ve ikinci sırada gelen hava kirleticisidir. NO_2 , NO 'nun güneş ışığı karşısında veya yüksek sıcaklıkta okside olmasından ortaya çıkmaktadır. Kapalı ve ev ortamında ocak gazlarından açığa çıkmaktadır.

- Partikül maddeler: odun ve kömür sobalarından, dizel otomobillerin egzozlarından ve diğer yanan maddeler, partikül maddelerin kaynakları arasında yer almaktadır.

- Hidrokarbonlar: fosil yakıt kullanımı ve organik maddelerin tam yanmaması, petrol üzerinde yapılan işlemler, hidrokarbonların kaynağı olabilir. Ayrıca volkanik patlamalar ve orman yangınları gibi bazı doğal afetlerde havada bulunan hidrokarbonların kaynağı olabilmektedir.

- Kurşun başta olmak üzere tüm ağır metaller

- Asbest

- Radyoaktif maddeler

3.4.1 Hava kirleticilerinin fiziksel özellikleri

- Aerosoller: havada asılı olan küçük katı veya sıvı partiküller,

- Gaz fazında bulunan kirleticiler

Partikül maddeler: partiküller 0.001-500 μm çapa sahipler ve genelde havada asılıdır. 10 μm 'den küçük olanlar rahatça havada hareket edebilmektedirler; 10 μm 'den büyük olanlar ise yüzeylere oturuyorlar. SPM'in (asılı kalan partikül maddeler) en önemli kaynakları motorlu taşıtlar, termik santraller, inşaat faaliyetleri, petrol rafineleri, vb dir.

Uçucu küller genelde termik santrallerden ortaya çıkmaktadırlar. Kül hava ve su kirleticisidir. Ayrıca ağır metal kirliliğinede sebep olmaktadır; bitkilere de zarar veren kül toprakta birikmektedir.

Yakıtta, aracın motorunda rahat ve akıcı hareket etmesi için geçmiş yıllarda tetra etil kurşun eklenmekte idi. Bu sebepten dolayı arabaların egzozundan çıkıp havaya karışan gazda kurşun mevcuttur. Solunum yoluyla ciğer ve böbrekleri etkileyen kurşun suya karıştığında zehirleyici etki yaratabilmektedir.

Demir, alüminyum, manganez, çinko ve diğer metal oksitleri madencilik veya metalürji işlemleriyle açığa çıkıp canlı organizmaların hayatını etkilemektedir.

-Gaz şeklinde olan kirleticiler: enerji üretimi, sanayiler, taşıtlar ve tüm yakıtlar karbon dioksit, nitrojen oksitleri ve sülfür dioksit üretmektedir. Bunların hepsi çevre ve canlıların hayatı için zararlı gazlar olarak bilinmektedir.

3.4.1 Hava kirleticilerinin bazı kaynakları

Hava kirleticileri	Kaynak
CO ve CO ₂	Motorlu taşıtlar, ahşap ve kömür yakılması
SO ₂ ve H ₂ S	Termik santraller, petrol rafineleri, doğal volkanik patlamalar
NO ve N ₂ O	Motorlu taşıtlar
Hidro karbonlar	Otomobil ve petrol sanayisi
Partiküller	Termik santraller, inşaat, metalurjik süreçler
Fiberler	Pamuk, yün

Endüstriden gelen kirliliği, doğal gaz gibi daha temiz yakıt kullanarak, çevre dostu metodları geliştirip kirletici emisyonunu azaltarak, özel filtreler ve cihazlar sayesinde kirletici salınımını azaltarak vb., daha düşük seviyelere düşürmek mümkündür.

Karbon dioksit, metan, azot oksit, su buharı ve kloroflorokarbonlar gibi atmosfer gazları kızıl ötesi ışınların yer yüzünden geri dönmesini engelleyerek yer yüzünün ısınmasına sebep olmaktadır. Bu olay küresel ısınma sorununu yaratarak hava kirliliği sınıfında yer almaktadır. Buz dolaplarında, yangın söndürücülerde, çözücülerde ve spreylerde CFC'nin bulunması ozon tabakasına zarar vermeside atmosfer kirliliği olarak sınıflandırılmaktadır.

3.4.2 Atmosferdeki organik kirleticiler

Organik maddeler atmosfere, toprak yüzeyinden buharlaşma veya insanlar tarafından üretilen emisyonlarla karışmaktadır. Organik maddelerin yakıldığı birçok doğal ve antropojenik kaynaktan uçucu organik (VOC) emisyonları atmosfere verilmektedir. Bulutlardaki su damlacıklarının içerisinde çözünebilen bu maddeler, atmosfer hareketleriyle uzak mesafelere taşınıp, kuru ve yağ çokelme olaylarıyla tekrar yeryüzüne geri dönmektedirler (Grynkiewicz et al., 2002). Uçucu organik bileşikler (VOC), fiziksel ve kimyasal özellikleri birbirinden farklı birçok bileşik için kullanılmaktadır. VOC'ler içinde sadece karbon ve hidrojenden oluşan alkan, alken, alkil ve aromatik bileşikler gibi sınıflar önemli bir yer tutmaktadır. Oksijen, klor veya başka elementleri bünyesinde bulunduran diğer VOC bileşikleri de ayrı bir önem taşımaktadır. Örneğin aldehitler, ketonlar, eterler, alkoller, esterler, klorlu alkan ve alkenler ile kloroflorokarbonlar (CFC'ler), sahip oldukları toksik etkilerden dolayı gözardı edilmemesi gereken kimyasal maddelerdir (Hewitt, 1999). Dayanıklı organik kirleticiler (persistent organic pollutants, POPs), doğada uzun süre bozulmadan kalabilen, bu özelliklerinden dolayı besin zinciri vasıtasıyla canlılarda biyoakümülyasyon gösteren ve zehirli etkileri nedeniyle sağlık sorunlarına yol açan kimyasallardır (Dickhut et al., 2000; Gaga, 2004).

Hidrokarbonlar, sadece karbon ve hidrojenden oluşan bileşiklerdir ve iki gruba ayrılmaktadır. Bunlardan birincisi Aromatik Hidrokarbonlar, yani benzen gibi halka (zincir) yapıda olan bileşiklerdir. İkinci grup ise bir halka şeklinde olmayan, aromatik olmayan hidrokarbonlar'dır. Doymuş hidrokarbonlar olan alkanlar, bir veya daha fazla çift bağ taşıyan alkenler ve bir veya daha fazla üçlü bağ taşıyan alkinler bu gruba girmektedirler.

4. POLİSİKLIK AROMATİK HİDROKARBONLAR (PAH)

4.1 Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar'ın Tanımı

Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) büyük ve çok halkalı aromatik hidrokarbonlar olup oldukça tehlikelidir. Organik kirleticilerin arasında önemli bir grup olan çok halkalı aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar), yapılarında iki veya daha fazla benzen halkası bulunduran, fakat karbon ve hidrojen harici bir element taşımayan bileşiklerdir. Nitrasyon, sülfürinasyon ve fotooksidasyon gibi kimyasal tepkimeler sonucu yapıları değişerek daha zehirli olan farklı bileşiklere dönüşebilmektedirler. Tipik olarak, bu çevresel kirletici maddeler yüksek sıcaklıklarda organik maddelerin tam yanmaması sonucu oluşmaktadır. 230, 000 ton PAH'ın yıldan yıla global çevreyi petrol, endüstriyel atıklar ve biyosentez ile kirlettiği tahmin edilmektedir. PAH'ların kirlettiği ilk çevresel matrisler hava, su, toprak ve sedimentlerdir. Bu kirletici maddeler kanserojenik ve mutajenik etki göstermektedir (Mastral et al., 2003).

PAH ilk defa 1775'te Percival Pott tarafından baca temizlikçilerinde tanımlanmıştır. Bu kişilerde, çok küçük yaşta çalışmaya başladıklarından iste bulunan benzo-(a)-pyren'in neden olduğu cilt kanserine rastlanılmıştır. 1875'te Almanya'da katran endüstrisinde çalışan işçilerde deri kanseri gözlenmiştir. Daha sonra 1947 ve 1872'de gaz endüstrisi ve katran işçilerinde kanser araştırması yapılmıştır (Alloway and Ayres, 1997). Günümüzde PAH'larla ilgili çok sayıda çalışma bulunmaktadır ve tehlike boyutu büyük olduğu için araştırmalar devam etmektedir.

4.2 Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar'ın Kaynakları

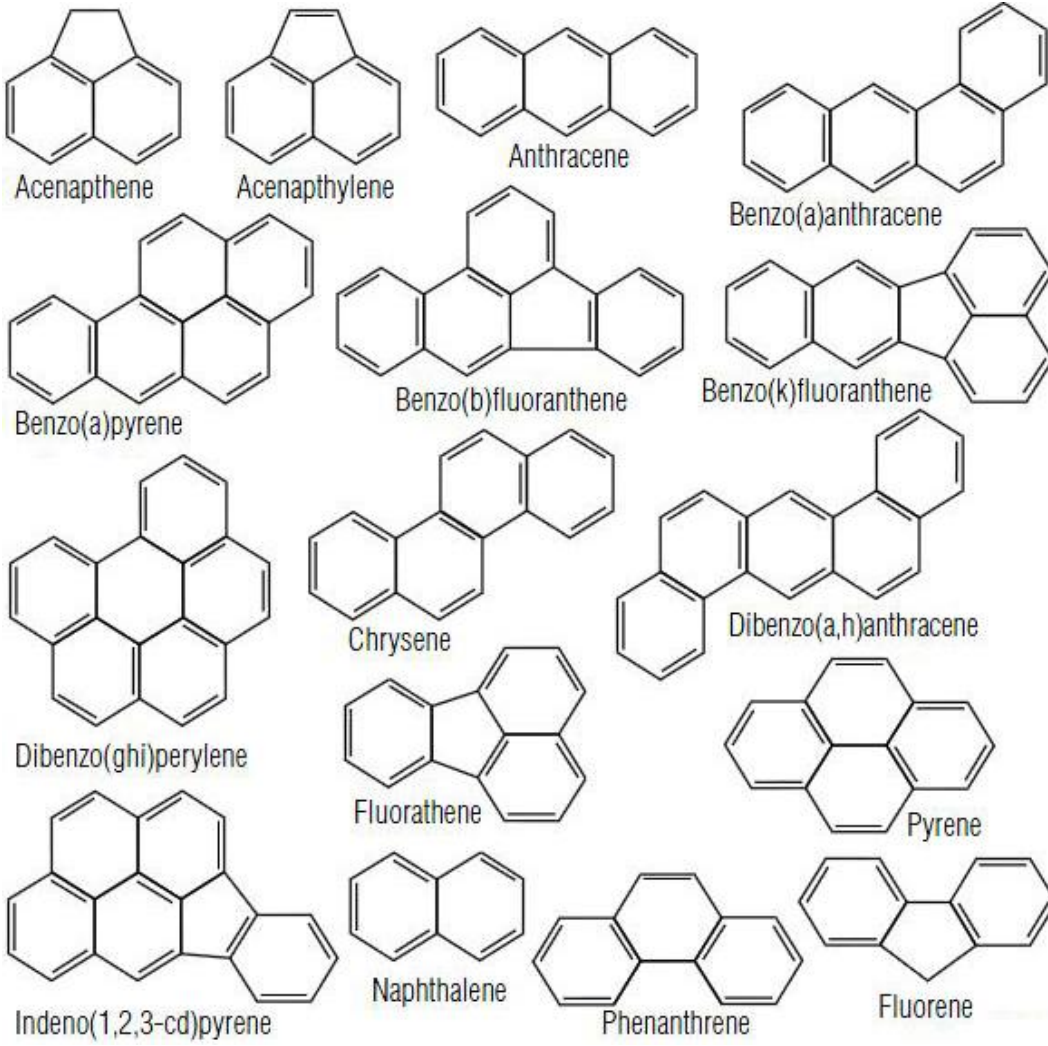
PAH insan kaynaklı ve doğal kaynaklı oluşmaktadır. Fakat en çok fosil ve akaryakıt türevlerinin yanması sonucu oluşmaktadır. PAH'ların ana kaynakları sabit ve hareketli olmak üzere 2 kategoriye ayrılmaktadır. Sabit kaynaklar; evsel ısınma, çöplerin yakılması, kok üretimi, alüminyum üretimi, demir-çelik endüstrisi, petrol rafineleri, asfalt üretimi, enerji ve ısı üretimi, orman yangınları ve tarım artıklarının yakılmasıdır. Hareketli kaynakları ise motorlu taşıtların egzoz gazları oluşturmaktadır.

Trafikteki taşıtlardan oluşan hidrokarbonların %77' si otomobillerden, % 14'ü ağır yük taşıtlarından, % 7' si motorsikletlerden, % 2' si ise hafif taşıtlardan kaynaklanmaktadır (Alloway and Ayres, 1997). Minimum PAH kaynağı, fakat insanlık için oldukça büyük tehlike kaynağı, sigara dumanıdır. sigara içilmeyen evlerde PAH oranı 0,1-0,6 ng/m³ iken içilen evlerde 0,4-1,8 ng/m³ tür. Sigara

dumanında nikotin, asetaldehid, aseton, benzen, formaldehid, benzo-[a]-piren gibi maddeler bulunmaktadır. Sigara içilen ortamlarda PAH oranı içilmeyen yerlerdekilere göre ortalama 5 kat daha fazladır (Alloway and Ayres, 1997).

Emisyon kaynaklarının özelliklerine bağlı olarak bulunan indikatör PAH'lar ise şöyledir: endüstriyel atıkların yakılmasından kaynaklanan PAH'lar indeno(1,2,3-c,d)pyrene ve chrysene, çimento tesislerinden tamamı 3 halkalı olan acenaphthylene, acenaphthene ve anthracene'dir (Esen, 2006). Amerika ulusal çevre koruma ajansı (USEPA) tarafından öncelikli kirleticiler olarak sınıflandırılan 16 PAH bileşiğinin moleküler yapısı şekil 4.2.1.'de görülmektedir. Napthalene gibi düşük molekül ağırlığına sahip PAH bileşikler haricindekiler düşük uçucu özellik göstermekte ve suda çok az çözünmektedirler. Molekül ağırlıkları arttıkça, sudaki çözünürlükleri daha da düşmektedir. Hidrofobik yapılarından dolayı, sularda ölçülen çözünmüş PAH değişimleri oldukça düşüktür. PAH bileşiklerinin dayanıklılığı halka sayısının artmasıyla doğru orantılıdır. Aerobik sedimanda yarı ömürleri 3 haftadan 300 hafta ve üzerine kadar çıkmaktadır. Bu sebeple PAH'lar dayanıklı organik kirleticiler sınıfında değerlendirilmektedirler (Gaga, 2004).

EPA, 16 PAH'ı temel kirleticiler olarak belirlemiştir. Bunlar naftalin, asenaftalin, asenaftilen, floren, fenantren, antrasen, floranten, piren, krisen, benzo [a]antrasen, benzo[b]floranten, benzo[k]floranten, benzo[a]piren, indeno[1,2,3-c,d]piren, benzo[g,h,i]perilen ve dibenzo[a,h]antrasen dir (Mastral et al., 2003).



4.2.1EPA tarafından belirlenmiş 16 PAH bileşiği

4.3 Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar'ın Kaynaklarının Belirlenmesi

Polisiklik aromatik hidrokarbonlar, kaynaklarına göre 3 gruba ayrılmaktadır:

- biyogenik (perylene gibi)
- pirojenik (organik maddelerin yanmasından açığa çıkan PAH'lar)
- petrojenik (petrol kaynaklı olan PAH'lar)

Genellikle hafif molekül ağırlığına sahip PAH'lar petrojenik, yüksek molekül ağırlığına sahip PAH'lar ise pirojenik kaynaklıdır. Aldığımız örneklerde mevcut olan hafif ve ağır moleküllu PAH'ların oranı kirlilik kaynağını tespit

etmek için kullanılmaktadır. Eğer LMW/HMW >1 ise kirlilik kaynağı petrojenik, eğer bu oran <1 ise PAH'lar pirojenik kaynaklıdır.

Bazen kaynakları belirlemek için EPA tarafından açıklanan 16 PAH bileşiği arasında bulunan izomerlerin oranı ölçülmektedir.

4.4 Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar'ın Özellikleri

PAH' lar canlı bünyesinde oksitlenir, enzimlerle etkileşir, tepkimeye girer. Temel özelliklerinden yüksek uçuculuk, mutajenik ve kanserojenik etkiler, atmosferde kolay taşınabilmek ve ışık, NO_x, O₃ ile reaksiyona girip foto bozunmak sayılabilmektedir (Mastral et al., 2003). Genellikle PAH'lar çeşitli organizmalarda enzim oksidasyonunu aktif hale getiren biyotransformasyona neden olmaktadır. PAH'lar içerisinde en tehlikelisi benzo-(a)-pyren'dir. DNA, RNA gibi hücrel makro moleküllerle bağ kurar. Benzo[a]piren epokside yükseltgenir, özellikle serbest radikaller tarafından kolay yükseltgenir. PAH'ların çok önemli çevresel kirleticilerden sayılmasının nedeni DNA ile etkileşerek canlı bünyesinde kanserojenik ve mutajenik özellik göstermesidir (Mastral et al., 2003). Kanserogen ve mutajen oldukları kanıtlanmış olan PAH' lar içerisinde canlıların en çok maruz kaldıkları bileşik Benzo[a]pyren'dir (Arınç et al., 2000).

4.5 Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar'ın Katı / Gaz Faz Arasında Yayılımı

Organik bileşenler işlem gördükleri prosese göre gaz fazda yada partiküller halinde bulunabilmektedirler. Mastral et al. (2003) yaptıkları bir çalışmada katı ve gaz faz arasında PAH yayılımını incelemişlerdir. Buna göre genellikle yüksek sıcaklıklarda gaz fazında iken sıcaklık düşürüldükçe parçacıkların bir kısmı havadaki kül partiküllerine absorblanabilmektedir. Geniş yüzey alanına sahip oldukça küçük partiküller daha çok organik bileşen absorblayabilir ve bu da bilinenden daha büyük istenmeyen toplulukların oluşmasına neden olur. Toplam PAH yayılımında gaz fazın katkısı çok büyüktür. Atmosferik PAH' ların iki faz arasında yayılımı buhar basıncı, uygun sıcaklık, yüzey alanı, konsantrasyon, organik matristeki partiküllerle PAH' ların yakınlığı gibi faktörlere bağlıdır. Farklı matrislerdeki PAH' ların absorblanması buhar basıncına bağlıdır. Yapılan çalışmalarda PAH' ların 25°C'de uçuculukları ve kaynama noktalarını, aynı sayıda karbon içeren n-alkanlara göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Naftalin % 100 gaz fazında bulunurken, benzo[a]piren ve 5-6 halkalı diğer PAH' lar katı partikül üzerinde absorblanmaktadır. Naftalin aynı zamanda enerji üretiminde

kömür küllerinde katı partiküllere absoblanmış şekilde de bulunmaktadır (Mastral et al., 2003).

4.6 Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar'ın Oluşumu Ve Emisyon Mekanizması

Tüm yakıt yanmalarında PAH oluşumu ve yayılma mekanizması 2 proseste sınıflandırılır: Piroliz ve pirosentez

Isıtıldığında organik bileşikler dengesiz bir şekilde daha küçük ve kararsız parçalara ayrılır. (Piroliz) Oluşan bu radikaller kararsız olduklarından ömürleri çok kısadır ve bir araya gelerek daha kararlı olan PAH' ları oluştururlar. (Pirosentez) Benzo[a]piren ve diğer PAH' lar metan, asetilen, bütadien ve diğer bileşenlerin piroliz prosesiyle oluşur. Yakıt pirolizi PAH oluşumu alkenlerden Diels-Alder reaksiyonları ile siklik alkenlerin oluşumuna benzer. Bu siklik alkenlerin dehidrojenasyonu tek halkalı aromatik bileşenleri oluştururken, daha ileri reaksiyonlarla PAH' lar oluşur. Fakat kompleks hidrokarbonlar yeniden oluşum prosesinden önce küçük parçacıklara ayrılmak zorunda değildir. Fosil yakıtlarda aromatik ünitelerin alkillenmesine izin verdikleri için uzun zincirli lipid asitlerin PAH oluşumunda önemli rol oynadıkları iddia edilmektedir. Diğer bir yandan, intermoleküler ve intramoleküler hidrojen transferi polisiklik bileşenlerin yüksek sıcaklık reaksiyonlarından oluşumunda fenil radikalleri kadar önemli rol oynamaktadır.

Yanma işleminde serbest durumdaki maddelerin kondensasyonu sonucu katran da üretilir. Katrandaki PAH oluşumu aromatikleşmeyle polimerizasyon işlemleri sırasındaki dehidrojenasyonla meydana gelir. Intermoleküler yeniden birleşme, başlangıçtaki basit C-C bağlarının bölünmesi ve hidrojen dehidrojenosyonuna bağlı olan parçalanma, alkilizasyon reaksiyonları görülmektedir (Mastral et al., 2003).

4.7 Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar'ın Sağlık Etkileri

PAH bileşiklerinin yaklaşık 100 tanesi yaygın çevre kirleticisi olarak tanımlanan ve karbon içeren bileşiklerin eksik yanmasından oluşan bir bileşik grubudur. Dış ortam havasında yaygın olarak bulunan birçok PAH bileşiğinin kanıtlanmış mutajenik ve/veya kanserojenik etkileri bulunmaktadır (Lodovici et al., 2003). Atmosferde gaz ve partikül fazlarında bulunabilen PAH'lar gerek deri yoluyla, gerekse solunum yoluyla canlı bünyesine girebilmektedirler. Uluslararası kanser araştırmaları ajansı'nın (IARC) yaptığı sınıflandırmaya göre belirli PAH

bileşikleri kanserojen ve mutajen olarak belirtilmektedir. PAH'lar başta deri, akciğerler ve mesane olmak üzere vücudun çeşitli organlarına zarar verebilmektedirler. Hayvanlar üzerinde geçmişte yapılan araştırmalarda ise mutajenik ve kanserojenik etkilerinin yanında farklı zehirli özelliklerinin de olduğu görülmüştür (Castellano et al., 2003). Son zamanlarda PAH'ların DNA yapısını bozarak bazı genetik değişikliklere sebep oldukları, üzerinde çalışılan bir sağlık etkisidir. Sigara içen ve işyerinde veya dışarda yüksek miktarda PAH kirliliğine maruz kalan insanların üzerinde yapılan araştırmalarda bu DNA mutasyonlarına rastlanmıştır (Chen et al., 2006). Bazı PAH bileşikleri ve bunların metabolitleri hücre bölünmesini kontrol eden mekanizmalar üzerinde onarılamaz hasarlara yol açarak balık ve memelilerde tümör oluşumuna, dolayısıyla kansere yol açmaktadırlar. PAH'lar yağ dokusunda çözünebildiklerinden biyoakümülyasyon vasıtasıyla besin zincirine girebilmektedirler. Özellikle benzo(a)anthracene, chrysene, benzo(b+k)fluoranthene ve benzo(a)pyrene insanlar üzerinde olası kanserojenik etkileri olan PAH bileşikleri olarak bilinmektedirler (Gaga, 2004).

5. ÇEVRESEL İZLEME

Çevre kirliliği küresel bir sorun olarak tanımlanmaktadır. Her sene binlerce farklı kimyasal madde, insan faaliyetleri sonucunda çeşitli kaynaklardan üretilip, hava, su ve toprağı kirletmektedir. Çevre kirleticilerin zararlarını ve etkilerini incelemek, bu kirletici maddelerin kaynaklarını belirlemek ve doğada var olan ölçülerini denetim altına almak, her hangi bir kritik durum oluşmadan, çevre kalitesini kontrol altına alabilmenin en doğru yöntemlerindendir (Bromenshenk and Preston, 1986).

Çevresel etki değerlendirme (ÇED), insan faaliyetleri ve doğal afetlerin muhtemel etkilerini ve boyutlarını değerlendiren bir süreç olarak tanımlanmaktadır (Dale and Beyeler, 2001). ÇED süreci iki adımda uygulanmaktadır: Öncelikle bilimsel araştırmalarla yapılacak olan aktivitenin muhtemel riskleri ve bu risklerin boyutu tahmin edilerek hesaplanır (risk analizi), ikinci adımda bu riski kontrol altına alabilmek ve hatta minimize etmek için alternatif yöntemler ve kontrol sistemleri oluşur (risk yönetimi), çevresel izleme bu sürecin tüm aşamalarında büyük önem taşımaktadır (Oost et al., 2003).

İzleme (monitoring), standart metodları kullanarak, tekrarlanan gözlem ve denetim sürecini geçirerek, bir ya da kaç kimyasal veya biyolojik elementin zaman ve mekan içinde değişimlerini ve etkilerini inceleyen bir yöntemdir. Çevresel izleme, lokal ölçekte toplum temelli izleme ve ya büyük ölçekli küresel izleme programları kapsamında yapılmaktadır (Conrad, 2008). Çevresel izleme programları çevrede hakim olan koşulları ve etkilerini incelemek, süreçleri kontrol etmek, çevre durumu hakkında toplumu bilinçlendirmek, durumu incelemek, kararlar almak ve politikalar düzenlemek, insan faaliyetlerinin etkisini incelemek, doğal kaynakların durumunu incelemek vb. gibi amaçlarla uygulanmaktadır.

5.1 Biyoizleme

Düzenli ve sistematik bir şekilde bir organizmadan yararlanarak çevresel izleme programı, biyoizleme olarak adlandırılmaktadır. Biyoizleme, hayvanlardan ve bitkilerden yararlanarak geçmiş, bu gün ve gelecekte yaşanan süreçler hakkında tahminde bulunabilmeyi sağlamaktadır.

5.1.1 Biyoindikatörler

Biyoindikatörler uzun süre çevresel değişimlere ve farklı koşullara dayanıklı olan ve bu durumlar hakkında bilgi sağlayan canlı organizmalar olarak tanımlanmaktadır (McGeoch, 1998). Biyoindikatörler, bir veya bir grup canlı

organizmadan oluşmaktadır, bu organizmaların farklı koşullarda gösterdikleri reaksiyonlardan, ortamda oluşan özel durumları değerlendirmek mümkündür. Genel olarak biyoindikatör “Bir ortamın abiyotik ve biyotik durumunu yansıtan, bir habitat, topluluk ya da ekosistem üzerindeki çevresel değişimin etkisini temsil eden veya bir alanda takson veya bütün çeşitliliğin alt kümesi çeşitliliğinin göstergesi olan bir tür veya tür grubu” olarak tanımlanmaktadır (Gerhardt, 2009). Biyoindikatörler günümüzde hava, su ve toprak kirliliği denetimi için kullanılmaktadırlar (Davami and Gholami, 2012).

Kullanım alanı ve izleme programının amacına bağlı olarak biyoindikatörler 3 kategoride sınıflandırılmaktadırlar:

- 1) Uyum sağlayan indikatörler: Belli çevresel streslere karşı daha fazla üreme ile adaptasyon sağlayabilmektedirler.
- 2) Tanı indikatörleri: Bu indikatörlerin varlığı yada yokluğu özel bir çevresel durumun göstergesi olarak algılanmaktadır.
- 3) Erken uyarıcı indikatörler: Yüksek hassasiyetleri nedeniyle değişikliklere karşı çok hızlı tepki göstererek çevresel değişikliklerle ilgili bilgi sağlamaktadırlar.

5.1.2 Biyoindikatörlerin özellikleri

Biyoizlemede indikatör olarak uygun görülen organizma, bir dizi özelliklere sahip olmalıdır ve bu özellikleri dikkate alarak özel çevresel izleme programlarında yer almalıdır. Genel olarak ideal bir biyoindikatörün bu şartlara uyması gerekmektedir:

- Geniş ve kozmopolit dağılıma sahip olmalı ve uluslararası incelemeler ve karşılaştırmalarda kullanılabilir olmalı,
- Bölgeye ait olmalı ve sınırlı alanda hareket etmeli,
- En az genetik çeşitliliğe ve ekolojik çeşitliliğe sahip olmalı,
- Ekolojik talepleri az, özel ve en az toleransa sahip olmalı,

- Besin talebi spesifik olmalı, her şey yiyen (omnivore) olmamalı,
- Sabit metabolizma hızına sahip olmalı ve diapause aşamaları olmamalı,
- Orta ve uzun üretim sürecine sahip olmalı,
- Ekoloji, fizyoloji ve türün dağılımı hakkında iyi ve yeterli bilgi elde olmalı,
- Ekosistemde ekolojik bağları olmalı,
- Özel bir kirleticie hassas olmalı ve biyoindikatörün verdiği tepki diğer taksonların tepkisininde temsil etmeli,
- Ekoloji, fizyoloji ve türün dağılımı hakkında iyi ve yeterli bilgi elde olmalı,
- Ekosistemde ekolojik bağları olmalı,
- Kolayca örneklemesi mümkün olmalı,
- Kolayca ve uzmana gerek olmadan tanınması ve sınıflandırılması gerekiyor,
- Sağlam ve güçlü olmalı, kolayca laboratuvarında geliştirilip yetiştirilebilmeli,
- Düşük maliyet ve işgücü etkinliği olmalı,
- Politika veya yönetim kararlarına uygun olmalı,
- Kaynak ya zararlı olarak ekonomik öneme sahip olmalı, tarım ve çevre bakımından önemli olmalı,
- Organizma kirleticie etkisinden bozulmamalı ve ölçülebilir miktarda toksik maddeleri kendi içinde biriktirebilmeli.

Genellikle bölgede çok yaygın olan türler güçlü üreme ve yayılma özelliklerine sahip oldukları için çevre kirliliğine çok fazla tepki vermeyebilirler bu nedenle biyoindikatör olarak doğru bir tercih olmayabilirler; diğer taraftan nadir türlerde çevre kirliliği dışında başka bir dizi çevre koşullarına hassas

olabildikleri için uygun indikatörler olamazlar, sonuçta orta derecede bolluğa sahip olan türler daha iyi bir seçim olabiliyorlar.

6. PAH BİLEŞİKLERİ İÇİN BİYOİZLEME YÖNTEMİNİN UYGULANDIĞI ÖRNEK ÇALIŞMALAR

Çevre kirliliği tüm canlıları etkilemektedir ama bu canlılardan bazıları, özel vücut yapıları, yaşam döngüleri ve yüksek hassasiyetleri nedeniyle bazı kirleticiler karşısında indikatör rolü gösterebilmektedirler. Biyoizlemenin en yoğun yapıldığı deniz ortamında midye ve bazı balık türleri özellikle deniz tabanına yakın yaşayan balıklar, karasal ortamda ise bazı bitkiler özellikle her mevsim yeşil olan ve geniş dağılıma sahip olan kozalaklı bitkiler, yosunlar, vücut yapıları ve geniş uçuş alanları için çevreden örnek toplayan bal arıları en önemli ve etkin indikatör canlılar arasında yer almaktadır.

6.1 Sucul Ortamı Etkileyen PAH Kirliliği ve Biyoizleme

Petrol çıkarma ve taşıma işlemleri, gemi veya petrol taşıyan gemiler arasındaki kazalar, kıyı alanlarında kentsel sıvı atıklar su altı volkanik faaliyetler ve havadan yıkanan PAH'lar, sucul ortamda PAH konsantrasyonunun kaynağı olabilmektedir. PAH bileşikleri hidrofobik özelliğe sahip olduklarından ve organik maddelere karşı meyli olduklarından dolayı küçük taneli sedimentlerde birirmektedirler. PAH'lar sucul ortama girdikten sonra sedimentlerde veya asılı partiküllerde absorbe olarak canlı organizmalardada birikim göstermektedirler (Acquavita et al. 2014). Bu bileşiklerin su ürünlerinde birikim oranı konsantrasyonlarına, biyoyararlanımlarına ve balıkların fizyolojilerine bağlıdır. Hafif molekül ağırlığına sahip olan 2-3 halkalı PAH'lar suda yüksek çözülebilirliği ve biyoyararlanmaya sahiptirler ve organizmalar tarafından alınma oranları yüksektir. PAH birikimi sucul canlıların sağlığını negatif etkileyerek dolaylı bir şekilde insanların sağlığında etkilemektedir (Bandowe et al., 2014).

Genellikle sucul ortamda PAH bileşikleri kış sonu ve bahar başı en fazla, yaz ve son baharda ise en düşük konsantrasyona sahiptir. Yaz aylarında düşük olması, suyun yüksek ısısında çabuk bozulma ihtimali, foto oksidasyonun yüksek olması ve mikro organizmalar tarafından bozulması nedeniyle olabilmektedir; ayrıca yaz aylarında besin konsantrasyonu artar ve bu besinler kış aylarında fitoplanktonların çoğalmasına neden olur, partiküllerin suda dikey şekilde hareket etmesi kirliliklerinde bu şekilde hareket etmesini sağlayarak, partiküllerin üzerinde olan kirlilikler deniz tabanında birirmektedir. Kış aylarında mikro organizmaların faaliyetleri PAH'ın artışına sebep olmaktadır. Fosil yakıt kullanımının artışıda başka bir sebep olabilir (Arias et al., 2009).

Gine körfezinde bulunan üç önemli balıkçılık merkezinden *i.e.* *Pomadasy Peroteti*, *Cynoglossus Senegalensis* ve *Drapane Africana* balıklarından örnekler elde edilmiştir. Bu balık türlerinin okyanus ve deniz tabanında yaşamaları bu türlerin seçilme nedeni olarak gösterilmiştir. Tüm örnekler ve istasyonlar arasında, kaslarda 192 (ng g⁻¹ dw) ve bağırsak+ solungaçlarda 340 (ng g⁻¹ dw) PAH konsantrasyonuna rastlanmıştır. Sonuçlara istinaden, balıkların bağırsak+ solungaçlarında, kaslarına göre daha fazla PAH bileşiği birikmektedir. Elde edilen sonucun sebebi PAH'ların partikül maddelere bağlanarak solungaç (solunum yoluyla) ve bağırsağa (beslenme yoluyla) girebildiğidir; ayrıca, solungaç ve bağırsaklar, kaslara göre daha fazla yağ dokusu barındırdıkları bilinmektedir bu sebeple daha fazla hidrofobik olan yüksek molekül ağırlığına sahip olan PAH'lar bu organlarda daha fazla birikmektedirler(Bandowe et al., 2014).

Zhao et al, (2014) Çin'in en büyük tatlı su gölünde bulunan yenebilir balıklardan, su kaynağında mevcut olan PAH bileşiklerini belirlemek amacıyla yararlanmıştır. Yenebilir balıklar, onların indikatör rollerinin yanısıra insan sağlığını etkileyebildiklerini göstermek amacıyla seçilmiştir. "Bighead Carp" ve "Silver Carp" balıklarından alınan örneklerde, PAH konsantrasyonu safra, pul, kalp, kas, solungaç, deri, mesane, karaciğer ve böbrekte ölçülmüştür. 513 (ng g⁻¹ ww) ve 401 (ng g⁻¹ ww) yoğunlukla "Bighead Carp" ve "Silver Carp" balıklarının safrasında maksimum PAH birikimi tesbit edilmiştir.

Arjantin'in Bahia Blanca halicinde yapılan bir araştırmada yüzey suyu, midye (*Brachidontes sp.* ve *Tagelus sp.*) ve balık (*Odontesthes sp.*) örnekleri alınarak analiz edilmiştir. Toplam PAH miktarı yüzey suyunda 4 µg/L, midye örneklerinde 348-1597 ng/g ve balık örneklerinde ise 1095 ng/g ölçülmüştür (Arias et al. 2009). Yüzey su, PAH bileşiklerinin sedimentler üzerine çökeliş deniz tabanında biriktikleri için en az konsantrasyonu göstermektedir. Midyenin, geniş coğrafî dağılımı, yaşam şekli, kolay örnekleme, tuzluluğa karşı gösterdiği tolerans, streslere karşı olan direnci ve bir çok kimyasala karşı kümülatif olması, onun güçlü indikatör olmasını sağlamaktadır (Arias et al., 2009).

Yunanistan'da bulunan Saronikos körfezinde midye (*Mytilus galloprovincialis*) PAH biyoindikatörü olarak seçilmiştir. Bu çalışmada aynı zamanda su örnekleride incelenerek dört farklı istasyondan örnekler alınmıştır. Dördüncü istasyondan alınan su örneklerinde bulunan PAH konsantrasyonu algılama sınırının altındayken midye örneklerinde toplam 219 (ng g⁻¹ dw) tesbit

edilmiştir. Bu sonuç midyelerin daha hassas bir şekilde kirlilikleri yansıtabildiğini göstermektedir (Valavanidis et al., 2008).

6.2 Karasal Ortamda PAH Kirliliği ve Biyoizleme

Karasal ortamda, hava ve toprakta bulunan PAH bileşikleri canlı organizmaları etkilemektedir. Sanayi faaliyetler, trafik, ısı ve enerji üretimi için kullanılan fosil yakıtlar, orman yangınları ve bir çok doğal olaylar veya insan kaynaklı faaliyetler havada bulunan PAH bileşiklerinin kaynağıdır. Bir bölgenin PAH konsantrasyonu onun kirlletici kaynağından olan mesafesine, mevsime, rüzgarın şiddet ve yönüne ve yağmur yada kar gibi yağışlara bağlıdır. Kirlletici kaynağından uzaklaşarak PAH konsantrasyonu özellikle ağır molekülü PAH bileşiklerinin konsantrasyonu azalmaktadır. Kış aylarında fosil yakıt kullanımı artınca, havadaki PAH konsantrasyonunda artış göstermektedir; diğer taraftan bu mevsimde artan yağışlar, PAH bileşiklerinin yıkanmasına, toprak veya su kaynaklarına karışmasına sebep olmaktadır.

Atmosferdeki PAH'ların çökmesi topraktaki PAH'ların en önemli kaynağıdır. Doğrudan veya dolaylı yöntemlerle partikül fazı kuru çökme akını ölçülür. Atmosferdeki PAH'ların çökme hızı meteorolojik parametrelere, partikülün özelliklerine (boyut, şekil ve yoğunluk), alıcı yüzeyin tipi ve pürüzlülüğüne bağlıdır. PAH'lar toprakta uzun süre birikirler ve onların buzulması ve taşınması onların fiziksel-kimyasal özelliklerine ve mikrobiyolojik bozulabilirliklerine bağlıdır (Bozlaker et al., 2008).

Karasal ortamda PAH'ların sürekli ölçülmesi ve kontrol altına alınması için bitkilerden yararlanarak pasif izleme metodu hem ucuz ve rahat bir yöntemdir ve hem farklı zaman dilimlerinde sonuç elde etmek mümkündür. Farklı çalışmalarda farklı otlar ve bitkiler bu konuda kullanılmıştır ama, bu bitkilerin çoğu kış ayları için uygun değiller bu yüzden hep yeşil kalan bitkiler (yeşil meşe, akdeniz defnesi, hint defnesi, vb.) çevresel izleme için daha uygun pasif indikatörler olarak bilinmektedirler. Bu bitkilerin özel yaprak yapıları ve sınırlı dağılımları onların global düzeyde engelliyor ama kozalaklı bitkiler bir çok tür çeşitine sahip oldukları için her yerde bulunur ve iğneleri çevre izlemede ideal bir indikatördür. Çeşitli araştırmalarda kozalaklı bitkilerin iğneleri, organik ve inorganik hava kirliliklerinin iyi ve güvenilebilir indikatör olduğu ispatlanmıştır. Gaz/buhar fazda olan kirleticiler direkt gözeneklerden iğnelerin iç kısmına nüfuz edebilirler yada kütikül üzerinde olan mum yoluyla yayılabilirler.

İncelemelere göre iğnelerden absorbe olan PAH'lar kısa zaman sonra dengeye ulaşır ve hiç geri difüzyon veya bozulma göstermemektedir. İğnelerin üstünde biriken ve partiküllere bağlı olan PAH'ların bir kısmı rüzgar ve yağışla iğnenin yüzeyinden ayrılır ama büyük bir kısmı mum örtüsüne girer. Yapılan bir çalışmada kent ve kent dışı alanlardan altı ay boyunca hem yeni ve hem eski iğnelerden örnekler alınmıştır. Önce iğnelerin vaksli yüzeyleri taranarak kütiküldeki vaksli yüzeyin partiküllerle bağ kurmak oranı ve bu yüzeyin toplam iğnede bulunan PAH'la ilişkisi incelenmiştir. Mikroskopik incelemede mumlu tabakanın değişime uğradığı ve bozulduğu gözlemlenmiştir. Yaz aylarında PAH birikiminin eski iğnelerde yenilere göre daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Kış aylarına eski iğnelerdeki PAH birikimi yüksek artış gösterirken yeni iğnelerde orta derecede artış gözlemlenmiştir. Yeni iğnelerde bu orta artışın nedeni kirleticilerin üst yüzeyden bir alt kütikül tabakasına geçiş yapmasıdır, eski iğnelerde ise önceki senelerde bu geçiş sağlandığı için iç ve dış tabakalar arasında denge sağlanıp yüzeyde biriken PAH'lar yüksek artış göstermektedir. Bitkinin fizyolojisi bu alım sürecini etkilemektedir. Bu çalışmada ana yollarda en çok PAH konsantrasyonu gözlemlenmiştir (Lehndorff and Schwark, 2004).

6.2.1 Çeşitli araştırmalarda kozalaklı bitkiler üzerinde yapılmış olan PAH analizleri

Plant species	Location	Number of PAH	Total PAH range (ng g ⁻¹)	Total PAH avg. conc. (ng g ⁻¹)	Fluo/Py	P/MP	P/A	InP/BghiP	(2+3)/(4,5+6) -ring PAH	BaA/BaP	BeP/BaP	BaP/BghiP	Reference
<i>P. strobus</i>	Urban (USA)	10 ^a	800–1600	1200 ^d	x	x	x	x	x	x	x	x	Simonich and Hites (1994)
<i>P. sylvestris</i>	Rural (UK)	16 ^b	19–3091	323 ^k	x	x	5.13	x	6.21	1.85	x	1.04	Tremolada et al. (1996)
<i>P. sylvestris</i>	Background (Czech Republic)	16 ^c	0.3–18590	1345 ^d	1.67	x	0.50	5.31	3.41	0.71	x	41.6	Holoubek et al. (2000)
<i>P. sylvestris</i>	Industry (Czech Republic)	16 ^c	0.3–19251	7027 ^d	3.01	x	2.32	0.17	3.06	2.04	x	1.85	
<i>P. strobus</i>	Rural (USA)	18 ^d		370 ^d	x	x	x	x	x	x	x	x	Wagrowski and Hites (1997)
<i>P. densiflora</i>	Rural (Korea)	17 ^e	31		1.55	2.85	26.8	1.02	2.91	0.71	0.93	0.86	Hwang et al. (2003)
<i>P. densiflora</i>	Urban (Korea)	17 ^e	192		1.46	4.10	19.0	0.92	4.31	1.99	2.10	0.52	
<i>P. maximartinezii</i>	Urban (Mexico)	17 ^e	102		0.62	30.19	39.6	0.89	1.86	1.74	2.43	0.38	
<i>P. maximartinezii</i>	Industry (Mexico)	17 ^e	563		0.57	17.45	35.5	0.71	0.69	1.27	2.72	0.23	
<i>P. taeda</i>	Rural (USA)	17 ^e	83		2.89	10.07	28.9	1.04	3.40	2.08	1.07	0.88	
<i>P. taeda</i>	Semiurban (USA)	17 ^e	111		2.51	5.89	17.1	0.89	2.43	2.85	1.66	0.41	
<i>P. taeda</i>	Urban (USA)	17 ^e	146		1.78	3.52	15.3	0.93	4.96	0.80	1.02	1.09	
<i>P. sylvestris</i>	Rural (Poland) various locations (Germany):	14 ^f	270		0.04	x	5.5	2.78	0.17	0.63	x	0.96	Migaszewski (1999)
<i>P. sylvestris</i>	Special waste dump	5 ^g	198		1.18	x	13.9	x	7.78	x	x	x	Weißflog and Wenzel (1997)
<i>P. sylvestris</i>	Vehicle traffic	5 ^g	86		1.67	x	9.55	x	4.76	x	x	x	
<i>P. sylvestris</i>	Firing plant for pit coal	5 ^g	254		1.62	x	62.3	x	6.46	x	x	x	
<i>P. sylvestris</i>	Production plant for charcoal	5 ^g	179		1.13	x	27.8	x	9.59	x	x	x	
<i>P. sylvestris</i>	Industry	5 ^g	492		1.76	x	291	x	8.51	x	x	x	
<i>P. sylvestris</i>	Urban	5 ^g	305		1.37	x	12.4	x	6.86	x	x	x	
<i>P. sylvestris</i>	Rural urban locations (Germany):	5 ^g	123		3.00	x	25.3	x	10.18	x	x	x	
<i>P. nigra</i>	Airport	20 ^h	51–71	61 ^k	1.68	2.54	24.8	0.71	2.86	2.13	3.29	0.78	This study
<i>P. nigra</i>	Railway	20 ^h	120–195	185 ^k	1.95	3.81	45.7	0.82	3.53	2.51	3.33	0.90	
<i>P. nigra</i>	Major traffic	20 ^h	80–355	122 ^k	1.55	2.79	22.1	0.71	3.09	2.86	3.86	0.64	
<i>P. nigra</i>	Residential area	20 ^h	70–409	148 ^k	1.70	3.54	37.7	0.61	4.41	2.53	3.54	0.54	
<i>P. nigra</i>	Parks	20 ^h	90–195	103 ^k	1.65	3.39	33.2	0.80	4.01	3.77	3.62	0.75	
<i>P. nigra</i>	Siegburg (residential area)	20 ^h	161		1.74	6.88	25.5	x	3.83	3.02	3.74	0.73	
<i>Pinus L.</i>	Poland (rural+urban) various locations (Sweden):	20 ^h	330–455	358 ^k	0.86	13.95	52.6	x	2.12	2.49	2.64	0.99	
<i>P. sylvestris</i>	Background site	25 ⁱ	410–820	450 ^j	1.91	0.17		0.14	0.76	4.00	5.63	0.37	Kylin (1994)
<i>P. sylvestris</i>	Traffic	25 ⁱ	520–6100	2670 ^j	0.86	0.02	0.29	0.20	0.70	15.96	6.15	0.20	
<i>P. sylvestris</i>	Industry	25 ⁱ	1000		1.00	0.06	1.35	x	0.64	x	x	x	
<i>P. sylvestris</i>	Airport	25 ⁱ	3000		1.43	4.16	7.73	x	5.01	2.83	2.50	x	
<i>P. sylvestris</i>	Airport, air fuel tank	25 ⁱ	1400		1.55	0.00	0.00	x	5.23	3.00	1.98	x	
<i>P. sylvestris</i>	Oil shale plant	25 ⁱ	1600		1.07	6.76	27.0	x	5.92	2.63	1.66	1.10	

For analyte abbreviations see Table 1. ^a+15 EPA-PAH (excluding 6-methylchrysene); ^bexcept Nap, Ace, Flu, BbF, BkF, DbA, plus triphenylene, BeP; ^cexcept Nap, Fluo, BkF, InP; ^dplus Acy; ^eexcept Nap, DbA, plus BeP, retene, triphenylene, coronene; ^fexcept Nap, DbA, plus MP, BeP (concentrations given in [ng g⁻¹ wet needles]); ^gexcept Nap, BbF and BkF combined; ^hexcept Nap, Ace, Flu, BaA, Chry, BbF, BkF, InP, BghiP; ⁱexcept Nap, BbF and BkF combined, plus Acy, four MP (listed as sum MP), MA, BeP (all concentrations calculated as medians); ^jexcept Nap, Ace, Flu, plus 2-methylfluorene, dibenzothiophene, MA, two MP, retene, 2- and 1-methylpyrene, cyclopenta[c,d]pyrene, BeP, perylene, indeno[1,2,3-c,d]fluoranthene, coronene; ^kmean values; ^lmedian values.

7. TEZ PROJESİNİN AMACI

Yapılan tez çalışmasında, çevre kirliliğinin her geçen gün arttığını ve kontrol edilmesi gerektiğini göz önünde bulundurarak, çevre ve canlıların sağlığını negatif yönde etkileyen ve önemli çevre kirleticiler arasında yer alan polisiklik aromatik hidrokarbonlar, İzmir kentinin en yoğun sanayi alanında biyoindikatör yardımıyla değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada bal arıları biyoindikatör olarak seçilmiştir. 1962 yılından beri bal arılarından yaygın bir şekilde çevre kirliliği denetimlerinde yararlanılmıştır. Bal arısı özel ürünlerinin yanı sıra bitkilerin tozlaşmasında da etkin bir role sahiptir; ayrıca nektar, polen ve propolis toplama sırasında kilometrelerce uçuş yapabilmesi ve bir çok çevresel faktörlerle temas etmesi onun güçlü bir biyoindikatör olmasına sepeb olmuştur.

Aliğa ve Karaburun bölgelerinden toplanan bal arısı örneklerinde 16 PAH bileşiği ve mühtemel kaynakları araştırılmıştır.

8. BAL ARISI VE ÇEVRESEL İZLEME

8.1 Bal Arısının Taksonomisi

Hayvanların neredeyse 4/5'ü böcekler sınıfına girmektedir. Çeşitli biyotoplara uyum sağlamış toplam tür sayısı 2.000.000 civarındadır. Tür sayısı kadar birey sayısı bakımından da çok yüksek sayılara ulaşabilmektedir. Böcekler sınıfına ait olan yaklaşık 23.000 arı ailesi bulunmaktadır, bu aileye ve *Apis* cinsine ait olan *Apis mellifera* türü bal taşıyan ya da bal arısı olarak tanımlanan türdür. Dünyada yaygın olan ve ticari arıcılıkta kullanılan *Apis mellifera* kendi içerisinde birçok ırklara ayrılmaktadır ve kolonileri 100.000'den fazla birey içerebilmektedir (Silici, 2009).

Bal arısına ilk defa 1758 yılında Linnaeus tarafından “Bal taşıyan arı” anlamında *Apis Mellifera* adı verilmiştir. Arılar beslenmek için polen ve nektar toplayarak yaşamlarını sürdürürken bitkilerin de tozlaşmaları ve üreyebilmeleri için bu arıları cezp etmek amacıyla renk, şekil ve koku bakımından özelleşmeleri, çiçek ve arıların gelişimi arasında önemli bir ilişki olduğunu göstermektedir. Bu iki canlı grubunun ortak evrimi son yılların önemli konularından biri olmuştur. Bal arıları çiçeklerden alınan nektarla beslenirken ağız parçaları yalamaya ve emmeye iyi adapte olmuştur. Ağız yapıları ile birlikte genişleyen arka bacakları besin toplayıp yuvalarına dönen arılarda polenin transportu ile polenle beslemeye bir adaptasyon olarak gelişmiştir.

8.2 Bal Arısı Kolonisi

Bal arıları ergin hale gelinceye kadar sırasıyla yumurta, larva ve pupa dönemlerinden geçmektedirler, bu gelişme evrelerinin tümü ana arı, erkek arı ve işçi arıda aynıdır.

8.3 Ana Arı

Normal koşullarda her bal arısı kolonisinde sadece bir ana arı bulunmaktadır. Ana arı döllenmiş yumurtalardan gelişmekte ve gelişmesini 16 günde tamamlamaktadır. Ana arının kolonideki en önemli görevi yumurtlayarak neslin devamını sağlamaktır. İşçi arılar gibi kovan içi ve dışı faaliyetlerine katılmazlar çünkü bu faaliyetleri yapmak için polen sepetleri, mum salgı bezleri ve arı sütü salgı bezlerine sahip değildirler, iğnelerini de sadece kovandaki diğer

rakip ana arılara ve ana memelerini bozmak amacıyla kullanmaktadırlar. Genç ve çalışkan bir ana arı bir günde 1500–2000 yumurta yumurtlayabilmektedir. Döllenmiş yumurtalardan işçi arılar ve döllenmemiş yumurtalardan ise erkek arılar oluşmaktadırlar. Ana arılar salgıladıkları feromonlarla kovan içerisinde birlik ve düzeni sağlamaktadırlar. Ana arılar normal olarak 3–5 yıl yaşayabilmektedirler ancak yaşlı ana arılarında yumurtlama hızı ve döllenmiş yumurta yumurtlama oranı azalmaktadır, bununla birlikte yaşlı ana arılı kolonilerin gelişme hızları yavaşlamakta ve kolonideki erkek arı sayısı artmaktadır (Silici, 2009).

8.4 Erkek Arı

Erkek arılar, döllenmemiş yumurtalardan oluşmakta ve gelişmelerini 24 günde tamamlamaktadırlar. Koloninin en iri bireyleridirler. Dilleri kısa olduğu için nektar toplayamayıp bu şekilde beslenemeyip İşçi arılardan ya da onların petek gözlerine koydukları bal ile beslenmektedirler. İşçi arılarda bulunan polen sepetleri, mum salgı bezleri ve arı sütü salgı bezlerine sahip değildirler, bu sebeple de kovan görevlerinin hiçbirine katılamazlar. Kovandaki tek görevleri ana arıyı döllemek olan erkek arılar çiftleşme mevsiminden sonra kovanda sadece hazır yiyici olarak bulunurlar bu nedenle de birçoğu işçi arılar tarafından kovan dışına sürüklenmektedir. İşçi arılar kovan içinde erkek arı gözü yapımını sınırlandırarak erkek yavru üretimini düzenleyip, ergin erkek arıları kovandan atmak suretiyle kovandaki erkek arı sayısını ayarlamaktadırlar. Erkek arıların yaşam süreleri ortalama 54–59 gündür (Silici, 2009).

8.5 İşçi Arılar

Kolonideki en büyük topluluğu oluşturan işçi arılar döllenmiş yumurtalardan çıkan diploid kısır dişilerdir. Ana arı ile işçi arılar arasında genetiksel olarak hiçbir fark yok iken sınıf farklılaşması, beslenme farklılığından kaynaklanmaktadır. İşçi arılar 4–5 hafta yaşamaktadırlar. Kovandaki diğer bireylerden farklı olarak polen ve propolis toplamaya yarayan polen sepetine sahiptirler. Düşmanlarına karşı kullanabildikleri iğneye sahiptirler. Mum salgı bezleri sayesinde salgıladıkları mum ile petek örebilmektedirler. Kendi aralarında iş bölümü yaparak kovandaki pek çok işi bir uyum ve düzen içerisinde gerçekleştirmektedirler. İşçi arı olacak larvalar yumurtadan çıktıktan sonra ilk üç gün arı sütü ile beslenmekte ve 8. güne kadar bal ve polen karışımıyla beslemesine devam edilmektedir; sekizinci günde gözler kapatılır, 21. günde işçi arılar gözden çıkarlar. Gözlerden çıkan işçi arılar ilk gün kendilerini temizleyip, yavru peteklerinin üzerinde durarak yavru peteklerin ısınmasını sağlarlar; biraz

daha büyüyüp 2–3 günlük olduklarında yaşlı işçi arılar tarafından beslenip, çevreye alışma uçuşlarına çıkarlar, bu dönemde ana arının yumurtlayacağı gözleri temizleyerek cilalandırır; 4–6 günlük olduklarında polen ve bal karışımıyla yaşlı larvaları beslerler, bu sırada yedikleri polen sayesinde, arı sütü salgılayan bezleri gelişir ve 10–13 günlük oluncaya kadar genç yavruları beslemeye devam ederler; 12–18. günlerde kovan temizliği, havalandırma, mum üretimi ve petek yapımını üstlenirler, 18–20. günlerde kovani dış tehlikelerden korumak amacıyla bekçilik görevlerini üstlenirler. 20 gün boyunca kovan içi görevlerini tamamlayan genç arılar 21 günlük olduklarında nektar, polen, propolis ve su toplama gibi kovan dışı görevleri yapmaya başlarlar. Hayatlarının son iki haftasını da bu işlerle geçirmekte olan işçi arılar yaşam döngülerini tamamlarlar (Silici, 2009).

8.6 Arıların Biyoindikatör Olarak Roller

Biyozleme, bir canlı organizmadan yararlanarak, biyosferle ilgili bilgi elde etmek demektir. Uygun biyoindikatör seçme durumunda, organizmada meydana gelen kalıcı ve yaygın durumların çevre ile ilişkisi denetlenip, biyozleme daha rahat örnek toplama, daha basit ve ucuz tekniklerle uygulanabilmektedir (Ruschioni et al., 2013). Bal arısı (*A.mellifera*) doğrudan doğruya çevresindeki toksikolojik koşullardan etkilenmektedir. Bal arısının çevre koşullarına ve çevresel değişikliklere karşı hassas olması onun en etkin biyoindikatör olmasını sağlamaktadır. Kolay yetiştirilebilmek ve neslin devamını sağlayabilmek, yüksek oranda üreyebilmek, bir çok bölgede yaşamı sürdürebilmek, mütevazı gıda gereksinimine sahip olmak, geniş uçuş mesafeleri, kıllı ve tüylü vücuda sahip olmak ki temas ettiği maddeleri daha iyi üzerinde tutmasına yardımcı olmakta, bitki koruma ürünlerine karşı hassas olmak, ortalama kısa ömürlü olmak ve bir çok başka etolojik ve morfolojik özellikler bal arısının güvenilir indikatör olmasını sağlamaktadır (Porrini et al., 2003; Lambert et al., 2012).

Tarlacı arılar besin arama uçuşlarında, besin kaynaklarından polen ve nektar alırken ya da su toplarken çeşitli kirliliklere maruz kalmaktadırlar, tüylü vücutları atmosferde bulunan süspanse katı maddeleri içine alıp saklıyor bu yüzden tarlacı arılar doğada bulunan su, toprak, bitki ve hatta atmosfer kirliliklerinden birer iyi örnektirler; bu nedenle 1970’li yılların sonundan itibaren bal arıları karasal ve kentsel alanlarda pestisitler, ağır metaller, polisiklik aromatik hidrokarbonlar ve radyonüklitlerin denetimlerinde yaygın şekilde kullanılmaktadırlar (Ruschioni et al., 2013; Porrini et al., 2003; Formicki et al., 2012; Fakhimzadeh, 2000; Celli and Maccagnani, 2003; Lambert et al., 2012). Bal arısının vücudunda bulunan makro ve mikro elementlerin türü ve miktarı, arıcılığın bulunduğu bölgenin özellikleri

(sanayi ve ziraai faaliyetlerine yakın olup olmaması, toprak özelliği ve bitki örtüsüne), arı kolonisinin yetiştirilme yöntemi, işçi arıların yaşı, koloninin ve alınan örnek arıların fizyolojik ve sağlık durumları gibi bir takım faktörlerle ilişkilidir (Zhelyazkova, 2012). Biyoizleme yönteminde, indikatör olarak seçilen bal arısının davranış değişiklikleri göz önüne alınarak, kolonide gerçekleşen ölüm oranını takip ederek ya da çevre kirliliklerinin kalıntılarını işçi arılar ya da kovan ürünlerinde inceleyerek çevre koşulları hakkında bilgi elde edilmektedir (Ruschioni et al., 2013).

8.6.1 Bal arıları ve zirai mücadele ilaçların denetimi

Pestisitler mekansal ve zamansal dağılım gösterebilmektedirler, kimyasal yapıları ve istikrarlarına göre, hedef organizma ve çevresine yakınlığına bağlı, zaman içinde çevresel faktörlerin etkisi altında kalarak başka bileşiklere değişebilmektedirler. Pestisit ve insektisitlerle doğrudan temas eden arılar kovanlarına varamadan, yolda ölürlər, nektar ve polen toplarken daha düşük dozda pestisite maruz kalan arılar ise kovanlarına yetişebilirler ama sonuçta bir kaç saat içinde ölürlər. Kovan önünde bulunan ölü arıların sayısı çevrede pestisit kirliliğinin en büyük göstergesidir. Arıların pestisitlerden etkilenmelerinde, kullanılan kimyasalın arılar üzerinde toksisite derecesi, zirai ve ekilmiş bitkilerin ve spontan bitkilerin çiçekli dönemleri ve bu dönemlerin uzunluğu, ilaç kullanıldığı zaman arıların bölgede olup olmadıkları, ilaç dağıtımı için kullanılan araçlar, rüzgar ve bir çok faktör etkilemektedir. Mantar ilaçlarının arılar için zararsız oldukları düşünülmektedir ama yapılarında bulunan triazoller, bitkilerde bulunan piretroid için sinerjistik olabilir ve bu şekilde arılar üzerinde negatif etki yaratabilir. Bazı yeni nesil insektisitler arılarda ölüme sebep olmayıp davranışlarını etkilemektedir (Ruschioni et al., 2013; Porrini et al., 2003).

8.6.2 Bal arısı ve ağır metal denetimi

Ağır metaller çeşitli doğal ve antropojenik kaynaklar tarafından sürekli çevreye salınmaktadırlar. Ağır metaller doğada kalıcıdırlar, çürümezler ya da basit bileşimlere değişmezler ve gizli toksisite karakterine sahiptirler bu sebeple doğada bulunup biyolojik döngülere dahil olmaktadır. Genellikle ağır metaller bal arılarının ölümlerine sebep olmazlar ama atmosferde bulunan ağır metaller solunum yoluyla arıların vücutlarında ya da tüylü vücutları üzerinde toplanıp arıyla birlikte kovan içine taşınabilirler, nektar ve polende bulunan ağır metaller de beslenme yoluyla arılar tarafından alınmaktadır (Ruschioni et al., 2013). Tüm araştırmalar sonucunda, bal arısının diğer kovan ürünlerine göre çok daha iyi ve

etkili indikatör olduğu ispatlanmıştır. 2012 yılında Zhelyazkova'nın yaptığı araştırmada işçi arıların tüm vücutları ve dışkılarında ayrı ayrı bakır, çinko, kurşun, kadmiyum, kobalt, nikel, magnezyum ve demir içeriği bakımından incelenmiştir; sonuçlar, incelenen tüm ağır metallerin özellikle nikel, kadmiyum, kobalt ve kurşunun en fazla arıların dışkısında biriktiklerini ve arı vücudunun dışkıya göre daha az ağır metal içerdiğini açıklamaktadır. Bir başka araştırmada kurşun, nikel ve krom kalıntıları arı vücudunda ve vücudunun tüylü kısmında incelenmiştir; sonuçlar nikel ve kromun vücut dışında, içine göre daha fazla depolandığını ve kurşunun vücut içinde daha fazla bulunduğunu göstermektedir (Porrini et al., 2003). Bal arısının vücut dokuları üzerinde yapılan çalışmalarda, incelenen ağır metallerin hepsinin vücutta bulunmasının yanısıra kadmiyum ve kurşunun özel bir şekilde arının bağırsağında ve demirin yağ dokularında toplandığı gösterilmiştir ve bu doğrultuda bir çok bilim adamı arının bu ağır metaller konusunda bir süzgeç görevi yaptığında hem fikirdir (Al-Naggar et al., 2010).

8.6.3 Bal arısı ve polisiklik aromatik hidro karbonların denetimi

Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAHs) iki ya daha fazla karbon halkalarından oluşan en büyük organik bileşikler grubudur, varlıkları çevre ve gıda kirliliklerine sebep olmaktadır. PAH bileşikleri doğal süreçler yada beşeri faaliyetler sonucu üretilmektedirler; organik maddelerin yanmasından ve sanayi faaliyetlerden oluşan en yaygın çevre kirleticilerindendirler. Bal arıları besin arama uçuşlarında atmosferde bulunan PAH'lara maruz kalıyorlar; tüylü vücutları, onların bu maddelerle kirlenmelerinde en büyük etkidir, diğer taraftan, polenin yağ içeriği yüksek olduğu için PAH'ları absorbe etme özelliğine sahiptir ve arılar poleni besin olarak kullandıklarında PAH bileşiklerini vücutlarına almış bulunuyorlar. Literatürlerde, arıların PAH denetiminde etkin biyoindikatör oldukları gösterilmektedir, hatta kovanlar kirlilik kaynağına göre uzak bir alanda konumlanmış olsalar bile yine PAH'ların denetimi için güvenilir indikatörler olabildikleri belirlenmiştir. Bazen propolis yerine aldıkları yol katranı gibi petrol ürünleri arılarda bulunan PAH kirliliğinin sebeplerinden olabilir (Lambert et al., 2012).

8.6.4 Bal arıları ve radyonüklitlerin denetimi

Bal arısı ve arı ürünlerinden radyonüklitler denetiminde yararlanmak 1950'lerin son yıllarına dayanıyor, bu konuda yapılmış olan fazla literatür bilgisi

bulunmamaktadır ama yapılan sınırlı çalışmalarda bal arısı ve özellikle arı ürünlerinden olan polenin radyonüklitlerin denetiminde etkin indikatör olduğu kanıtlanmıştır (Porrini et al., 2003).

9. PROJENİN YÜRÜTÜLDÜĞÜ BÖLGENİN TANITIMI

9.1 Aliğa İlçesinin Tarihçesi

Aliğa, tarih boyunca insanlık tarihinin en önemli uygarlıklarının kurulduğu Aiolis bölgesinde kurulmuştur. Aiolis kentlerinden Kyme ve Myrina, günümüzde Aliğa ilçe sınırları içinde yer almaktadır. Aliğa, osmanlı döneminde bir çiftlik halindeyken süreç içinde küçük bir köye, cumhuriyet döneminde 1937'den itibaren bir balıkçı bucağına dönüşmüştür. Aliğa, 1960'lı yıllarda hayata geçirilen 1. beş yıllık kalkınma planı uyarınca sanayileşme için uygun yer olarak seçilmiş ve bu tarihten itibaren sanayi kimliği ile öne çıkmaya başlamıştır; bu yıllara kadar Menemen'e bağlıyken, 1982 yılında ilçe statüsüne kavuşmuştur.

9.1.1 Aliğa ilçesinin coğrafik konumu

İzmir kentinin ilçelerinden olan Aliğa, Ege Denizi'nin kıyısında yer almaktadır. İlçe, Güney Doğusunda Dumanlı Dağı ve Kuzey Doğusuna düşen Yunt Dağı ile çevrelenmiş olup, Batısında Ege Deniz'i bulunmaktadır. İlçe, 38 derece 56 Kuzey, 37 derece Güney enlemleri ile 26 derece 53 dakika Batı, 27 derece 10 dakika Doğu boylamları arasında yer almaktadır. Aliğa, uygulanan imar planları ve konut politikalarından dolayı, önceleri Kuzey-Güney yönünde genişlerken, son yıllarda Doğu yönünde genişlemeye başlamıştır; yeni konut alanları bu yönde konumlanmaktadır. Aliğa'nın yüzölçümü 412,5 km²'dir (TMMOB İzmir İKK Aliğa Bölgesi Değerlendirme Raporu-1, 2012)

9.1.2 Aliğa ilçesinin iklimi

İlçeye ılıman Akdeniz iklimi hakimdir, kışlar genellikle yağmurlu geçerken, yaz mevsimleri kuraktır. Kışın, Kuzey rüzgarları hakimdir, yazın ise Batıdan esen İmbat ilçeye serinlik getirir. Yazları ortalama sıcaklık 24-27 derece arasındadır, gündüzleri bu sıcaklığın 35 dereceyi geçtiği görülmektedir. Kış aylarının sıcaklık ortalaması 7 °C dir. Aliğa'da en soğuk ay Ocak ayıdır, <http://www.izmirkulturturizm.gov.tr/TR,77438/aliaga.html>, (Erişim tarihi: 1 Mayıs 2014)

9.1.3 Aliğa ilçesinin doğal varlıkları

Akarsu: Güzelhisar Çayı ilçe sınırları içinde akan tek çaydır. Yunt Dağlarından doğup, yaz-kış kurumadan akmaktadır; çevresindeki ovalarda yetişen ürünleri sulamada kullanılır ve üzerinde Güzelhisar Barajı bulunmaktadır.

Bitki Örtüsü: Aliğa, tipik Akdeniz ikliminin etkisi altındadır. Yüzyıllardır aşırı otlatma, yangın ve tarla açma nedeni ile ormanlar hemen hemen yok denecek kadar azalmıştır; ormanların yerini, ardıç, pırnal, sakız, akçakesme, katır tırnağı, tesbih gibi maki türü bitkiler almıştır, yalnız Bozköy yakınlarında 9500 dönüm kızılçam ormanlığı vardır. Samurlu ve Güzelhisar Köyleri arasındaki kızılçam ormanı oluşum halindedir.

Dağlar ve Ovalar: Dağ sıraları birbirine koşut ve kıyıya dik bir takım çöküntü çukurları arasında kalmış horst bölgeleri vardır. Bakırçay Ovasının daha Güneyinde bulunan Yunt Dağları Aliğa'nın Kuzeyine dayanır, Güneyinde ise yüksekliği 1098 metreyi bulan Dumanlı Dağı bulunmaktadır. Bunların dışında Karahasan Dağı (423), Dedetaşı Dağı (341), Ardış Tepe (334), Akademik Dağı (497), Halkalı Tepe (789), Sıyrdım Dağı (610) ve Karagöl Tepe gibi dağ ve tepeler de bulunmaktadır.

Gediz Nehrinin Kuzeyinde birinci derece tarım bölgesi olan Helvacı Ovası bulunmaktadır. Güzelhisar Çayı Ovası tarım yapılan ikinci verimli alandır.

Güzelhisar Barajı: Petkim ile diğer Sanayi tesislerinin su ihtiyacını sağlamak amacıyla Petkim tarafından inşaat montajı yapılmış olup, işletme hakkı D.S.İ.'de olan temel su kaynağıdır. 1981 yılında işletmeye açılmış olup, 158 milyon m³ hacimlidir. Güzelhisar Barajı'ndan, içme, kullanma ve sanayi suyu sağlanmaktadır, <http://www.izmirkulturturizm.gov.tr>, (Erişim tarihi: 1 Mayıs 2014).

9.1.4 Aliğa ilçesinin sanayisi

Aliğa ilçesi 1960 yılına kadar ekonomisini tarım ağırlıklı sürdürmekte iken; 1961 Anayasası uyarınca, “Ağır Sanayi Bölgesi” olarak kabul edilmiş ve sonucunda 1970'lerden itibaren sanayi yoğunluklu ekonomiye dayalı bir süreç başlatılmıştır. Petrokimya sanayisinin kurulması ile 15-20 yıl gibi kısa bir süre içerisinde bir sanayi kentine dönüşmüştür. Özel şirketler de 1970'li yılların sonuna doğru bölgede fabrikalar kurmaya başlamış ve 1980'lerde Çukurova, İzmir Demir Çelik, Ege Metal, Çebitaş, Habaş gibi özel demir-çelik fabrikaları işletmeye açılmıştır, Makine Kimya Kurumu'na ait döküm tesisleri ve hurda işletmesi, Petrol Ofisi ile çok sayıda özel dolum tesisleri ve iki adet gaz tribünün kurulmasıyla, Aliğa sanayi merkezi olmak sürecine, hızla devam etmiştir. Aliğa'da, 1530 MW'lık ENKA doğalgaz çevrim santrali, Aliğa organize sanayi bölgesi'nde kurulan 105 MW'lık Çakmaktepe doğalgaz çevrim santrali (34,5

MW'lık bölümü hizmete girmiş, santralin 2. etap bölümü devam etmektedir) ile PETKİM ve HABAŞ'ın kendilerine ait çevrim santralleri bulunmaktadır. Ege gaz sıvılaştırılmış doğalgaz (LNG) terminali de Aliğa'da kuruludur. ENKA doğalgaz çevrim santrali, Egegaz doğalgaz, depolama terminaline sadece 5 km uzaklıktadır.

9.1.5 Aliğa ilçesinin çevresel durumu

Tüm bu gelişmelerin doğal sonucu olarak Aliğa bölgesi de plansız sanayileşmenin getirdiği çevre kirliliğinden payını almış ve bölgesel olarak çevresel kirlilik kapasitesi sınır değerlere ulaşmıştır. Ekonomik büyümenin yaşama getirdiği rahatlığın yanında çevreye olan baskısı da her geçen gün hızla artmaktadır. Bu gelişmelerin hem kırsal hem de kentsel alanlarda doğal kaynaklara (su, hava, toprak), bitki ve hayvan varlıklarına zarar verdiği görülmektedir. Aliğa'daki tesislerden atılan bazı zehirli organikler, önce havaya oradanda toprağa karışmaktadır. Bu şekilde havaya ve toprağa ulaşan PCB, PAH, ağır metaller ve bazı klorlu organiklerin bölge için verdiği zararlar çok fazladır. Prof. Dr. Gürdal Tuncel 2008 yılında, Aliğa'daki 55 nokta üzerinde çalıştıklarını, 40'a kadar uçucu organik bileşik tespit ettiklerini, bunların içinde kansere neden olan maddelerin de bulunduğunu belirtmiştir.

9.2 Karaburun İlçesinin Tanıtımı

9.2.1 Karaburun ilçesinin tarihçesi

Karaburun adının nereden geldiği konusunda çok değişik görüşler ve varsayımlar mevcuttur; bir varsayıma göre, deniz yoluyla yarımadaya ilk varışta "Kömür Burnu" denilen mevkinin görülmesi nedeniyle, kayaların rengi esas alınarak "Karaburun" denildiği şeklindedir. Bir başka varsayım da eski Türk adlandırma usullerinde, Kuzey yönünün "Kara" ve Güney yönünün ise "Ak" olarak adlandırılması mantığına dayalıdır. Şimdiki ilçe merkezi eski haritalarda "Karaburun", Eşendere burnu ise "Akburun" olarak geçmektedir.

Karaburun yarımadasındaki insan yerleşiminin çok eski olduğu sanılmaktadır. Yarımadada bazı yerleşimlerin Milattan 25-30 asır evvel yaşamış bulunan Hititler tarafından başlatıldığı ve devrin en ileri kültür merkezi olduğu zaman zaman iddia edilmektedir <http://www.izmirkulturturizm.gov.tr/TR,77455/karaburun.html> (Erişim tarihi: 1 Aralık 20014).

9.2.2 Karaburun ilçesinin coğrafik konumu

İzmir Körfezinin Batısında, Urla yarımadasının Kuzeye doğru uzanan parçasıdır. Güneyde Urla ilçesi, Batı ve Kuzeyde Ege Denizi, Doğusunda da İzmir Körfezi ile çevrilidir. Doğu, Batı ve Kuzeyi denizlerle çevrili olan, İzmir Körfezinin girişinde yer alan ve körfezin Güney kıyılarının büyük bir bölümünü oluşturan Karaburun Yarımadası, 36-38° Doğu boylamları arasında yer almakta olup, 415 km² yüz ölçümüne sahiptir. Deniz seviyesinden yüksekliği 50 metredir. Akdağ'ın Kuzey yamacında yer alan Karaburun kırsal nitelikli küçük bir balıkçı kasabası görünümü taşır ve il merkezi İzmir'e 109 km uzaklıktadır. Yarımada vadiler ve ovalar kalker ve andezitlerden oluşan dağlarla çevrilmiştir.

9.2.3 Karaburun ilçesinin iklimi

Karaburun yarımadasının iklim koşulları Batı Anadolu'nun Ege kıyı kesiminin iklim koşullarına yaklaşık değerler göstermektedir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlı geçen Akdeniz ikliminin etkisi altındadır. Genel olarak Karaburun yarımadasında sıcaklık dağılışına bakıldığında ortalama yıllık sıcaklık 17 °C dir. Son 5 yılın ortalamalarına göre yıllık yağış miktarı 650-750 mm, en düşük sıcaklık -2 °C ve en yüksek sıcaklık ise 35 °C dir. Karaburun'da iklimsel ve topografik özelliklerden dolayı Güney ve Kuzeydoğu rüzgarları hakimdir. Yıllık ortalama rüzgar hızı 3.6 m/sn dir.

9.2.4 Karaburun ilçesinin doğal özellikleri

Yükseklikler: Urla yarımadasının Kuzey kesimini oluşturan Karaburun yöresi deniz kıyısından ani yükselen tepelere sahiptir. Eğimlerin %300'e yaklaştığı yarımada'nın orta kesiminde Kuzey-Güney doğrultusunda Akdağ (1.218 m) bulunmaktadır. Bu dağlık kütle Güneye doğru hafifçe alçalarak Güneye kadar devam etmektedir. Kuzey'de 1200 metreyi geçen kütle Güneyde 700 metre civarında değişim gösterir. Kıran Dağ 662 m., Kaneli Dağ 665 m.ve Veli Dağ 602 metre yükseklikle bu yörenin en yüksek kısımlarını oluşturmaktadırlar.

Yer altı zenginlikleri: Yarımada'nın büyük bir bölümü litolojik yapı nedeni ile yer altı suyu bakımından zengin değildir. Karaburun Yarımada'sının Gülbahçe köyünün 200 metre uzağında Gülbahçe ilıcası bulunmaktadır, kaynayan suyun miktarı azdır ve sıcaklığında 17,5 C dir. Litrede anyon ve katyon miktarı 42.9 gr dır. Yer altı kaynağı olarak ilçede civa madenleri de bulunmaktadır.

Akarsular ve dereler: Akdağ'dan kısa akışlı birkaç dere kaynaklanmaktadır. Daimi akışı olan iki akarsuyun birincisi Sazadin Deresi, yörenin Batı'sında Parlak köyün gerisindeki yamaçlardan doğmaktadır. Bu yörenin daimi akışı olan ve en

büyük akarsuyu olarak bilinen Camiboğazı Deresi ise Harlık Dere, Değirmendere, Karan Deresi ve İris Gölünden beslenmektedir. Bozdağ, Pirenli Dağ ve Akdağ yakınlarından küçük dallar alan akarsu bu sahada sayısız küçük eğim kırıklarından çavlanlar yaparak akar. Birleşen bu küçük kollar tek akarsu halinde derin bir boğazla eski Karareis köyüne gelir.

Flora varlığı: Karaburun Yarımada'sının florasını tipik bir Akdeniz Bitki örtüsü oluşturmaktadır. Yüzlerce şifalı otu, onlarca çeşit kekik ve adaçayı, kır çiçeğini, Karaburun yarımadası bünyesinde barındırmaktadır. Karaburun Yarımada'sının bitki örtüsünü genellikle makiler oluşturur. Ormanlar bakımından fakirdir, yaklaşık 27.000 hektar kızılçam ormanı mevcuttur.

Bölgesel bazı değişiklikler göstermekle birlikte bitki örtüsünü oluşturan bitkiler çoğunlukla deliceler, kocayemiş, sandal, menengiç, kermez meşesi, tesbih, akça ağaç, sakız, laden gibi bitkilerdir. Şifalı otlar açısından oldukça zengin bir yapıya sahiptir. Yarımada'da yetiştiği bilinen ve bugün fitoterapik değeri olan yaklaşık 47 tür şifalı ot vardır. Sütleşen, yarpız, gelincik otu, kantaron otu, kapari, kekik, kenger, sığırotu, ada soğanı, adaçayı bu tür bitkilere örneklerdir. Karaburun Yarımadası geçmişinde bağları ve zeytinlikleri ile tanınan bir yöre iken aradan geçen uzun zaman içinde bağ alanlarının miktarı oldukça azalmıştır.

Fauna varlığı: Yarımada'daki biyolojik çeşitlilik de dikkat çekmektedir. Bölgede 200'ün üzerinde kuş ve yaklaşık 380 bitki türü yaşamaktadır. Akdeniz fokusu (*Monachus monachus*) ve Avrasya su samurunun (*Lutra lutra*) bölgenin tehlike altında bulunan türleridirler <http://www.izmirkulturturizm.gov.tr> , (Erişim tarihi: 15 Temmuz 2014).

9.2.5 Karaburun'da bulunan madenler ve çevresel sorunları

Karaburun ilçesinde üç tane civa madeni bulunmaktadır. Kalecik madeni yarımada'nın Kuzeydoğusunda, Karareis ve Küçükbahçe madenleri ise yarımada'nın Batısında bulunuyorlar. 1906-1970 yılları arası yaklaşık 700 ton civa kalecik madeninden çıkartılmıştır. Maden çalışmaları sonucunda civa sızıntıları Karaburun bölgesinin yüzey sularına karışarak önemli çevresel sorunlara yol açmıştır, bu sorunlar sonucunda 1990'lı yıllarda maden işletmeleri kapanmıştır ama halen civa içerikli sızıntılar İzmir Körfezi'ne akmaya devam etmektedir ve akuatik ortamda fauna ve florayı olumsuz yönde etkilemektedir (Gemici ve Oyman, 2003).

10. MATERYAL VE YÖNTEM

10.1 Çalışmanın Yapıldığı Bölge Ve Örneklem

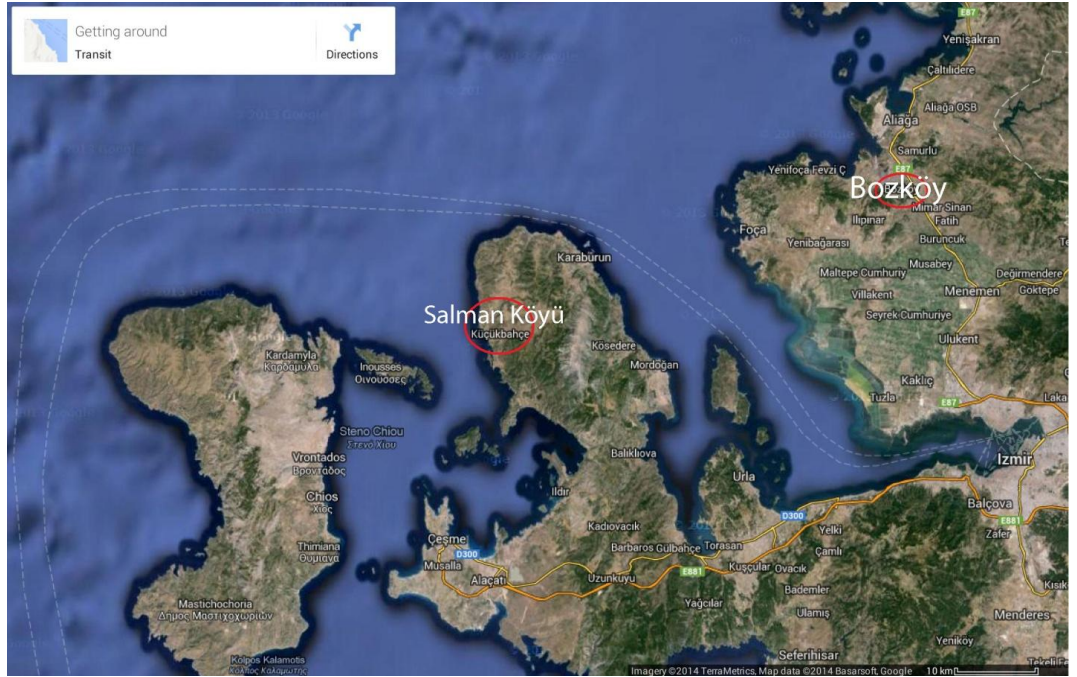
Bu tez çalışmasında İzmir kentinin Aliğa ilçesinin Bozköy köyünden, sanayi bölgeye yakın olan 10 kilometre kare içersinde 5 bal arısı kovani yerleştirilerek kovanlardan işçi arı örnekleri alınmıştır (1: $38^{\circ}43'44.7''N$ $26^{\circ}58'44.8''E$, 2: $38^{\circ}43'11.0''N$ $26^{\circ}58'33.7''E$, 3: $38^{\circ}43'33.5''N$ $26^{\circ}57'38.8''E$, 4: $38^{\circ}43'38.5''N$ $26^{\circ}57'04.6''E$, 5: $38^{\circ}43'29.0''N$ $26^{\circ}56'56.1''E$). Karşılaştırma ve durumu daha iyi inceleyebilmek için aynı işlemler temiz bir bölgeden şahit örnekler alınarak uygulanmıştır. Şahit örnekler Karaburun bölgesinde, Salman Köyü'nde organik üretim yapan arıcılıktan alınmıştır ($38^{\circ}35'46.5''N$ $26^{\circ}23'01.9''E$).



Şekil 10.1. 1 Aliğa sanayi bölgesinde alınmış örneklerin konumu

Örnekler arıların aktif oldukları ve propolisin maksimum düzeyde üretildiği mevsimde alınmıştır. Örneklem 2014 yılının Nisan–Mayıs aylarında bir kere uygulanmıştır. Örnek elde etmek için, 9 çerçevesi ve güçlü kolonilere sahip olan kovanlar seçilmiştir; bu süreçte kovanlarda ilaçlama uygulanmamıştır ve kovan kontrolleri, kovanlara duman verilmeden yapılmıştır. Alınan arıların işçi arı olduklarından emin olmak için arı örnekleri uçuş tahtası üzerinden ve kovan giriş deliği önünden alınmıştır. Tüm örnekler Liyofilizasyon cihazında kurutulularak

(Vacuum: 0.027, Collector: -48 C), analizler yapılmaya kadar -20 C’de muhafaza edilmiştir.



Şekil 10.1.2. Örneklerin alındığı bölgeler

10.2 Kimyasal Analiz İçin Gerekli Materyaller

Supelco firmasından (Kanada) alınan standart karışımı 16 PAH bileşiğine sahiptir:

Acenaphthene, acenaphthylene, anthracene, benzo (a) anthracene, benzo (a) pyrene, benzo (b) fluoranthene, benzo (K) fluoranthene, benzo (ghi) perylene, chrysene, dibenzo (a,h) anthracene, fluoranthene, fluorene, indeno (1,2,3-cd) pyrene, naphthalene, phenanthrene, pyrene.

Örnek hazırlama için kullanılan aseton ve hekzan Merck firmasından alınmıştır. Taşıyıcı gaz olarak kullanılan azot gazı ve dedektör yakıtı olarak kullanılan hidrojen gazı, 99.9999 % saflıkla Ruham Gaz firması (Birleşik Arap Emirlikleri, Dubai) ve basınçlı hava, Oksijene Sabalan firmasından satın alınmıştır.

Analiz için 6890N model, splitte/splitless enjeksiyon valfi ve alev iyonizasyon dedektörü (FID) ile donatılmış Agilent gaz kromatograf cihazı kullanılmıştır.

10.2.1 Numune hazırlama

Liyofilizasyon cihazında kurutulmuş olan bal arısı örnekleri tartılmıştır; 3 gr kuru örnek deney tüpüne koyulmuştur. Örneklerden PAH bileşiklerini ekstrakte edebilmek için, 3 ml aseton ve heksan (1:1) karışımı deney tüpüne eklenmiştir ve karışım 5 dakika ultrason cihazında ultrasonik dalgalarına tabi tutulmuştur. Sonraki aşamada, örnekler santrifüj edilip 2 µl üst fazdan alınıp gaz kromatograf cihazına enjekte edilmiştir.

10.2.2 Analiz yöntemi

PAH bileşiklerinin ayrılması, 30 metre uzunluk, 0.25 milimetre çap ve 0.32 mikron sabit faz film kalınlığına sahip kapiller sütun DB-5 üzerinde aşağıdaki koşullarda yapılmıştır:

Sıcaklık programı: ilk sıcaklık 50 °C'la bir dakika sürmüştür, sıcaklığı her dakika 7 °C artırarak 300 °C'ye ulaşılmıştır ve 20 dakika aynı sıcaklıkta bekletilmiştir.

Enjeksiyon valfinin sıcaklığı 280 °C ve dedektör sıcaklığı ise 300 °C olarak ayarlanmıştır.

Taşıyıcı azot gazı, her dakikada 1 ml akış hızıyla splitless modunda enjekte edilmiştir.

hidrojen gazı 30 ml/dk ve hava 300 ml/dk akış hızına sahiptir.

11. KİMYASAL VE İSTATİSTİK ANALİZ SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Kimyasal analiz sonuçları aşağıdaki cetvelde verilmiştir.

11.1 Kimyasal analiz sonuçları: Veriler µg/Kg olarak verilmiştir. (İstatistik analizleri için ND sonucunun yerine 0.01 hesaplanmıştır)

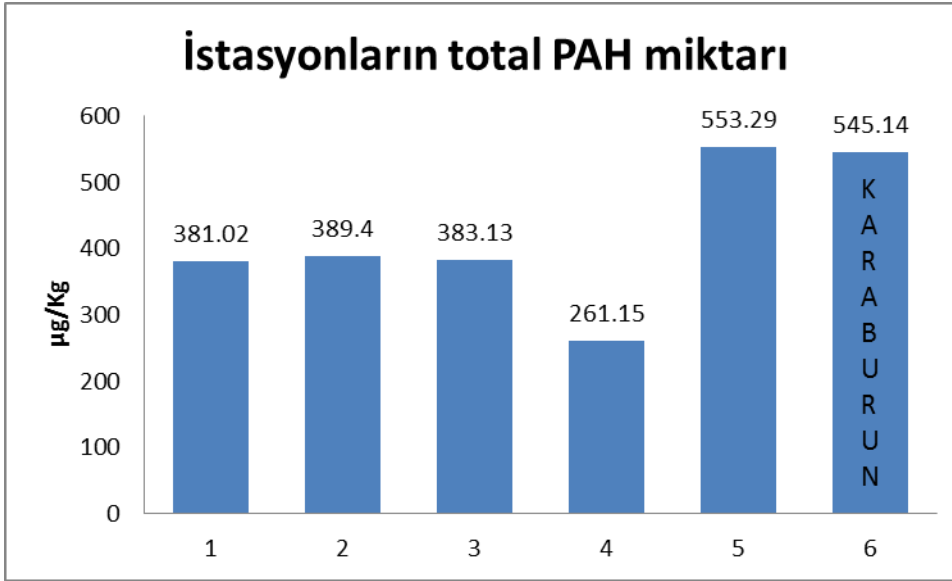
	Arı_1	Arı_2	Arı_3	Arı_4	Arı_5	Arı_Karaburun	Halka Sayısı
Naftalen	0.39	2.88	8.49	6.30	3.07	0.15	2
Asenaftalen	ND	14.71	9.87	17.15	13.39	17.39	3
Asenaften	ND	7.59	3.18	5.93	6.08	33.88	3
Floren	1.11	2.39	2.72	0.40	1.74	1.81	3
Fenantren	ND	1.44	4.03	2.31	1.29	3.00	3
Antrasen	1.21	26.49	9.84	11.78	21.94	20.51	3
Floranten	0.46	3.65	3.28	2.43	7.75	5.47	4
Piren	0.89	2.19	2.47	2.31	4.93	4.63	4
Benzo(a)Antrasen	0.13	1.16	3.47	1.37	4.47	3.03	4
Krizen	0.41	1.19	0.95	2.85	3.97	3.08	4
Benzo(b) Floranten	363.00	301.21	308.17	186.52	427.11	421.7	5
Benzo(k)Floranten	ND	11.00	11.45	8.66	34.04	10.27	5
Benzo(a)Piren	0.03	0.25	0.4	0.34	1.32	1.17	5
Dibenzo(a,b)Antrasen	0.26	0.15	1.54	3.77	4.24	0.88	5
İndeno(1,2,3cd)Piren	0.09	0.68	0.62	0.50	1.95	1.58	6
Benzo(g,h,i)Perilen	13.00	12.42	12.65	8.53	16.00	16.59	6

Yapılmış olan bölgesel biyoizleme programı kapsamında “Benzo(b) Floranten” incelenmiş olan diğer 15 bileşiğin arasında en fazla yoğunluğa sahiptir, dolayısıyla aynı biyoizleme programını uygulayacak araştırmacılar için “Benzo(b) Floranten”’in incelenmesi, bölgenin karakteristik ve indikatör PAH bileşiği olarak önerilmektedir.

Alınmış örneklerde 16 PAH bileşiğin arasında en fazla yoğunluk, “Benzo(b) Floranten, Benzo(k)Floranten, Benzo(a)Piren ve Dibenzo(a,b)Antrasen” gibi 5 halkalı bileşiklerde gözlemlenmiştir; bu sonuca göre bölgede var olan PAH bileşiklerinin kaynağı pyrojenik olarak tesbit

edilmiştir. Termik santral, demir çelik fabrikaları ve evlerde ısı ve enerji ihtiyacını karşılamak için kullanılan kömür ve odun bu sonucu açıklamaktadır. Ağır moleküllü PAH'ların yüksek konsantrasyon göstermesi, çevre sağlığı açısından bölgede tehlikeli derecede hava kirliliğini göstermektedir.

Örneklerde bulunan toplam PAH miktarı incelendiğinde, PAH bileşiklerinin birikimi ve örnekleme istasyonlarının sanayi bölgesiyle olan mesafeleri arasında doğrusal ilişki tesbit edilmiştir. Aliğa bölgesinde bulunan beş örnekleme istasyonu arasında 4. İstasyon kirlenici kaynaklara yakın olmasına rağmen daha düşük miktar göstermiştir. Mühtemelen 4. İstasyonda konumlanan koloninin güçlü olması PAH birikimini etkilemiştir. Arılarda en önemli PAH kirliliğinin kaynağı, propolis ihtiyacını karşılamak için kullandıkları asfalt ve petrol ürünleri bilinmektedir bu bilgiye dayanarak güçlü ve aktif bireylerin daha iyi uçuş yapmaları onların temiz besin ve propolis kaynağı bulmalarına sebep olabilmektedir.

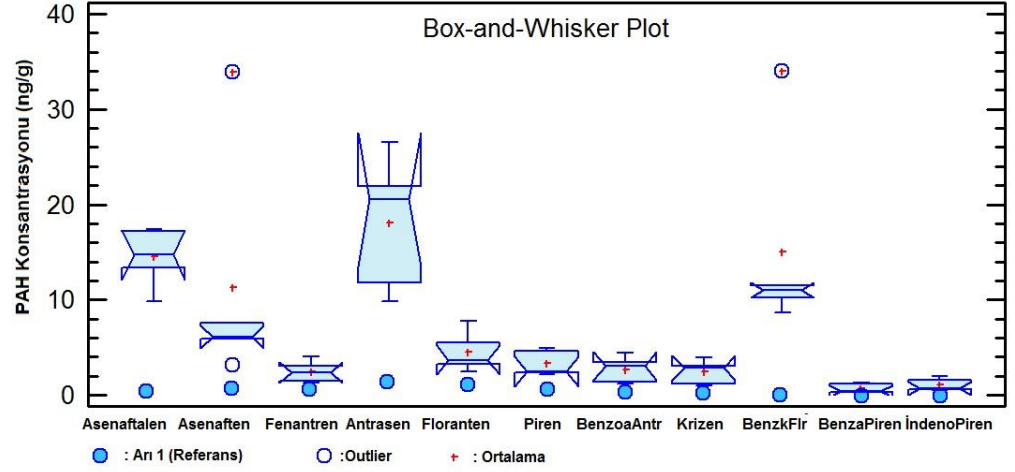


11.1 İstasyonların toplam PAH miktarı

Karaburun bölgesinden alınan örneklerde, yüksek PAH konsantrasyonuna rastlanmıştır. Örnekleme alanı sanayi alanlarından uzakta olduğuna göre, bu örneklerde bulunan PAH kirliliği mühtemelen arıcılıktan veya yakın köylerde kullanılan kömürlerden kaynaklanmıştır. Bu bölgede örnekler organik üretim yapan arıcılıktan toplandığına göre projede şahit bölge olarak seçilmiştir ancak

sonuçlar itibariyle referans olarak kabul edilmemektedir. Analiz sonuçlarında herhangi bir hata olmaması nedeniyle, biyoizleme programlarında kullanılan arı kolonileri bu amaç için yetiştirilmelidir ve ticari amaçla kullanılan kovanlar, biyoizleme programları için önerilmemektedir.

Örnekleme istasyonları arasında referans belirlemek amacıyla, “Box-Plot” (Kutu grafiği)’tan yararlanılmıştır:



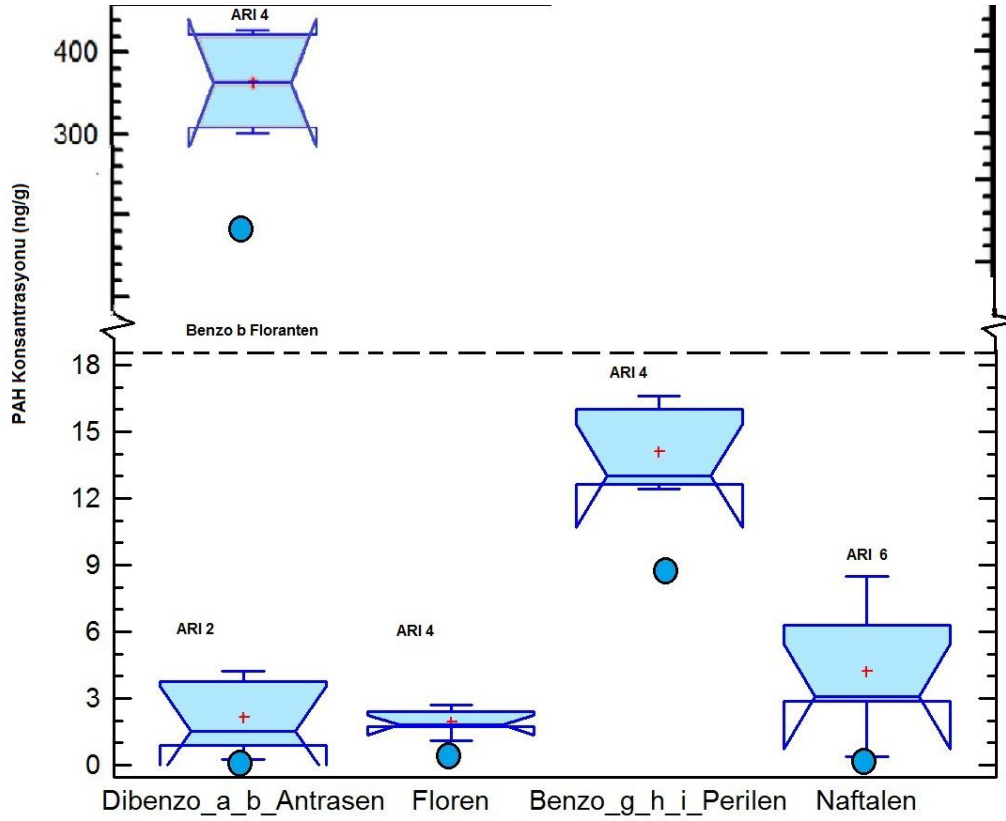
11.2 Kutu grafiği

11.2 Şahit verilere (Arı 1) dayanarak normalize edilmiş veriler

	Asenaftalen	Asenaften	Fenantren	Antrasen	Floranten	Piren	Benzo(a)Antrasen	Krizen	Benzo(k)Floranten	Benzo(a)Piren	İndeno(1,2,3-cd)Piren
Arı 2	147	76	14	22	8	2	9	3	110	8	8
Arı 3	99	32	40	8	7	3	27	2	115	13	7
Arı 4	172	59	23	10	5	3	11	7	87	11	6
Arı 5	134	61	13	18	17	6	34	10	340	44	22
Arı 6	174	339	30	17	12	5	23	8	103	39	18

İstatistik analiz sonucuna göre, birinci örnekleme istasyonu (Arı 1), Asenaftalen, Asenaften, Fenantren, Antrasen, Floranten, Piren, Benzo(a)Antrasen, Krizen, Benzo(k)Floranten, Benzo(a)Piren ve İndeno(1,2,3-cd)Piren bileşikler için

referans olarak belirlenmiştir. Diğer örneklerde bu referansa göre normalize edilmiş PAH miktarları hesaplanmıştır:



11.3 Kutu grafiği

Diğer bileşikler için tekrar aynı yöntemle referans belirlenmiştir:

4. örnekleme istasyonu, Floren, Benzo(b) Floranten ve Benzo(g,h,i)Perilen için, 2. örnekleme istasyonu, Dibenzo(a,b)Antrasen ve 6. örnekleme istasyonu (Karaburun) sadece Naftalen için şahit olarak belirlenmiştir. Şahit verilere dayanarak normalize edilmiş veriler çıkartılmıştır.

11.3 Şahit verilere (Arı 4) dayanarak normalize edilmiş veriler

	Floren	Benzo(b) Floranten	Benzo(g,h,i)Perilen
Arı 1	3	2	2
Arı 2	6	2	1
Arı 3	7	2	1
Arı 5	4	2	2
Arı 6 (Karaburun)	5	2	2

11.4 Şahit verilere (Arı 2) dayanarak normalize edilmiş veriler

	Dibenzo(a,b)Antrasen
Arı 1	2
Arı 3	10
Arı 4	25
Arı 5	28
Arı 6 (Karaburun)	6

11.5 Şahit verilere (Arı 6) dayanarak normalize edilmiş veriler

	Naftalen
Arı 1	3
Arı 2	19
Arı 3	57
Arı 4	42
Arı 5	20

Bu çalışmada tesbit edilen PAH kaynaklarının belirlenmesi amacıyla aşağıda 11.6 da verilen diagnostik oranlardan yararlanılmıştır:

11.6 Diagnostik oranlar (Mee and Topping,1998 ; Dolegowska and Migaszewski, 2011)

Diagnostik PAH Oranı	Açıklama Dizini		
Phenanthrene / Anthracene	>15, petrol kaynaklı	<10 organik madde yanması	
Anthracene / Phenanthrene	>0.1 organik madde yakımı	<0.1 petroleum	
Anthracene /(Anthracene + Phenanthrene)	>0.1 pyrojenik kaynaklı	<0.1 petrol kaynaklı	
Fluoranthene / Pyrene	>1 organik madde yanması	<1 petrol kaynaklı	
Fluoranthene /(Fluoranthene + Pyrene)	>0.5 ot, ahşap ve kömür yanması	>0.4-<0.5 sıvı fosil yakıt	<0.4 petrol
indeno- [1,2,3-cd] pyrene / (indeno- [1,2,3-cd] pyrene +benzo [ghi]perylene)	>0.5 ot, ahşap ve kömür yanması	0.2-<0.5 sıvı fosil yakıtı	<0.2 petrol
benzo(a)anthracene/benzo(a)anthracene+chrysene	>0.3 organik madde yanması	<0.02 petrol kaynaklı	

Diagnostik oranların sonuçları :

11.7 Diagnostik oranların sonuçları

Diagnostik PAH Oranı	Arı 1	Arı 2	Arı 3	Arı 4	Arı 5	(karaburun) Arı 6
Phenanthrene / Anthracene	0.008264	0.05436	0.409553	0.196095	0.058797	0.14627
Anthracene / Phenanthrene	121	18.39583	2.441687	5.099567	17.00775	6.836667
Anthracene / (Anthracene + Phenanthrene)	0.991803	0.948443	0.709445	0.836054	0.944468	0.872395
Fluoranthene / Pyrene	0.516854	1.666667	1.327935	1.051948	1.572008	1.181425
Fluoranthene / (Fluoranthene + Pyrene)	0.340741	0.625	0.570435	0.512658	0.611199	0.541584
indeno- [1,2,3-cd] pyrene / (indeno- [1,2,3-cd] pyrene +benzo [ghi]perylene)	0.006875	0.051908	0.046722	0.055371	0.108635	0.086957
benzo(a)anthracene/benzo(a)anthracene+chrysene	0.240741	0.493617	0.785068	0.324645	0.529621	0.495908
Kaynak Klavuzu:	ot, ahşap ve kömür yanması (pyrojenik kaynaklı)					petrol kaynaklı

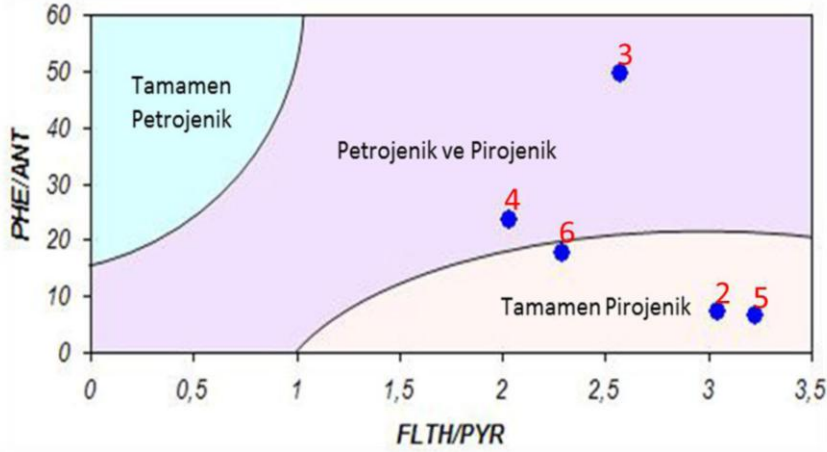
Bu sonuçlara göre, genel anlamda örnek aldığımız bölgelerin PAH kirliliği pirojenik kaynaklıdır yani kömür, ahşap ve benzer organik maddelerin yanması bölgede PAH bileşiklerinin bulunmasına sebep olmaktadır. Bölgede, sanayi

faaliyetlerde enerji üretim amaçlı, yerleşim alanlarında ısıtma amacıyla ve anız yakma amacıyla kullanılan kömür, odun, ahşap ve ot, bu sonucu açıklamaktadır. Anthracene / (anthracene + phenanthrene) ve fluoranthene / pyrene oranlarının sonucu, birinci örnekleme istasyonda (Arı 1) bulunan PAH bileşiklerini petrojenik kaynaklı göstermektedir, bu durum istasyonun konumu ile açıklanabilmektedir (Bu istasyon otobana yakın bir alanda bulunmaktadır).

Phenanthrene / Anthracene diyagnostik oranı tüm örneklerde 10'dan çok fazla küçük çıkmasının sebebi, phenanthrene'in değeri anthracene'in değerlerine göre çok fazla küçük olmasıdır, bu durum arının (bir organizma olarak) phenanthrene'i proses edebilmesi veya bataraf edebilmesinin göstergesi olabilmektedir (Devillers and Pham-Delègue, 2002); tabii ki bu konuyu isbat edebilmek ve kesin sebep olarak gösterebilmek için, başka araştırmalar gerekmektedir.

Indeno- [1,2,3-cd] pyrene / (indeno- [1,2,3-cd] pyrene + benzo [ghi] perylene) oranı , diğer oranların aksine, tüm istasyonların PAH kirliliğini petrojenik kaynaklı göstermektedir; bu durum mühtemelen arıların vücutlarında bulunan tüy ve kutikullarının yapısı veya doğal çevrede propolis bulunmadığı zaman, arıların asfalt ve benzer PAH içeren petrojenik maddeleri toplamalarına bağlıdır. Bu sonucun gerçek sebebini bulmak için, arının biyokimyasal vücut yapısı ve benzo [ghi] perylene bileşiğine karşı alıcı olup olmadığının araştırılması önerilmektedir. Ayrıca arılarla yapılan daha sonraki PAH biyoizleme çalışmalarında, PAH kaynaklarını belirlemek için bu diyagnostik oranının kullanılmaması önerilmektedir.

Sanayi bölgesinde örneklerde bulunan PAH bileşiklerinin kaynaklarını belirlemek amacıyla phenanthrene / anthracene ve fluoranthene / pyrene oranı normalize edilmiş verilerle birkez daha hesaplanmıştır:



11.4 Normalize edilmiş verilerle kaynak belirlenmesi (referans Arı 1).

Bu diagramda bölgenin atmosferik PAH kaynaklarının petrojenik ve pirojenik karışımı olduğu ve aynı zamanda pirojenik kaynaklı PAH'ların daha fazla olduğu açıklanmıştır.

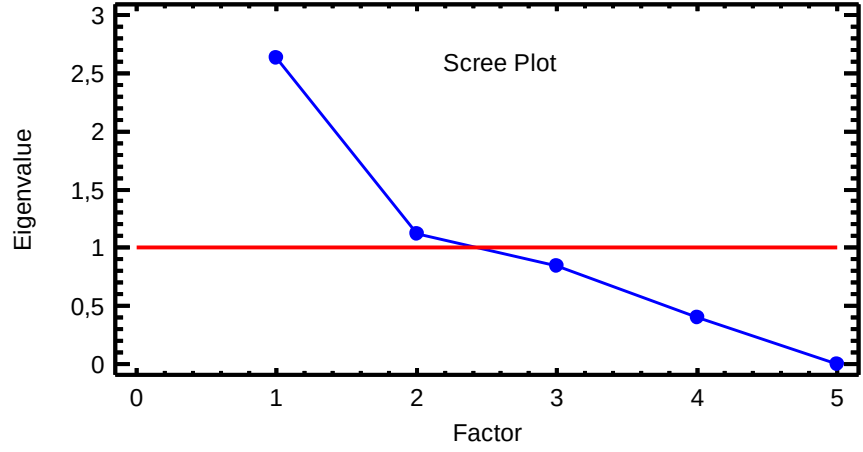
İncelenen 16 PAH bileşiği arasında ilişki ve kaynak yakınlığı belirlemek amacıyla kimyasal analizin sonuçları üzerinde ilk önce "Correlation" yöntemi ile ham verilerin arasında bulunan ilişkiler incelenmiştir. Uygulanan istatistik analiz sonucuna göre ACL, FL, Phe, A ve IP bileşiklerin arasında ilişki bulunmamaktadır.

"Cluster" analizi ile ilişkili olan bileşiklerin (altta gelen çift bileşikler) bağlantıları çok kuvvetli bir şekilde (95% ihtimal ile) doğrulanmıştır; Bu sonuçlara dayanarak aşağıda gelen veriler her çift bileşiğin ortak kaynaklı oldukları beklenmektedir:

11.8 Bileşiklerin kaynak ilişkileri

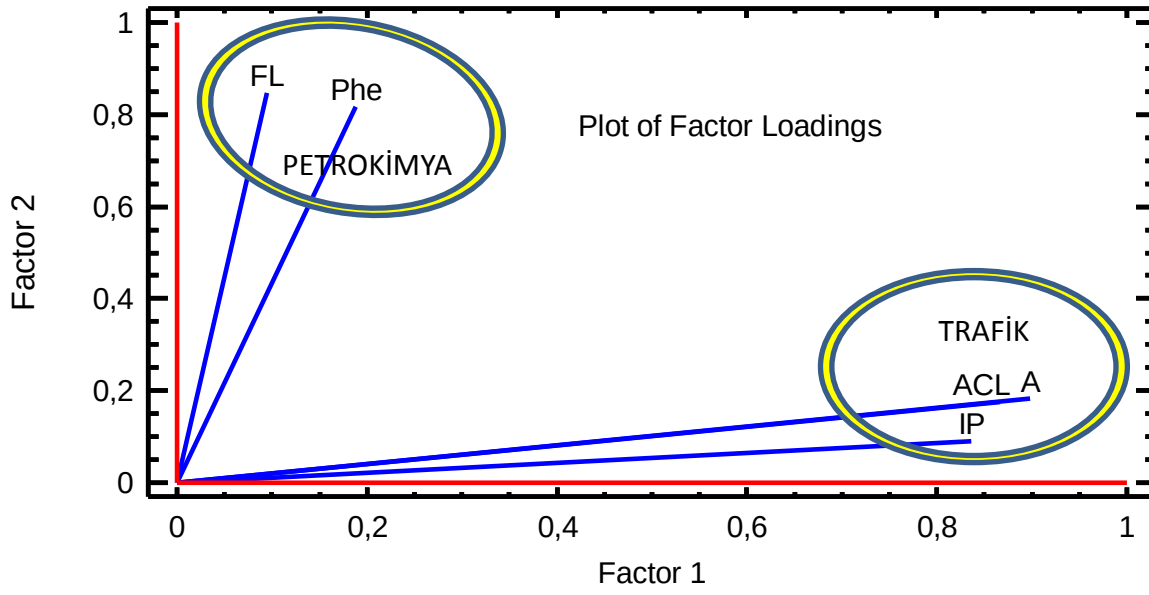
		P-değeri
PY	IP	0,0003
BaP	IP	0,0004
BbF	BghiP	0,0007
F	IP	0,0008
PY	F	0,0031
BkF	F	0,0135
Ch	PY	0,0252
F	BaA	0,0261
PY	BaA	0,0324
BaP	BaA	0,0390
BaA	IP	0,0407
BkF	PY	0,0697

Korelesyon analiziyle aralarında ilişki bulunmayan bileşiklerin arasında, faktör analizi ile iki farklı faktör belirlenmiştir, birinci faktörün variansı 52,616 , ikincisi 22,476 ve toplam varyans değeri 75,092 belirlenmiştir.



11.5 Faktör analiz sonucu 1

Daha önce yapılmış olan çalışmalarda "Birincil Bileşen Analizi (Principal Component Analysis-PCA)" sonucunda "indeno[1,2,3-cd]pyrene", dizel ve gazla çalışan motorlu taşıtların emisyonları ve gazoilinle çalışan motorların egzoz kurumunda bulunduğu için, birinci faktör gurubu, TRAFİK kaynaklı kabul edilebilmektedir; aynı çalışmalarda "Floren" Petrol sızıntılarından (örneğin taze veya kullanılmış motor yağı, ham petrol, benzin gibi petrol kaynaklı yakıtlar) kayanlandığının var sayımıyla ikinci gurup, petrol kaynaklı (PETROKİMYA) olarak kabul edilebilmektedir.



11.6 Faktör analiz sonucu 2

12. SONUÇ VE ÖNERİ

Çevre ve canlıların özellikle insan sağlığını korumak amacıyla, PAH bileşikleri başta olmak üzere tüm zararlı kimyasal maddelerin emisyonu azaltılmalıdır. Uygulanan yeşil ve sürdürülebilir çözümlerle paralel olarak emisyonlar denetim altında tutulmalıdır.

Çevresel denetim ve izleme programları için biyoizleme, rahat, ucuz ve etkin bir yöntemdir. Karasal ortamda bal arıları biyoindikatör olarak en iyi tercihler arasında yer almaktadır. Araştırma amacıyla yetiştirilen kolonilerin aktif oldukları mevsimlerde araştırmaların uygulandığı bölgelerde rahatca yerleştirilebilmeleri, yaşam şekli ve özel vücut yapıları, bal arılarının biyoindikatör olarak tercih edilmelerinin sebeplerindendir.

Bu tez projesinde, yapılan analizlere göre Aliğa sanayi bölgesinde pirojenik kaynaklı PAH'lar daha yoğun bir şekilde havada mevcuttur. Bu sonucun en önemli sebebi geniş çapta kullanılan kömürdür. Sanayi ve evlerde, alternatif enerji kaynakları veya doğal gaz gibi daha az zararlı olan yakıtların kullanımı önerilmektedir.

Biyoizleme programlarının öneminin isplanmasına rağmen hala geniş alanda kullanılmamaktadır. Gelecekteki çevresel çalışmalarda, çevre denetiminin dikkate alınması, bal arıları ve biyoizleme ile ilgili daha fazla çalışmanın yapılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Acquavita, A., Falomo, J., Predonzani, S., Tamberlich, F., Bettoso, N. and Mattassi, G., 2014, The PAH level, distribution and composition in surface sediments from a Mediterranean Lagoon: The Marano and Grado Lagoon (Northern Adriatic Sea, Italy), *Marine Pollution Bulletin* 81 (2014) 234–241pp.

Admassu, M. and Wubeshet, M., 2006, Air Pollution, Lecture Notes

Alloway, J. and Ayres, C., 1997, Chemical Principles of Environmental Pollution, 2. baskı, Chapman& Hall, 381p.

Al-Naggar, Y., Mona, M., Naiem, E. and Seif, A., 2011, Honey Bee Tissues As A Biomarker For Environmental Pollution With Heavy Metals, *Proc. 7 th Int. Con. Biol.Sci. (Zool).*

Arias, A., Spetter, C., Freije, R. and Marcovecchio, J., 2009, Polycyclic aromatic hydrocarbons in water, mussels (*Brachidontes* sp., *Tagelus* sp.) and fish (*Odontesthes* sp.) from Bahı'a Blanca Estuary, Argentina, *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 85 (2009) 67–81pp.

Arinç, E., Şen, A., ve bozcaarmutlu, A., 2000, Cytochrome P4501A and Associated MFO Induction in Fish as a Biomarker for Toxic, Carcinogenic Pollutants in the Aquatic Environment. *Pure and Applied Chemistry*, 72: 985-994 pp.

Bandowe, B., Bigalke, M., Boamah, L., Nyarko, E., Saalia, F. and Wilcke, W., 2014, Polycyclic Aromatic Compounds (Pahs And Oxygenated Pahs) And Trace Metals In Fish Species From Ghana (West Africa): Bioaccumulation And Health Risk Assessment, *Environment International* 65 (2014) 135–146 pp.

Bozlaker, A., Muezzinoglu, A. and Odabasi, M., 2008, Atmospheric Concentrations, Dry Deposition And Air–Soil Exchange Of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (Pahs) In An Industrial Region In Turkey, *Journal of Hazardous Materials* 153 (2008) 1093–1102 pp.

Bromenshenk, J. and Preston, E., 1986, Public Participation In Environmental Monitoring: A Means Of Attaining Network Capability, *Environmental Monitoring and Assessment* 6 (1986) 35-47 pp

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Castellano, A., V., Cancio, J., L., Alemán, P., S. and Rodríguez, J., S., 2003, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons In Ambient Air Particles In The City Of Las Palmas De Gran Canaria, *Environment International*, 29, 475-480 pp.

Celli, G. and Maccagnani, B., 2003, Honey Bees As Bioindicators Of Environmental Pollution. *Bulletin of Insectology* 56, ISSN 1721-8861, 137-139 pp.

Chen, S., C. and Liao, C., M., 2006, Health Risk Assesment On Human Exposed To Environmental Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Pollution Sources, *Science Of The Total Environment*, 366, 112-123 pp.

Conrad, C., 2008, A Fish Kill Related To An Acid-Metal Spill, *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, vol. 21, n° 3, 2008, p. 337-347 pp.

Dale, V. and Beyeler, S., 2001, Challenges In The Development And Use Of Ecological Indicators, *Ecological Indicators*, 1 (2001) 3–10 pp.

Davami, A. and Gholami, A., 2012, Biomonitoring Of Heavy Metals In Environment By Button Mangrove Plant, *International Conference on Nuclear Energy, Environmental and Biological Sciences (ICNEEBS'2012)* September 8-9, 2012 Bangkok (Thailand).

Devillers, J. and Pham-Delègue, M., 2002, Honey Bees: Estimating the Environmental Impact of Chemicals, Taylor & Francis is an imprint of the Taylor & Francis Group, 347 p.

Dickhut, R., M., Canuel, E., A., Gustafson, K., E., Liu, K., Arzayus, K., M., Walker, S., E., Edgecombe, G., Gaylor, M., O. and Macdonald, E., H., 2000, Automotive Sources of carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons associated with particulate matter in the Chesapeake Bay region, *Environmental Science and Technology*, 34, 4635-4640 pp.

Dolegowska, S. and Migaszewski, Z., 2011, PAH concentrations in the moss species *Hylocomium splendens* (Hedw.) B.S.G. and *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. from the Kielce area (south-central Poland), *Ecotoxicology and Environmental Safety* 74 (2011) 1636–1644 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

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.

Fakhimzadeh, K., 2000, Honey, Pollen And Bees As Indicator Of Metal Pollution. Acta Univ.Carolinae Environ., 14: 13-20 pp.

For Environmental Health Science Students, Funded under USAID Cooperative Agreement No. 663-A-00-00-0358-00, 205 p.

Formicki, G., Gren, A., Stawarz, R., Zysk, B. and Gal, A., 2012, Metal Content İn Honey, Propolis, Wax, And Bee Polen And İmplications For Metal Pollution Monitoring. Pol. J. Environ. Stud., vol. 22, No. 1, 99-106 pp.

Gaga, E., O., 2004, Investigation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) Deposition in Ankar, Doktora Tezi, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Middle East Technical University, Ankara.

Gemici, Ü. ve Oyman, T., 2003, The İnfluence Of The Abandoned Kalecik Hg Mine On Water And Stream Sediments (Karaburun, İzmir, Turkey), The Science of the Total Environment 312 (2003) 155–166 pp.

Gerhardt, A., 2009, Bioindicator Species And Their Use In Biomonitoring, Environmental Monitoring, Vol.1.

Grynkiewicz, M., Polkowska, Ż., Namieśnik, J., 2002, Determination Of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons İn Bulk Precipitation And Runoff Waters İn An Urban Region (Poland), Atmospheric Environment, 36, 361-369 pp.

Hewitt, C., N., 1999, Reactive Hydrocarbons in the Atmosphere, Academic Press, San Diego, California.

İzmir İl Kültür Ve Turizm Müdürlüğü, <http://www.izmirkulturturizm.gov.tr>, (Erişim tarihi: 1 Mayıs 2014).

Lambert, O., Veyrand, B., Durand, S., Marchand, P., Bizec, B., Piroux, M., Puyo, S., Thorin, C., Delbac, F. and Pouliquen, H., 2012, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: Bees, Honey And Pollen As Sentinels

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

For Environmental Chemical Contaminants, Chemosphere 86 (2012) 98–104 pp.

Lehndorff, E. and Lehndorff, L., 2004, Biomonitoring Of Air Qualityin The Cologne Conurbation.

Lodovici, M., Venturini, M., Marini, E., Grechi, D. and Dolar, P., 2003, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Air Levels In Florence, Italy, And Their Correlation With Other Air Pollutants, Chemosphere, 50, 377-382 pp.

Mastral, A., M., Callén, M., S., López, J., M., Murillo, R., García, T. and Navarro, M., V., 2003, Critical Review on Atmospheric PAH, Assesment of Reported Data in the Mediterranean Basi, Fuel Processing Technology, 80, 183-193 pp.

McGeoch, M. A., 1998, The Selection, Testing And Application Of Terrestrial Insects As Bioindicators, Biol. Rev. 73, 181-201 pp.

Mee, L. and Topping, G., 1998. Black Sea Pollution Assessment, United Nations Publications , New York, 380p.

Oost, R., Beyer, J. and Vermeulen, N., 2003, Fish Bioaccumulation And Biomarkers In Environmental Risk Assessment: A Review, Environmental Toxicology and Pharmacology 13 (2003) 57 /149 pp.

Porrini, C., Sabatini, A., Girotti, S., Ghini, S., Medrzycki, P., Grillenzoni, F., Bortolotti, L., Gattavecchia, E. and Celli, G., 2003, Honey Bees And Bee Products As Monitors Of The Environmental Contamination, Apiacta, 38 (2003) 63-70 pp.

Ruschioni, S., Riolo, P., Minuz, R., Stefano, M., Cannella, M., Porrini, C. and Isidoro, N., 2013, Biomonitoring With Honeybees Of Heavy Metals And Pesticides In Nature Reserves Of The Marche Region (Italy), Biol. Trace. Elem. Res., DOI 10.1007/s12011-013-9732-6 pp.

Silici, S., 2009, Bal Arısı Biyolojisi Ve Yetiştiriciliği, Eflatun Yayınevi, Ege Üniversitesi 174 nolu yayın.

Sobsey, M., 2007, Air Pollution and Environmental Health, Workshop On Air Pollution In The Megacities Of Asia, 46 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

TAM, B.N. and NEUMANN, C.M., 2004. A Human Health Assessment of Hazardous Air Pollutants in Portland, OR. *Journal of Environmental Management* 73: 131-145 pp.

TMMOB, İzmir İKK Aliğa Bölgesi Değerlendirme Raporu-1, 2012. Using Pine Needles As A Passive Sampler—Part II: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH), *Atmospheric Environment* 38 (2004) 3793–3808 pp.

Valavanidis, A., Vlachogianni, T., Triantafillaki, S., Dassenakis, M., Androutsos, F. and Scoullos, M., 2008, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons In Surface Seawater And In Indigenous Mussels (*Mytilus Galloprovincialis*) From Coastal Areas Of The Saronikos Gulf (Greece), *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 79 (2008) 733–739 pp.

YEŞİLYURT, C. ve AKCAN, N., 2001, Hava Kalitesi İzleme Metodolojileri ve Örneklem Kriterleri. Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi, Ankara, 177s.

Zhao, L., Hou, H., Shangguan, Y., Cheng, B., Xu, Y., Zhao, R., Zhang, Y., Hua, X., Huo, X. and Zhao, X., 2014, Occurrence, Sources, And potential human health risks of polycyclic Aromatic hydrocarbons in agricultural soils of the coal production area Surrounding xin Zhou, China, *Ecotoxicology and Environmental Safety* 108 (2014) 120–128 pp.

Zhelyazkova, I., 2012, Honeybees – Bioindicators For Environmental Quality, *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 18 (No 3) 2012, 435-442 pp.

EKLER

Ek 1 Kalibrasyon standardına ait kromatogram

Ek 2 Aliğa 1. istasyona ait kromatogramlar

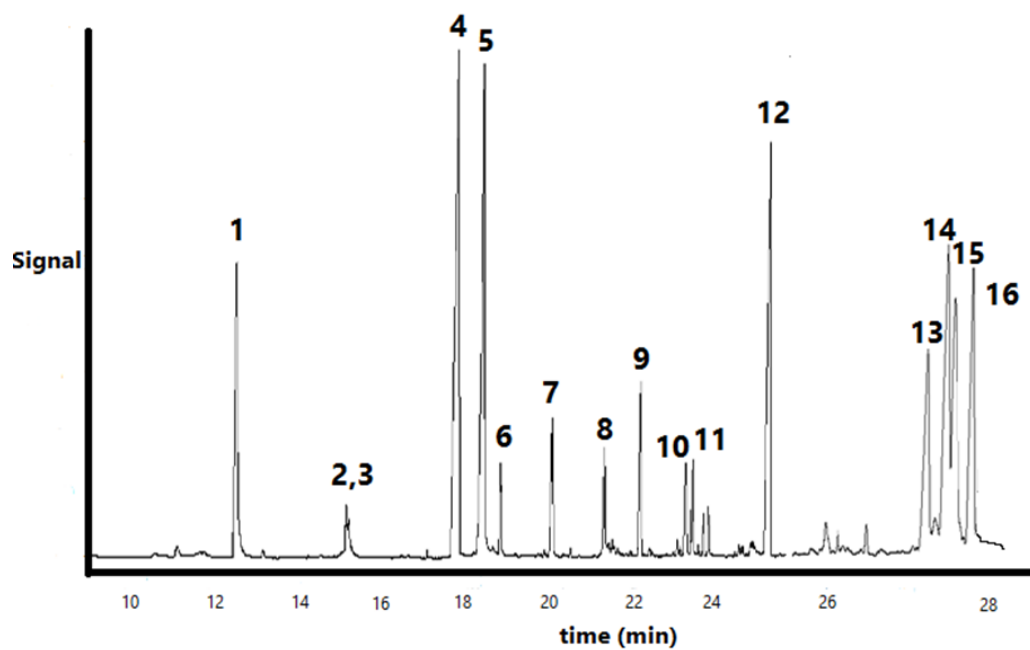
Ek 3 Aliğa 2. istasyona ait kromatogramlar

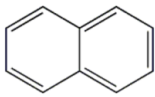
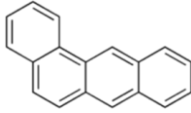
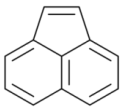
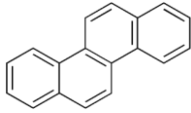
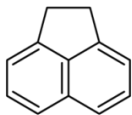
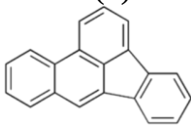
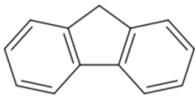
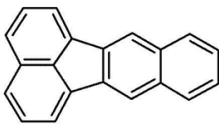
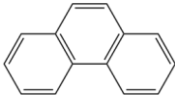
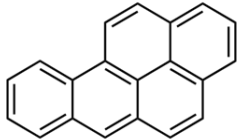
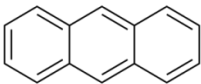
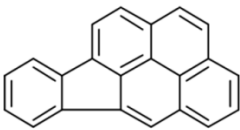
Ek 4 Aliğa 3. istasyona ait kromatogramlar

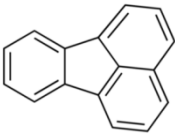
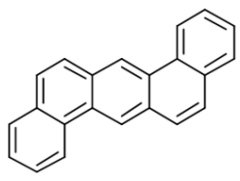
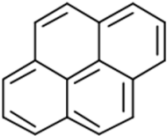
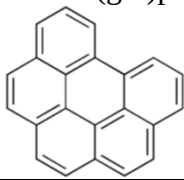
Ek 5 Aliğa 4. istasyona ait kromatogramlar

Ek 6 Aliğa 5. istasyona ait kromatogramlar

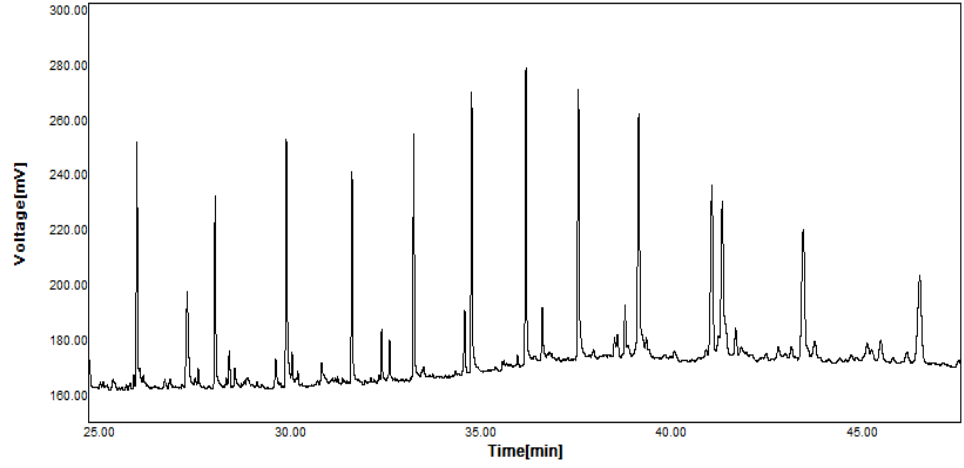
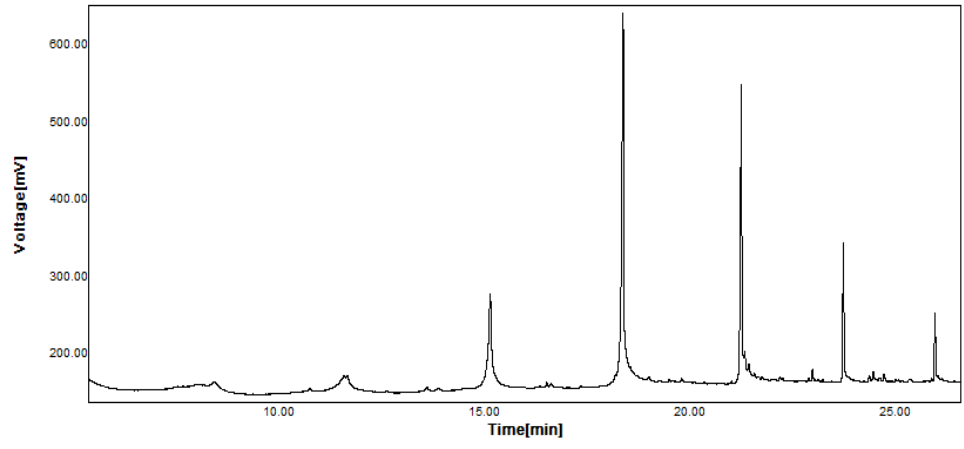
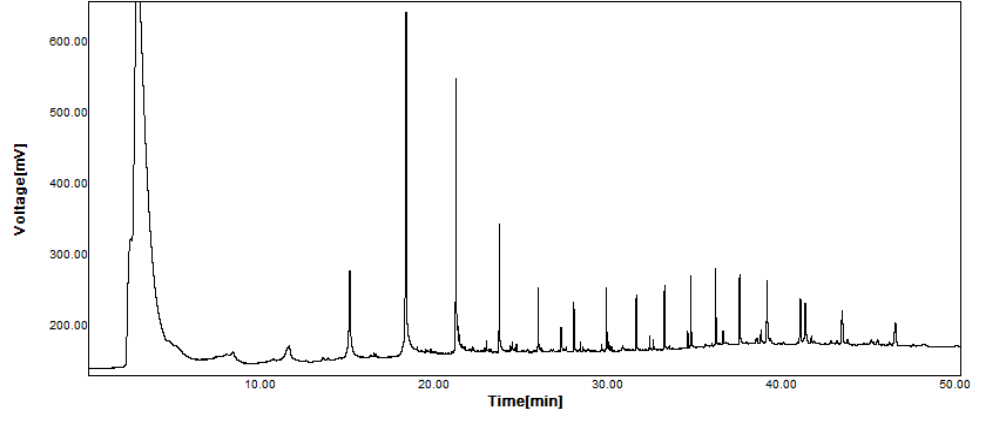
Ek 7 Karaburun istasyonuna ait kromatogramlar



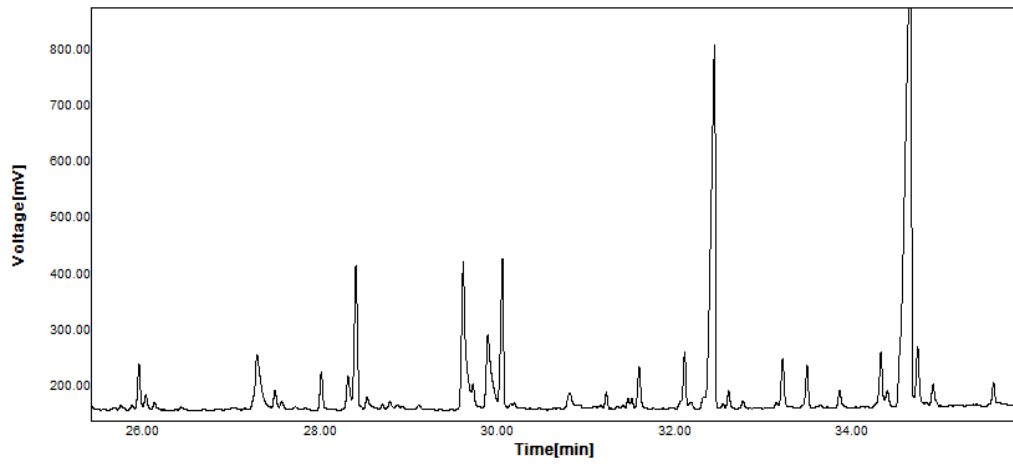
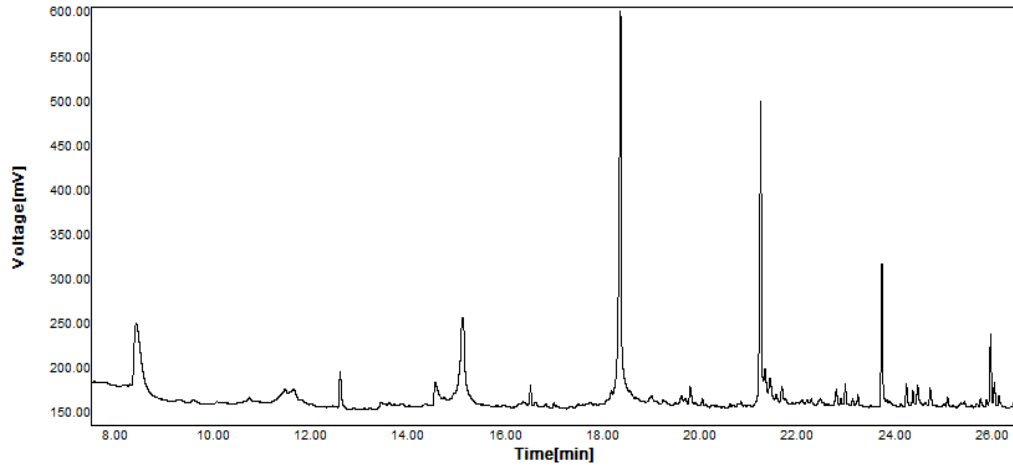
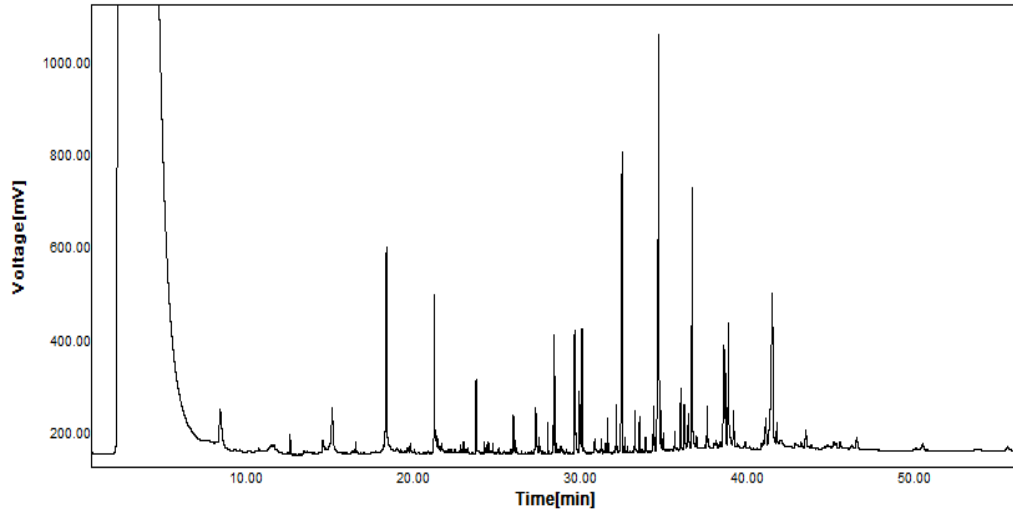
1	Naphthalene 	9	Benzo (a) anthracene 
2	Acenaphthylene 	10	Chrysene 
3	Acenaphtene 	11	Benzo (b) fluoranthene 
4	Fluorene 	12	Benzo (k) fluoranthene 
5	Phenanthrene 	13	Benzo (a) pyrene 
6	Anthracene 	14	Indeno (1,2,3-cd) pyrene 

7	Fluoranthene 	15	Dibenzo (a,b) anthracene 
8	Pyrene 	16	Benzo (ghi)perylene 

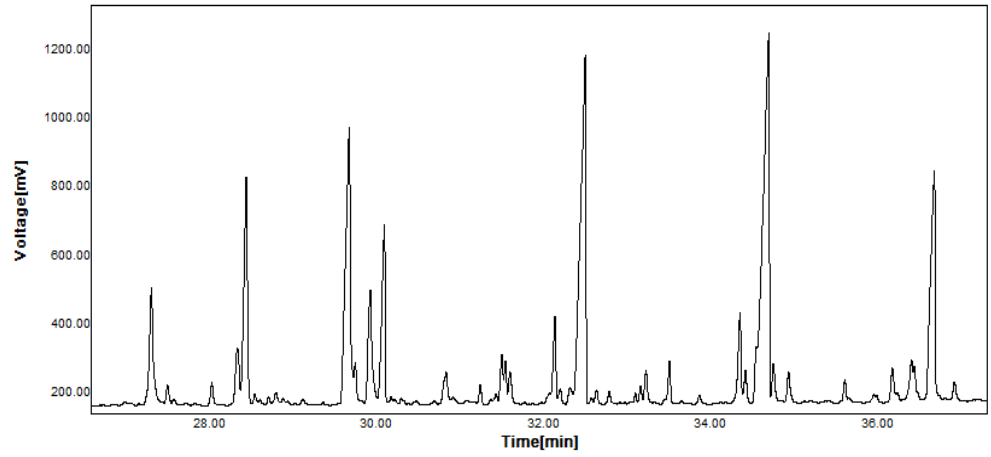
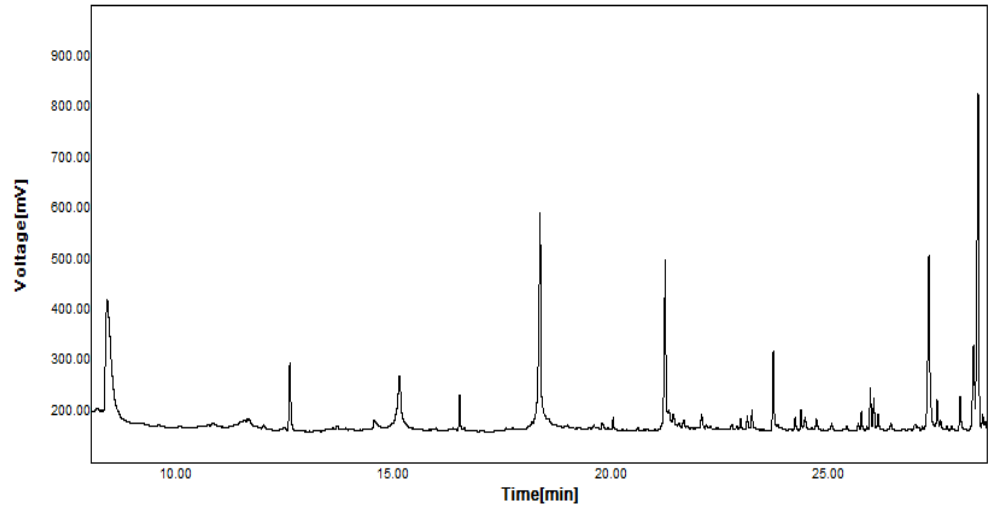
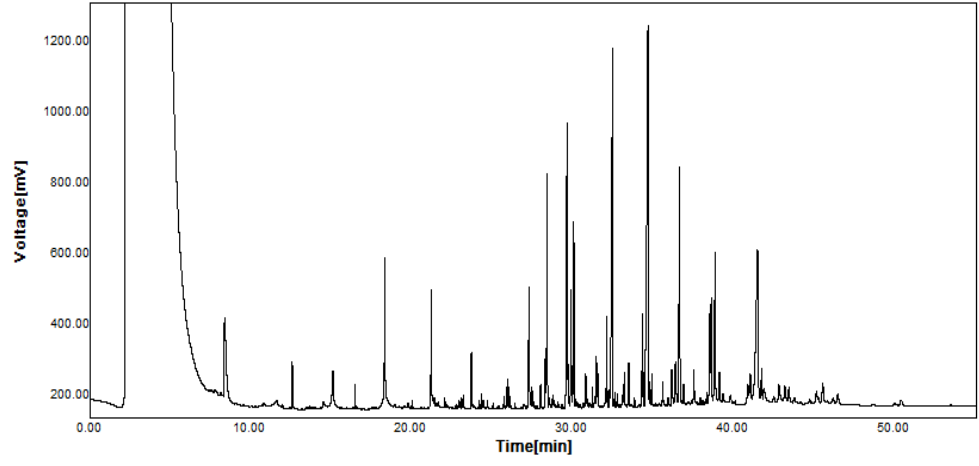
Ek.1. Kalibrasyon standardına ait kromatogram.



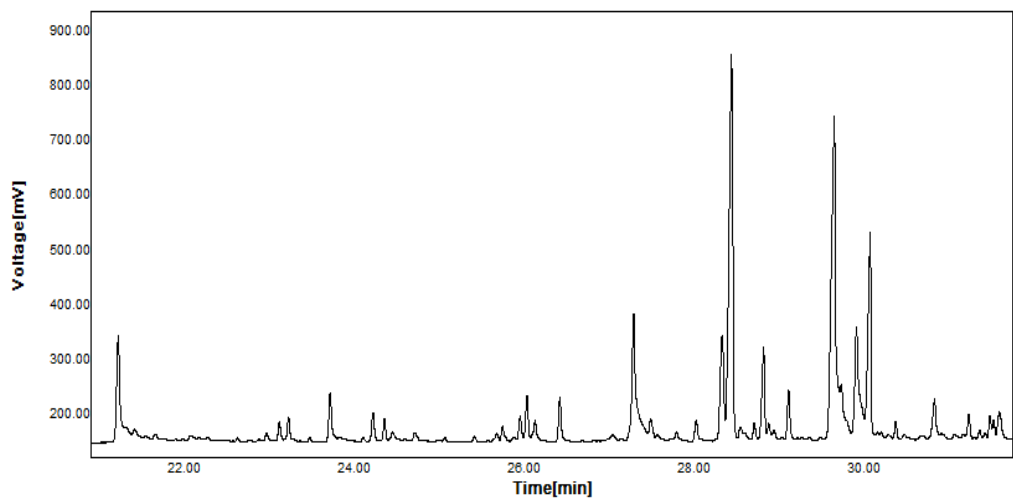
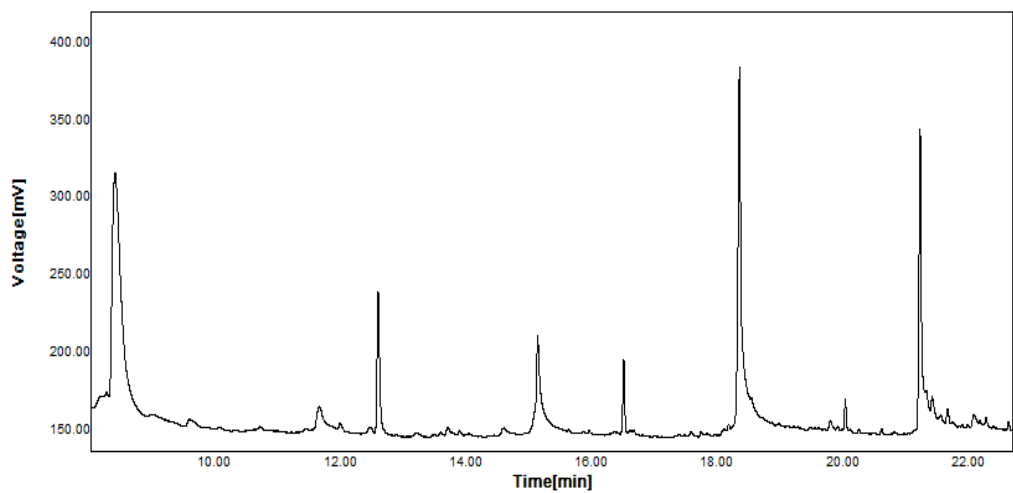
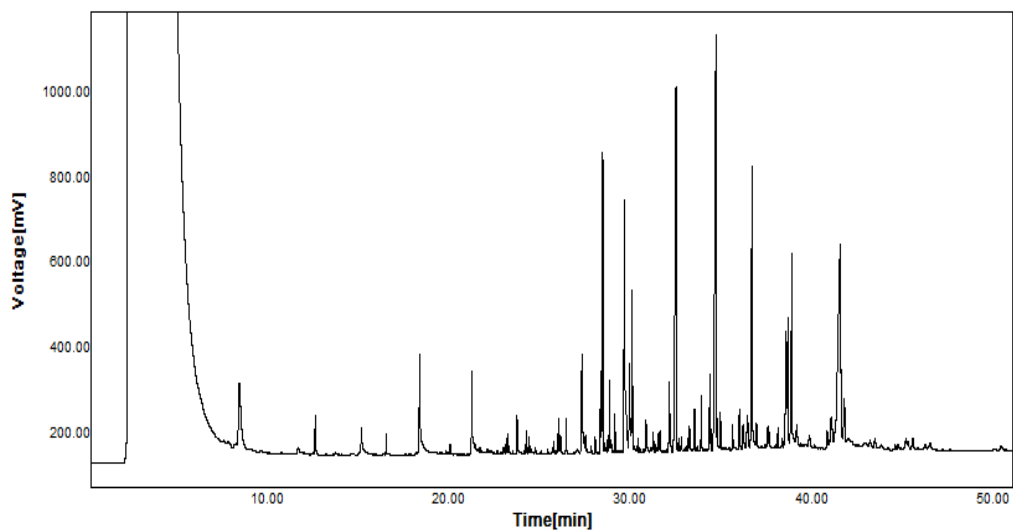
Ek.2. Aliğa 1. istasyona ait kromatogramlar



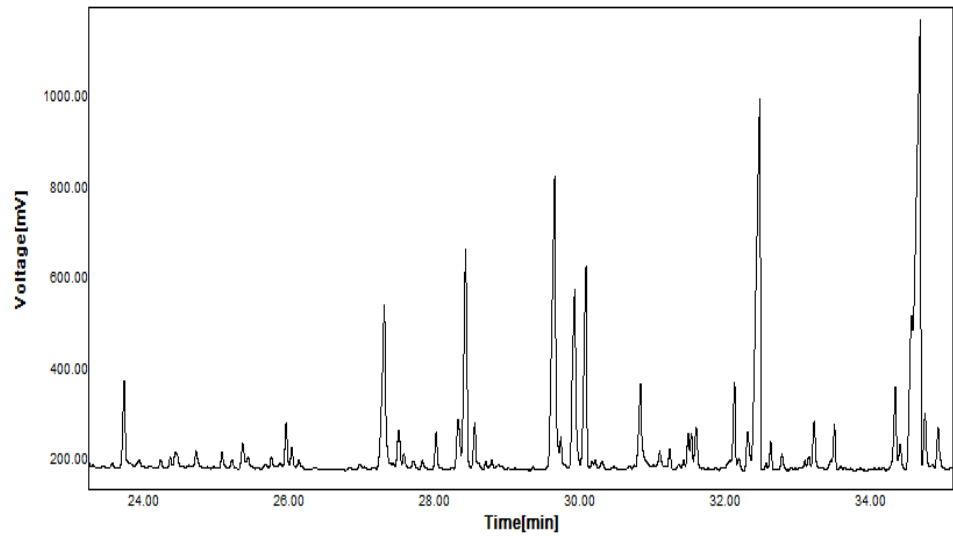
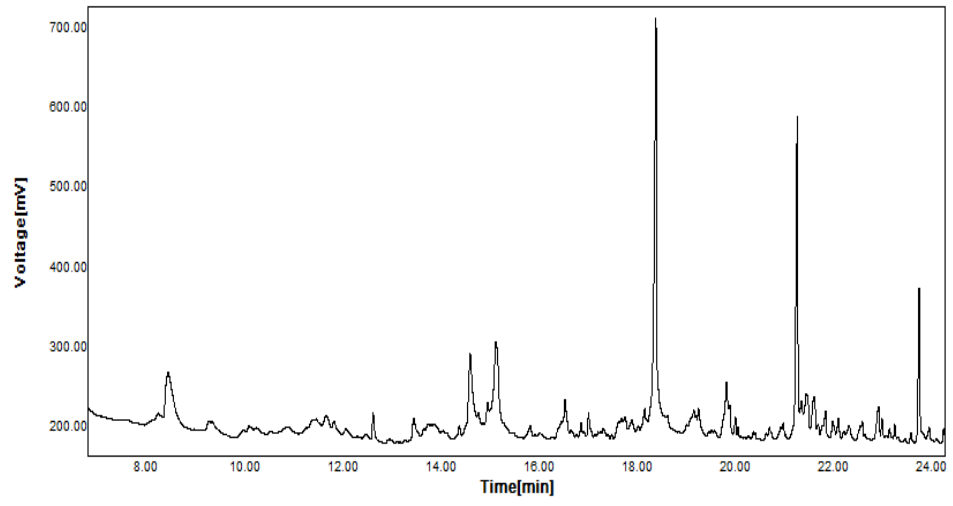
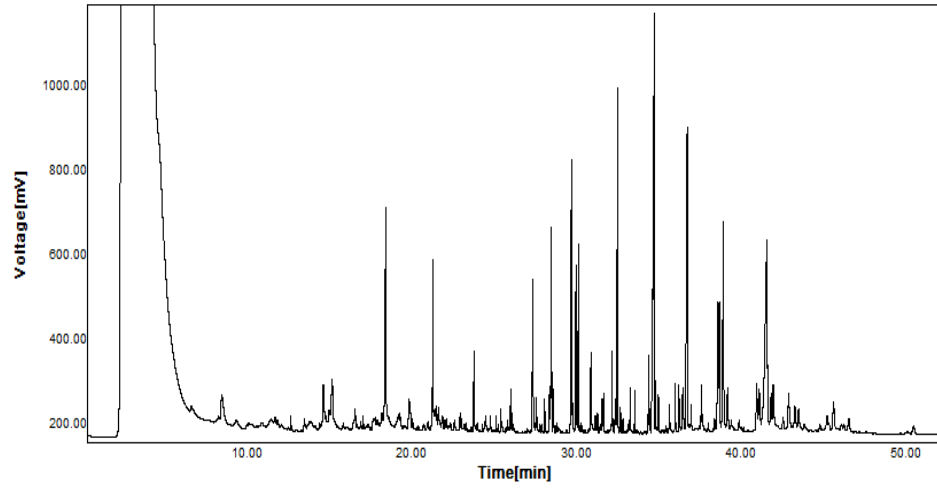
Ek.3. Aliğa 2. istasyona ait kromatogramlar



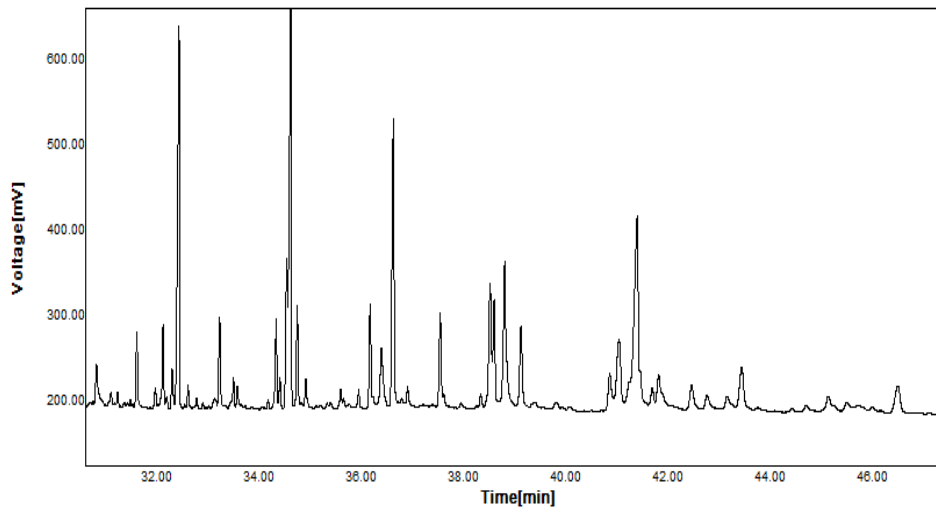
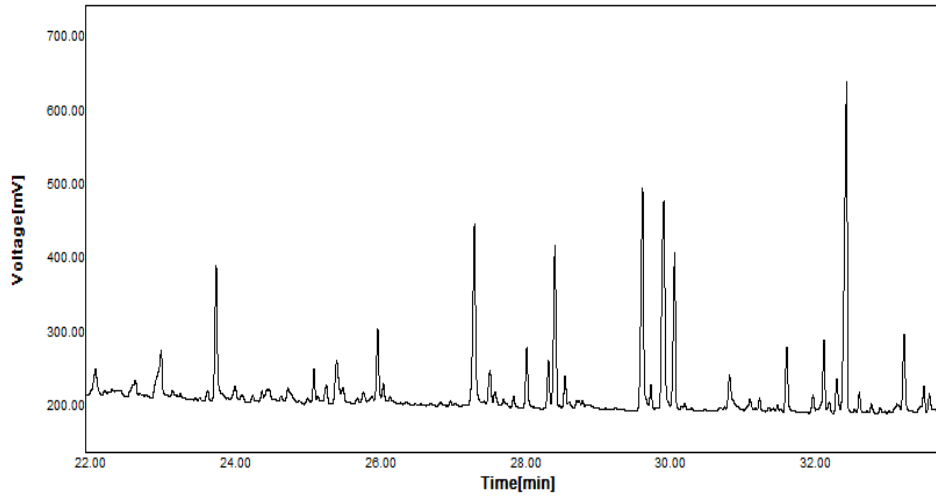
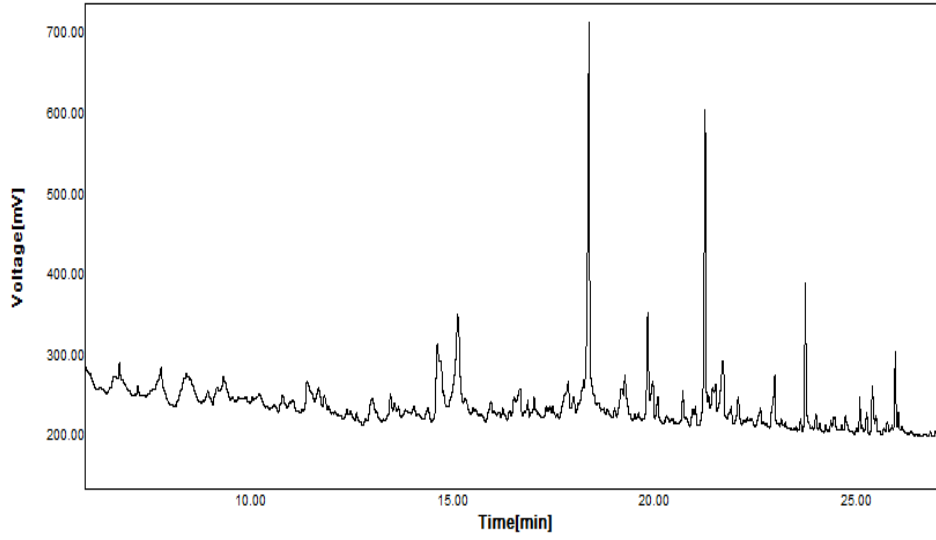
Ek. 4. Aliğa 3. istasyona ait kromatogramlar



Ek. 5. Aliğa 4. istasyona ait kromatogramlar



Ek.6. Aliğa 5. istasyona ait kromatogramlar



Ek.7. Karaburun istasyonuna ait kromatogramlar