

EV İÇİ ORTAMLARINDA PAH KİRLETİCİ DÜZEYİNİN TESPİTİ

INVESTIGATION OF PAH CONTAMINANT LEVEL IN INDOOR ENVIRONMENTS

BETÜL KURADA

PROF. DR. GÜLEN GÜLLÜ

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2015

EV İÇİ ORTAMLARINDA PAH KİRLETİCİ DÜZEYİNİN TESPİTİ

INVESTIGATION OF PAH CONTAMINANT LEVEL IN INDOOR ENVIRONMENTS

BETÜL KURADA

PROF. DR. GÜLEN GÜLLÜ

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2015

BETÜL KURADA'nın hazırladığı "Ev İçi Ortamlarında PAH Kirletici Düzeyinin Tespiti" adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI 'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. A. Cemal SAYDAM

Başkan



Prof. Dr. Gülen GÜLLÜ

Danışman



Doç. Dr. Emine Eftade GAGA

Üye



Doç. Dr. Halil Murat AYDIN

Üye



Yrd. Doç. Dr. Merih AYDINALP KÖKSAL

Üye



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Fatma SEVİN DÜZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ANNEM'E VE BABAM'A

ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

23/01/2015

BETÜL KURADA

ÖZET

EV İÇİ ORTAMLARINDA PAH KİRLETİCİ DÜZEYİNİN TESPİTİ

Betül KURADA

Yüksek Lisans, Çevre Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Gülen GÜLLÜ

Ocak 2015, 152 sayfa

Bu çalışmada Ankara ilinde ev tozlarında biriken kanserojen ve mutajen etkisi bulunan PAH bileşiklerinin düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında araştırmaya katılmaya gönüllü bebek bekleyen kişilerin evlerine örneklemelere gidilmiş, iki yaz bir kış dönemi sırasında yaklaşık 125 evden bebek odası ve salondan toz örneği toplanmış aynı zamanda, evlerde ev sahiplerine ait elektrik süpürgelerden detoz örneği alınmıştır. Tüm çalışma boyunca toplam 403 toz örneği ultrasonik ekstraksiyon yöntemi ile ekstrakte edildikten sonra, GC-MS cihazında okunarak her bir örnekteki PAH derişimleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar ile mevsimsel değerlendirme, dönemsel karşılaştırma çalışmaları yapılmıştır. Evlerin fiziksel özellikleri ile yaşam alışkanlıklarına göre gözlenen PAH düzeylerindeki değişim ANOVA testi ile ortaya konmuş, kaynak tanımlayıcı PAH oranları ve faktör analizi ile PAH'ların ev içi ve dışı kaynakları belirlenmiştir. Toksisite denklik faktörü hesaplanmış ve kanserojen PAH'ların derişimleri ile EPA tarafından belirlenen sınır değerler karşılaştırılmıştır. Tüm hesaplamalar ve analizler yüksek ve düşük molekül ağırlığına sahip PAH grupları, toplam PAH derişimleri ve kanserojen PAH grupları için yapılarak bu gruplar arasındaki ilişkiler de incelenmiştir.

En yüksek PAH derişimi Nap, en düşük ise DahA bileşğinde görölmüştür. Tüm sonuçlar incelendiğinde düşük molekül ağırlığına sahip PAH bileşiklerinin yüksek molekül ağırlığına sahip bileşiklerden daha fazla olduğu hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlarla kaynak tanımlayıcı PAH oranları hesaplanmış ve literatürde belirtilen değerlere göre çalışmamızdaki PAH kaynakları petrol ürünleri kullanımı, biyokütle ya da kömür yakımı, yemek pişirme ya da sigara kaynaklı olarak bulunmuştur. Veri setine uygulanan faktör analizi sonuçlarına göre yemek pişirme- doğalgaz kullanımı, yağ buharı-sigara ve asfalt tozu-trafik olmak üzere 3 ana PAH kaynağı tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: iç ortam PAH, ev tozu, faktör analizi, ANOVA, kaynak tanımlayıcı PAH oranları

ABSTRACT

INVESTIGATION OF PAH CONTAMINANT LEVEL IN INDOOR ENVIRONMENTS

Betül KURADA

MSc, Department of Environmental Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Gülen GÜLLÜ

January 2015, 152 pages

The objective of this study is to determine the levels of PAH compounds which accumulate in indoor dusts in homes located at Ankara province and which have carcinogen and mutagen impacts. Within the scope of the study, 125 houses of pregnant women who volunteered for the study were visited for sampling and dust samples were collected from nurseries and living rooms and also from vacuum cleaners in those houses during two summer and one winter period. During the entire study, 403 dust samples were read in GC-MS device after being extracted by ultrasonic extraction method and PAH concentrations were determined in each sample. Seasonal evaluation and periodical comparison studies were conducted with the obtained results. The change observed in the PAH levels due to the physical characteristics of houses and the lifestyle habits was presented with ANOVA test and domestic and non-domestic sources of PAH's were determined by means of source defining PAH rates and factor analysis. Toxicity equivalence factor was calculated and carcinogen PAH concentrations were compared to the limit values determined by EPA. All calculations and analyses were performed for PAH groups with high and low

molecular weight, total PAH concentrations and carcinogen PAH groups and interrelations among these groups were investigated.

The highest PAH concentration was observed in Nap compound and the lowest was observed in DahA compound. When all results were examined, it was calculated that PAH compounds with low molecular weight were more than compounds with high molecular weight. Source defining PAH rates were calculated with obtained results and sources of PAH in our study were found as use of petroleum products, burning biomass or coal, cooking or smoking. According to the results of the factor analysis applied to data set, three main PAH sources were identified as cooking-use of natural gas, oil vapour-smoking and asphalt powder-traffic.

Keywords: indoor PAH, house dust, factor analysis, ANOVA, diagnostic PAH ratios

TEŞEKKÜRLER

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam boyunca benden destek ve yardımlarını esirgemeyen, çalışmamda takıldığım her noktada sorunlarıma çözüm bulan sevgili hocam Prof. Dr. Gülen GÜLLÜ'ye,

Hem lisans hem yüksek lisans eğitimim boyunca ihtiyaç duyduğum her anda yardımlarını esirgemeyen sevgili hocam Doç. Dr. Eftade GAGA'ya,

Tanıştığımız günden bu yana süresince hayatımda her zaman çok önemli yer tutmuş ve tutacak olan manevi desteği dışında ve çok yorucu olan laboratuvar çalışmalarım da en çok zorlandığım anlarda hep yanımda olan dostum Yıldız Mine EVCİ'ye,

Tez çalışmam süresince ihtiyaç duyduğum her anda her konuda sıkılıp bunalmadan, aynı şeyleri defalarca sorduğum anlarda bile büyük bir sabırla bana destek ve yardımcı olan sevgili arkadaşım Akif ARI'ya,

Tez çalışmamın her aşamasında benden yardımlarını esirgemeyen sevgili arkadaşlarım Sanaz LAKESTANI ve Parisa BABAEI'ye,

İhtiyacım olan her zaman maddi ve manevi destekleri ile beni rahatlatan arkadaşım Dr. Devrim BAĞLA'ya,

Laboratuvar çalışmalarını birlikte yürüttüğümüz sevgili arkadaşım Gamze YAĞCI'ya,

Projenin saha çalışmalarında örneklerin toplanmasında yardımcı olan sevgili arkadaşım Elham AGLAHARA ve Bilge KARAKAŞ' a,

Tüm hayatım boyunca her günümde benden yardım ve desteklerini esirgemeyen, en zorda olduğum zamanlarda hep benim yanımda olan ağabeyim Ömer KURADA, ablam Filiz KURADA ÖZEN veeşi Hüseyin Enis ÖZEN, ve özellikle bu tez çalışmamın zorluğunu ve sıkıntılarını her anlamda benimle birlikte yaşamış ve benimle paylaşmış olan annem Yüksel KURADA, babam Sadık KURADA' ya,

En içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜRLER	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ÇİZELGELER.....	viii
ŞEKİLLER.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
2. İÇ ORTAM HAVA KİRLLETİCİLERİ.....	4
2.1. KARBON MONOKSİT	4
2.2. PARTİKÜL MADDE	5
2.3. KÜKÜRT DİOKSİT	6
2.4. AZOT OKSİTLER.....	6
2.5. KARBON DİOKSİT	7
2.6. UÇUCU ORGANİK BİLEŞİKLER (VOC).....	7
2.7. FORMALDEHİT	8
2.8. ÇOK HALKALI AROMATİK HİDROKARBONLAR (PAH'LAR).....	8
2.8.1. PAH'ların Oluşumu, Fizikokimyasal Özellikleri ve Kaynakları.....	9
2.8.2. PAH Bileşiklerinin Hava, Su ve Topraktaki Döngüsü.....	12
2.8.3. PAH' lara Maruziyet	13
2.8.3.1. Solunum Yoluyla Maruziyet	13
2.8.3.2. Deri Yoluyla Maruziyet	13
2.8.4. PAH'ların Sağlık Etkileri	14
3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	15
3.1. TOPRAK VE SEDİMAN ÖRNEKLERİNDEKİ ÜZERİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	15
3.2. YAĞMUR VE KAR ÖRNEKLERİ ÜZERİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR	16
3.3. GIDALAR ÜZERİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR	17
3.4. ATMOSFERİK GAZ VE PARTİKÜL FAZ ÜZERİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR .	18

3.5. İÇ ORTAM VE EV TOZUNDA YAPILAN ÇALIŞMALAR	18
4. MATERYAL VE METOT.....	21
4.1. ÖRNEKLEME YAPILACAK EVLERİN BELİRLENMESİ VE ÖRNEKLERİN TOPLANMASI	21
4.2. ÖRNEKLEME DÖNEMLERİNDEKİ METEOROLOJİK KOŞULLAR.....	22
4.3. KULLANILAN KİMYASALLAR VE MATERYALLER.....	26
4.4. ÖRNEKLERİN HAZIRLANMASI.....	26
4.5. ÖRNEKLERİN EKSTRAKSİYONU VE ÖNZENGİNLEŞTİRİLMESİ	26
4.6. TEMİZLEME (CLEAN-UP)	27
4.6.1. Kolonda Yer alacak Kimyasalların Hazırlanması	27
4.6.2. Clean-up Kolonunun Hazırlanması	27
4.6.3. Temizleme (Clean up) ve son zenginleştirme	27
4.7. GC-MS PARAMETRELERİNİN DÜZENLENMESİ	31
4.8. TOKSİSİTE DENKLİK FAKTÖRÜNÜN HESAPLANMASI (TEF).....	34
4.9. ÇALIŞMADAKİ VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE KULLANILAN İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER.....	35
4.10. EV KOŞULLARI.....	35
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR.....	37
5.1. PAH DERİŞİMLERİ.....	37
5.1.1. I.Dönem PAH Verilerinin Değerlendirmesi.....	49
5.1.2. II. Dönem PAH Verilerinin Değerlendirmesi	59
5.1.3. III. Dönem PAH Verilerinin Değerlendirmesi	64
5.2. VERİLERİN MEVSİMSEL DEĞERLENDİRMESİ	69
5.3. DÖNEMLERİN BİRBİRİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI	71
5.4. KÜMÜLATİF VE ANLIK PAH DERİŞİMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI.....	73
5.5. KAYNAK TANIMLAYICI PAH ORANLARI	77
5.6. FAKTÖR ANALİZİ.....	78
5.7. EV KOŞULLARI İLE ANALİZ SONUÇLARININ İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRMESİ	82
5.8. TOKSİSİTE DENKLİK FAKTÖRÜNÜN HESAPLANMASI (TEF).....	114
5.9. SONUÇLARIN LİMİT DEĞERLER İLE KARŞILAŞTIRILMASI	115
5.10. SONUÇLARIN LİTERATÜR İLE KARŞILAŞTIRILMASI	117
6. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER	120
7. KAYNAKLAR	125
ÖZGEÇMİŞ	134

ÇİZELGELER

Sayfa

Çizelge 1.Polisiklik aromatik hidrokarbonların fiziksel ve kimyasal özellikleri	11
Çizelge 2.Örnekleme dönemleri için 17130 nolu meteoroloji istasyonunun ait meteorolojik parametrisine ait ortalama değerler.....	24
Çizelge 3.Kullanılan surrogate ve standart solüsyonlar.....	26
Çizelge 4.GC-MS kalibrasyon parametreleri	32
Çizelge 5.GC-MS operasyon parametreleri.....	33
Çizelge 6.SIM pencereleri parametreleri.....	33
Çizelge 7.Geri kazanım hesaplamalarında kullanılan vekil bileşikler	34
Çizelge 8. Ev koşulları anket verileri ve evlerdeki yüzdeleri.....	36
Çizelge 9. Tüm dönemler analiz sonuçları (ng/g)	39
Çizelge 10.Üç dönem örneklerine ait tüm veriler (ng/g).....	47
Çizelge 11.I. Dönem süpürge analiz sonuçları (ng/g)	49
Çizelge 12.I. Dönem bebek odası analiz sonuçları (ng/g).....	52
Çizelge 13.I. Dönem salon analiz sonuçları (ng/g)	56
Çizelge 14.II. dönem bebek odası analiz sonuçları (ng/g)	59
Çizelge 15.II. dönem süpürge örnekleri analiz sonuçları (ng/g)	61
Çizelge 16.III. dönem bebek odası analiz sonuçları (ng/g)	64
Çizelge 17.III. dönem süpürge örnekleri analiz sonuçları (ng/g).....	66
Çizelge 18.Mevsimsel ortalama, standart sapma, maksimum, minimum ve medyan değerleri (ng/g)	69
Çizelge 19. Kümülatif ve anlık Toplam PAH derişimlerine ait veriler.....	73
Çizelge 20.Aynı örneklere sahip evlere ait ortalama, standart sapma, medyan, minimum, maksimum ve Toplam PAH değerleri	75
Çizelge 21.Kaynak tanımlayıcı PAH oranları	78
Çizelge 22.Faktör analizinde elenen evler, özellikleri ve hesaplanan derişimler (ng/g)	79
Çizelge 23. Faktör analizinde yüksek faktör skora sahip evler, özellikleri ve hesaplanan derişimler (ng/g)	80
Çizelge 24.PAH örneklerinde uygulanan faktör analizi sonuçları	81
Çizelge 25. Ev koşulları ile analiz sonuçları ilişkisi.....	83
Çizelge 29. Toksisite denklik faktörü değerleri	114
Çizelge 30.Sınır değerler (ng/g) ve sınırı aşan örnek sayısı (%)	116
Çizelge 31.Literatürde yapılmış çalışmalar ile bu çalışmaya ait ortalama PAH derişimleri (ng/g)	118

ŞEKİLLER

Sayfa

Şekil 1. USEPA'nın Öncelikli Kirleticiler Listesindeki 17 PAH Bileşiğinin Molekül Yapıları	9
Şekil 2. Örneklerin alındığı ilçeler	22
Şekil 3. I. örnekleme dönemine ait rüzgar hızı ve yönünü gösterir rüzgar gülü grafiği	24
Şekil 4. II. örnekleme dönemine ait rüzgar hızı ve yönünü gösterir rüzgar gülü grafiği	25
Şekil 5. III. örnekleme dönemine ait rüzgar hızı ve yönünü gösterir rüzgar gülü grafiği ...	25
Şekil 6. Clean-up kolonu	28
Şekil 7. Azotla son zenginleştirme	28
Şekil 8. Örneklerin clean-up için hazırlanması	29
Şekil 9. Örneklerin analiz aşaması	30
Şekil 10. % Geri kazanım oranları	34
Şekil 11. Tüm sonuçlar toplam PAH derişimleri	40
Şekil 12. I. Dönem süpürge örnekleri PAH Dağılımı	51
Şekil 13. I. Dönem Bebek odası PAH Dağılımı	53
Şekil 14. I. Dönem bebek odası ve süpürge örnekleri karşılaştırma	55
Şekil 15. I. Dönem Salon PAH Dağılımı	57
Şekil 16. I. Dönem örneklerinin PAH Bileşikleri Ortalama Değişimi	58
Şekil 17. II. Dönem bebek odası PAH konsantrasyonları	60
Şekil 18. II. Dönem süpürge örnekleri PAH konsantrasyonları	62
Şekil 19. II. Dönem örneklerinin PAH Bileşikleri Ortalama Değişimi	63
Şekil 20. III. Dönem bebek odası PAH konsantrasyonları	65
Şekil 21. III. Dönem süpürge örnekleri PAH konsantrasyonları	67
Şekil 22. III. Dönem örneklerinin PAH Bileşikleri Ortalama Değişimi	68
Şekil 23. Mevsimsel bebek odası PAH dağılımı	70
Şekil 24. Mevsimsel süpürge örnekleri PAH dağılımı	70
Şekil 25. Bebek odası ortalama PAH dönemler karşılaştırma	71
Şekil 26. Süpürge ortalama PAH dönemler karşılaştırma	71
Şekil 27. Bebek odası ortalama cPAH dönemler karşılaştırma	71
Şekil 28. Süpürge ortalama cPAH dönemler karşılaştırma	71
Şekil 29. Bebek odası ortalama HMW PAH dönemler karşılaştırma	72
Şekil 30. Süpürge ortalama HMW PAH dönemler karşılaştırma	72
Şekil 31. Bebek odası ortalama LMW PAH dönemler karşılaştırma	73
Şekil 32. Süpürge ortalama LMW PAH dönemler karşılaştırma	73
Şekil 33. Ortalama PAH Derişimleri Anlık-Kümülatif Değişimi	74
Şekil 34. Aynı evlere ait Toplam PAH grafiği	76
Şekil 35. Aynı evlere ait Toplam PAH, HMW, LMW ve cPAH karşılaştırmaları	77
Şekil 36. Evde yaşayan kişi sayısı ile ilişkili değişkenlere ait Box-Whisker Grafikleri [≤ 3 kişi (1); > 3 (2)]	88
Şekil 37. Ana caddenin yakınlığı ile ilişkili değişkenlere ait Box-Whisker grafikleri [Var (1); Yok (2)]	91
Şekil 38. Evin katı ile ilişkili değişkene ait Box-Whisker grafiği [1 $>$ (1); 1-4 (2); > 5 (3)]	92

Şekil 39.Mutfak yakıt türü ile ilişkili değişkenlere ait Box-Whisker grafikleri [Doğalgaz (1); Elektrik (2); Odun-kömür (3); LPG (4)]	97
Şekil 40.Konut ısıtma türü ile ilişkili değişkenlere ait Box-Whisker grafikleri [Merkezi Sistem (1); Kat kaloriferi (2); Soba (kömür ya da odun) (3)]	99
Şekil 41.Evde sigara içilme durumu ile ilişkili değişkenlere ait Box-Whisker grafikleri[İçilmiyor (1); İçiliyor (2)].....	101
Şekil 42.Sigara içen kişi sayısı ile ilişkili değişkenlere ait Box-Whisker grafikleri[0 (1); 1(2); 2(3)]	104
Şekil 43.Örnekleme sırasındaki pencerenin durumu ile ilişkili değişkenlere ait Box-Whisker grafikleri[Açık (1); Kapalı (2)]	107
Şekil 44.Temizlik yapılma sıklığı ile ilişkili değişkenlere ait Box-Whisker grafikleri[Her gün(1); İki günde bir(2); Haftada birkaç kez (3); Her hafta(4)]	110
Şekil 45.Naftalin kullanımı ile ilişkili değişkenlere ait Box-Whisker grafikleri [Kullanılmıyor (1); Sandıkta(2); Lavaboda(3)]	113
Şekil 46. Toplam Naftalin limit değerleri aşan miktar	115
Şekil 47.Literatür karşılaştırma (Ortalama PAH).....	119

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Σ :Toplam

ng: nanogram

g:gram

Kısaltmalar

Nap: Naftalin (Naphthalene)

Acy: Asenaftelen (Acenaphthylene)

Ace: Asenaften (Acenaphthene)

Flu: Floren (Flourene)

Phe: Fenantren (Phenanthrene)

Ant: Antrasen (Anthracene)

Flt: Floranten (Fluoranthene)

Pyr: Piren (Pyrene)

BaA: Benzo[a]antrasen (Benzo(a)anthracene)

Chr: Krisen (Chrysene)

BbF: Benzo[b]floranten (Benzo(b)fluoranthene)

BkF: Benzo[k]floranten (Benzo(k)fluoranthene)

BaP: Benzo[a]piren (Benzo(a)pyrene)

Ind: İndeno[1,2,3-cd]piren (Indeno(1,2,3-c,d)pyrene)

DahA: Dibenzo[a,h]antrasen (Dibenzo(a,h)anthracene)

BgP: Benzo[g,h,i]perilen (Benzo(g,h,i)perylene)

cPAH: BaA, BbF, BkF, BaP, Chr, DahA ve Ind

1. GİRİŞ

İnsanlık tarihinin başlangıcı dünyanın tropik ya da tropik olmayan bölgeleri olabilir. Soğuk iklimler kıyafet, ev ya da ateşin kullanımının icat edilmesinin sebebi olabilir [1]. Kapalı alanlarda yaşamak sadece ortam sıcaklığının korunmasına yaramamış, bunun kötü etkisi olarak temiz havanın hareketini de engellemiştir. Kirlilik, kirlilik kaynağından uzaklaştıkça seyrelmektedir. Kapalı bir ortamda hava insan, inşa malzemeleri, iç ortam aktiviteleri gibi sebepler yüzünden dış ortama göre her zaman daha kirlidir. Bu sebeple ortamın havalandırılması temiz hava ve iç ortam hava kalitesi açısından oldukça önemlidir.

19. yy ortalarından itibaren tifo ve kolera gibi hastalıklarla başa çıkma çalışmaları kapsamına yapılmaya başlanılmış olan içme suyu arıtımı ve atık su arıtımı gibi modern hijyen atılımı ile birlikte iç ortam kalitesine daha da dikkat edilmeye başlanılmıştır.

Çevresel çalışmalar özellikle 1960'lı yıllarda iç ortam hava kalitesine odaklanmaya başlamıştır. 1962 yılında yayınlanmış olan Rachel Carson'a ait "Sessiz Bahar" isimli kitapla birlikte çevre terimine bakış açısı tüm çevrelerden doğaya dönmüştür. Bu zamanlarda endüstri kaynaklı sağlık problemleri, endüstriyel olmayan iç ortam havasına kaymaya başlamıştır. "Çevre" terimi bir anda ortam havası ve endüstriyel çevre ile eş anlamlı hale gelmiştir. Endüstriyel olmayan iç ortam hava kalitesi çevresel problemler arasında yer almamasına rağmen 1960'lı yılların sonundaki radon, 1970'li yılların başlarında formaldehit, 1970'li yılların sonlarına doğru ev tozu akarları ve hasta bina sendromu ve oluşan alerjiler sebebiyle iç ortam hava çalışmalarına bilimsel alanda başlanmıştır.

Günümüzde iç ortam hava kalitesinin insan sağlığı açısından çok önemli olduğuna dair çok kanıt vardır. İç ortam havasında maruz kalınan kirleticiler dünyanın hangi bölgesinde yaşandığına göre çeşitlilik göstermektedir. Gelişmekte olan ülkelerde günümüzdeki durum gelişmiş olan ülkelerin geçmiş yıllarındaki gibi havalandırılmamış, odun, kömür yakılan ve çok çeşitli sağlık etkileri olan oldukça kirli bir iç ortamdır. Gelişmekte olan ülkelerde özellikle yemek pişirme aktiviteleri sırasında ortaya çıkan kirli hava sebebiyle çoğunluğu kadın ve çocuk olan yılda 2 milyondan fazla insanın ölümüne sebep olmaktadır[2].Gelişmiş ülkelerde yapılar, baca sistemleri yer alan yemek pişirme

ekipmanları, merkezi ısıtma, yeni mobilyalar, düşük havalandırma ve yüksek oranda alerji ve hasta bina sendromuna sahiptir[3].

İç ortam hava kalitesi bu kadar önemli iken iç ortamda kirleticiler solunum, deri teması, yutma gibi çeşitli yollardan insanları etkilemektedir. Özellikle kadın ve çocukların zamanlarının büyük kısmını iç ortamda ortama kirletici yayabilecek yemek pişirmek gibi ev içi aktiviteler yaparak geçirmeleri sebebiyle en hassas gruplar arasında yer almaktadırlar. Çocukların sürekli yerde oynamaları, yerden buldukları oyuncak benzeri maddeleri ağızlarına almaları, vücut büyüklüklerinin küçük olması, yetişkin bir insana göre solunum sayılarının daha yüksek olması gibi sebeplerle de hem iç ortam havası hem de yerde biriken tozdan etkilenme ihtimalleri de daha yüksektir.

Ev tozlarında bulunan önemli kirleticilerden biri de kanserojen bir bileşik olan polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH)'lardır. Petrol ve petrol türevleri olan PAH'lar, fosil yakıtlarının tamamen yanmaması sonucu çevreye atılan, yaygın organik kirleticilerdir. PAH'ların çoğu çevrede uzun süre kalmaları ve birikimleri sonucu, çevre kirlenmesine sebep olurlar ve biyolojik dengeyi önemli ölçüde etkilerler.

Ev içinde PAH'lar genellikle sigara dumanından, odun ya da kömür kullanımı ile özellikle ızgara gibi yüksek ısıda yemek pişirme sırasında açığa çıkar[4]. İnsanların PAH'lara maruziyeti birincil olarak genellikle sigara dumanı, odun ya da kömür kullanımı, trafik kaynaklı, yiyecekler, kirli hava, su ve toprak ile olmaktadır.

Yapılan çalışmalarda PAH'ların canlı sağlığı için bazı koşullarda çok zararlı olabildiği özellikle benz[a]anthracene, benzo[a]pyrene, benzo[b]fluoranthene, benzo[j]fluoranthene, benzo[k]fluoranthene, chrysene, dibenz[a,h]anthracene, and indeno [1,2,3-c,d]pireni de içeren bir çok PAH çeşidinin laboratuvar hayvanlarında solunum, beslenme ve dokunma yoluyla etkileşimde tümöre sebep olduğu açıklanmıştır[5].

Bu çalışma "Prenatal Dönemden Başlayarak 2 Yaşına Gelineye Kadar Çocukların Evlerindeki İç Ortam Kirleticilerinin ve Bu Kirleticilerle Alt Solunum Yolu Enfeksiyonları ve Alerjik Yakınmalar Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi" isimli, 110Y082 nolu TÜBİTAK Destekli Proje kapsamında hazırlanmıştır.

Yürütülen projenin konusu genel olarak, 0-2 yaş çocukların zamanlarının büyük bölümünü geçirdikleri ev ortamında çeşitli iç ortam hava kirleticilerinin ölçümü, yaşanan ortamın fiziksel özellikleri ile ailenin bazı sosyo-demografik özelliklerinin belirlenmesi, iç

ortam hava kalitesi ile yasam alışkanlıkları ve 0-2 yas dönemi çocuklarda alt solunum yolu enfeksiyonları, alerji gelişimi ile ilişkisinin belirlenmesidir.

Bu kapsamda yapılan çalışmalar, Ankara İli'nde oturan, araştırma için gönüllü olan ve hamileliğinin son 3 aylık döneminde bulunan kadınların evlerinde bebek dogmadan(-3, 0),bebek 3-6, 11-13 ve 28-31 aylık olduğunda alt solunum yolu enfeksiyonu ve alerji ile ilişkili iç ortam hava kirleticilerinin ölçümü, yasam alışkanlıkları ve bazı sosyo-demografik özelliklerin tespiti için anket çalışmaları ve bebeklerin 2 yasına gelinceye kadar ki dönemlerinde hastalıklarının takibi ve tanı için doktor muayenelerini içermektedir. Projede ölçülecek olan değişkenlerden iç ortam tozunda hesaplanacak olan PAH'lar bu tez kapsamında değerlendirilmiştir.

Bu çalışma kapsamında projeye katılmaya gönüllü evlere örneklemelere gidilmiş, mümkün olduğunca her evden bebek odaları ve evlerde bulunan ev sahiplerine ait süpürgelerden örnekler toplanmış. Gerekli analiz ve hesaplamalar yapılarak ev tozunda PAH Tespiti yapılmıştır. Örnekler ultrasonik ekstraksiyon yöntemi ile ekstrakte edilmiş, GC-MS cihazında okunarak örneklerdeki PAH derişimleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar ile mevsimsel değerlendirme, dönemsel karşılaştırma çalışmaları yapılmıştır. Kaynak tanımlayıcı PAH oranları ve faktör analizi ile PAH'ların kaynakları belirlenmiştir. Toksisite denklik faktörü hesaplanmış ve kanserojen PAH'ların derişimleri ile EPA tarafından belirlenen sınır değerler karşılaştırılmıştır. Ev koşulları ile analiz sonuçları arasında ANOVA testi ile istatistiksel analiz yapılmış ve PAH derişimleri ile ev koşulları arasındaki ilişki tespit edilmiştir. Limit değerler ve literatürde daha önce yapılmış çalışmalarla kıyaslamalar yapılmıştır.

Bu çalışma iç ortam ev tozlarında PAH derişimlerinin belirlenmesi konusunda Türkiye'de bir ilk olması sebebiyle büyük önem arz etmektedir. Dünyada da bu konuda çok fazla çalışma olmayıp, bu tez kapsamında elde edilen sonuçların literatürde önemli bir yere sahip olması beklenmektedir. Ayrıca evde bulunan kirleticilerin ev tozlarında çökeliş birikmesi, ortam hava kalitesinin uzun süreli durumunu göstermesi, örnekleme pratik ve kolay bir şekilde yapılabilmesi gibi nedenlerle ev tozu örneklerinin kullanımının uygunluğu, bu çalışmada PAH kirleticileri için ortaya konmaya çalışılmıştır.

2. İÇ ORTAM HAVA KİRLETİCİLERİ

Konutlar endüstriyel olmayan işyerleri ve resmi binaların (okul, hastane vb) içindeki hava “iç ortam havası” olarak ifade edilmektedir. Çoğunlukla, iç ortamların havası açık ortamlara göre daha kirli olabilmektedir [6]. İç ortamların hava kalitesini binaların yapısı, üretim ya da yaşam alışkanlıkları gibi etkenler etkileyebilmektedir.

İç ortamlarda insan sağlığını olumsuz etkileyebilen karbon dioksit (CO_2), karbon monoksit, kükürt dioksit, nitrojen oksitler, formaldehit, sigara dumanı, radon, asbest, kurşun, uçucu organik bileşikler, çeşitli mikroorganizma ve alerjenler gibi etkenlerin görülmesi “iç ortam hava kirliliği” olarak tanımlanmaktadır [7].

2.1. KARBON MONOKSİT

Karbon monoksit renksiz, kokusuz ve tatsız bir gazdır. Hem iç ortam ve dış ortamda bulunur. Karbon monoksit hem insan hem de doğal kaynaklıdır. Tam yanmamış yakıtlardan açığa çıkmaktadır. En önemli kaynağı trafiktir. İç ortamda ise fırın ve sobalar en önemli kaynaklarındandır. İnsanlar çeşitli yollarla karbon monoksite maruz kalırlar. Bunlardan en önemlileri trafik, sigara içilmesi ya da pasif içicilik, soba yanmasıdır[8].

Yoğun miktarda solunması öldürücü olmaktadır. Kısa süreli maruz kalınma durumunda ise kalıcı olarak kalp ve beyin etkilemektedir. Karbon monoksit kalp ya da akciğer hastalarına çok zararlıdır[8].

Yüksek miktarda solunumu düşük riskine yol açmaktadır. Hamilelik boyunca düşük miktarda solunması ise çocukta zihinsel bozukluğa yol açabilmektedir. Hamilelik boyunca içilen sigara ya da solunan sigara dumanı ile karbon monoksit plasentaya geçebilir ve fetusteki birikim anneninkinden daha yüksek olmaktadır[8].

Çocuklar, daha fazla sıvı tüketir, daha fazla yemek yer, daha fazla nefes alır ve vücut hacimlerine göre daha geniş bir yüzey alanına sahiptirler. Bu nedenle çocuklar küçük yetişkinler olmadıkları için yetişkinlere göre kirleticilere daha fazla maruz kalırlar [9]

İç ortamda yüksek derişimlere ulaşabilen karbon monoksitin derişimini azaltmak için; ısınma sırasında ortamın iyi havalandırılması, yakıtla çalışan jeneratörlerin iç ortamda kullanılmaması, garajda araçların uzun süre çalıştırılmaması gerekmektedir. Ayrıca sigara içmeyerek ve pasif içicilikten uzak durularak da karbon monoksitten kaçınılabılır[8].

2.2. PARTİKÜL MADDE

Hava kaynaklı partiküler madde (PM), inorganik ve organik maddelerin kompleks karışımlarını temsil eder. Kütle ve bileşimi yönünden; aerodinamik çapı 2.5 µm den büyük kaba partiküller, aerodinamik çapı 2.5 µm den küçük ince partiküller olarak iki gruba ayrılır.

Küçük partiküller; ikincil olarak oluşan aerosoller (gaz-partikül dönüşümü), yanma sonucunda oluşan partikülleri, yoğunlaşan organik ve metal buharlarını içerir. Büyük partiküller; genelde yer kabuğu materyalleri yol ve endüstrilerden oluşan kaçak tozları içerir. Partiküler maddenin asit komponenti ve onun mutajenik aktivitelerinin çoğu genel olarak ince fraksiyonda bulunur. Asılı partiküler madde çeşitli doğal ve yapay kaynaklardan ortama verilen katı ve sıvılar için kullanılan bir terimdir. Solunabilir partiküler madde değişik kaynaklardan oluşmaktadır. Volkan patlamaları, fırtınalar, orman yangınları gibi doğal kaynaklardan oluşana göre, elektrik santralleri, endüstriyel prosesler, yakıtların yanması gibi yapay kaynaklardan oluşan partiküller, solunabilirlik açısından daha fazla önem gösterirler. Yapısının karmaşıklığı ve maruziyet tayinindeki partikül boyutunun önemi gibi bazı nedenlere bağlı olarak, partiküler maddenin tanımlanması bir kaç şekilde yapılmaktadır. Bu tanımlamalar; örnekleme yöntemine göre (asılı partiküler madde, toplam asılı partiküler madde, siyah duman), solunum sistemindeki birikime göre (larenks altında biriken partiküller, thoracic partiküller), gerek fizyolojik gerekse örnekleme yöntemine göre (10 µm aerodinamik çaplı komponentler için PM10) şeklinde yapılmaktadır.

PM10 ve PM2,5 doğal kaynaklar ve bazı insan aktiviteleri sonucu direkt olarak atmosfere verildikleri gibi, atmosferdeki bazı kirleticilerin birbirleriyle olan etkileşimleri sonucu, indirekt olarak da oluşabilmektedir. Potansiyel antropojenik PM kaynaklar arasında kömürle çalışan termik santraller, çeşitli endüstriler ve motorlu taşıt emisyonları ilk sıralarda yer almaktadırlar[10].

Partiküllerin büyüklüğü, kirletici kaynaklarının belirlenmesi, sağlık etkilerinin, iklim üzerindeki etkilerinin, atmosferdeki kalış sürelerinin ve atmosferden süpürülme mekanizmalarının anlaşılması yönünden çok önemlidir. Volkanik aktiviteler, yangınlar, rüzgarla savrulan toprak partikülleri ve çöl kumları, dalgalar vasıtasıyla atmosfere giren deniz tuzları gibi doğal partikül madde kaynaklarının yanında, kömür ve petrol türevlerinin yanması sonucu oluşan metal buharları ve uçucu küller, tarımsal aktiviteler sonucu

atmosfere karışan partiküller, çimento fabrikaları, inşaat çalışmaları, metal ve diğer endüstriler de atmosferdeki partikül maddenin antropojenik kaynakları olarak bilinmektedir [11].

2.3. KÜKÜRT DİOKSİT

Kükürt dioksit renksiz, keskin kokulu basınç altında sıvılaştan bir gazdır. Suda kolayca çözünür ve yangına sebep olmaz. Kükürt dioksit havada fosil yakıtların yanması ya da enerji santrallerinden kaynaklı olarak bulunur. Doğal olarak ise volkanik aktivitelerden oluşabilir [12].

Kükürt dioksite solunum ya da deri yoluyla maruz kalınabilmektedir. Çocuklar üzerinde yapılan uzun dönem araştırmalar, kükürt dioksitin solunum sistemi hastalıklarına ya da solunum yeteneğinde azalmaya yol açtığını göstermektedir. Astım hastası bireylerin ise daha düşük konsantrasyonlardaki kükürt dioksite karşı bile çok hassas olduğu bilinmektedir [12].

2.4. AZOT OKSİTLER

Azot monoksit ve azot dioksitin toplamı azot oksitleri oluşturur. Azot oksitler genellikle NO olarak dışarı verilir. NO₂, NO'nun ozon veya radikallerle reaksiyonu sonucu çok çabuk oluşur. En toksik belirgin azot oksitler azot oksit ve azot dioksittir. Her ikisi de yanıcı olmayan ve renksizdir. Azot oksit oda sıcaklığında hafif, azot dioksit ise sert bir kokuya sahiptir[13].

Azot oksitlerin en önemli kaynağı trafik, kömür, petrol ya da gaz yakımıdır. İnsan sağlığını en çok etkileyen azot oksit türü olması ile NO₂ kentsel bölgelerdeki en önemli hava kirleticilerinden biridir. Az miktardaki azot oksitler suda buharlaşabilir ancak yüksek miktarda ise su ile etkileşime girerek nitrik asit oluşturur. Toprakta ise az miktarda ise buharlaşıp havaya karışır, yüksek derişimlerde ise nitrik asit ya da başka bileşiklere dönüşürler. Azot oksitler besin zincirinde birikmezler.

Genellikler insanların çoğunluğu trafik kaynaklı olarak azot oksitlere maruz kalırlar. Ayrıca sigara dumanında da yer alması sebebiyle kullanıcı ya da pasif içici olarak azot oksitleri bünyelerine alabilirler.

2.5. KARBON DİOKSİT

Karbon dioksit insan aktivitelerinden kaynaklanan öncelikli sera gazlarından. Karbon dioksit ayrıca karbon döngüsünden de doğaya doğal olarak salınır. İnsan aktivitelerinden kaynaklanan sera gazına en büyük katkısı CO₂ yapmaktadır. Fosil yakıtlarının yakılması ya da biyokütlenin yakıt olarak kullanılması: yakılması, örneğin arazi genişletme sırasında ormanların yakılması ve bazı endüstriyel ve kaynak çıkarma işlemleri ile karbondioksit salınır. Karbondioksit salınımına neden olan insan aktivitelerinin başlıcaları fosil yakıtların enerji üretmek ve ulaşım için yakılmasıdır [14].

Her yerde bulunan karbondioksitin derişimi iç ortamda dış ortama göre daha yoğundur. Rensiz ve kokusuz bir gaz olan CO₂'nin iç ortamdaki en önemli kaynağı canlı organizmaların solunumudur. Bina içlerindeki karbondioksit derişimi ortamda bulunan canlı sayısı arttıkça artmakta, havalandırma sağlandığı takdirde ise azalmaktadır. 1000 ppm'in altında CO₂ konsantrasyonu iç ortamda kabul edilmektedir. CO₂ konsantrasyonu 800 ppm'in üstüne çıktığında hasta bina sendromu şikayetleri ortaya çıkmakta, 5000 ppm sağlığı etkileyebilen en yüksek seviye olarak kabul edilmektedir. 15000 ppm'de kalp hızı artmakta, solunum güçlüğü ortaya çıkmaktadır. 30000 ppm'de ise kas ağrıları, konvülsiyon, konsantrasyon güçlüğü ve ölüm riski ortaya çıkmaktadır[7]

2.6. UÇUCU ORGANİK BİLEŞİKLER (VOC)

Uçucu organik bileşikler, birçok maddenin içinde bulunması sebebiyle iç ortam ve dış ortamda yer alan en yaygın kirleticilerdendir. Dış ortamda özellikle her zaman kullanılan ürün ve maddeler ya da üretimden kaynaklanırken, iç ortamda en büyük kaynağı VOC içeren malzemelerdir [15].

Uçucu organik bileşiklerden bazıları yüksek derişimlerde kokuya sahipken bazıları ise kokusuzdur. Ancak koku bu kirleticiler için risk seviyesinin bir göstergesi değildir. VOC'ler inşaat malzemelerinde (halı, ağaç ürünleri, boya, kauçuk, vernik vb.), evsel ve kişisel bakım ürünlerinde (oda spreyleri, temizlik ürünleri, gaz vb.) bol miktarda bulunmaktadır [16].

VOC üzerine yapılan çalışmalar iç ortam derişimlerinin dış ortama göre 2 ila 5 kat daha fazla olduğunu göstermektedir. İç ortam derişimleri kullanılan ürünlerdeki VOC miktarı, VOC salınım hızı, odanın havalandırma hızı ve dış ortam derişimleri gibi birçok faktöre bağlıdır [16].

Bir kimyasalın sağlık açısından riski havada ne kadar bulunduğu ve o havanın ne kadar uzun süre bulunduğuyla ilgilidir. Düşük miktarlarda VOC solunması uzun dönemde astım gibi bazı sağlık sorunlarına yol açabilmektedir. Yüksek derişimdeki VOC'nin akut etkileri göz, burun ve boğazda tahriş, baş ağrısı, bulantı, kusma, baş dönmesi ve astım belirtilerinin kötüleşmesi iken kronik etkileri kanser, karaciğer hasarı, böbrek hasarı ve merkezi sinir sistemine etkisinin artmasıdır [16].

2.7. FORMALDEHİT

Formaldehit oda sıcaklığında parlayıcı renksiz bir gazdır. Keskin ve belirgin bir kokuya sahiptir ve yüksek konsantrasyonlarda göz, burun ve akciğerlerde yanma hissine sebep olabilir. Formaldehit yüksek sıcaklıklarda diğer kimyasallar ile reaksiyona girip, metanol ve karbon monoksit'e parçalanabilir [17].

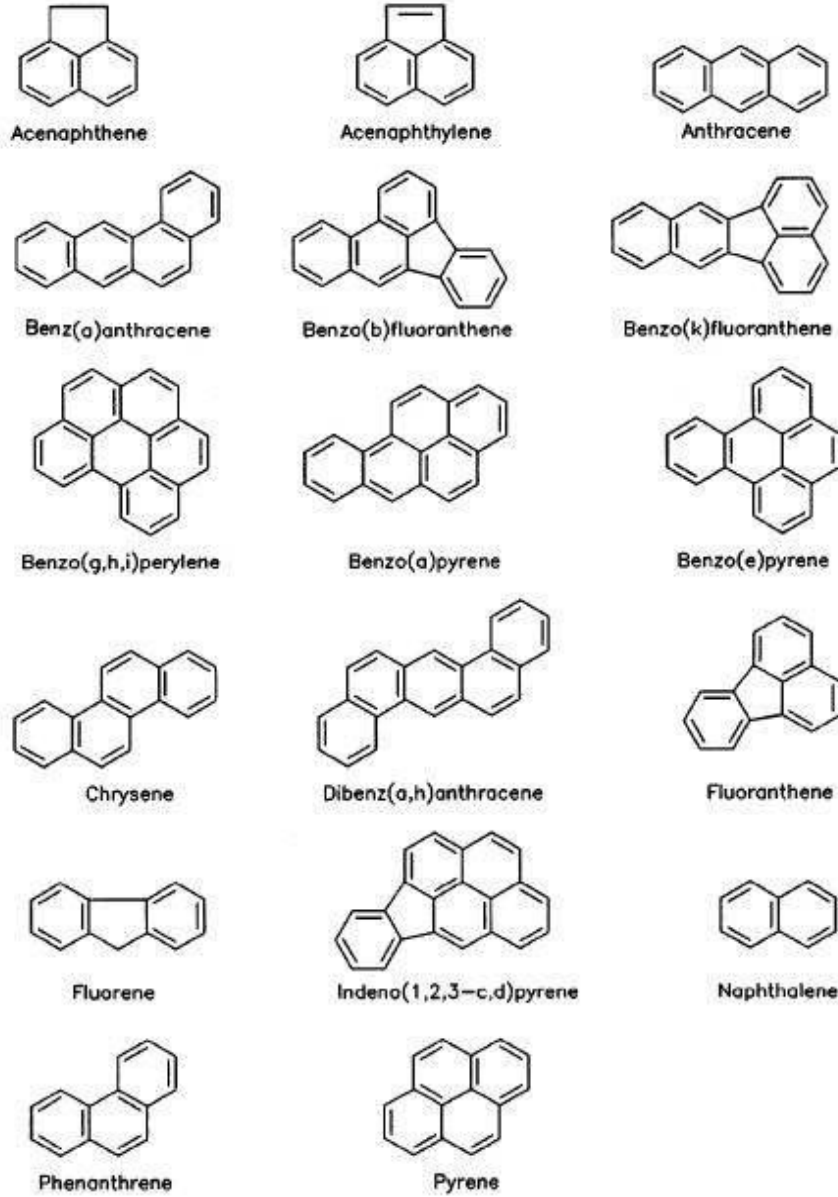
Formaldehit doğal olarak çok küçük miktarlarda vücudumuzda üretilir ve bu canlılar için zararlı değildir. Ayrıca soluduğumuz havada, yiyeceklerde de bulunabilir. Formaldehitin ana kaynağı düşük atmosferdeki sistir. Katalitik konvektör bulunmayan araçların egzozlarından da salınmaktadır. İç ortamda ise sigara ve diğer sigara ürünleri, gazlı ocaklar ve sobalar formaldehit kaynaklarıdır. Formaldehit evde her gün kullanılan antiseptik, ilaçlar, kozmetik ürünleri, kumaş temizleyici ürünler, halı temizleyiciler, yapıştırıcılar kâğıt, plastik ve bazı ahşap ürünleri gibi malzemelerde de bulunabilir [17].

Formaldehit etkileşimde bulunulduğu zaman tahriş edici özelliktedir. En genel semptomları göz, burun ve boğazda tahriştir [17].

2.8. ÇOK HALKALI AROMATİK HİDROKARBONLAR (PAH'LAR)

Çok Halkalı Aromatik Hidrokarbonlar (PAH) iki ya da daha fazla aromatik halkanın birleştiğı organik bileşiklerdir. Suda çözünürlüğü çok düşük, yağda çözünürlüğü fazladır. Havadaki düşük buhar basıncına sahip birçok PAH partiküller üzerinde tutunur. Su içinde çözündüğünde ya da partikül madde üzerinde tutunduğunda, PAH'lar güneş ışınımıyla ultraviyole ışınlarla maruz kaldığı zaman ışıkla bozunmaya uğrayabilir. Atmosferde PAH'lar, ozon, nitrojen oksitler ve sülfürdioksit ve sülfürik asitler gibi kirleticilerle reaksiyona girebilir. PAH'lar ayrıca toprakta bazı mikroorganizmalar tarafından bozunabilir [18] [19].

EPA'nın öncelikli listesinde yer alan 16 PAH bileşiğinin kimyasal yapıları Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. USEPA'nın Öncelikli Kirleticiler Listesindeki 17 PAH Bilesiğinin Molekül Yapıları

2.8.1. PAH'ların Oluşumu, Fizikokimyasal Özellikleri ve Kaynakları

Çok Halkalı Aromatik Hidrokarbonlar pirolitik prosesler sonucunda oluşurlar. Özellikle karbonizasyon gibi doğal proseslerin yanı sıra, organik maddelerin yanması ile meydana gelir. Yüzlerce çeşit polinükleer aromatik hidrokarbon vardır. En iyi bilineni benzo(a)piren (BaP) dir. BaP, kok üretiminden, motorlu taşıt araçlarından, kok ve petrol ürünü ile çalışan elektrik santrallerinin faaliyetleri sonucunda atmosfere yayılır [20].

PAH'lar temelde kömür ve ham yağ oluşumu, doğalgaz yakılması, atık yakılması araç trafiği, yemek pişirme ve tütün kullanımı gibi endüstriyel ve diğer insan aktiviteleri sonucu, özellikle tam yanmamış organik maddelerin piroliz prosesi sonucu oluşur.

Havadaki PAH'ların öncül doğal kaynakları orman yangınları ve volkanlardır. Atmosferik PAH'ların en geniş kaynağı ağaç yakımıdır. Diğer durağan antropojenik kaynaklar endüstriyel enerji üretimi, kömür katranı ve kok kömürü, petrol ayırma tesisleri ve birincil alüminyum üretimi. Yıllık toplam PAH emisyonlarının yaklaşık %80'i durağan kaynaklardan kaynaklanır. Hareketli kaynaklardan en önemlileri benzin ve dizel yakıtlı araçların eksozlarıdır [19].

Kapalı sistem ve geri kazanım prosesleri kullanılmaya başlandığından beri gelişmiş ülkelerde endüstriyel üretim ve uygulama boyunca tam yanmamış proseslerden kaynaklı PAH'lar önemini yitirmeye başlamıştır [21].

Bağımsız PAH'ların fiziksel ve kimyasal özellikleri çok çeşitlidir. Bazı fizikokimyasal özellikler, yarılanma ömürleri Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Polisiklik aromatik hidrokarbonların fiziksel ve kimyasal özellikleri [21]

Bileşik	Erime Noktası ($^{\circ}\text{C}$)	Kaynama Noktası ($^{\circ}\text{C}$)	Buhar Basıncı (25°C)	n- Octanol: su ($\log K_{ow}$)	Çözünürlük 25°C suda ($\mu\text{g}/\text{litre}$)	Henry Sabiti 25°C (kPa)	Yarılma Ömrü Kategorileri			
							Hava	Su	Toprak	Sediman
Acenaphthylene	92- 93	279	$8,9 \times 10^{-1}$	4,07	-	$1,14 \times 10^{-3}$	2	4	6	7
Acenaphthene	95	295	$2,9 \times 10^{-1}$	3,92	$3,93 \times 10^3$	$1,48 \times 10^{-3}$				
Fluorene	115- 116	340	$9,0 \times 10^{-2}$	4,18	$1,99 \times 10^3$	$1,01 \times 10^{-3}$	2	4	6	7
Phenanthrene	100,5	342	$1,6 \times 10^{-2}$	4,6	$1,29 \times 10^3$	$3,98 \times 10^{-3}$	2	4	6	7
Anthracene	216,4	375	$9,0 \times 10^{-4}$	4,5	73	$7,3 \times 10^{-3}$	2	4	6	7
Fluoranthene	108,8	393	$1,2 \times 10^{-3}$	5,22	260	$6,5 \times 10^{-4}$	3	5	7	8
Pyrene	150,4	400	$6,0 \times 10^{-4}$	5,18	135	$1,1 \times 10^{-3}$	3	5	7	8
Benzo[a]anthracene	160,7	448	$2,9 \times 10^{-5}$	5,61	14	-	3	5	7	8
Chrysene	253,8	481	$9,4 \times 10^{-5}$	5,91	2,0	-	3	5	7	8
Benzo[b]fluoranthene	168,3	480	$6,7 \times 10^{-5}$	6,12	$1,2(20^{\circ}\text{C})$	$5,1 \times 10^{-5}$				
Benzo[j] fluoranthene	165,4	480	$2,0 \times 10^{-5}$	6,12	2,5	-				
Benzo[k] fluoranthene	215,7	496	$1,3 \times 10^{-5}$	6,94	0,76	$4,4 \times 10^{-5}$	3	5	7	8
Benzo[a]pyrene	178,1	536	$7,3 \times 10^{-7}$	6,50	3,8	$3,4 \times 10^{-5}$	3	5	7	8
Indero[1,2,3-c,d]anthracene	163,6	524	$1,3 \times 10^{-4}$	6,58	62	2,9				
Dibenz[a,h] anthracene	266,6	594	$1,3 \times 10^{-4}$	6,50	$0,5(27^{\circ}\text{C})$	7×10^{-6}	3	5	7	8
Dibenzo[a,1] pyrene	292	525	$3,2 \times 10^{-10}$	7,30	0,17	$4,31 \times 10^{-6}$				

PAH' ların fizikokimyasal özelliklerinden biri olan yarı uçucu özellikleri PAH' lar her yere taşınabilir hale getirir. Çökelme ve buharlaşma ile hava, toprak ve su molekülleri arasında dağılır. PAH' ların uzun menzilli atmosferde taşınan miktarı onların sınır ötesinde de önemli çevre problemleri arasına sokar.

2.8.2. PAH Bileşiklerinin Hava, Su ve Topraktaki Döngüsü

PAH' ların küresel hareketi şu şekilde tanımlanabilir: Atmosferdeki kısa ve uzun menzilli taşınma bağlı olarak toprak, su ve bitkilerde kuru ve yaş çökelme ile birikebilir. Yüzey sularında PAH' lar buharlaşabilir, fotolize uğrayabilir, biyolojik olarak parçalanabilir ya da askıda partiküllere veya sedimanlara bağlanabilir.

PAH' lar atmosferde gaz fazında ya da partiküllerce adsorbe edilmiş halde bulunabilir. Genellikle iki ya da üç halkalı PAH' lar (naphthalene, acenaphthene, anthracene, fluorene, phenanthrene) havada baskın olarak buhar fazında bulunur. 4 halkalı PAH' lar (fluoranthene, pyren, chrysene) buhar ve partikül fazda, beş ya da daha fazla halkalı PAH' lar (BaP, benzo[g,h,i]perylene) ise genellikle partikül fazda bulunur. Atmosferde kalma süresi ve taşınma mesafesi, iklim şartlarında absorbe olmuş partikül büyüklüğüne bağlıdır. Partikül PAH' ların yaklaşık %90-95'i, çapı 3.3 µm'den küçük partiküller de bulunur. Partikül çapı 0.1-3.0 µm arasında olan PAH' ların atmosferde kalma süresi birkaç gündür ve bundan dolayı uzun mesafeli taşınma maruz kalabilir. İki çeşit kimyasal reaksiyon baskındır, ilki partikül yüzeylerinde adsorbe olmuş PAH' lar ve bunların NO₂, O₃ ve SO₃ gibi oksitleyici gazlarla aralarındaki reaksiyonlar ve ikincisi ise PAH' ların güneş ışığı altındaki fotooksidasyonur [22].

Fotoliz, atmosferde adsorbe olmuş PAH' ların bozunmasında en önemli faktördür [23]. Toprakta abiotik bozunmaya (fotoliz ve oksidasyon) maruz kalan, biyolojik olarak bozunanlar, bitkilerde ya da yer altı suyunda birikmiş ve bir akifere taşınmış PAH' lar buharlaşabilir.

PAH' ların biyomagnifikasyonu (besin zincirinde konsantrasyonun en alttan en üste doğru artması) aquatik sistemde gözlenmez ve gözlenmesi de beklenmez, çünkü bir çok organizma PAH' lar için yüksek oranda biyotransformasyon potansiyeline sahiptir. Besin zincirinde en yüksekteki organizma yüksek biyotransformasyon potansiyeline sahiptir [22].

2.8.3. PAH'lara Maruziyet

Çok Halkalı Aromatik Hidrokarbonlar'ın tehlikeli sağlık karakterizasyonu genel olarak absorpsiyon, solunum ve dermal yollarla olmaktadır.

PAH'lar yağda çözünebilir yapıdadır. Organizmaların doğal olarak ürettiği organik maddelerin içerikleri gibi, PAH'ların memeli canlıların hücrelerindeki lipoprotein zarından içeri ve dışarı geçişi beklenir.

İnsanlar PAH'lara çeşitli şekillerde maruz kalabilirler. Bunlardan ilki PAH içeren aerosoller ve partiküller solunduktan sonra solunum sistemiyle akciğerlerden, ikincisi kirlenmiş besin veya su içeren besinlerle beslendikten sonra sindirim sistemi yoluyla ve diğeri PAH'la kirlenmiş materyallerle ilişki sonucu deri yoluyla alınmasıdır.

2.8.3.1. Solunum Yoluyla Maruziyet

PAH mikrokristallerinin ciğerlerde alıkonması ya da nefes borusu içinde çözünmesiyle ilgili dişi deney farelerine aşılama yapılarak incelenmesi sonucu solunum sisteminden hızla temizlendiği görülmüştür. Antrasen, benz[a]antrasen, 1-nitropiren, BaP, 6-nitrobenzo[a]piren ve dibenzo[c,g] karbozol ilk dozun % 85'inden fazlası 1 saatten az bir zamanda yarılanmıştır [24] [25].

Bununla birlikte solunumla alınan PAH'lar genellikle partiküller üzerinde adsorbe edilir. Hava yollarında birikmesinden sonra partiküller bronşlar tarafından ortadan kaldırılabilir. PAH'lar partiküllerle taşınımı sırasında sümüksü yapı ve kıllar üzerinde tutulabilir, tutulamayanlar ise bronşlardaki epitelyum hücrelere girerek orada metabolize olabilirler [21].

2.8.3.2. Deri Yoluyla Maruziyet

Bir çalışmada kok kömür tesisinde çalışan 12 işçi, bir monitorlama programına katılmıştır. Bu işçiler 8 saatlik vardiyalar halinde çalışmaktadırlar. Bu işçilerde solunan havadaki toplam pyrene ortalama konsantrasyonu 12 işçide 0.1'den 5.4 µg/m³'e değişkenlik göstermektedir. Ortalama pyrene solunumu 0.5 ve 32.2 µg/gün'dür. Dermal ve solunumla alınan pyrene tahminlere göre, vücuda giren toplam pyrene miktarının ortalama %75'i cilt tarafından alınmaktadır [26].

2.8.4. PAH'ların Sağlık Etkileri

PAH'ların kompleks yapısından dolayı, çevrede ve çalışma ortamlarında naphthalene dışındaki PAH'lar, gönüllülerle yapılan çalışmalarla belirlenmiştir. Dermal çalışmalar sonrasında, anthraceene, fluoranthene ve phenanthrene özel cilt reaksiyonları ve BaP siğile neden olmuş ve neoplazmaya ait çoğalma olarak sınıflandırılmıştır. Naphthalenenin sistematik etkileri çocuklar tarafından kazara alınımlar olarak bilinir. Ölümcül doz yetişkinler için 5000-15000 mg ve çocuklar için 2 günde 2000 mg'dır. Dermal ya da oral yolla maruziyette tipik etki akut hemolitik anemidir.

Alüminyum tesislerinde PAH'lara maruziyet sonucunda, astım benzeri semptomlar, anormal akciğer fonksiyonları ve kronik bronşit gözlenmiştir.

PAH'lara maruziyette en önemli toksik etki kanserdir. Mesleki maruziyet ilk olarak testis kanseri teşhisi ile tespit edilmiştir. Daha sonraki mesleki maruziyetler ise olarak katran ve parafinin neden olduğu cilt kanseri olarak rapor edilmiştir. Şimdilerde kişisel hijyen şartlarının iyileşmesinden dolayı cilt tümörleri azalmıştır, bunun yerine PAH kaynaklı kanserlerin temel oluşum yeri akciğer olmuştur [22].

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlarla ilgili toprak ve sediman, su ve havada çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

3.1. TOPRAK VE SEDİMAN ÖRNEKLERİNDEKİ ÜZERİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Anyakora ve arkadaşları, Nijerya'nın Nijerya Deltasında toplanan ve analizi gaz kromatografi/kütle spektrofotometresiyle yapılan 13 sediman örneğinde 16 çeşit çok halkalı aromatik hidrokarbon konsantrasyonları hesaplanmıştır. 13 sediman örneğinin hemen hemen hepsinde 16 PAH çeşidine 0.1- 28 µg/kg arasında rastlanmıştır. Ayrıca 5-6 halkalı PAH'lar diğer bileşiklere göre daha yüksek konsantrasyonlarda bulunmuştur [27].

Bozlaker ve arkadaşları 2007 yılında İzmir'in Aliğa bölgesinde 50 farklı noktada PAH ölçümü yapmışlardır. Toplanan örnekler ultrasonik ekstraksiyona tabi tutulmuş, ölçümler sonucunda PAH derişimleri 11 ve 4628 µg kg⁻¹ arasında çıkmıştır. Ortalama belirteç geri kazanımları Ace d-10 için % 50, Phe d-10 için %68, Chr d-12 için %72 ve Per d-12 için %75 olmuştur. Mevsimsel olarak da toprakta PAH konsantrasyonları karşılaştırılmış ve mevsime göre çok fazla değişimin olmadığı gözlenmiştir. Molekül ağırlığı büyük olan 4-6 halkalı PAH'lar nokta kaynağın yakınında birikirken, molekül ağırlığı düşük olan PAH'ların gaz fazında daha uzaklara taşındığı, 3 halkalı PAH'ların ise topraktaki PAH'ların %12'sini oluşturduğu gözlenmiştir. Bu çalışmada ortalama nem %7.2 ve ortalama organik madde % 8.8 olarak hesaplanmıştır [28].

Zou ve arkadaşlarının yaptığı bir diğer çalışmada Tianjin, Çin'de 188 yüzey toprağı örneğinde PAH konsantrasyonlarına ana bileşen analizi (PCA) ve lineer regresyonu (LR) uygulanmıştır. 4 temel PAH kaynağı sırasıyla kömür tüketimi, petrol, kok kömürlü biyokütle yakımı ve kimyasal sanayi deşarjları olarak tanımlanabilir. Ana kaynakların katkısı % 41 kömür, % 20 petrol ve % 39 kok kömürü oluşturmaktadır. Çalışma alanı, topraktaki PAH konsantrasyonları ve profilinin farklarına göre 3 bölgeye ayrılırsa değişik kaynak özellikleri gözlenebilir. Sanayileşmiş Tonggu-Hangu bölgesinde temel kaynak kok kömürü yapımı, kömür ve araç eksozları iken , şehir dışındaki bölgede bunlarla birlikte, biyokütle yakımı ayrıca önemli olduğu gibi, şehir ve dış bölge sınırında ise insinerasyonun dördünün toplamı kadar olduğu gözlenmiştir [29].

Bryselbout ve arkadaşları bu çalışmada Batı Kanada'da yoğun trafiğe sahip bir ana yol kenarında eğimli yüzeyde toprak ve çim örneklerinde PAH içeriklerine gaz

kromatografi analizi yoluyla bakılmıştır. Uçucu, molekül ağırlığı düşük olan PAH'ların, yüksek molekül ağırlığına sahip PAH'lara oranının örnekleme noktasının yer seviyesinden yükseğe çıkıldıkça arttığı gözlenmiştir. Ayrıca, topraktaki PAH'lar ağırlıklarındaki değişiklere göre 2 gruba ayrılabilir, düşük ağırlıklı PAH'ların üst seviyelerde yükseliş gösterirken, molekül ağırlığı yüksek olan PAH'ların yukarılara çıkıldıkça konsantrasyonlarının düştüğü gözlenmiş ve bunun sunucunda da yüksek molekül ağırlığına sahip PAH'ların kaynak noktasına yakın bölgelerde biriktiği sonucuna varılmıştır [30].

Odabaşı ve arkadaşları Hatay- İskenderun bölgesindeki demir- çelik endüstrilerinden açığa çıkan hava kirletici emisyonlarının toprak kirliliğine etkisi araştırılmışlardır. Bu amaçla bölgedeki 20 farklı noktadan alınan toprak örnekleri, söz konusu endüstrilerden yayınlanan PAH, PCB, PBDE ve PCN'ler gibi kalıcı toksik organik bileşikler (POP), anyonlar ve çeşitli elementler açısından analiz edilmiştir. Hurda içeriğinde ayıklanamadan kalan plastik, döşeme sünger, elektronik/elektriksel aletlerin bazı bileşenleri içerisinde bulunan PBDE'ler hurdanın ısıtılması sonucu açığa çıkmaktadırlar. Cevherden üretim yapan ve özellikle kok fırınları nedeniyle önemli ölçüde PAH emisyonu yayan İSDEMİR, bu kirleticiler açısından öne çıkmaktadır. Burada ilginç olan cevherden demir-çelik üretimi proseslerinin karakteristik kirleticileri olmayan PBDE'lerin bu tesis yakınlarında da yüksek konsantrasyonlarda ölçülmüş olmasıdır. Bunun nedeninin üretimde kısmen de olsa hurda kullanılması olduğu düşünülmektedir. Toprakta yüksek POP konsantrasyonlarının ölçüldüğü noktaların içerisinde Payas ve İsdemir lojmanları gibi yerleşimler de yer almaktadır. Kirletici konsantrasyonları kaynağa yakın bölgelerde daha yüksek çıkmaktadır [31].

3.2. YAĞMUR VE KAR ÖRNEKLERİ ÜZERİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Ankara' da PAH' ların kuru ve yağ çökelmelerini incelemek amacıyla bir çalışma yapılmıştır. Kuru çökelmelerin incelenmesi amacıyla 50 farklı noktadan kar örnekleri toplanmıştır. Yağ çökeltme örneklerinde phenanthrene, fluoranthene, pyrene ve benzo(b+k)fluoranthene yoğun miktarda gözlenmiştir. Kuru çökeltme analizleri sonucu Benzo(a)pyrene, Flouranthene, Dibenzo(a.h)anthracene, Indeno(1.2.3-c.d)pyrene baskın olarak gözlenmiştir [32].

Kurnaz ve arkadaşları, su ortamına giren PAH bileşiklerin, fosil yakıtların dökülmesi ve sızıntısı, evsel-endüstriyel atıkların ve kanalizasyon sularının deşarjı, atmosferik partiküllerin çökeltmesi, araç egzozlarının yoğunlaşması, asfalt yol yüzeyinin

aşınımı ve süzülmesi gibi nedenlerle oluştuğunu açıklamışlardır. PAH bileşiklerleri kirlenmiş nehir sularında yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu ve kirlenmiş nehirlerin mansaplandığı deniz ortamlarında da PAH bileşiklerine rastlandığı gözlemlenmiştir. Bu çalışmada Samsun İli'nde Kızılırmak Nehri'nin Karadeniz ile birleştiği noktadan mevsimsel olarak alınan su örneklerinde ve aynı tarihlerde alınan *Mytilus Galloprovincialis* türü midye örneklerinde PAH türevlerinden olan krisen, benz(a)piren, naftalen ve antrasen GC-FID ile tayin edilmiştir. Ayrıca midye örneklerinde ekstrakte olabilir organik madde (EOM) tayini de yapılmıştır. PAH'ların sudaki canlıların bünyelerinde kolayca biriktiği ve canlı bünyesinde su ortamından daha yüksek seviyelere ulaştığı gözlemlenmiştir. PAH'lar genellikle deniz ortamında su kütlesinde düşük ve midyelerde yüksek miktarda bulunurlar. Bu çalışmada midye örneklerinde su örneklerine nazaran PAH konsantrasyonunun çok daha yüksek olduğu saptanmıştır. Su ve midye örneklerinde saptanan en yüksek toplam PAH konsantrasyonu Mart 2002 tarihinde alınan su örneği için 14.175 ppb ve midye örneği için 431.863 ppb'dir. Çalışma süresi boyunca ortalama konsantrasyonu en yüksek PAH bileşiği su örneklerinde 2.670 ppb konsantrasyonuyla krisen ve aynı şekilde midye örneklerinde de 167.905 ppb konsantrasyonuyla krisen olarak saptanmıştır [33].

Binici ve arkadaşları, atmosfere salınan PAH'ların ve pestisitlerin yağmur şeklinde ya da havadaki partiküllere tutunmuş bir şekilde kuru olarak çökeldiğini anlatmışlardır. PAH'ların ve pestisitlerin gerçekleştirdikleri çökelmeler yüzey sularının, toprağın, yeraltı sularının ve deniz ve göllerdeki sedimanların başlıca kirlilik kaynağıdır. Yağmur örneklemesini gerçekleştirmek için bir adet yaş-kuru örnekleyici TÜBİTAK UME'de ve bir adet toplam çökeltme örnekleyicisi Gebze'nin Kadıllı köyünde kurulmuş olan, çalışmada, yağmur örnekleme Mart 2006- Mart 2007 dönemleri arasında yapılmıştır. Örnekleri analiz etmek için Gaz Kromatografi (GC)-Tandem Kütle spektrometre kullanılmıştır. Örneklerin ekstraksiyonu katı-sıvı ekstraksiyonu (SPE) ile yapılmıştır. Verilerin istatistiksel yorumu alıcı (receptor) ortam modellemesi ile yapılmıştır [34].

3.3. GIDALAR ÜZERİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Orrecchio ve arkadaşlarının İtalya'da yaptıkları çalışmada kahve çekirdeklerinde PAH derişimlerin belirlemişlerdir. Bu çalışmada kahve çekirdekleri sıvı-sıvı ekstrakte edilmiş ve GC-MS kullanılarak SIM modunda analizi yapılarak derişimler belirlenmiştir. Yapılan çalışmada toplam PAH derişimleri 0,52 ila 1.8 µg/l olarak bulunmuştur. Kanserojen olarak bilinen BaP ise 0,008 ile 0,060 µg/l arasında bulunmuştur. Sonuçlar

değerlendirildiğinde bulunan derişimlerin insan hayatı üzerinde önemli bir etkisi olmadığı ve kahve çekirdeklerinde bulunan PAH'ın kaynağının ise kahve çekirdeklerinin yüksek ısıda işleme tabi tutulması olduğu sonucuna varılmıştır [35].

3.4. ATMOSFERİK GAZ VE PARTİKÜL FAZ ÜZERİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Ravindra ve arkadaşları, Belçika'nın kuzey bölgesinde 16 çeşit PAH değişik mevsimler boyunca 6 farklı şehir/bölgede monitorlanmıştır. PAH'ların quartz fiber filtreden hızlı kazanımı için basınçlı sıvı ekstraksiyonu kullanılmıştır. PAH konsantrasyonları çalışma alanında önemli çeşitlilikte çıkmıştır ve bu da araç emisyonları, petrol/yağ yakımı, kok kömürü üretimi ve odun/kömür tüketimi gibi antropojenik aktivitelerin çeşitliliğini göstermiştir. Yıllık ortalama PAH konsantrasyonları 17 ng/m^3 (şehir dışında)- 114 ng/m^3 (bir petrol limanı ve endüstrisinin yakınında) arasında değişmektedir [36].

Yücel TAŞDEMİR ve ark. Ağustos 2004- Nisan 2005 tarihleri arasında PAH'lar için atmosferik konsantrasyon ve kuru çökeltme örnekleri toplanmıştır. Kuru çökeltme örnekleri için paslanmaz çelikten imal edilmiş bir tencere kullanılmıştır. Ortalama çökeltme akıları PAH'lar için $1902 \pm 425 \text{ ng/m}^2\text{-gün}$ değerini almıştır. PAH'lar yanma kaynaklı oldukları için özellikle ısınma faaliyetlerinin arttığı mevsimde akı değerlerinde artış gözlenmiştir. Atmosferik konsantrasyon örnekleri de aynı periyotta yüksek hacimli hava örnekleyicisi kullanılarak toplanmıştır. Ortalama toplam (gaz+partikül) konsantrasyon değeri $540 \pm 752 \text{ ng/m}^3$ olarak bulunmuştur. Eş zamanlı toplanan konsantrasyon ve kuru çökeltme akı örnekleri kullanılarak kuru çökeltme hızları hesaplanmış ve ortalama kuru çökeltme hız değeri $0,51 \pm 0,70 \text{ cm/s}$ olarak elde edilmiştir [37].

3.5. İÇ ORTAM VE EV TOZUNDA YAPILAN ÇALIŞMALAR

Ren ve arkadaşlarının Shanghai, Çin'de yaptıkları çalışmada yurt, ofis ve laboratuvarından 27 bilgisayarın fanlarından alınan toz örneklerinde PAH derişimlerini belirlemişlerdir. Örneklerdeki PAH derişimleri $8.22 \mu\text{g/g}$ ila $42.04 \mu\text{g/g}$ arasında değişmekte, BbF, BgP, DbA ve BaP ise derişimleri en yüksek PAH'lardır. Sigara içilen ortamlarda PAH derişimleri diğer odalardakilerden 1,35-2.87 kat daha fazla olarak bulunmuştur. Bu örneklerle karşılaştırılmak için 6 tane de pencere önünden toz örnekleri alınmıştır. Yapılan analizlerde bu örneklerdeki PAH derişimlerinin bilgisayarlardan alınan örneklerden daha düşük olduğu bulunmuştur. Bu da bilgisayarda bulunan plastik

parçalarının ısınması sonucu PAH açığa çıkabileceğini ve bu parçalar üzerinde birikebileceğini göstermiştir [38].

Mannino ve arkadaşlarının Palermo, İtalya’da yaptıkları çalışmada 45 adet toz örneği PAH analizleri için toplanmıştır. Toz örnekleri pasif örnekleyici olarak kullanılmıştır. Analizler GC-MS kullanılarak SIM modunda yapılmıştır. SIM modu her zaman daha önceden seçilen iyonlarla daha çabuk tanımlama ve değerleri daha kolay belirleme imkanı sunar. GC-MS’de Supelco silika kapiller kolonu, ultra saflıkta helyum gazı kullanılmıştır. İnjektion sıcaklığı 280°C’dir. Ölçümlerdeki ekstraksiyon verimleri %75’in altında olmamak koşulu ile çoğunlukla %100 olmuştur. Bu örneklerdeki toplam PAH derişimleri 36 ila 34453 µg/kg arasında değişmektedir. İç ortam ve dış ortamı karşılaştırmak amacıyla ayrıca 4 adet dış ortam toz örneğinin analizi de yapılmıştır. En yüksek toplam PAH konsantrasyonu 42 ng/m³ ve en yüksek BaP konsantrasyonu 3,3 ng/m³ olarak C-3 noktasında bulunmuştur. BaP konsantrasyonu İtalyan yönetmeliklerindeki yasal limit (1ng/m³)’ten yüksek bulunmuştur. Dış ortam derişimleri iç ortamdan daha yüksek bulunmuştur. Farklı örneklerdeki izometrik oranlar baskın PAH kaynaklarını belirlemek için kullanılmıştır [39].

Danimarka’da yapılan çalışmada 500 yatak odası ve 151 kreşten alınan örneklerde 3 çeşit PAH (piren, BaA ve BaP) derişimleri belirlenmiştir. Toz örneklerinde derişimlerin log-normal dağılım gösterdiği bulunmuştur. Yatak odaları ve kreşlerden alınan örneklerdeki PAH derişimleri benzer miktarlarda bulunmuştur. Aradaki küçük farkların sebebinin ise evlerin ve kreşlerin bulunduğu yerdeki trafik olabileceği düşünülmüştür. Yemek genişirme aktivitesi her iki ortamda da benzer özelliktedir. Her iki örnek grubunda da Piren konsantrasyonu, BaP ya da BaA konsantrasyonlarından 5 ila 10 kat daha fazla bulunmuştur [40].

Berlin’de yapılan bir çalışmada iç ortam (ev tozu) ve dış ortam PAH derişimleri 123 evde belirlenmiştir. İç ortam hava örnekleri iki farklı periyotta (yaz ve kış) ve sigara içilen ve içilmeyen evlerden alınmıştır. BaP ortalama derişimleri sigara içilmeyen evlerde 0,65 ng/m³(kış) ve 0,27 ng/m³(bahar/yaz); sigara içilmeyen evlerde ise 0,25 ng/m³(kış) ve 0,09 ng/m³(bahar/yaz) olarak bulunmuştur. Dış ortam havasında BaP ortalama derişimleri 0,10 ng/m³(en yüksek 1,1 ng/m³) olarak bulunmuştur. Toz örneklerinde ortalama derişimler 0,3 mg/kg (0,1-1,4 mg/kg arasında değişkendir) olarak bulunmuştur. İç ortam ve dış ortam hava örnekleri arasında yüksek oranda benzerlik bulunmuş olmasına rağmen iç

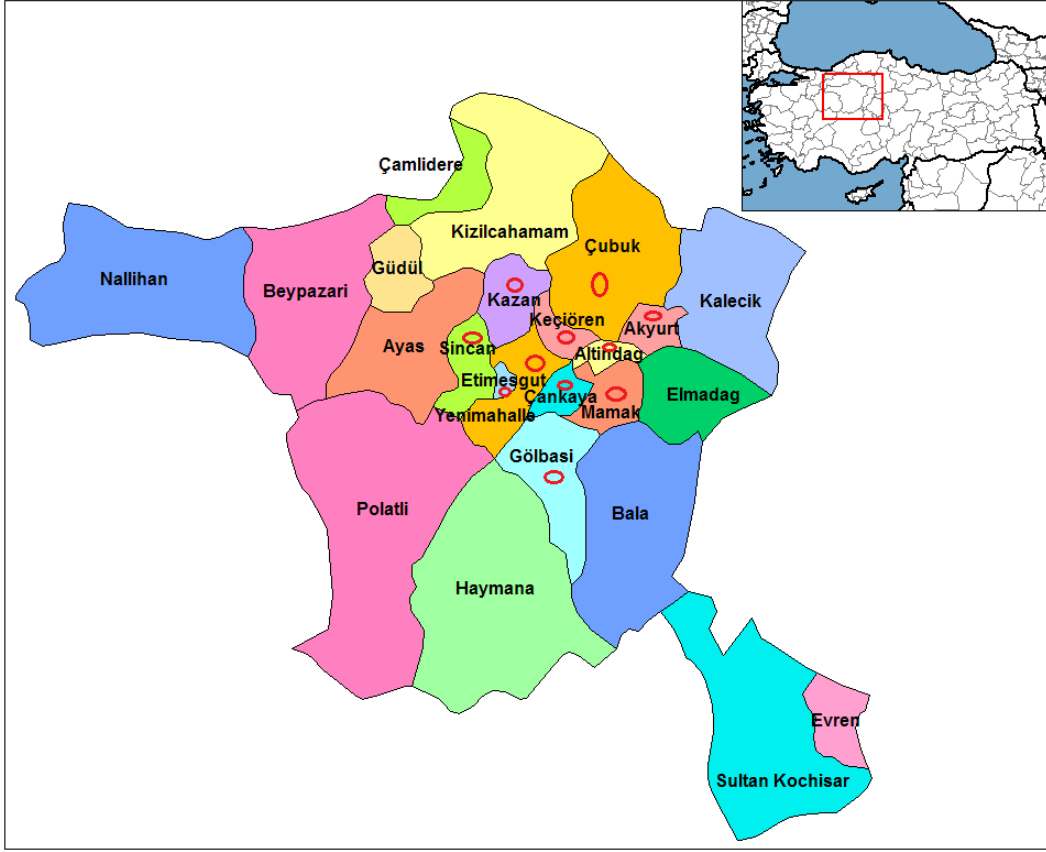
ortam hava ve toz örneklerinde benzerlik bulunmamıştır. Sonuçlara göre sigara içilmeyen evlerde PAH kaynağının çoğunlukla trafik olduğu sonucuna varılmıştır [41].

4. MATERYAL VE METOT

Materyal ve metot bölümünde örnekleme yapacağı bölgelerin seçilmesi ve örneklerin toplanması; örnekleme dönemindeki meteorolojik koşullar; kullanılan kimyasallar ve materyaller; örneklerin analize hazırlanması; örneklerin ekstraksiyonu ve temizleme işlemleri; GC-MS parametrelerinin düzenlenmesi; toksisite faktörünün hesaplanması; çalışmada kullanılan istatistiksel yöntemler ve değerlendirmede kullanılan ev koşullarına yer verilmiştir.

4.1. ÖRNEKLEME YAPILACAK EVLERİN BELİRLENMESİ VE ÖRNEKLERİN TOPLANMASI

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)'nın desteklediği 110Y082 nolu projenin bir parçasıdır. Örnekleme yapılacak evler proje kapsamında prenatal dönem- 2 yaş arası bebeklerin sağlığı değerlendirileceğinden hamileliğinin 2. döneminde bulunan bayanlarla hastanelerde yapılan özel görüşmeler sonucunda belirlenmiş ve çalışma evlerine gidilerek yapılmıştır. Bebekler doğmadan önce ve 2 yaşına gelene kadar toplamda 3 dönem (2 yaz ve 1 kış) örnekleri toplanmıştır. Örnekler bebek odası, salon ve evlerde bulunan ev süpürgelerinden alınmıştır (evlerden alınan ev süpürgeleri örnekleri bundan sonra süpürge olarak isimlendirileceklerdir), analiz zamanına kadar alüminyum folyo ile derin dondurucuda saklanmıştır. Bebek odası ve salon örnekleri projeye ait elektrik süpürgesi ile süpürülerek, süpürge örnekleri ise evlere ait elektrik süpürgelerinden de alınarak elde edilmiştir. Örnekleme yapılan evler Ankara'nın merkez ilçeleri olarak adlandırılan Akyurt, Altındağ, Çankaya, Etimesgut, Gölbaşı, Kazan, Keçiören, Mamak, Sincan, Yenimahalle'de yer almaktadır(Şekil 2).



Şekil 2. Örneklerin alındığı ilçeler

4.2. ÖRNEKLEME DÖNEMLERİNDEKİ METEOROLOJİK KOŞULLAR

Tez çalışması kapsamında, örnekleme dönemlerinin gerçekleştiği üç döneme ait saatlik bazda basınç, sıcaklık, nem, yağış, karışım yüksekliği ve rüzgâr esme sayısı/yönleri verileri T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden 17130 nolu Ankara İstasyonu'nun temin edilmiş ve değerlendirilmiştir. 17130 nolu istasyon Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonu (OMGİ), Sinoptik ve Günlük Klima gözlem türü özelliğine sahip olup, Keçiören ilçesinde 891 m yükseklik ve 39,9727 Enlem - 32,8637 Boylam koordinatında yer almaktadır. Sinoptik gözlem türü, hava tahmini için kullanılan temel bir gözlem türüdür. Bu gözlem türünde, bütün meteorolojik parametreler her 3 saatte bir ölçülmektedir. Günlük Klima Gözlem türü ise; yağış, meteorolojik hadise, buharlaşma ve güneşlenme süresinin her sabah son 24 saati kapsayacak şekilde değerlendirildiği iklimsel amaçlı gözlem türüdür. İstasyonda veriler saatlik olarak kaydedilmekte olup, bu çalışma kapsamında saatlik ortalama değerlerden günlük ortalama değerler elde edilerek aylık ortalamalar alınmıştır.

17130 nolu meteoroloji istasyonundan örnekleme dönemlerinde kaydedilen meteorolojik parametrelerden sıcaklık, bağıl nem, rüzgar hızı ve yağış miktarı ortalama değerleri Çizelge 2’de sunulmuştur.

Ölçümlerin yapıldığı süre boyunca, 17130 nolu meteoroloji istasyonundan temin edilen meteoroloji kayıtlarına göre aylık ortalama basınç kış mevsimine denk gelen 2. Örnekleme döneminde Kasım ayında 919,74 hPa gözlemlenmiştir. Dönem ortalama değerlerine göre ise, en yüksek ortalama basınç değeri yine kış mevsimine denk gelen 2. örnekleme döneminde gözlemlenmiştir (918.12 hPa).

Nem değerleri ise sıcaklıkla ters orantılı olarak değişkenlik göstermiş olup, en yüksek nem oranı kış dönemine denk gelen 1. örnekleme döneminde Haziran ayında %82.61 olarak tespit edilmiştir. Meteoroloji istasyonu kayıtlarına göre aylık ortalama en düşük nem oranı sıcak bir dönem olan 2012 yılı Temmuz ayında 37.27 olarak gözlemlenmiştir.

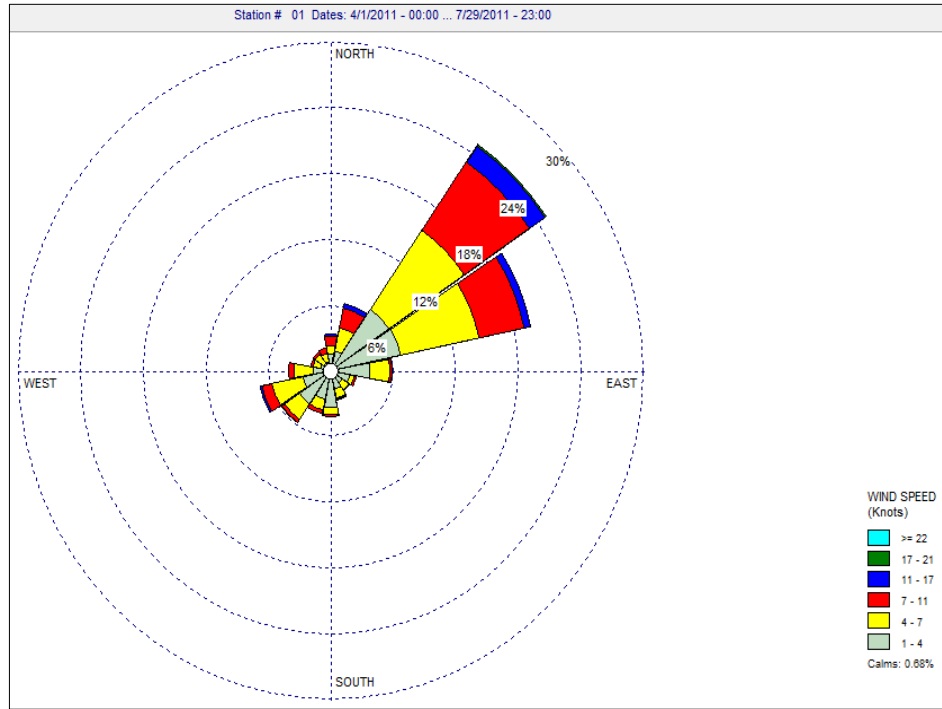
Sıcaklık kayıtlarına bakıldığında ise, Meteoroloji İstasyonu gözlem kayıtlarına göre aylık ortalama sıcaklık en yüksek 2012 yılı Temmuz ayında 26°C, en düşük ise 2013 yılı Kasım ayında 3,36 °C olarak gözlemlenmiştir.

Meteoroloji İstasyonu gözlem kayıtlarına göre, ölçüm yapılan dönemlerde, dönemsel ortalama saatlik yağış miktarları düşük gözlemlenmiş olup, sırasıyla 0.03, 0 ve 0.02 mm’dir (Çizelge 2).

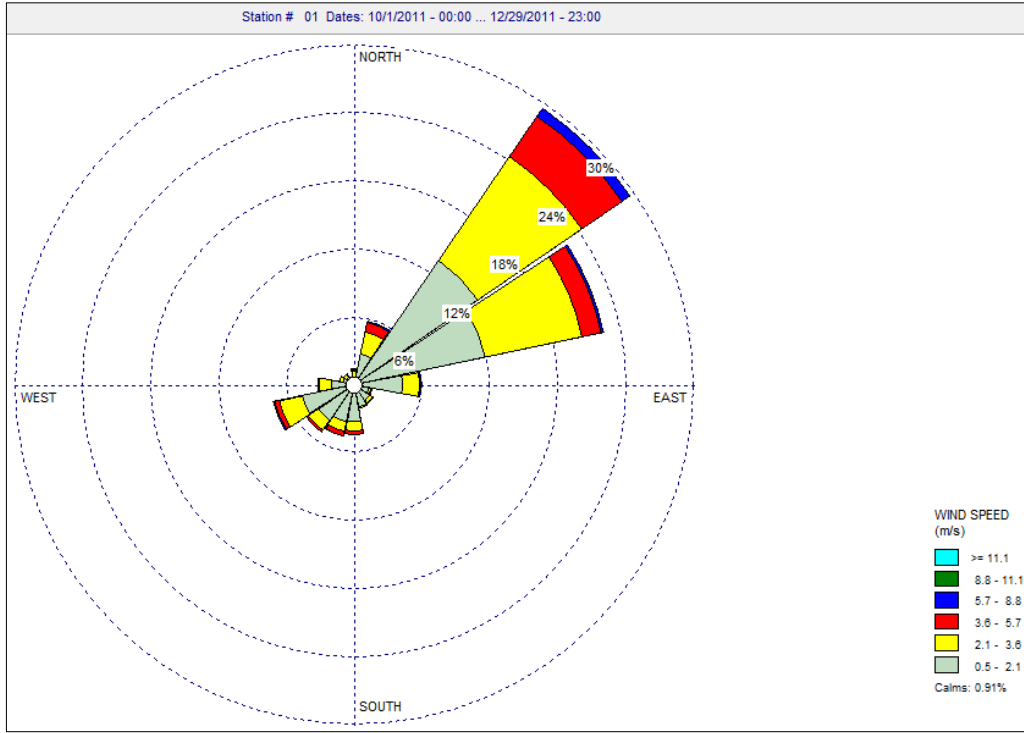
Meteoroloji İstasyonu gözlem kayıtlarına göre, örnekleme dönemleri için ortalama rüzgar hızı sırasıyla 2.55, 2.06 ve 2.86 m/s olarak tespit edilmiştir. Örnekleme dönemlerine göre ortalama rüzgar hızları ve ortalama rüzgar hızına göre dönemsel rüzgar grafikleri Şekil 3, Şekil 4 ve Şekil 5’te verilmiştir. Tüm örnekleme dönemlerinde hakim rüzgar esme yönü kuzey doğu yönünde tespit edilmiştir.

Çizelge 2.Örnekleme dönemleri için 17130 nolu meteoroloji istasyonuna ait meteorolojik parametrelerine ait ortalama değerler

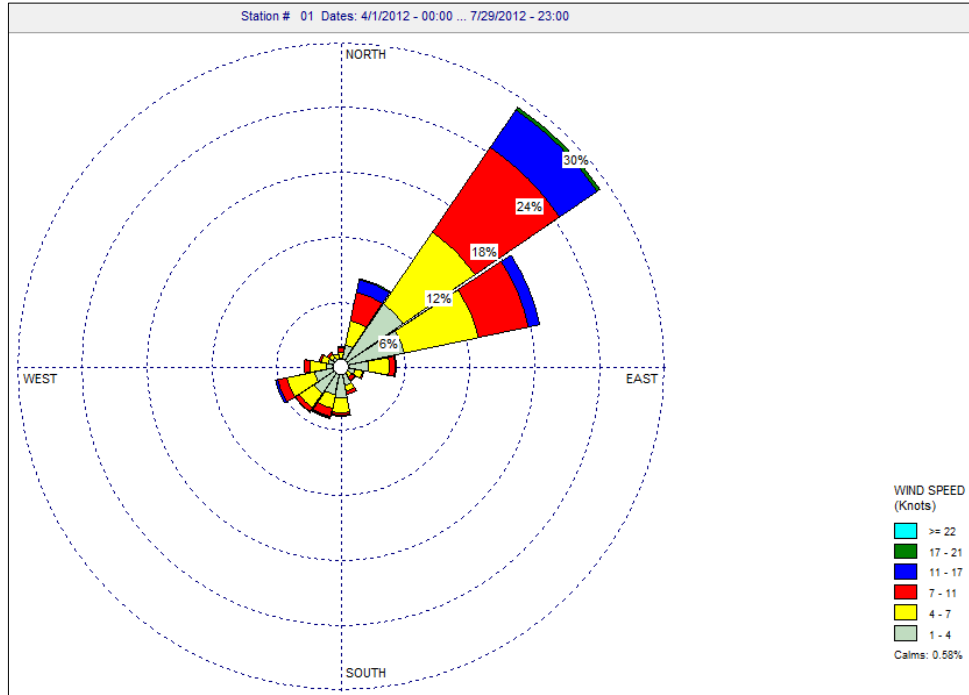
Dönem	Zaman (Ay-Sene)	Basınç (hPa)	Nem (%)	Sıcaklık (°C)	Rüzgar(hızı m/s)	Yağmur (mm/sa)
1.Dönem	Nisan 2011	910.03	61.98	9.85	-	-
	Mayıs 2011	884.01	68.09	14.99	-	-
	Haziran 2011	882.91	82.61	19.32	2.55	0.03
	Temmuz 2011	881.46	47.16	25.02	-	-
	ORTALAMA	889.60	64.96	17.29	2.55	0.03
2.Dönem	Ekim 2011	916.82	66.44	11.04	-	-
	Kasım 2011	919.74	70.96	3.36	2.06	0
	Aralık 2011	917.80	76.31	3.74	-	-
	ORTALAMA	918.12	71.23	6.04	2.06	0
3.Dönem	Nisan 2012	910.72	51.67	14.65	-	-
	Mayıs 2012	911.38	59.97	17.18	-	-
	Haziran 2012	913.49	41.51	23.71	2.86	0.02
	Temmuz 2012	911.02	<u>37.27</u>	26.59	-	-
	ORTALAMA	911.65	47.60	20.53	2.86	0.02



Şekil 3. I. örnekleme dönemine ait rüzgar hızı ve yönünü gösterir rüzgar gülü grafiği



Şekil 4.II. örnekleme dönemine ait rüzgar hızı ve yönünü gösterir rüzgar gülü grafiği



Şekil 5. III. örnekleme dönemine ait rüzgar hızı ve yönünü gösterir rüzgar gülü grafiği

4.3. KULLANILAN KİMYASALLAR VE MATERYALLER

Diklorometan, Aseton, Etil asetat ve Hekzan %99 saflıkta; Petrol eteri ise %90 saflıkta; Sodyum sülfat, florisil (0,150-0,250 mm) ve nötral alüminyum oksit (0,063-0,2 mm) Merck ürünüdür. Granül halindeki sodyum sülfat %99 saflıkta ve susuzdur. Azot gazı %99 yüksek saflıktadır.

Sertifikalı PAH surragate standart maddeleri ve standart solüsyonlar AccuStandarts (USA) ve Ultra Scientific (USA)’den alınmıştır (Çizelge 3).

Kalibrasyon standartları, yüksek derişimdeki standarttan hekzan ile seyreltilerek hazırlanmış ve buzdolabında saklanmıştır. Kullanılan standartlar Çizelge 3’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.Kullanılan surragate ve standart solüsyonlar

	Bileşikler	Stock solüsyon (ppm)	Ürün Kodu
PAH (sur)	Acenaphthene-d10, Crysened-12, Perylene-d12, Phenanthrene-d10	2000	AccuStandard M-525-IS-PAK 2.0 mg/ml in CH ₂ Cl ₂
PAH (mix)	Nap, Acy,Ace, Flu, Ant, Phe, Flt, Pyr, BaA, Chr, BbF, BkF, BaP, DahA, Ind, BgHiP	100	Ultra Scientific U-PM-610-1

4.4. ÖRNEKLERİN HAZIRLANMASI

Numuneler analiz öncesi temizlenmiş ve her numuneden 1’er gram tartılarak şişelere konmuştur. Her numuneye ekstraksiyon ve temizleme (clean-up) işlemleri sırasındaki kayıpları belirlemek için belirlenen miktarda (20 µl) 50 ppm’likvekil standartlar (surragate) enjekte edilmiştir. Bu örnekler 40 ml diklorometan (DCM) ve petrol eteri (PE) (¼) karışımı içinde 24 saat bekletilmiştir.

4.5. ÖRNEKLERİN EKSTRAKSİYONU VE ÖNZENGİNLEŞTİRİLMESİ

24 saat solüsyonda bekletilen örnekler 1 saat ultrasonik olarak ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon işleminden sonra örnekler cam yününden süzülerek tortulardan arındırılmış ve önzenginleştirme ve clean-up işlemi için hazırlanmıştır.

Süzülen örnekler azot gazı altında miktarları 1-2 ml’ye kadar düşürülerek önzenginleştirme işlemi gerçekleştirilir.

4.6. TEMİZLEME (CLEAN-UP)

Örnekte var olan istenmeyen kimyasalların girişiminin önlenmesi için clean-up prosedürü uygulanır

4.6.1. Kolonda Yer alacak Kimyasalların Hazırlanması

- Sodyum Sülfat ve Cam Yünü: Sodyum sülfat ekstratların susuzlaştırılması için kullanılır ve bunun için temizleme işlemine tabi tutulur. Bu amaçla Na_2SO_4 bir behere alınır ve hekzan ile yıkanır. Süzüldükten sonra ağzı alüminyum folyo ile kapatılarak 1 gece 100°C 'lik etüvde bekletilir. Kurutulmuş Na_2SO_4 amber vialle konularak desikatörde saklanır.

Cam yünü hekzan ve diklorometan ile yıkanıp süzüldükten sonra etüvde kurutulur ve örneklerdeki artık maddeleri süzmek için kullanılmak amacıyla desikatörde saklanır.

- Florisil ve Alüminyum oksit: Alüminyum oksit PAH'lar için metal ve su gibi maddelerin girişimlerini önlemek için kullanılır [42].

Florisil ise alifatik bileşiklerin kolondan geçmesini önlemek için kullanılır [42].

Alüminyum oksit ve florisiler 450°C 'lik fırında 6-7 saat yakılarak aktive edilir. Kullanımdan yaklaşık 1 saat önce alüminyum oksit 1 gramı 60 µl ultra saf su ile ıslatılıp iyice çalkalanarak deaktif edilir [43].

4.6.2. Clean-up Kolonunun Hazırlanması

Kolon için 15 cm boyunda ve 0,5 cm çapında cam malzeme kullanılmıştır. Kolon sırasıyla cam yünü, bir gram alüminyum oksit, bir gram florisil ve bir gram sodyum sülfat ile hazırlanır (Şekil 6). Kullanımdan hemen önce 10 ml hekzan ile yıkanarak kolon temizlenir.

Alüminyum oksit metal oksitleri ve suyu tutmak için, florisil uçucu ya da yarı uçucu organik bileşikleri tutmak için ve sodyum sülfat ise örneklerdeki su ve nemi tutmak için kullanılır.

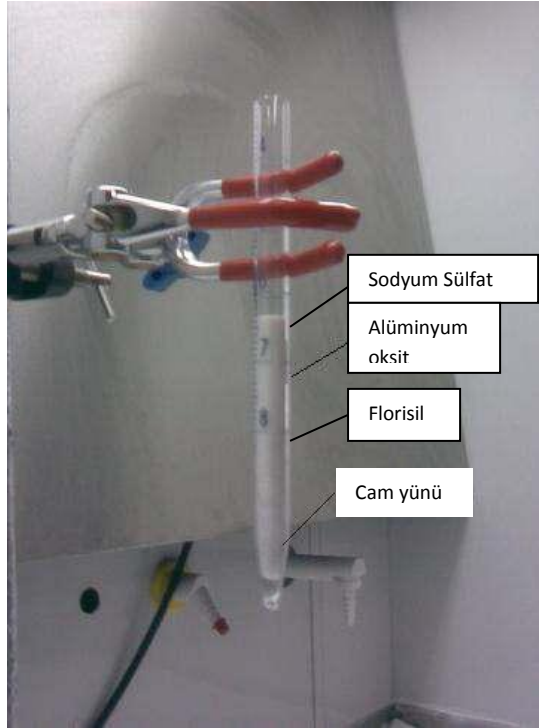
4.6.3. Temizleme (Clean up) ve son zenginleştirme

Önzenginleştirilme yapılarak miktarları 1-2 ml'ye düşürülen örnekler gas-tight şırınga ile kolona verilir. Örneklerde PCB ve PAH analizi yapılacağından iki aşamalı bir işlem gerçekleştirilir. Örnek kolona verildikten sonra kolondan 40 ml hekzan geçirilerek PCB örneklerinin ayrılması sağlanır. Bunun ardından kolondan 60 ml (1:1) hekzan-etil asetat karışımı geçirilerek PAH örnekleri ayrılır. Kolondan geçirilmiş olan PAH örnekleri

azot gazı altında miktarları 3-4 ml'ye düşüncüye kadar solvent uçurma işlemi gerçekleştirilir. Ardından bu örneklere 4-5 ml hekzan eklenerek miktarları 1 ml'ye düşürölünceye kadar azot gazı altında uçurulmaya devam edilerek son zenginleştirmesi yapılır. Bu şekilde çözücü değışimi yapılan örnekler viallere alınarak GC-MS'de okunmaya hazır hale getirilir (Şekil 6ve Şekil 7).

Analiz aşamaları

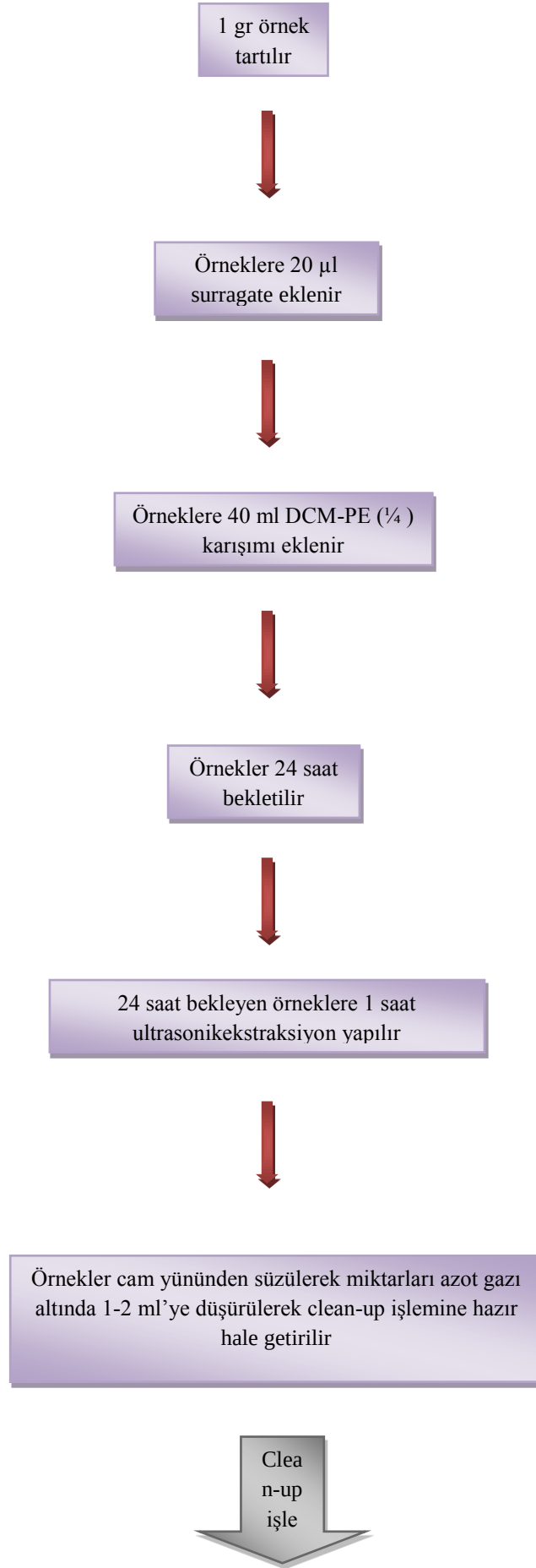
Şekil 8ve Şekil 9'da gösterilmiştir.



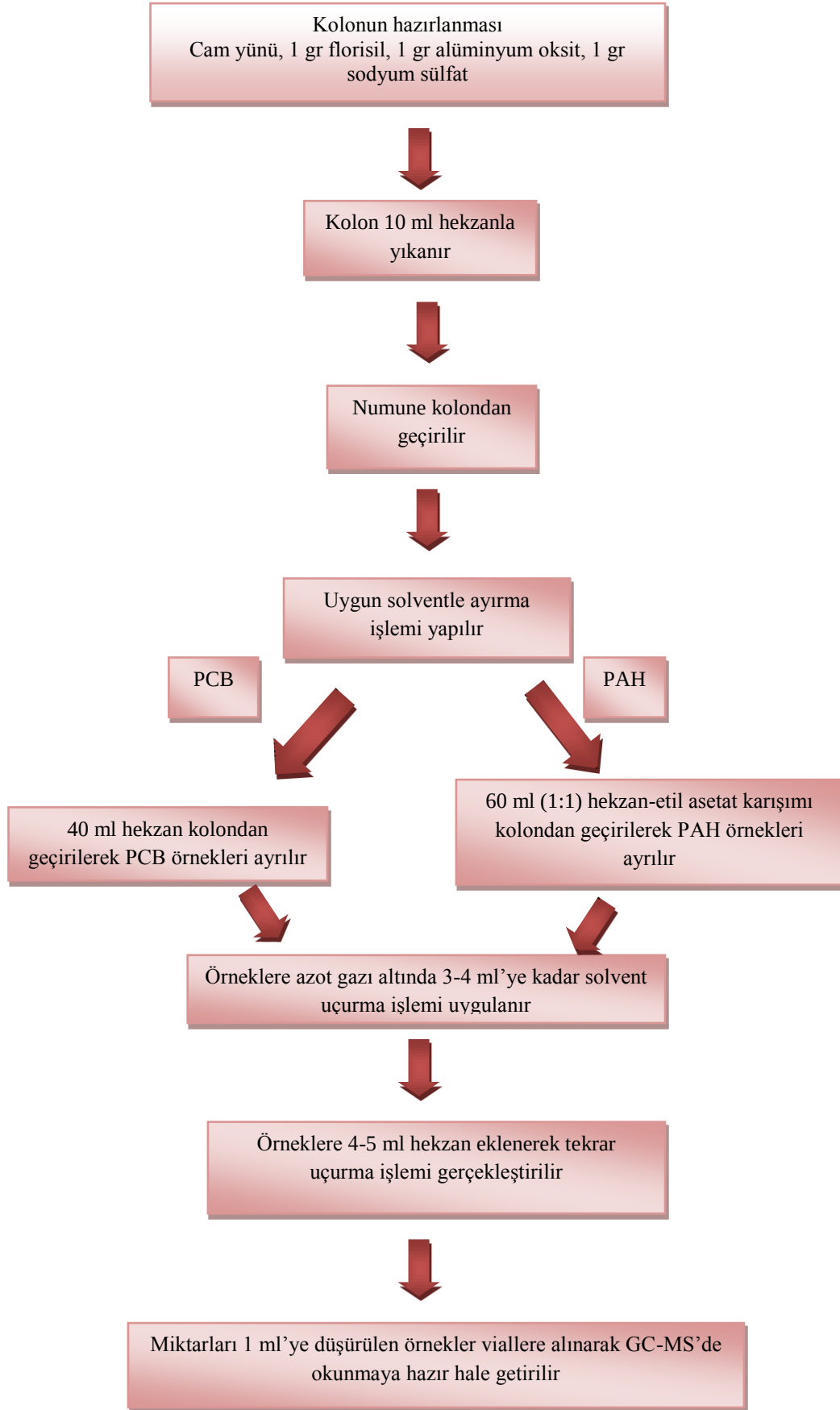
Şekil 6. Clean-up kolonu



Şekil 7. Azotla son zenginleştirme



Şekil 8.Örneklerin clean-up için hazırlanması



Şekil 9. Örneklerin analiz aşaması

4.7. GC-MS PARAMETRELERİNİN DÜZENLENMESİ

Clean-up işlemi ile hazır hale getirilen örnekler, derişimlerinin belirlenmesi amacıyla GC-MS (Agilent Technologies 5975C) cihazında analiz edilmiştir. GC-MS'inkalibrasyonu 16 hedef PAH bileşigi (Ultra Scientific PM 610) ve 4 surragate bileşik (AccuStandard M-525 IS) ile hazırlanmış kalibrasyon çözeltisi ile yapılmıştır. Ardından “Seçilmiş İyon Monitorlama” (SIM) modunda analiz yapılması için 7 SIM penceresi belirlenmiştir. Kalibrasyon 0,01-0,1-0,2-0,5-1-2-4 ppm için yapılmıştır. Kalibrasyon ile ilgili PAH çeşitleri, iyonlar, geliş zamanları, regresyon katsayıları ve molekül ağırlıkları ve halka sayıları Çizelge 4'te verilmiştir. GC-MS operasyon parametleri Çizelge 5'te verilmiştir. SIM pencereleri, iyonların geliş zamanları Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 4.GC-MS kalibrasyon parametreleri

PAH'lar	İyonlar (m/z)	Geliş Zamanı (dak)	Lineer aralık (ppm)	Regresyon Katsayısı (r ²)	Molekül Ağırlıklarına göre	Halka Sayıları	LOD (ng/g)	LOQ (ng/g)
Naphthalene(Nap)	128, 127, 129	11,009	0,01-4	0,997	LMW	2	0,0004	0,0013
Acenaphthylene (Acy)	152,151,153	16,369	0,01-4	0,998	LMW	2	0,0003	0,0009
Acenaphthene (Ace)	153, 154, 152	17,046	0,01-4	0,997	LMW	3	0,0010	0,0032
Flourene (Flu)	166,165,167	18,757	0,01-4	0,998	LMW	3	0,0009	0,0030
Phenanthrene (Phe)	178,176,179	21,934	0,01-4	0,999	LMW	3	0,0002	0,0006
Anthracene (Ant)	178,176,179	22,079	0,01-4	0,992	LMW	3	0,0004	0,0012
Fluoranthene (Flt)	202,200,101	25,973	0,01-4	0,992	HMW	4	0,0003	0,0011
Pyrene (Pyr)	202,200,101	26,654	0,01-4	0,993	HMW	4	0,0001	0,0005
Benzo(a)anthracene (BaA)	228,226,229	30,857	0,01-4	0,997	HMW	4	0,0018	0,0060
Chrysene (Chr)	228,226,229	31,011	0,01-4	0,994	HMW	4	0,0050	0,0165
Benzo(b)fluoranthene (BbF)	252,253,126	36,320	0,01-4	0,997	HMW	5	0,0199	0,0664
Benzo(k)fluoranthene (BkF)	252,253,126	36,448	0,01-4	0,996	HMW	5	0,0073	0,0243
Benzo(a)pyrene (BaP)	252,253,126	37,425	0,01-4	0,998	HMW	5	0,0069	0,0229
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene (Ind)	276,277,138	42,953	0,01-4	0,996	HMW	6	0,0936	0,3121
Dibenzo(a,h)anthracene(DahA)	278,276,139	43,174	0,01-4	0,998	HMW	5	0,0403	0,1343
Benzo(g,h,i)perylene (BgP)	276,138,277	43,897	0,01-4	0,998	HMW	6	0,0158	0,0526

Çizelge 5.GC-MS operasyon parametreleri

GC kolonu	30 m * 250 µm *0,25 µm nominal film kalınlığı. %5 PhenylMethylSiloxane. HP 5MS, kapiler kolon
Liner	Deaktive edilmiş cam pamuklu Splitless cam liner (Agilent Technologies)
Taşıyıcı gaz	Ultra saf Helyum, %99,999, 1ml/dak
Enjeksiyon tipi	Splitless
Enjeksiyon portu sıcaklığı	280 C
Fırın sıcaklığı	70 C (4dak), 7 C/dak ile 250 C'ye (5 dak), 5 C/dak ile 300 C'ye (8 dak)
Enjeksiyon hacmi	1 µL
Kütle spektrometresi	Elektron impact, 70eV
Kütle spektrometresiquadropol sıcaklığı	150 C
Kütle spektrometresi kaynak sıcaklığı	230 C

GC-MS' hassas sonuçlar alınabilmesi amacıyla SIM modunda çalışılmıştır. Birbirlerine yakın zamanda gelen bileşikleri ayırmak için 7 pencere yapılmıştır. Her bir PAH bileşiği için bir ana iki yardımcı iyon seçilmiştir (Çizelge 6).

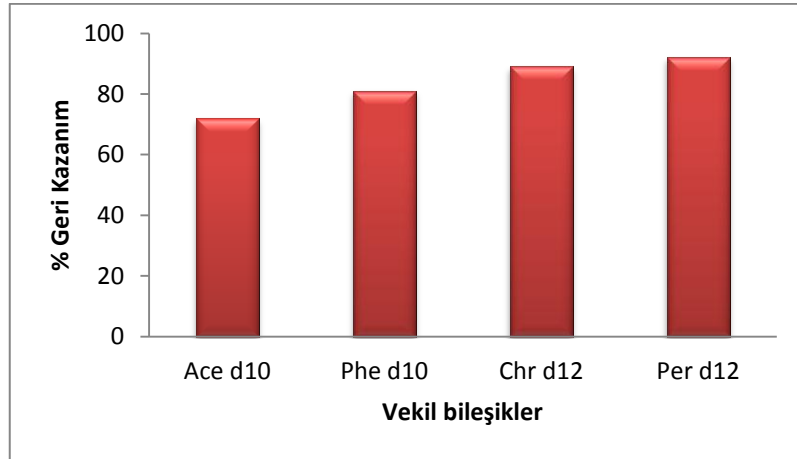
Çizelge 6.SIM pencereleri parametreleri

SIM Penceresi	Zaman Aralığı(dak)	İzlenen İyonlar (m/z)	PAH Bileşikleri
1	8-12	127,128,129	Nap
2	12-19	151,152,153,154,160, 162,164,165,166,167	Acy,Ace d-10, Ace,Flu
3	19-23	176,178,179,184,187,188	Phe d-10, Phe, Ant
4	23-27	101,200,202	Flt, Pyr
5	27-33	226,228,229,236,240,241	BaA,Chr d-12, Chr
6	33-40	126,252,253,260,264,265	BbF,BkF,BaP,Per d-12
7	40-44	138,139,276,277,278	Ind, DahA, BgP

Örneklerdeki analiz, ekstraksiyon, temizleme, zenginleştirme işlemleri sırasında meydana gelebilecek kayıpların belirlenebilmesi amacıyla surrogate bileşikler kullanılmıştır(AccuStandard M-525 IS). Kullanılan surrogate bileşikler ve hedef PAH bileşikleri Çizelge 7'de gösterilmiştir. Şekil 10' da analizde kullanılan vekil bileşiklerinin geri kazanım oranları yüzde cinsinden gösterilmiştir.

Çizelge 7.Geri kazanım hesaplamalarında kullanılan vekil bileşikler

SIM Penceresi	PAH Bileşikler
Ace d-10	Nap, Acy, Ace, Flu
Phe d-10	Phe, Ant
Chr d-12	Flt, Pyr, BaA, Chr,
Per d-12	BbF, Ind, DahA, BgP, BaP, BkF



Şekil 10. % Geri kazanım oranları

4.8. TOKSİSİTE DENKLİK FAKTÖRÜNÜN HESAPLANMASI (TEF)

Toksosite Denklik Faktörü (TEF) metodolojisi US EPA tarafından kimyasalların kanserojenik etkilerinin belirlenmesi için geliştirilmiştir.

Washington Administrative Code (WAC)173-340-200' de polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) kanserojenik veya cPAH olarak tanımlanmıştır. Bu polisiklik hidrokarbonlar (PAH) EPA tarafından Grup A (insan kaynaklı) ya da Grup B (muhtemel insan kaynaklı) olarak tanımlanır. Bunlar benzo[a]anthracene (BaA),benzo[b]fluoranthene (BbF), benzo[k]fluoranthene (BkF), benzo[a]pyrene (BaP), chrysene (Chr), dibenzo[a,h]anthracene (DahA) ve indeno[1,2,3-cd]pyrene (Ind)'dir [44].

cPAH karışımları için, referans kimyasal benzo[a]pyrene (BaP)'dir. Bu kimyasalın toksisite karakterizasyonu iyi belirlenmiş olduğundan benzo[a]pyrene referans kimyasal olarak seçilmiştir. Her bir cPAH'ın toksisite eşitlik faktörü (TEF), benzo[a]pyrene kullanılarak belirlenmiştir.

Toksisite Denklik Konsantrasyonlarının hesaplanması matematiksel tanımı aşağıda verilmiştir:

$$\text{Toplam toksisite denklik faktörü (TTEC)} = \sum C_n * \text{TEF}_n$$

TTEC: toplam toksisite denklik konsantrasyonu

C_n: karışımdaki cPAH konsantrasyonu(mg/g)

TEF_n : kendi karışımlarında cPAH'larla ilgili toksik eşitlik faktörü

TTEC hesaplanırken aşağıdaki adımlar takip edilir:

- 1) Her bir cPAH konsantrasyonlarını hesaplamak için bir örnekteki kimyasal karışım analizi yapılır.
- 2) TTEC'yi elde etmek için, tanımlanmış PAH konsantrasyonları tablodan elde edilen TEF değerleriyle çarpılır.
- 3) Bu değerler ayrı bir kolona yazılır ve toplanır.
- 4) Bulunan bu değer referans değerle karşılaştırılır.

cPAH karışımı için referans kimyasal olan benzo[a]pyrene (BaP) için bu değer 0,137 mg/kg'dır[20].

4.9. ÇALIŞMADAKİ VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE KULLANILAN İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLER

Tez çalışması süresince yapılan tüm ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi aşamasında Statgraphics XVI istatistiki programı kullanılmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde genel olarak %95 güven aralığı kullanılmıştır. Box-Whisker grafikleri, faktör analizi, ANOVA testi bu program kullanılarak verilerin değerlendirilmesi aşamalarında kullanılmıştır.

4.10. EV KOŞULLARI

Evlere gidildiğinde ev koşulları ile analiz sonuçlarının istatistiksel açıdan değerlendirilmesi amacıyla anket çalışması da yapılmıştır. Evlerin % 51,2'sinde 3'ten fazla kişi yaşamakta, %84,1'inin yakınından ana cadde geçmekte, % 76'sı mutfakta doğalgaz kullanmakta, %69'u doğalgaz kombi ile ısıtmayı sağlamakta, %46'sında evde yaşayanlar sigara içmemekte, % 50,9'unda ise evin içinde sigara içilmemektedir. Anket sonuçları değerlendirmesi Çizelge 8'de verilmiştir.

Çizelge 8. Ev koşulları anket verileri ve evlerdeki yüzdeleri

Ev Koşulları		Yüzde
Evde yaşayan kişi sayısı	≤3 kişi (1)	48,8
	>3 (2)	51,2
Ana cadde	Evin yakınında ana cadde var	84,1
	Evin yakınında ana cadde yok	15,9
Evin katı	<1	37,6
	1-4	56,7
	5-8	5,7
Mutfak yakıt türü	Doğal gaz	76,0
	Elektrik	6,3
	Odun-Kömür	2,3
	LPG	15,4
Konut ısıtma türü	Mer. Sistem	10,9
	Kat Kaloriferi	69,0
	Soba (kömür ya da odun)	20,1
Sigara içen kişi sayısı	-	46,7
	1-2	42,3
	>2	10,1
Ev içinde sigara içilme	İçilmiyor	50,9
	İçiliyor	49,1

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

Petrol ve petrol türevleri olan polisiklikaromatik hidrokarbonlar (PAH'lar) başlıca insan ve doğal kaynaklı olarak dış ortamda bulunmaktadır. Bu bileşiklerin önemli iç ortam kaynakları ise sigara dumanı, yemek pişirme ve sobalardır. Çevresel bozunma etkilerinin bulunmadığı ve sürekli bir birikim ile ev tozlarında biriken iç ortam PAH derişimleri dış ortama göre daha fazla görölmektedir. Kanserojen ve mutajen olan PAH'lardan özellikle daha sık nefes alıp veren, aktif halde hareketli olan bebekleri ve çocukları daha çok etkilenmektedirler.

5.1. PAH DERİŞİMLERİ

Bu çalışma Ankara İlinde toplam 125 evde yaz ve kış dönemlerinde iç ortam PAH derişimlerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Ev tozunda 16 PAH bileşiğinin derişimleri hesaplanmıştır. Alınan tüm örneklerin analiz sonuçları incelenmiş ve bulunan sonuçlar Çizelge 9'da verilmiştir.

Bu çalışma kapsamında yapılan yaz 1 (Nisan-Temmuz 2011), yaz 2 (Nisan-Haziran 2012) ve kış dönemi (Ekim-Aralık 2011) örnekleme ile ev içi tozlarında PAH derişimleri belirlenmiştir (Şekil11. Tüm sonuçlar toplam PAH derişimleri (Devam)

Çizelge 109).

I. Dönem örnekleme için bebek odası, salon ve süpürge örneklerinde sırasıyla 70, 83 ve 53 örnekte analizler yapılmıştır. II. Dönem örnekleme için bebek odası ve süpürge örneklerinde sırasıyla 52 ve 26 örnek kullanılarak analizler yapılmıştır. III. Dönem örnekleme için bebek odası ve süpürge örneklerinde sırasıyla 58 ve 59 örnek kullanılarak analizler yapılmıştır. Verilerin mevsimsel değerlendirmesi için bebek odası ve süpürge örneklerinde sırasıyla 33 ve 16 örnek kullanılarak değerlendirmeler yapılmıştır. Kümülatif ve anlık PAH derişimlerinin karşılaştırılması için bebek odası ve süpürge için sırasıyla 179 ve 139 örnek kullanılmıştır. Aynı evlerdeki kümülatif ve anlık değişime bakılması amacıyla toplam 68 evdeki veriler kullanılarak değerlendirmeler yapılmıştır.

16 PAH çeşidi arasından en yüksek Etlik'te bulunan (Etl 7) bir evde bebek odasında Nap, en düşük ise Etlik'te bulunan (Etl 22) bir evde DahA derişimi bulunmuştur. Tüm örneklemede düşük molekül ağırlığına (LMW) sahip PAH'lar, yüksek molekül ağırlığına (HMW) sahip PAH'lardan daha yüksek bulunmuştur. Tüm sonuçların grafiksel gösterimi Şekil 11'de verilmiştir. En yüksek derişime sahip eve ait bilgiler şu şekildedir: 3'ten fazla kişi yaşamakta, ev giriş katta yer almakta, evin yakınında ana cadde

bulunmakta, mutfakta ve evin ısınmasında odun/kömür kullanılmakta ve evde 2'den fazla kişinin sigara içtiği bilinmektedir. En düşük DahA derişiminin bulunduğu ev koşulları ise şöyledir: Evde 3'ten fazla kişi yaşamakta, evin yakınında ana cadde bulunmakta, ev 1. katta yer almakta, mutfakta ve evin ısıtması için doğalgaz kullanılmakta ve evde sigara içilmemektedir.

En yüksek toplam PAH derişimi Etlik'te yer alan bir evde (Etl 7) ve en düşük toplam PAH derişimi Çubuk'ta yer alan bir evde (Çub 2) bulunmuştur. En yüksek derişimin bulunduğu evin özellikleri şu şekildedir: 3'ten fazla kişi yaşamakta, ev giriş katta yer almakta, evin yakınında ana cadde bulunmakta, mutfakta ve evin ısınmasında odun/kömür kullanılmakta ve evde 2'den fazla kişinin sigara içtiği bilinmektedir. En düşük derişime sahip evin özellikleri şu şekildedir: evde 3 kişi yaşamakta, evin yakınında ana cadde bulunmakta, ev 2-5. katlarda, mutfakta LPG, ev ısıtmasında soba kullanılmakta, evde sigara içilmemektedir.

En yüksek cPAH derişimi Batıkent (Bat 3), en düşük cPAH derişimi ise Etlik (Etl 22)'te görülmüştür. Batıkent'te yer alan eve ait özellikler şöyledir: evde 3'ten fazla kişi yaşamakta, ev üst katlarda yer almakta, evin yakınından ana cadde geçmekte, mutfakta LPG, evin ısıtması için ise soba kullanılmakta, evde 3'ten fazla kişi sigara içmektedir. Etlik'te yer alan evin özellikleri şöyledir: evde 3'ten fazla kişi yaşamakta, evin yakınında ana cadde bulunmakta, ev giriş katta yer almakta, ev ısıtması ve mutfakta doğalgaz kullanılmakta, evde sigara içilmemektedir.

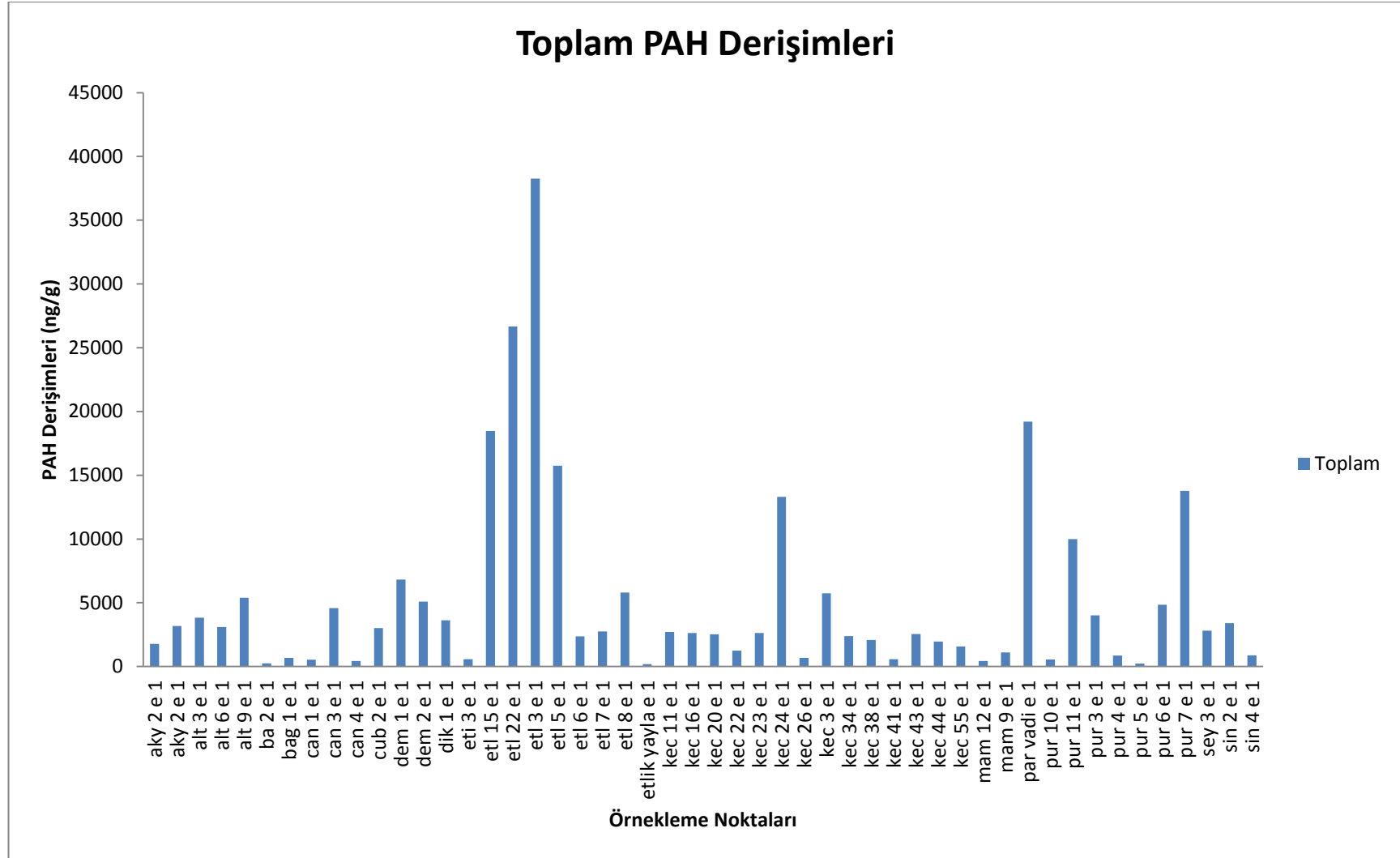
En yüksek HMW derişimi Etlik (Etl 5), en düşük derişim ise Etlik (Etl 22)'de görülmüştür. Yüksek derişime sahip eve ait özellikler şöyledir: evde 3'ten fazla kişi yaşamakta, evin yakınında ana cadde yer almakta, ev giriş katta yer almakta, mutfata LPG, ev ısıtmasında ise soba kullanılmakta, evde sigara içilmemektedir. Düşük derişime sahip olan eve ait özellikler şöyledir: evde 3'ten fazla kişi yaşamakta, evin yakınında ana cadde bulunmakta, ev giriş katta yer almakta, ev ısıtması ve mutfakta doğalgaz kullanılmakta, evde sigara içilmemektedir.

En yüksek LMW derişimi Etlik (Etl 7), en düşük LMW derişimi Etlik (Etl 22)'de görülmüştür. Yüksek derişime sahip eve ait özellikler şöyledir: 3'ten fazla kişi yaşamakta, ev giriş katta yer almakta, evin yakınında ana cadde bulunmakta, mutfakta ve evin ısınmasında odun/kömür kullanılmakta ve evde 2'den fazla kişinin sigara içtiği bilinmektedir. Düşük derişime sahip eve ait özellikler şöyledir: evde 3'ten fazla kişi

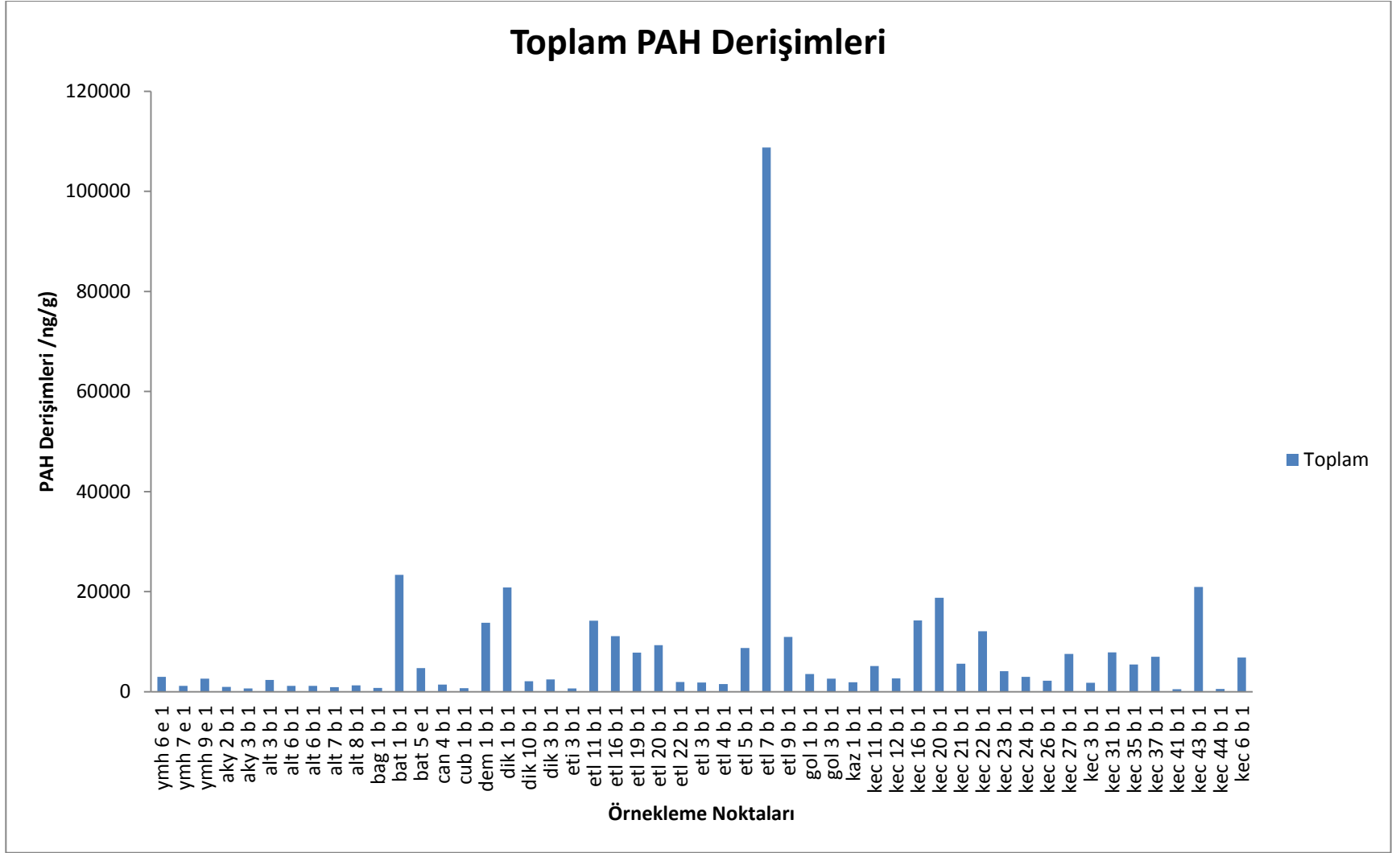
yaşamakta, evin yakınında ana cadde bulunmakta, ev giriş katta yer almakta, ev ısıtması ve mutfakta doğal gaz kullanılmakta, evde sigara içilmemektedir.

Çizelge 9. Tüm dönemler analiz sonuçları (ng/g)

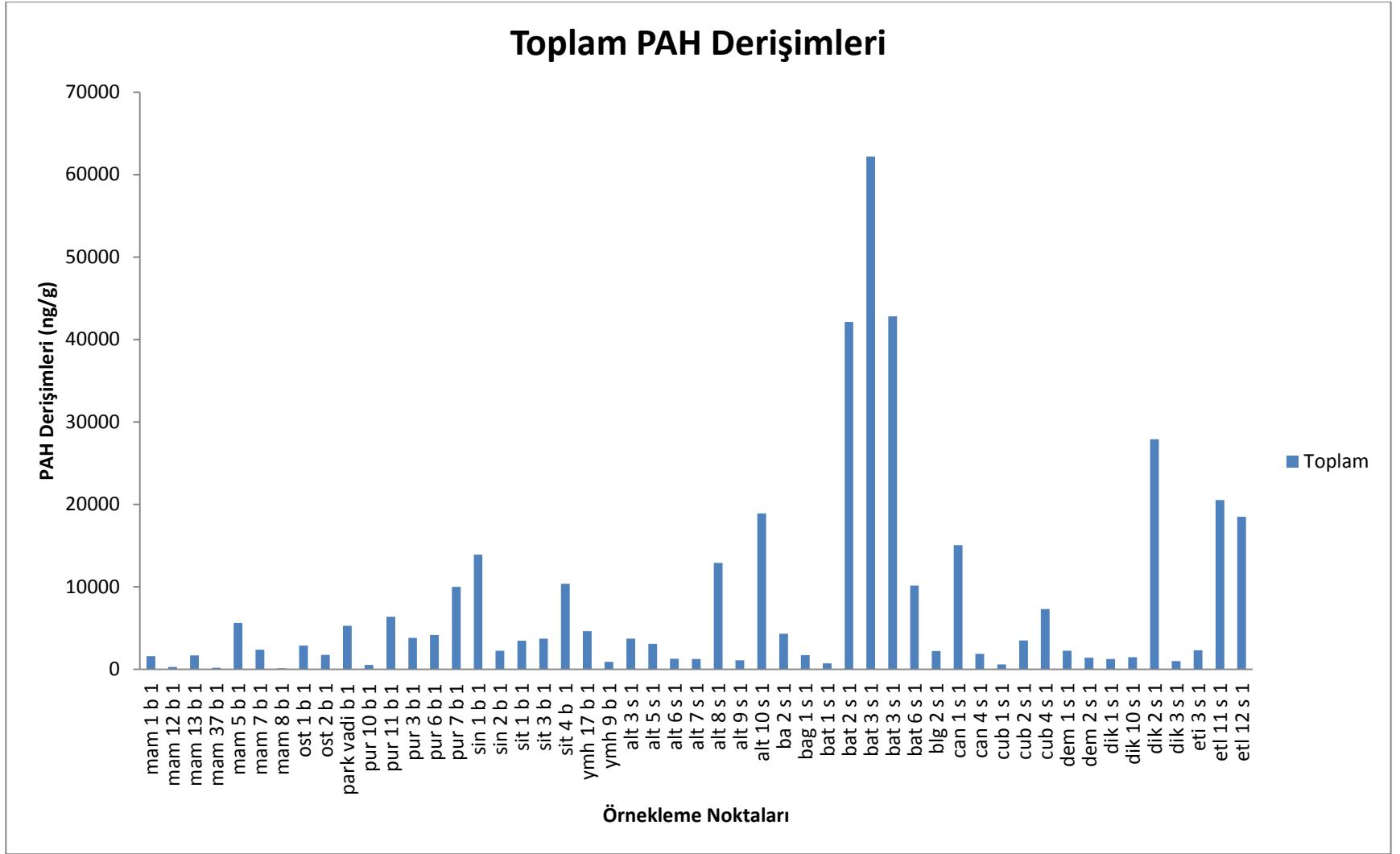
PAH'lar	Örnek Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Medyan	Minimum	Maksimum
Nap	399	1932	4262	479	4	46691
Acy	402	287	580	163	9	9712
Ace	399	146	484	47	1	7434
Flu	402	320	656	137	2	8581
Phe	402	800	1698	342	4	17793
Ant	402	455	1164	114	2	12708
Flt	401	451	1487	110	2	18654
Pyr	401	361	1106	85	2	11686
BaA	399	218	606	65	2	6705
Chr	398	260	730	80	3	8141
BbF	397	180	799	39	2	13443
BkF	397	244	847	59	3	13227
BaP	390	111	328	23	1	3083
Ind	400	80	168	38	3	1534
DahA	400	43	81	25	2	988
BgP	345	58	201	11	1	2907
ΣPAH	402	5906	10889	2604	77	108762
ΣHMW	401	1987	5501	599	12	57823
ΣLMW	402	3924	6807	1616	65	72367
ΣcPAH	400	1128	3051	373	10,5	29284



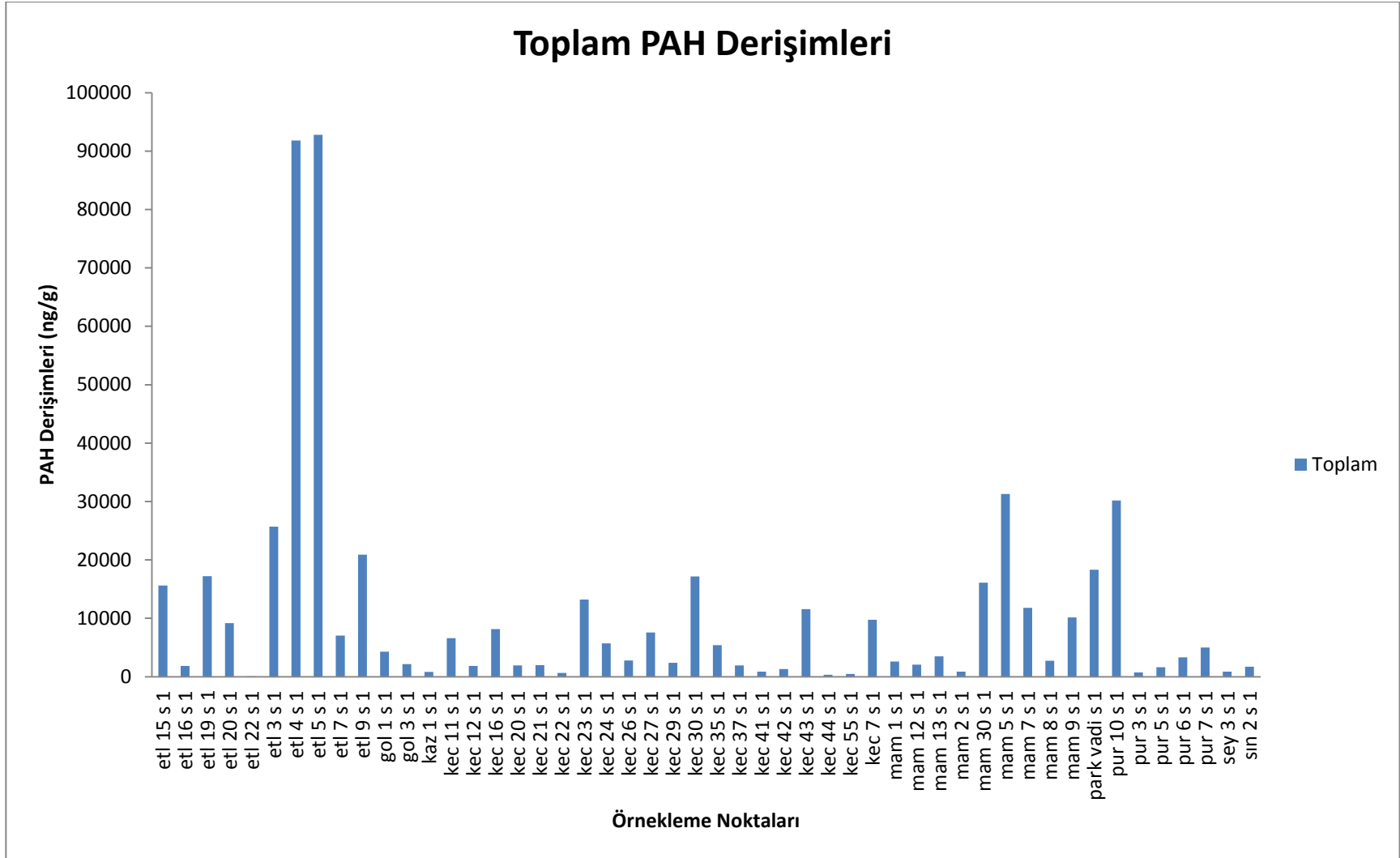
Şekil 11. Tüm sonuçlar toplam PAH derişimleri



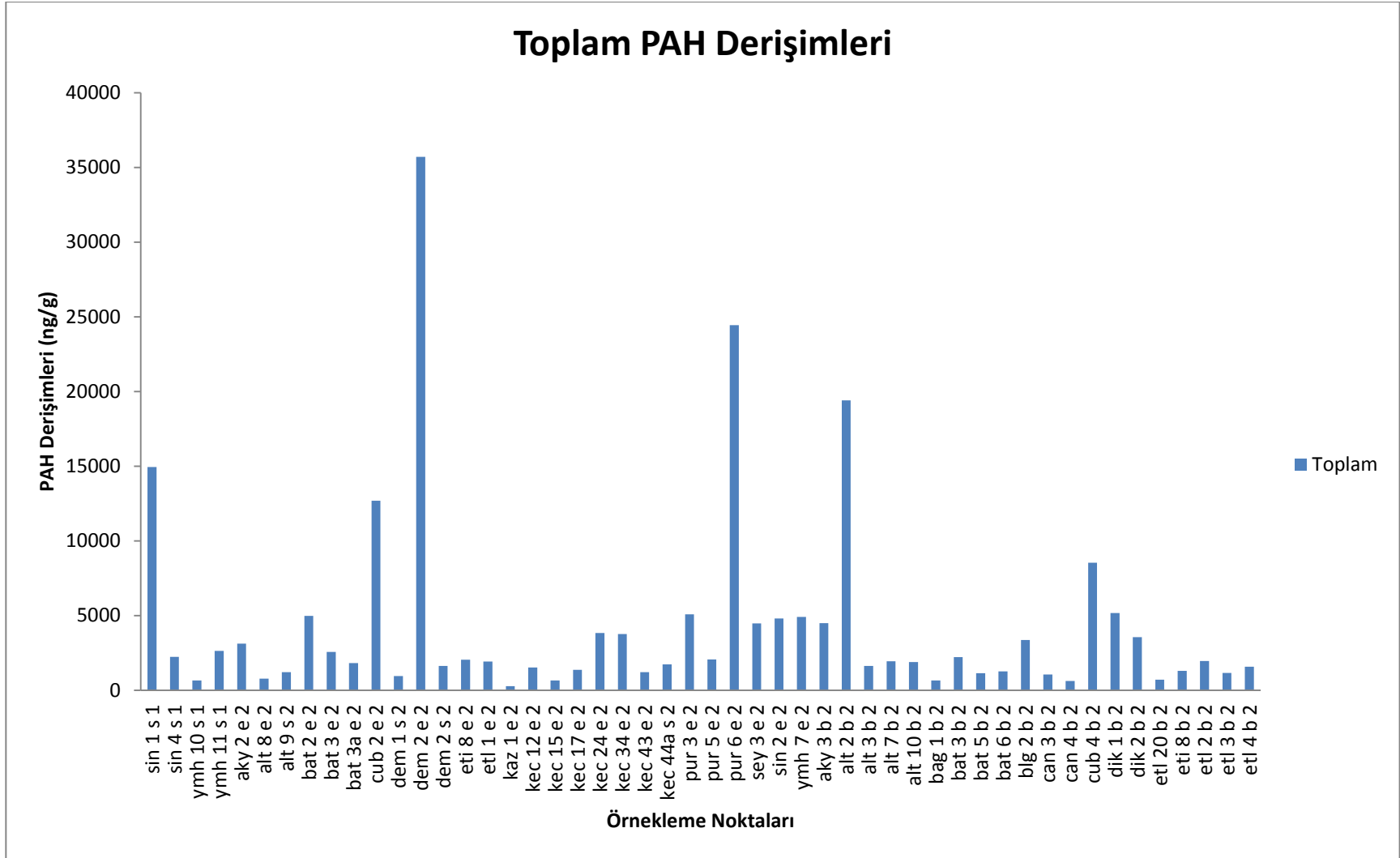
Şekil11. Tüm sonuçlar toplam PAH derişimleri (Devam)



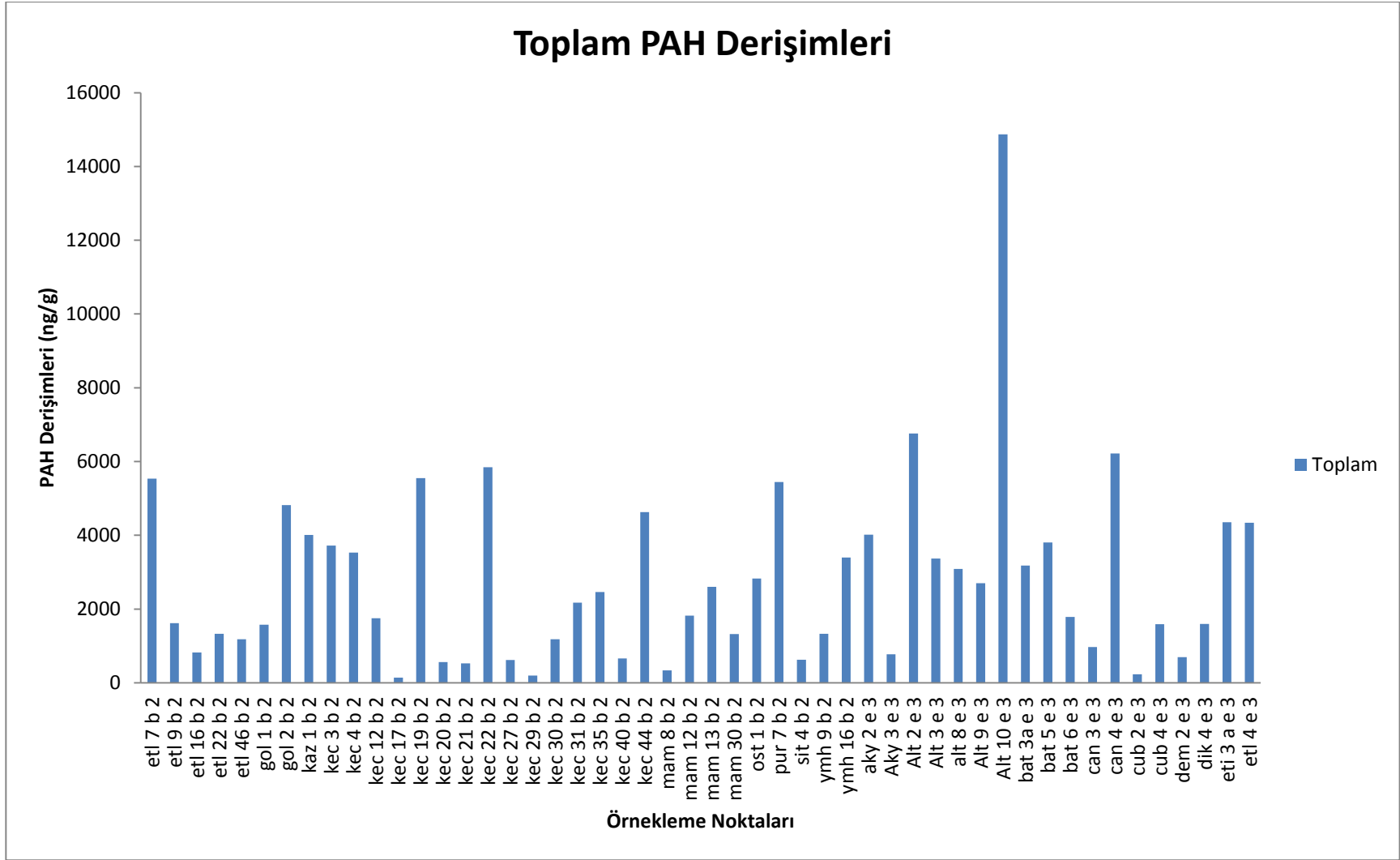
Şekil11. Tüm sonuçlar toplam PAH derişimleri (Devam)



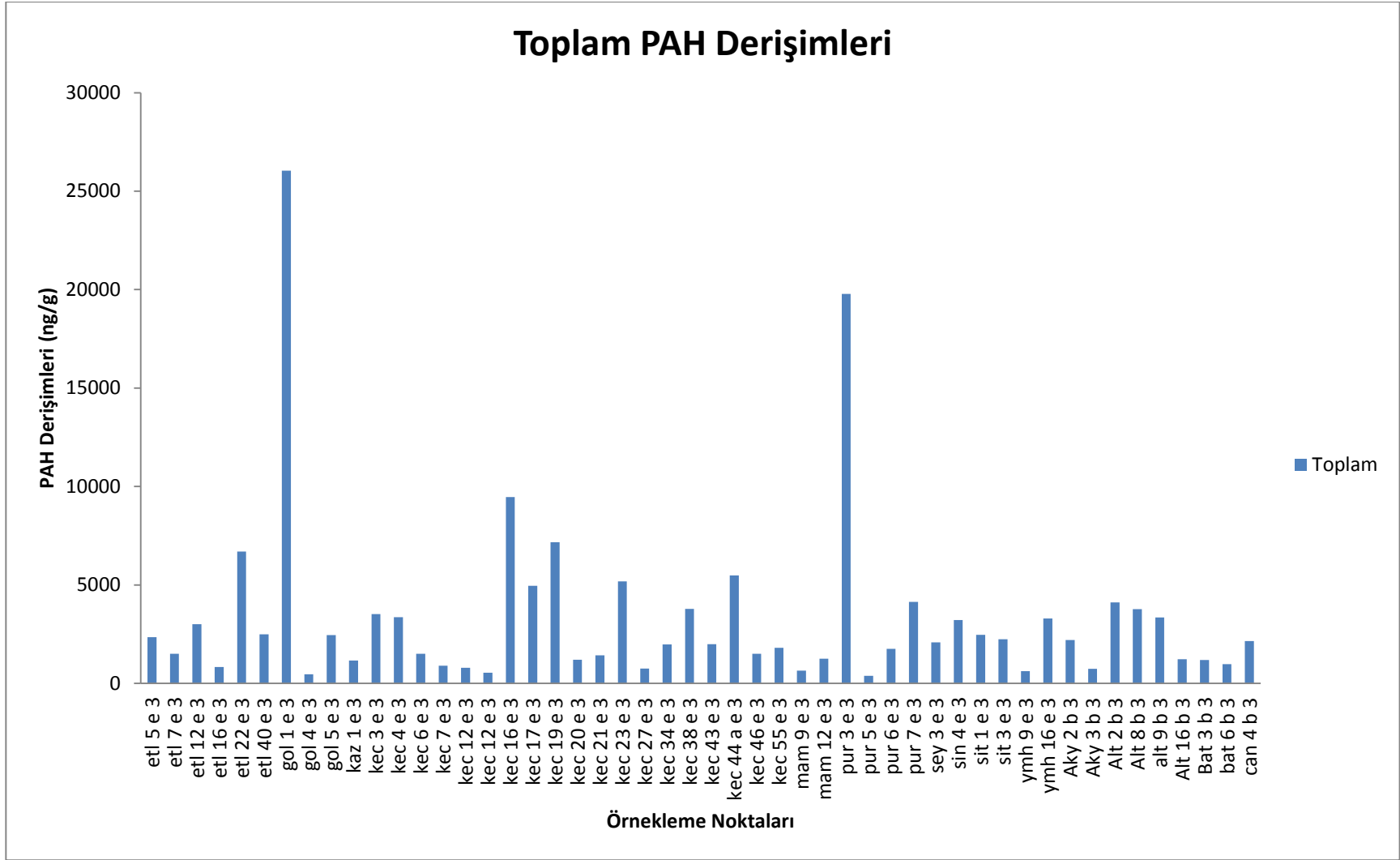
Şekil11. Tüm sonuçlar toplam PAH derişimleri (Devam)



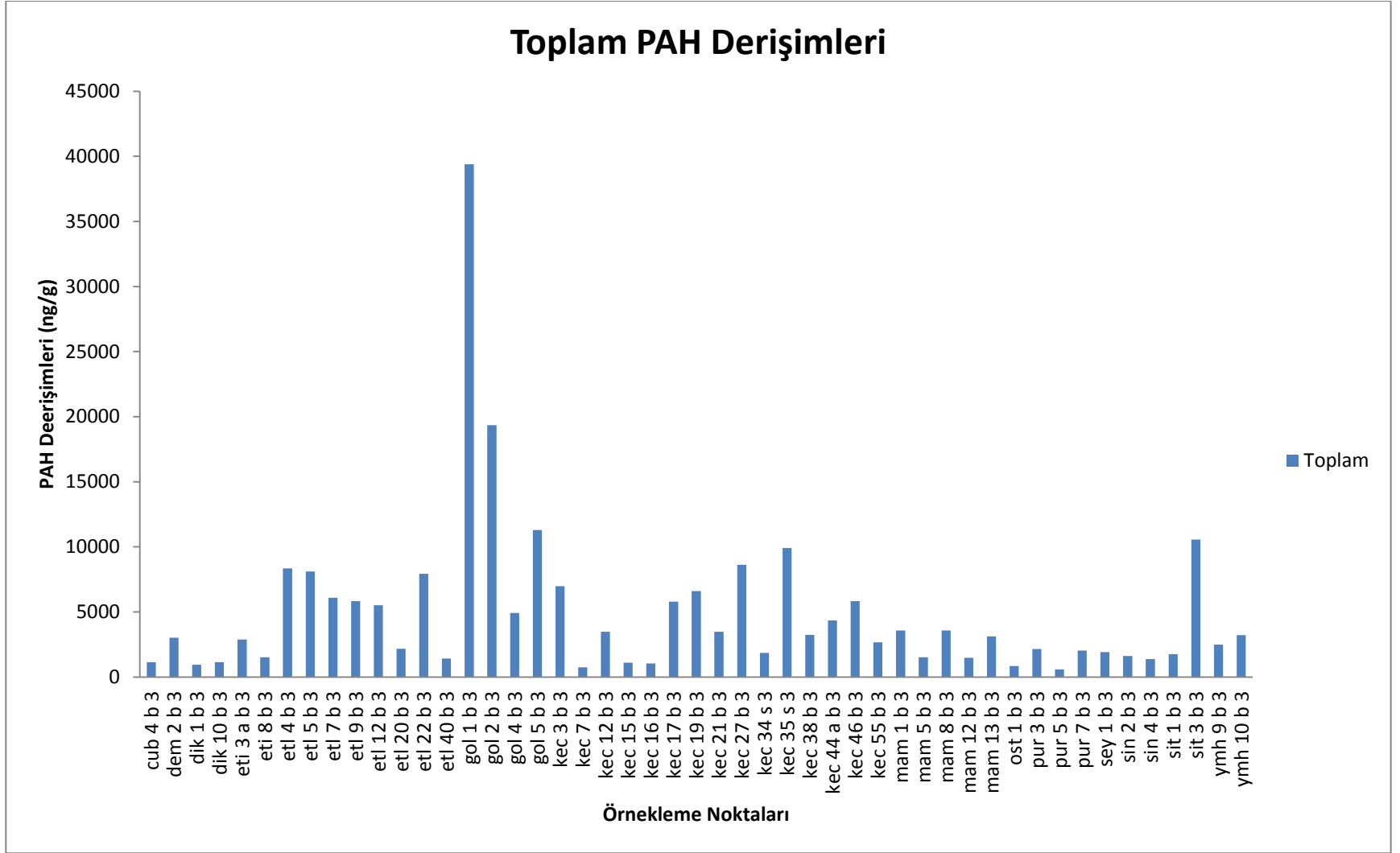
Şekil11. Tüm sonuçlar toplam PAH derişimleri (Devam)



Şekil11. Tüm sonuçlar toplam PAH derişimleri (Devam)



Şekil11. Tüm sonuçlar toplam PAH derişimleri (Devam)



Şekil11. Tüm sonuçlar toplam PAH derişimleri (Devam)

Çizelge 10.Üç dönem örneklerine ait tüm veriler (ng/g)

Örnekleme Dönemi	Örnek	Örnek Sayısı	Standart Sapma	Medyan	Minimum	Maksimum	Σ cPAH (Ortalama)	Σ PAH (Ortalama)	Σ HMW (Ortalama)	Σ LMW (Ortalama)
1. Dönem (Nisan- Temmuz 2011)	Bebek odası	70	2556	2009	145	14169	1091	6798	1994	4803
	Salon	83	7768	2768	77	31384	1718	10460	3245	7214
	Süpürge	53	7860	2665	184	38259	610	5449	1771	3677
2. Dönem (Ekim- Aralık 2011)	Bebek odası	52	2992	1683	136	19411	403	2647	665	1982
	Süpürge	26	7951	2049	272	35710	1467	4980	2491	2488
3. Dönem (Nisan- Haziran 2012)	Bebek odası	58	5777	2957	590	39387	1062	4451	1829	2621
	Süpürge	59	4468	2342	230	26044	835	3567	1464	2102

5.1.1. I.Dönem PAH Verilerinin Değerlendirmesi

I dönem örnekleme periyodu Nisan-Temmuz 2011 dönemlerinde tamamlanmıştır. Bu dönem içerisinde 110 gönüllü evden sağlıklı toz örnekleri ev tozlarında ve evlerde bulunan süpürgelerden toplanmıştır.

I. Dönem süpürge örnekleri ortalama, standart sapma, medyan, minimum ve maksimum değerleri sırasıyla

Çizelge 11’de verilmiştir.

1. dönem süpürge örneklerdeki bulunan PAH’lar sırasıyla Nap >Phe>Ant>Flt>Acy>Flu>Pyr>Chr>BaA>BkF>Ace>BbF>BaP>Ind>DahA>BgP olarak bulunmuştur.

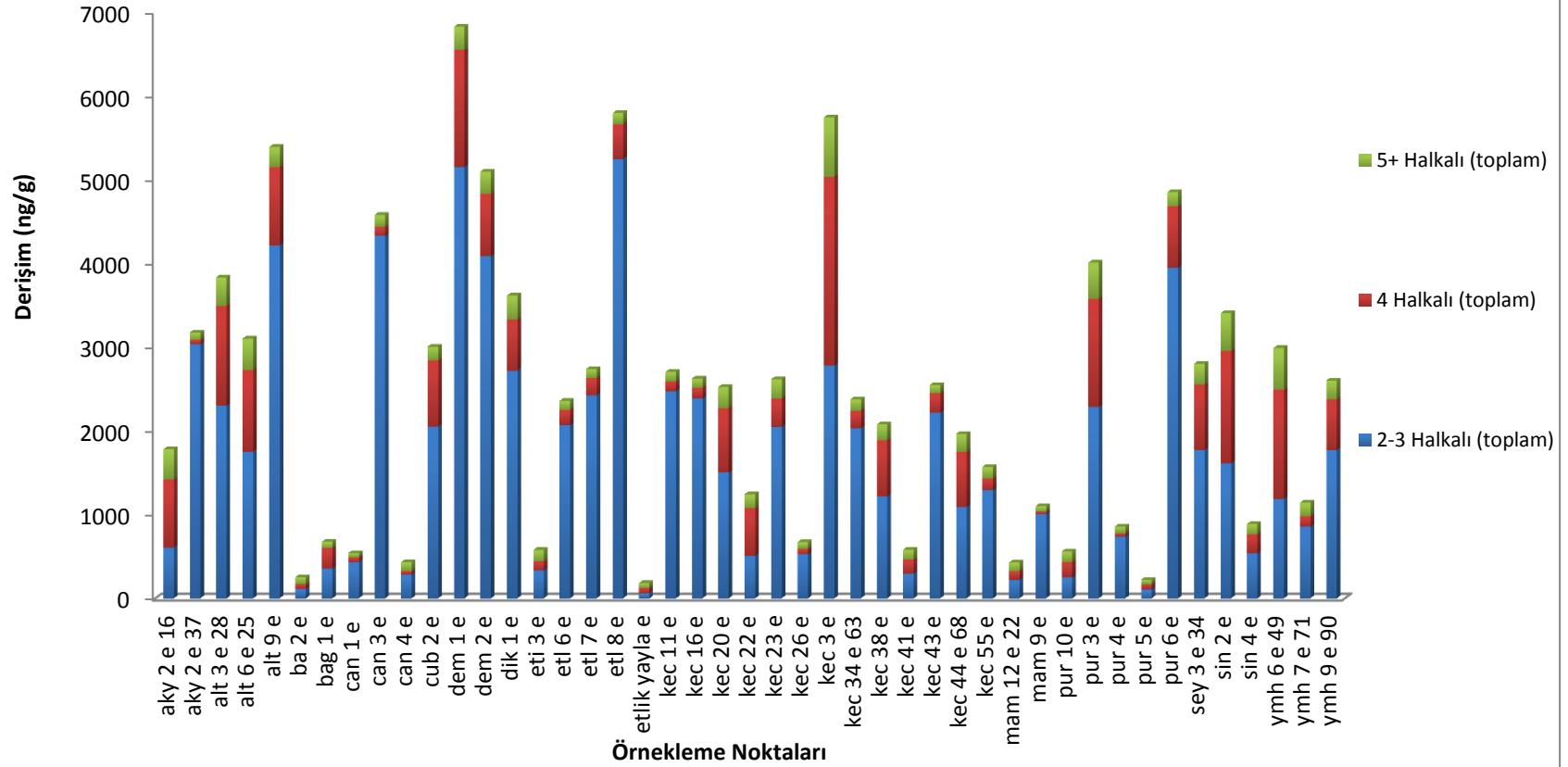
En yüksek PAH derişimi bebek odasında Etlik, süpürge örneklerinde ise Batıkent’te yer alan bir evde bulunmuştur.

Çizelge 11.I. Dönem süpürge analiz sonuçları (ng/g)

PAH’lar	Örnek Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Medyan	Minimum	Maksimum
Nap	52	1511	2846	353	237	13930
Acy	53	263	492	118	91	2712
Ace	50	94	189	30	21	1275
Flu	53	256	391	133	75	2295
Phe	53	689	831	308	223	3769
Ant	53	439	655	79	35	2467
Flt	53	326	526	128	58	2656
Pyr	53	247	393	112	45	2001
BaA	53	129	188	63	38	928
Chr	53	169	239	91	54	1111
BbF	52	89	134	39	24	624
BkF	52	119	194	49	36	1113
BaP	51	53	88	17	12	441
Ind	52	34	36	25	22	221
DahA	52	23	15	20	16	86
BgP	52	23	35	9	7	196
ΣPAH	53	5449	7860	2665	184	38259
ΣHMW	53	1771	4272	722	96	29369
ΣLMW	53	3677	6102	1903	65	36529
ΣcPAH	53	610	827	330	77	3701

I. dönem süpürge örneklerindeki PAH konsantrasyonu dağılımı 2-3, 4 ve 5+ halkalı PAH'lar için sırasıyla Şekil 12 'de gösterilmiştir.

I. Dönem Süpürge Örnekleri PAH Dağılımı



Şekil 12.I. Dönem süpürge örnekleri PAH Dağılımı

I. Dönem bebek odası örnekleri ortalama, standart sapma, medyan, minimum ve maksimum değerleri sırasıyla Çizelge 12’de verilmiştir.

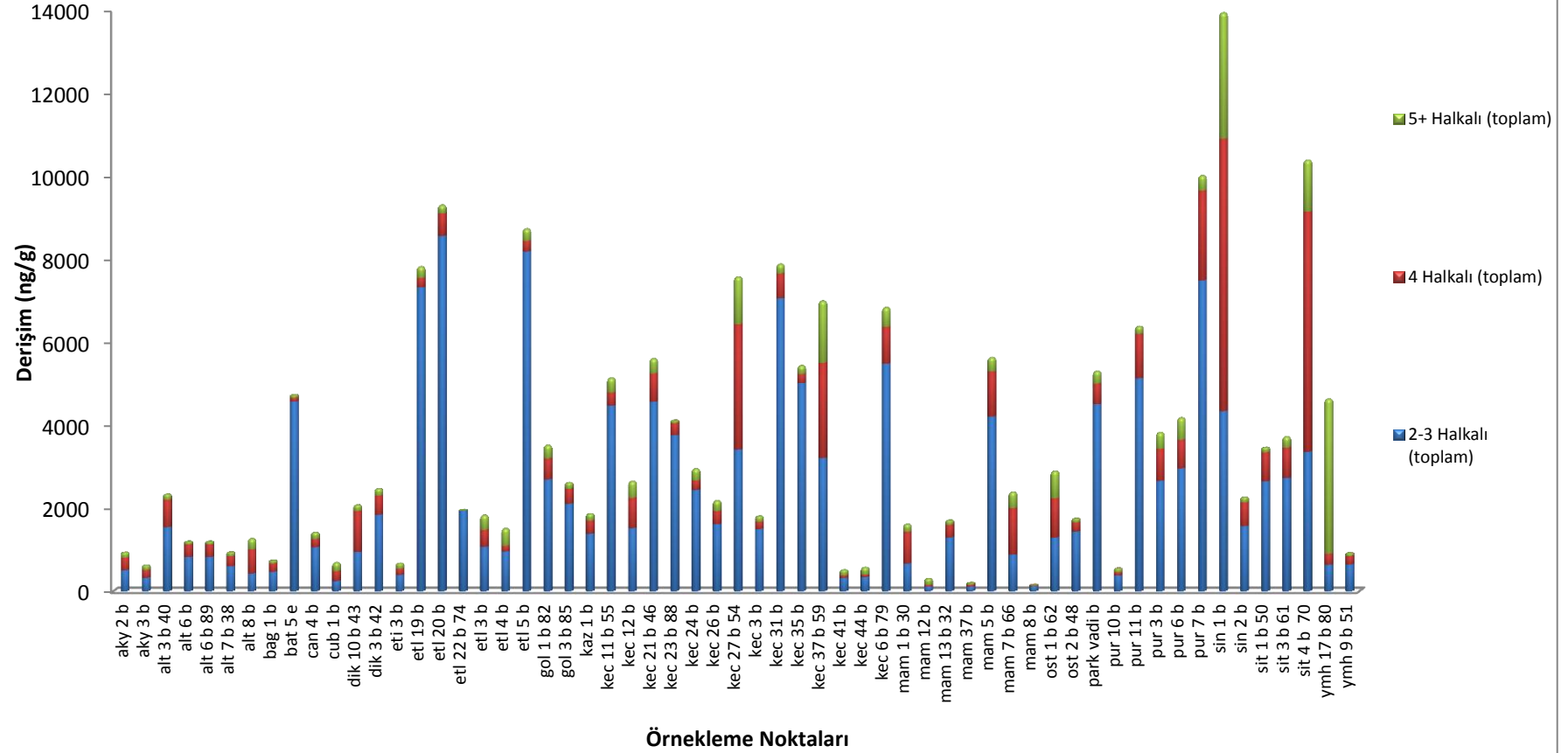
1. dönem ev tozlarında bulunan PAH’lar sırasıyla Nap >Phe>Flt>Pyr>Ant>Flu>Acy>Chr>BkF>BaA>BbF>Ace>BaP>Ind>DahA>BgP

Çizelge 12.I. Dönem bebek odası analiz sonuçları (ng/g)

PAH'lar	Örnek Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Medyan	Minimum	Maksimum
Nap	70	2750	6225	636	10	46691
Acy	70	259	315	199	23	1996
Ace	70	116	154	44	1	676
Flu	70	355	626	180	2	4928
Phe	70	938	1889	491	5	15260
Ant	70	387	694	137	2	3186
Flt	69	503	1366	154	2	10323
Pyr	69	394	1067	128	2	8033
BaA	69	226	487	85	6	3570
Chr	69	251	578	91	3	4274
BbF	69	184	437	44	2	2959
BkF	69	228	542	57	3	3673
BaP	67	95	247	21	1	1731
Ind	69	74	133	37	4	1011
DahA	69	42	44	27	2	229
BgP	64	32	94	8	1	647
ΣPAH	70	6798	13517	3208	146	108762
ΣHMW	69	1994	4791	699	28	36395
ΣLMW	70	4803	9277	2275	109	72367
ΣcPAH	70	1091	2336	409	24	17368

I. dönem bebek odası örneklerindeki PAH konsantrasyonu dağılımı 2-3, 4 ve 5+ halkalı PAH’lar için sırasıyla Şekil 13’te gösterilmiştir.

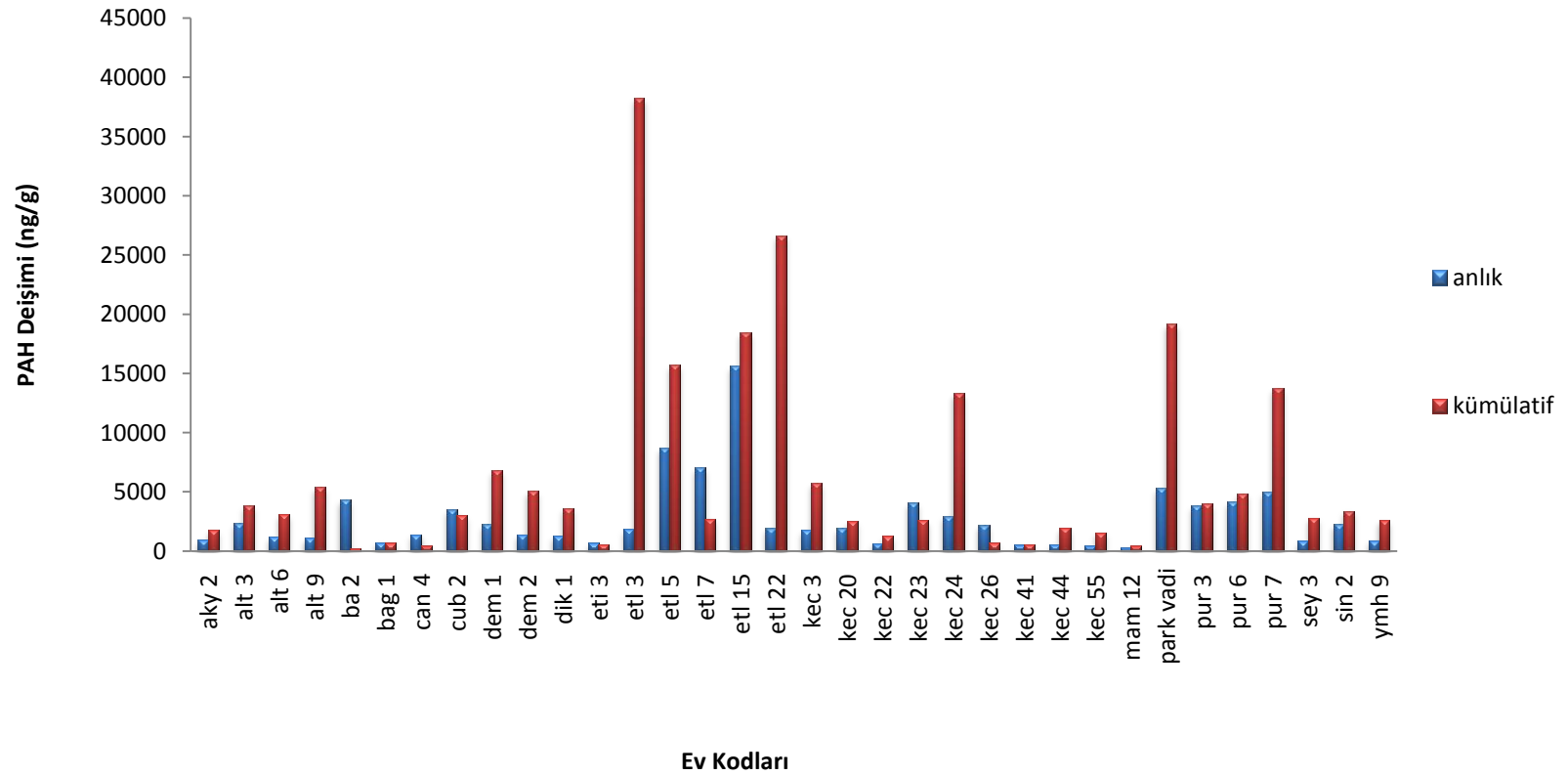
I. Dönem Ev Tozu PAH Konsantrasyonu



Şekil 13.I. Dönem Bebek odası PAH Dağılımı

Her üç dönemde de evlerden birkaç gün süpürülmemiş halılardan kısa dönem birikmiş ve evlerde bulunan süpürgelerin toz torbalarında uzun süre birikmiş kümülatif toz örneklerinde bulunan derişimler karşılaştırılmış ve toz torbalarından alınan örneklerdeki PAH derişimlerinin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. 1. döneme ait karşılaştırma grafiğı Şekil 14’ de gösterilmektedir.

I. Dönem Bebek Odası ve Süpürge Örnekleri Karşılaştırma



Şekil 14.I. Dönem bebek odası ve süpürge örnekleri karşılaştırma

I. Dönem salon örnekleri ortalama, standart sapma, medyan, minimum ve maksimum değerleri sırasıyla Çizelge 13'te verilmiştir.

1. dönem salonlarda bulunan PAH'lar sırasıyla Nap>Phe>Flt>Ant>Pyr>Flu>Chr>Acy>BaA>BkF>Ace>BbF>BaP>Ind>BgP>DahA olmuştur.

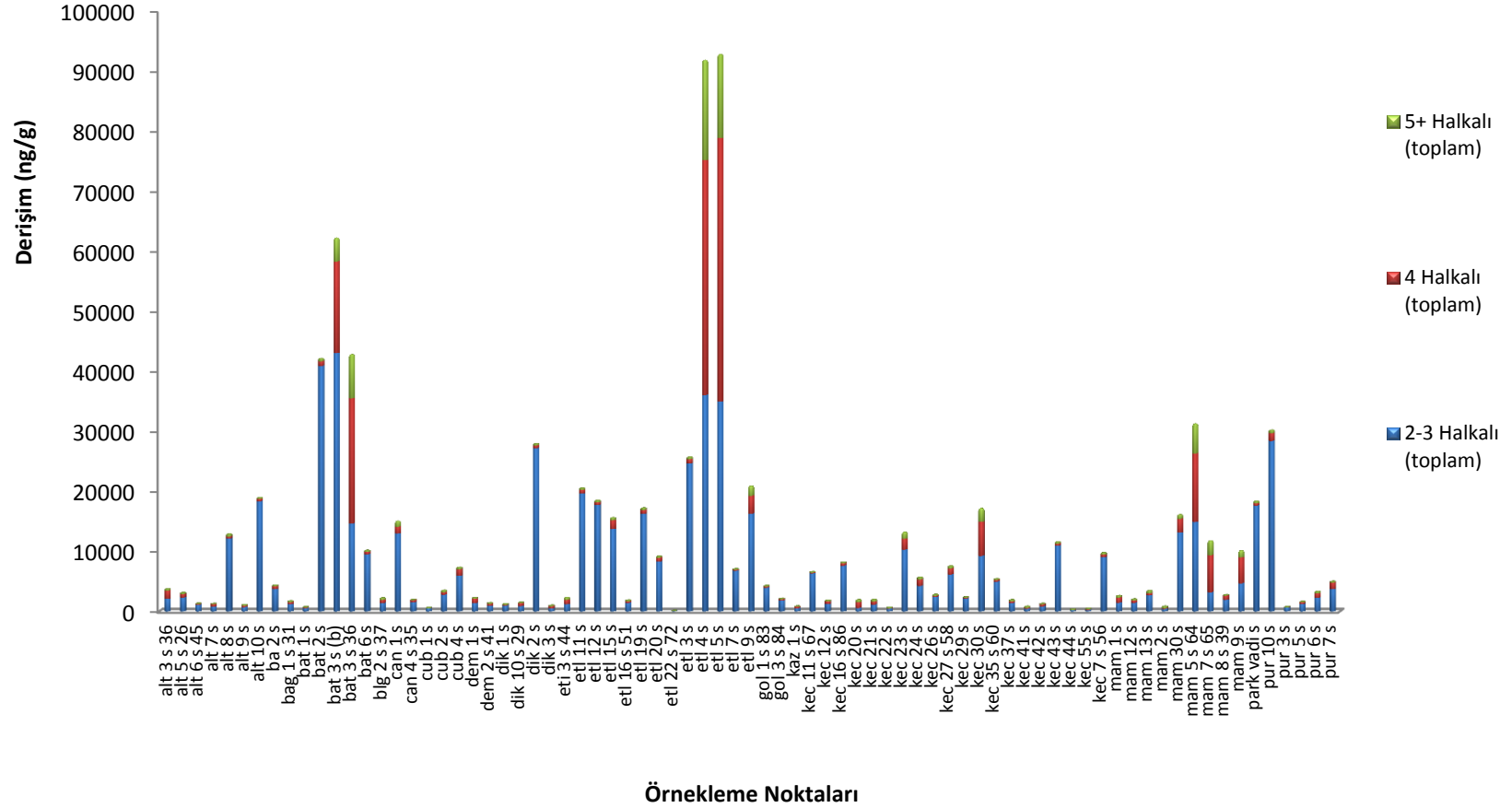
Çizelge 13.I. Dönem salon analiz sonuçları (ng/g)

PAH'lar	Örnek Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Medyan	Minimum	Maksimum
Nap	80	3808	5727	1186	6	31384
Acy	83	419	1084	208	9	9712
Ace	81	279	632	68	2	4623
Flu	83	619	1182	154	7	8581
Phe	83	1504	2885	446	13	17793
Ant	83	731	2064	141	3	12708
Flt	83	843	2736	140	2	18654
Pyr	83	647	1945	110	2	11686
BaA	82	374	1051	93	3	6705
Chr	81	452	1291	100	7	8141
BbF	81	264	795	43	7	4779
BkF	81	316	887	48	8	5823
BaP	78	165	506	20	2	3083
Ind	82	114	246	41	3	1534
DahA	82	58	81	40	2	620
BgP	70	63	189	9	1	1162
ΣPAH	83	10460	17022	3325	77	92771
ΣHMW	83	3245	9479	504	12	57823
ΣLMW	83	7214	9789	2323	65	43017
ΣcPAH	82	1718	4736	410	11	28221

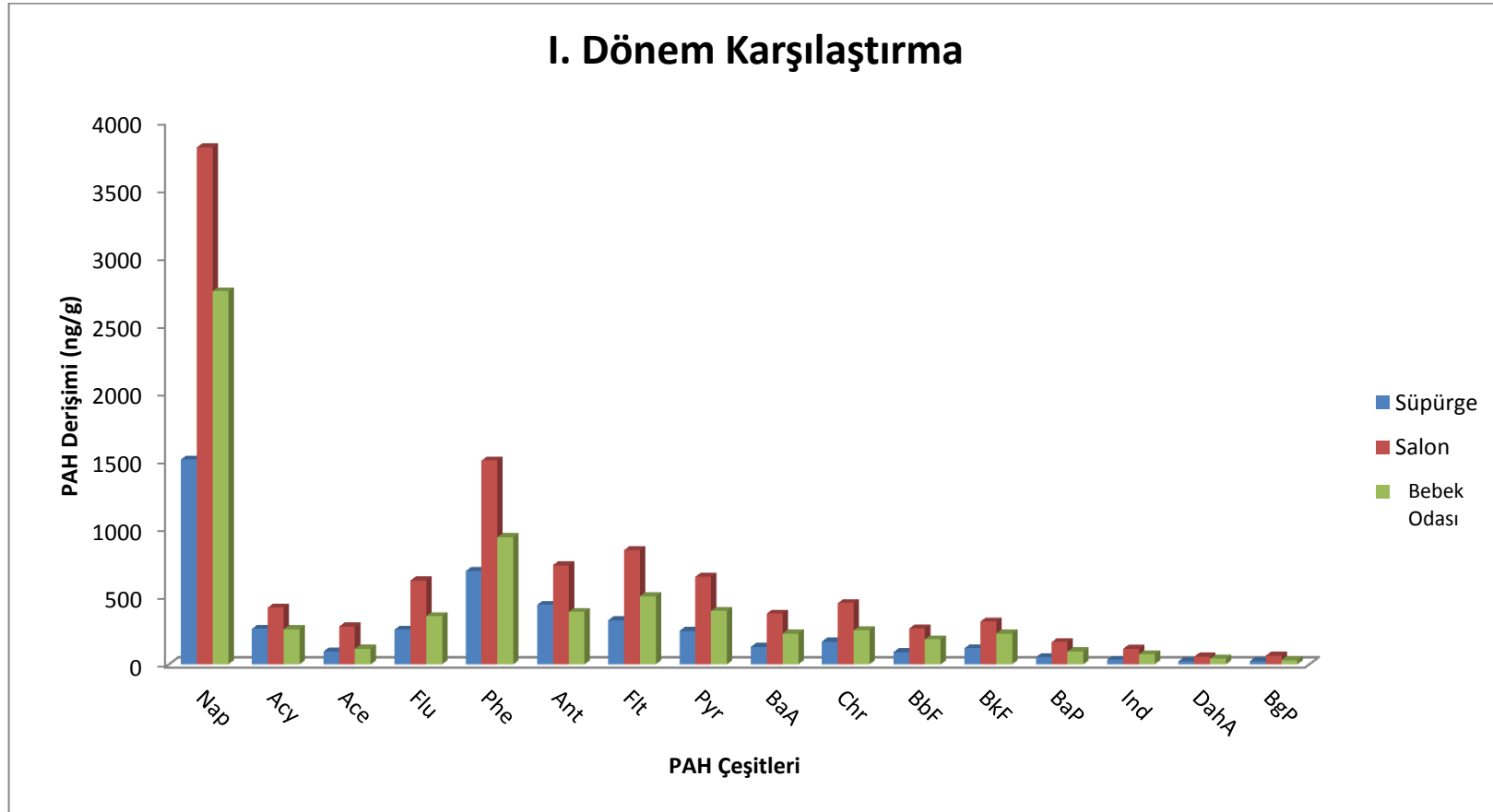
I. Dönem salon örneklerindeki PAH konsantrasyonu dağılımı 2-3, 4 ve 5+ halkalı PAH'lar için sırasıyla Şekil 1515'te gösterilmiştir.

I. Döneme ait süpürge, bebek odası ve salon örneklerinin karşılaştırması Şekil 16'da gösterilmiştir.

I. Dönem Salon PAH Dağılımı



Şekil 15.I. Dönem Salon PAH Dağılımı



Şekil 16. I. Dönem örneklerinin PAH Bileşikleri Ortalama Değişimi

5.1.2. II. Dönem PAH Verilerinin Değerlendirmesi

II. dönem örnekleme periyodu Ekim-Aralık 2011 dönemlerinde tamamlanmıştır. Bu dönem içerisinde 74 gönüllü evden sağlıklı toz örnekleri toplanmıştır.

II. Dönem bebek odası örnekleri ortalama, standart sapma, medyan, minimum ve maksimum değerleri sırasıyla Çizelge 14’te verilmiştir.

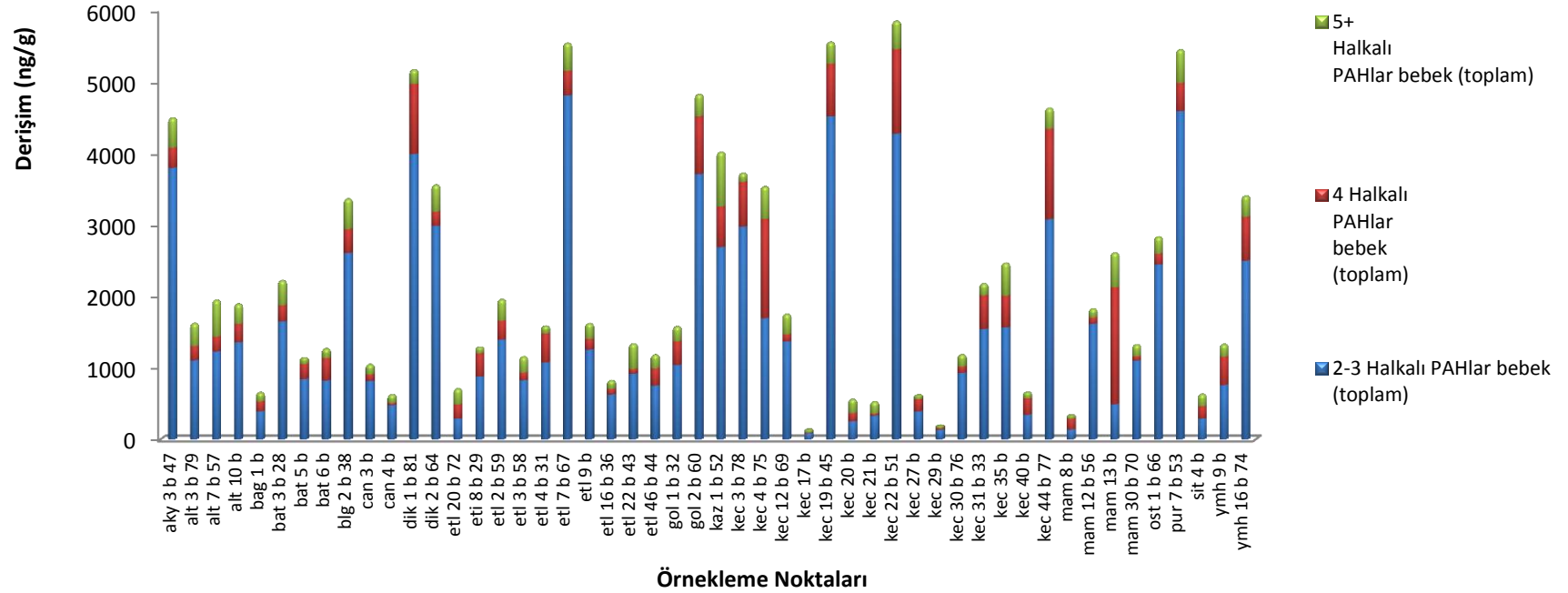
II. dönem bebek odası analizlerinde bulunan PAH’lar sırasıyla Nap >Phe>Acy>Ant>Flu>Flt>Pyr>Ace>Chr>BkF>Ind>BaA>BbF>DahA>BaP>BgP olmuştur.

Çizelge 14.II. dönem bebek odası analiz sonuçları (ng/g)

PAH’lar	Örnek Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Medyan	Minimum	Maksimum
Nap	52	811	1599	301	4	10842
Acy	52	286	444	151	20	2453
Ace	52	85	125	32	2	533
Flu	52	215	273	102	6	1026
Phe	52	315	320	193	14	1385
Ant	52	271	305	167	5	1345
Flt	52	146	163	84	3	566
Pyr	52	110	129	58	3	500
BaA	52	57	58	38	2	264
Chr	52	84	97	51	3	579
BbF	51	48	51	36	7	335
BkF	51	80	84	56	4	388
BaP	50	30	31	20	2	188
Ind	52	76	63	52	12	286
DahA	52	32	29	27	3	177
BgP	26	12	15	10	2	63
ΣPAH	52	2647	2992	1683	136	19411
ΣHMW	52	665	565	510	52	2856
ΣLMW	52	1982	2545	1167	83	16555
ΣcPAH	52	403	325	303	46	1944

II. dönem bebek odası örneklerindeki PAH konsantrasyonu dağılımı 2-3, 4 ve 5 halkalı PAH’lar için sırasıyla Şekil 17’de gösterilmiştir.

2. Dönem Ev Tozu PAH Dağılımı



Şekil 17.II. Dönem bebek odası PAH konsantrasyonları

II. Dönem süpürge örnekleri ortalama, standart sapma, medyan, minimum ve maksimum değerleri sırasıyla Çizelge 15’te verilmiştir.

2. dönem süpürgelerden alınan örneklerdeki bulunan PAH’lar sırasıyla Nap >Phe>Ant>Pyr>Flt>Acy>BkF>Chr>BaA>Flu>BgP>Ind>BaP>BbF>Ace>DahA

En yüksek PAH derişimi bebek odasında Altındağ,süpürge örneklerinde ise Çubuk’ta yer alan bir evde bulunmuştur.

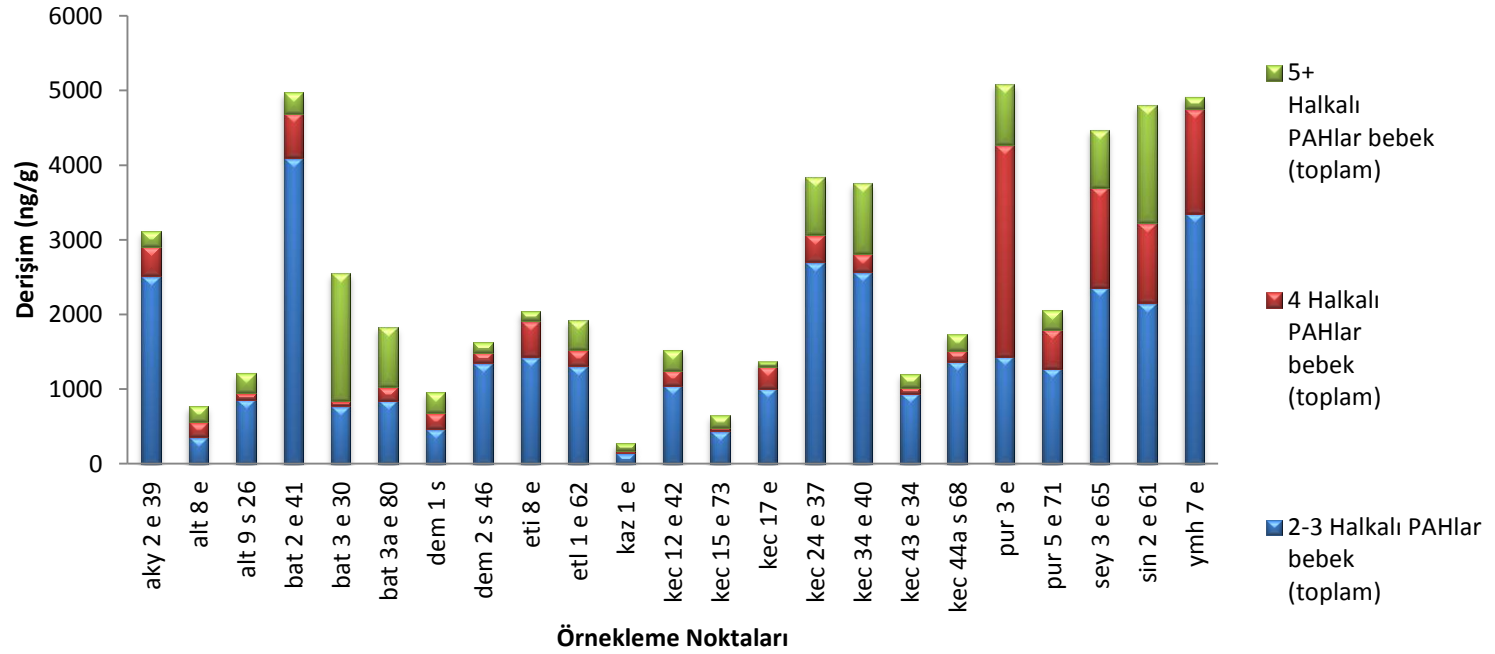
Çizelge 15.II. dönem süpürge örnekleri analiz sonuçları (ng/g)

PAH’lar	Örnek Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Medyan	Minimum	Maksimum
Nap	26	630	742	418	31	3803
Acy	26	388	346	248	21	1595
Ace	26	72	120	30	3	510
Flu	26	245	480	116	7	2460
Phe	26	579	1010	280	18	4919
Ant	26	574	1073	181	9	4776
Flt	26	406	1033	77	4	5228
Pyr	26	470	1159	63	4	4451
BaA	25	298	763	52	7	3231
Chr	25	376	909	93	10	3868
BbF	25	109	177	45	10	790
BkF	25	380	634	99	12	2709
BaP	25	138	287	37	4	1076
Ind	26	148	247	64	21	1131
DahA	26	69	172	31	7	901
BgP	18	214	685	9	2	2907
ΣPAH	26	4980	7951	2049	272	35710
ΣHMW	26	2491	4819	697	125	18555
ΣLMW	26	2488	3502	1358	147	17915
ΣcPAH	26	1467	2830	474	117	12890

II. dönem süpürge örneklerindeki PAH konsantrasyonu dağılımı 2-3, 4 ve 5 halkalı PAH’lar için sırasıyla Şekil 18’de gösterilmiştir.

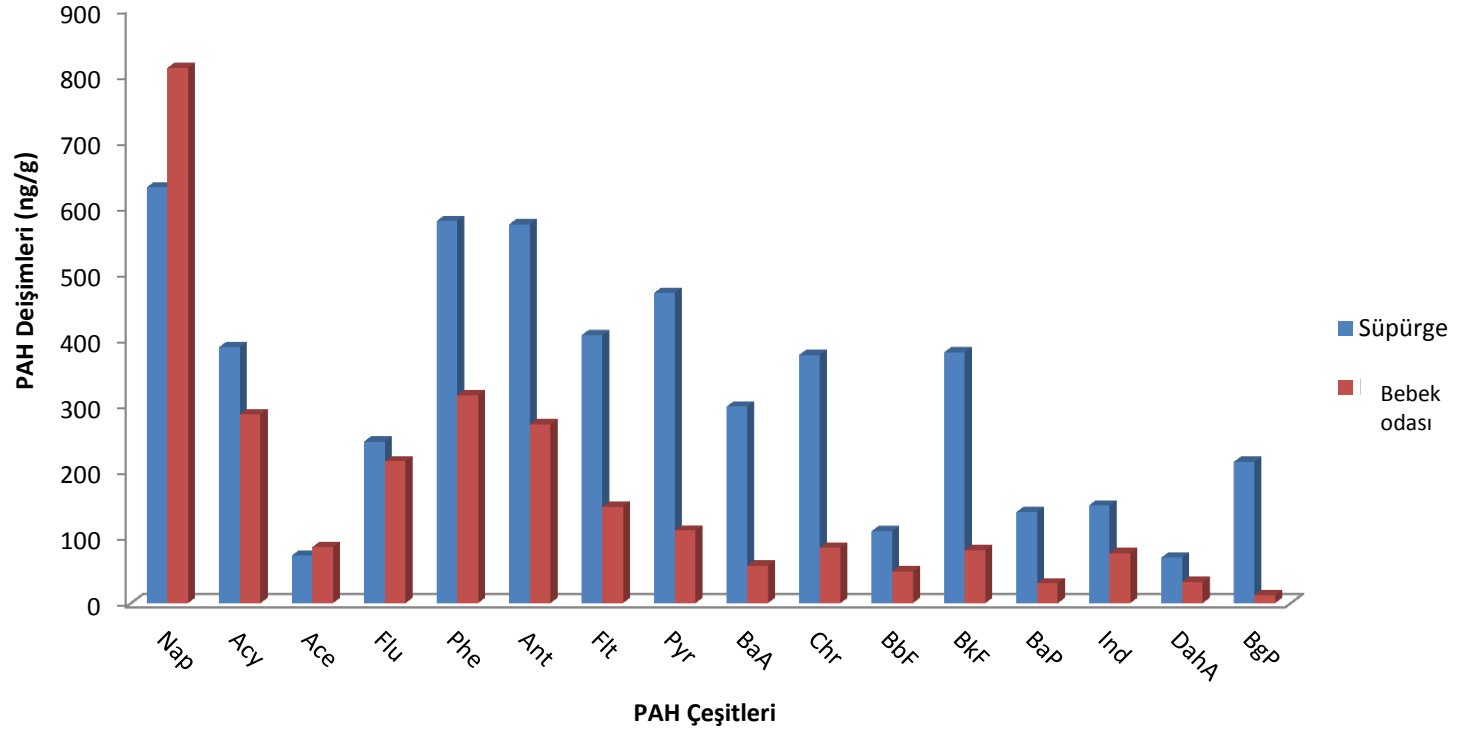
II. Döneme ait süpürge ve bebek odası örneklerinin karşılaştırması Şekil 19’da gösterilmiştir.

2. Dönem Süpürge Örnekleri PAH Dağılımı



Şekil 18.II. Dönem süpürge örnekleri PAH konsantrasyonları

II. Dönem Karşılaştırma



Şekil 19.II. Dönem örneklerinin PAH Bileşikleri Ortalama Değişimi

5.1.3. III. Dönem PAH Verilerinin Değerlendirmesi

III. dönem örnekleme periyodu Nisan-Haziran 2012 dönemlerinde tamamlanmıştır. Bu dönem içerisinde 75 gönüllü evden sağlıklı toz örnekleri toplanmıştır.

III. Dönem bebek odası örnekleri ortalama, standart sapma, medyan, minimum ve maksimum değerleri sırasıyla Çizelge 16'da verilmiştir.

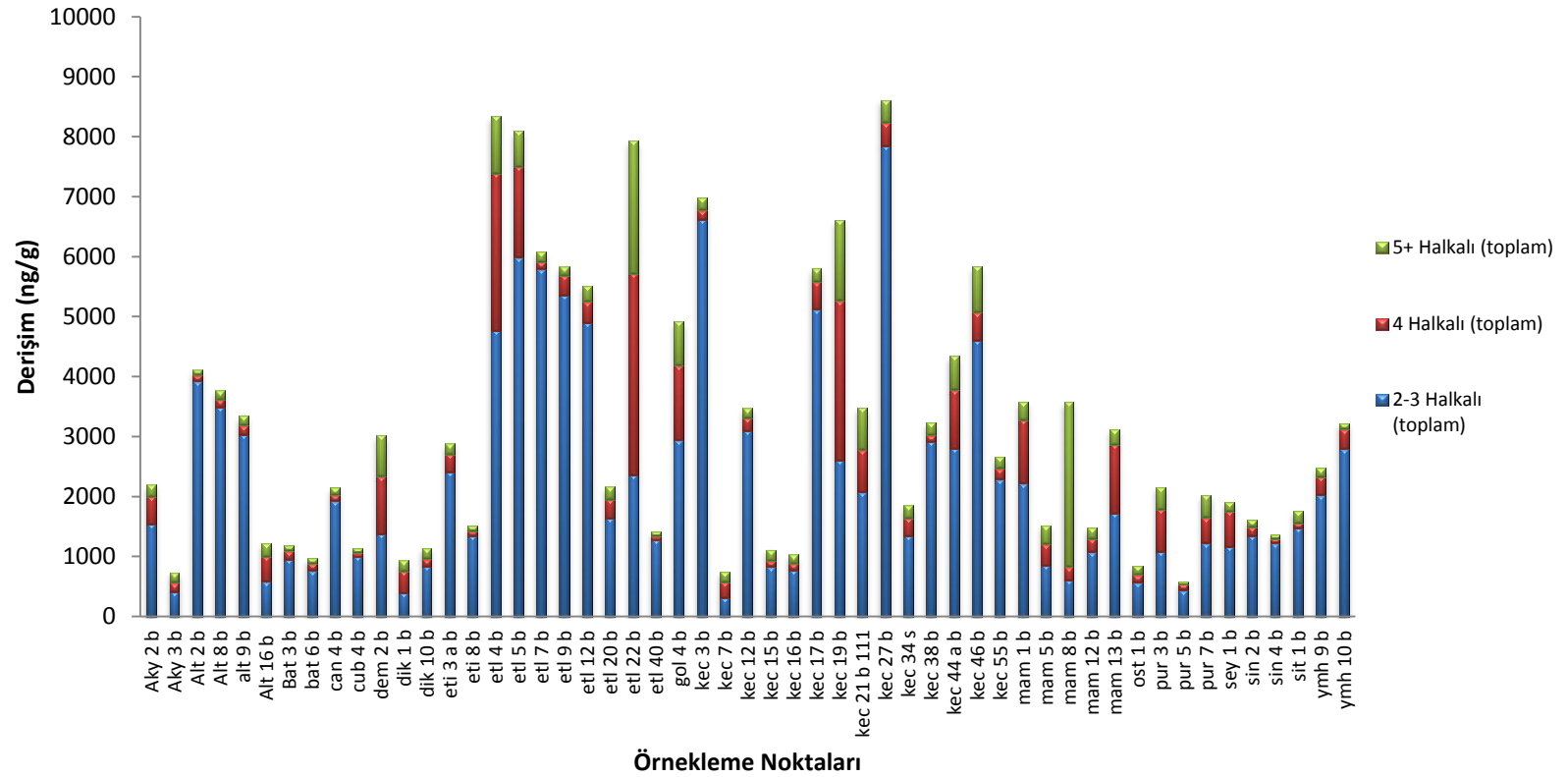
3. dönem bebek odasında bulunan PAH'lar sırasıyla Nap>Phe>Ant>Flt>Pyr>Chr>BkF>Flu>Acy>BaA>BbF>BaP>Ace>BgP>Ind>DahA olmuştur.

Çizelge 16. III. dönem bebek odası analiz sonuçları (ng/g)

PAH'lar	Örnek Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Medyan	Minimum	Maksimum
Nap	58	1126	1351	474	26	5763
Acy	58	209	144	159	28	802
Ace	58	80	74	55	4	327
Flu	58	211	162	170	9	708
Phe	58	608	1147	351	39	8659
Ant	58	387	1128	89	14	8407
Flt	58	385	922	95	5	5139
Pyr	58	305	692	62	11	3810
BaA	58	207	452	46	13	2431
Chr	58	247	533	75	5	2910
BbF	58	142	333	32	6	1746
BkF	58	221	447	56	7	2168
BaP	58	140	311	27	3	1627
Ind	58	65	129	37	7	919
DahA	58	41	52	21	2	233
BgP	56	80	154	23	2	759
ΣPAH	58	4451	5777	2957	590	39387
ΣHMW	58	1829	3812	356	129	20763
ΣLMW	58	2621	2749	1286	317	18495
ΣcPAH	58	1062	2094	303	86	11184

III. dönem ev tozları örneklerindeki PAH konsantrasyonu dağılımı 2-3, 4 ve 5 halkalı PAH'lar için sırasıyla Şekil 20'de gösterilmiştir.

III. Dönem Bebek Odası PAH Dağılımı



Şekil 20.III. Dönem bebek odası PAH konsantrasyonları

III. Dönem süpürge örnekleri ortalama, standart sapma, medyan, minimum ve maksimum değerleri sırasıyla Çizelge 17’de verilmiştir.

3. dönem süpürge örneklerdeki bulunan PAH’lar sırasıyla Nap >Phe>Ant>Flt>Pyr>Chr>Ace>Acy>BaA>BkF>Flu>BbF>BaP>BgP>Ind>DahA olmuştur.

En yüksek PAH derişimi bebek odasında ve süpürge örneklerinde Gölbaşı’nda yer alan bir evde bulunmuştur.

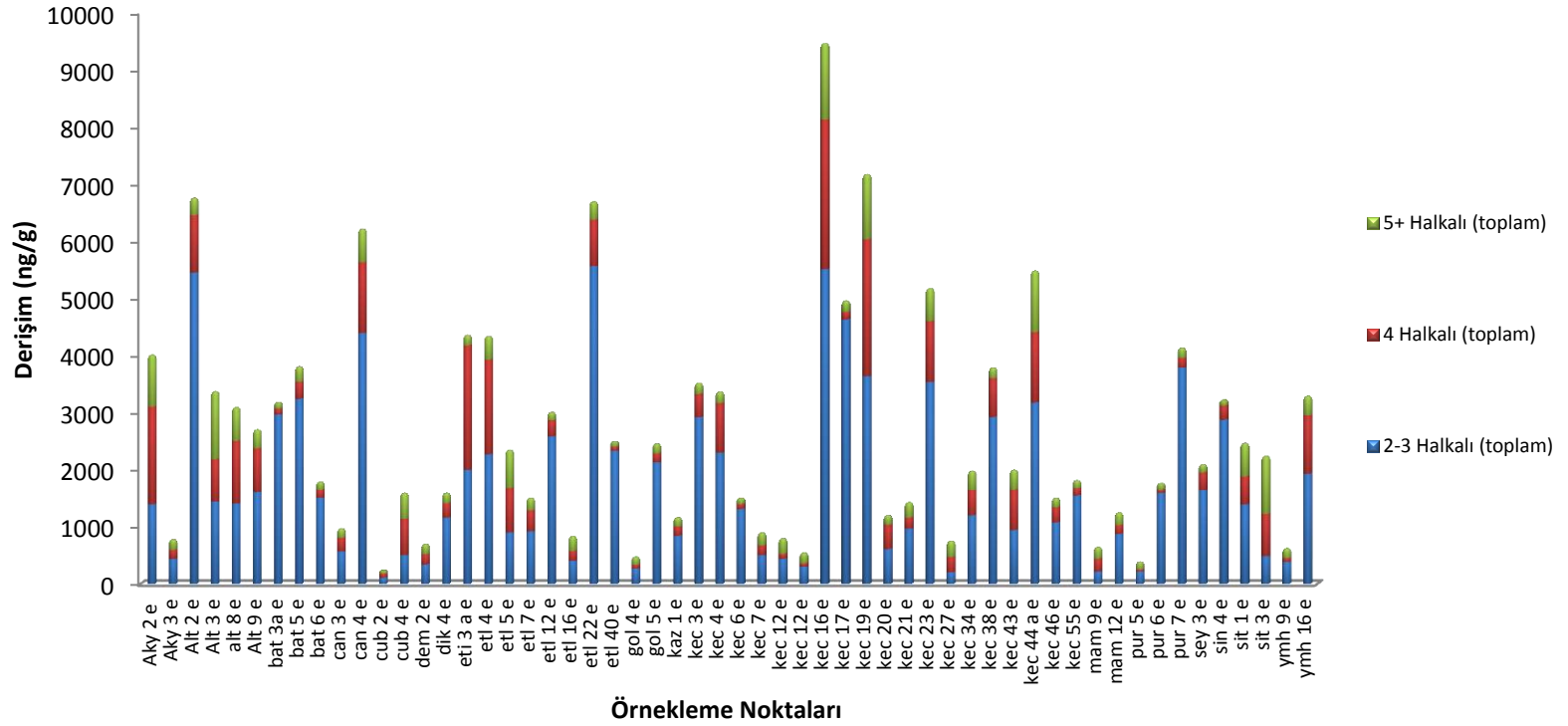
Çizelge 17.III. dönem süpürge örnekleri analiz sonuçları (ng/g)

PAH’lar	Örnek Sayısı	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Medyan	Minimum	Maksimum
Nap	59	732	963	226	4	3837
Acy	59	195	187	125	49	1022
Ace	58	202	974	48	2	7434
Flu	59	152	140	131	7	889
Phe	59	475	590	321	14	3577
Ant	59	350	623	60	6	3444
Flt	59	312	753	91	6	4506
Pyr	59	255	576	76	4	3340
BaA	59	192	391	50	11	2131
Chr	59	208	426	73	10	2551
BbF	59	101	214	36	3	1531
BkF	59	165	320	63	5	1900
BaP	59	97	247	30	3	1426
Ind	59	47	45	33	10	232
DahA	59	25	29	19	2	197
BgP	57	64	124	20	2	665
ΣPAH	59	3567	4468	2342	230	26044
ΣHMW	59	1464	2978	544	118	18315
ΣLMW	59	2102	2045	1442	112	10888
ΣcPAH	59	835	1558	315	99	9804

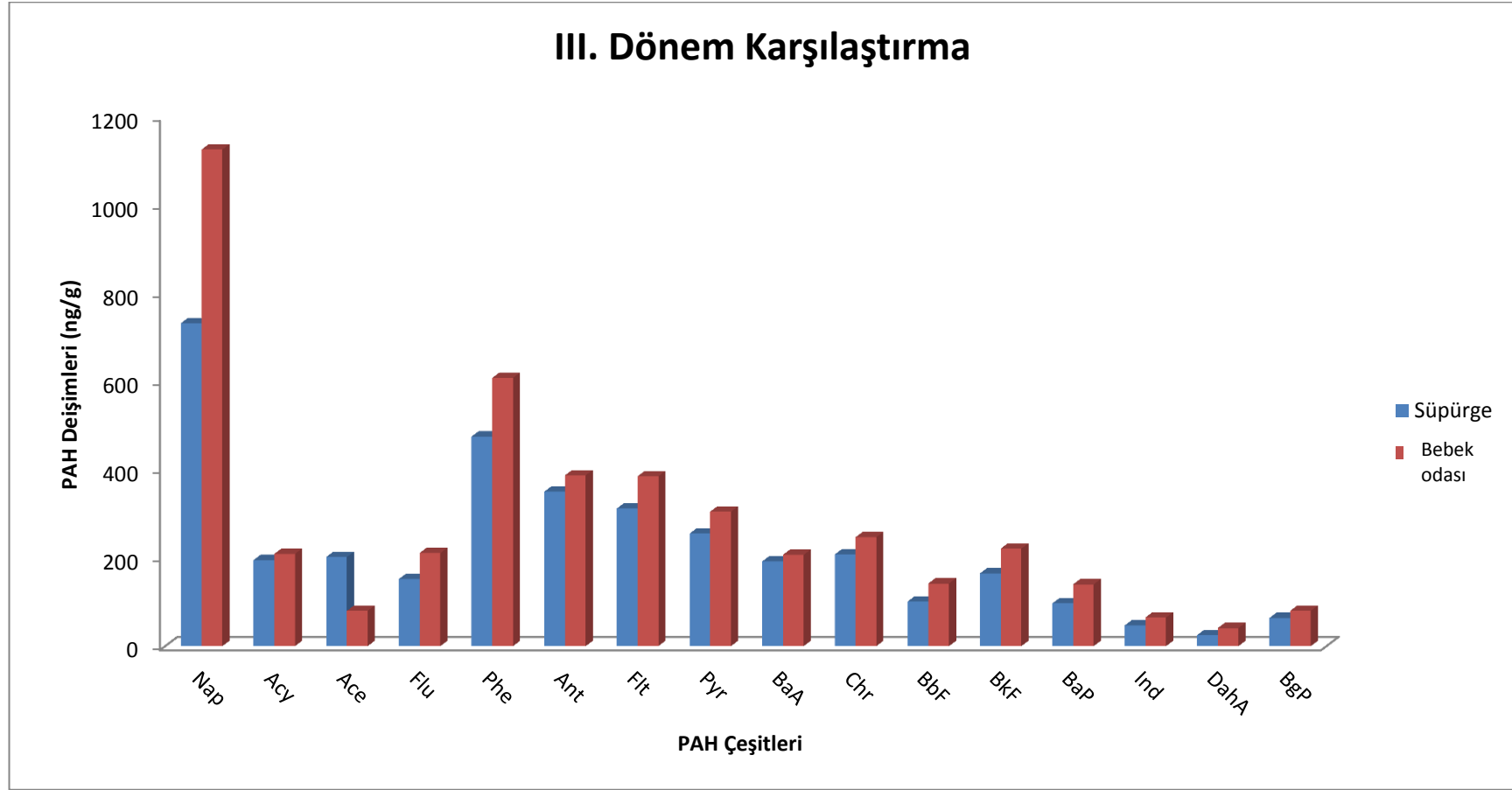
III. dönem süpürge örneklerindeki PAH konsantrasyonu dağılımı 2-3, 4 ve 5 halkalı PAH’lar için sırasıyla Şekil 21’de gösterilmiştir.

III. Döneme ait süpürge ve bebek odası örneklerinin karşılaştırması Şekil 22’de gösterilmiştir.

III. Dönem Süpürge Örnekleri PAH Dağılımı



Şekil 21.III. Dönem süpürge örnekleri PAH konsantrasyonları



Şekil 22. III. Dönem örneklerinin PAH Bileşikleri Ortalama Değişimi

5.2. VERİLERİN MEVSİMSEL DEĞERLENDİRMESİ

Verilerin mevsimsel değerlendirmesinde I. Dönem ve II. Dönem örnekleri kullanılmıştır. I. Dönem yaz, II. Dönem ise kış dönemidir. Bu amaçla toplam 33 evin hem kış hem de yaz örnekleri toplanmış ve bu örneklerin analizi yapılmıştır (Çizelge 18). Mevsimsel süpürge örneklerindeki dağılımı incelemek için 16 evin süpürge örneklerinden alınan yaz ve kış dönemi örnekleri incelenmiş ve analizi yapılmıştır (Çizelge 18).

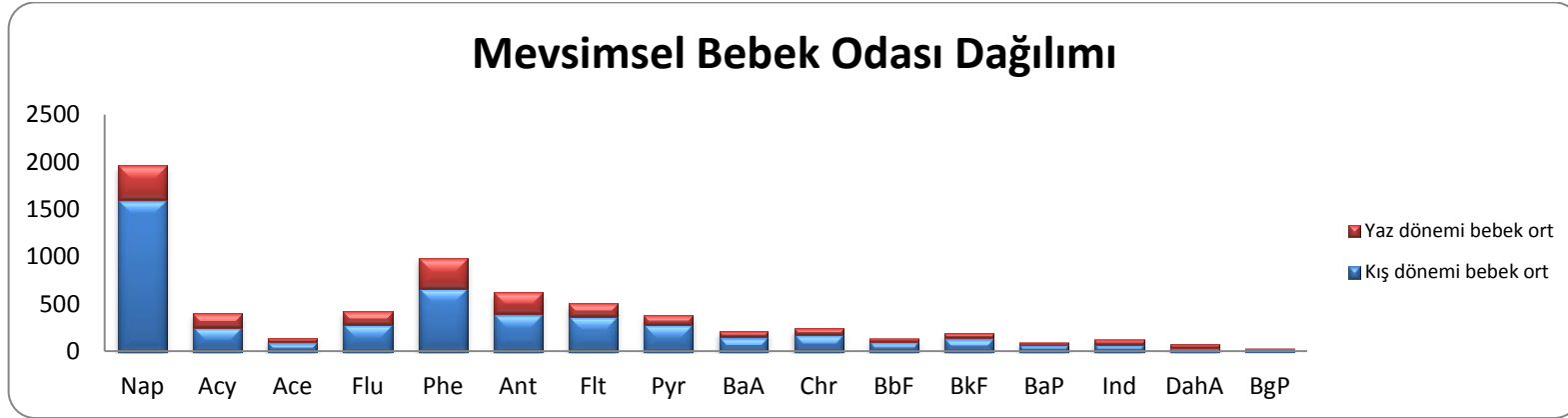
Çizelge 18. Mevsimsel ortalama, standart sapma, maksimum, minimum ve medyan değerleri (ng/g)

	PAH Çeşidi	N	ORT	MAKS	MİN	MED	ΣHMW (Ort)	ΣLMW (Ort)
Bebek odası	Kış dönemi	33	4715±4647	18800	336	2605	600	1594
	Yaz dönemi	33	1803±1882	9867	145	1417	1105	2420
Süpürge	Kış dönemi	16	11804±11275	37953	1207	5123	950	1514
	Yaz dönemi	16	4667±5260	20623	223	3105	685	1739

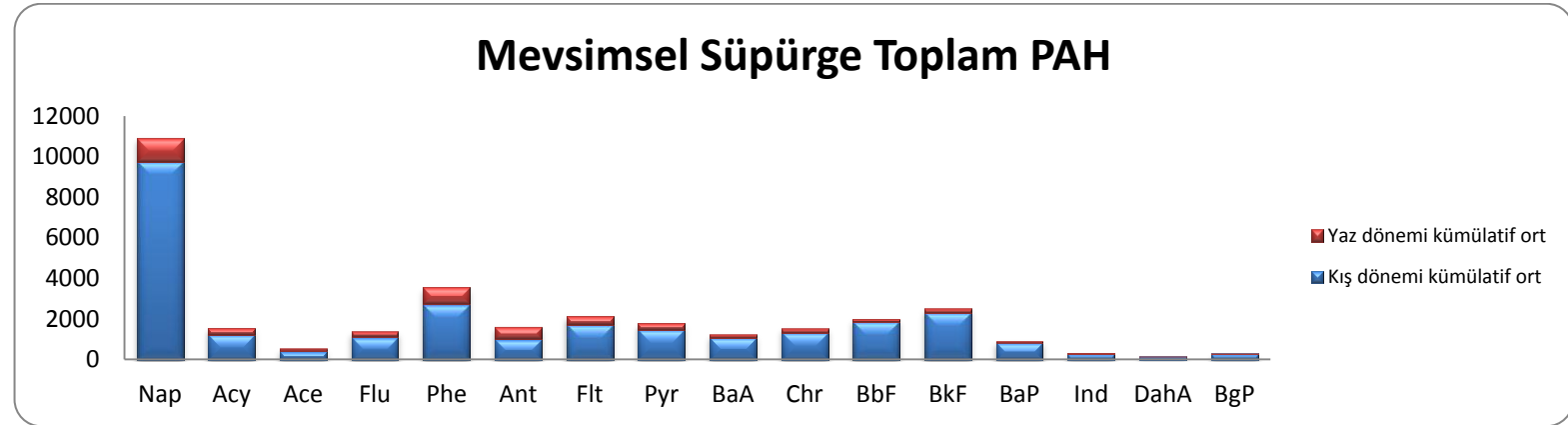
Kış dönemi örneklerinde bütün PAH türlerinin yaz dönemine göre en az iki kat daha fazla olduğu görülmüştür. 2-3 halkalı PAH'lar diğer PAH'lara oranla daha yüksek miktarlarda ölçülmüştür (Şekil 233 ve Şekil 2424).

Mevsimsel PAH dağılımı da çıkarılmıştır. Buna göre beklendiği gibi kış dönemi derişimleri yaz dönemine göre daha yüksek çıkmıştır. 2-3 halkalı PAH derişimleri diğer PAH çeşitlerine göre daha fazla çıkmıştır. Nap ve Phe konsantrasyonları her iki dönemde de en yüksek çıkmıştır.

Her dönem için yüksek moleküllü ve düşük molekül ağırlığına sahip PAH'lar değerlendirilmiş ve düşük molekül ağırlığına sahip PAH derişimlerinin daha yüksek çıktığı görülmüştür. Mevsimsel değişim için yüksek moleküllü ve düşük moleküllü PAH'lar yaz dönemi bebek odası örneklerinde kış dönemi bebek odası örneklerine göre daha yüksek çıkmıştır. Süpürge örneklerinde kış dönemi yüksek derişimli PAH'lar yaz dönemine göre yüksek çıkmışken; düşük moleküllü PAH'larda durum tam tersidir.



Şekil 23.Mevsimsel bebek odası PAH dağılımı



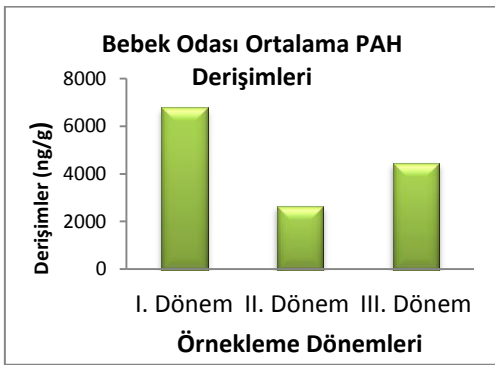
Şekil 24.Mevsimsel süpürge örnekleri PAH dağılımı

5.3. DÖNEMLERİN BİRBİRİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

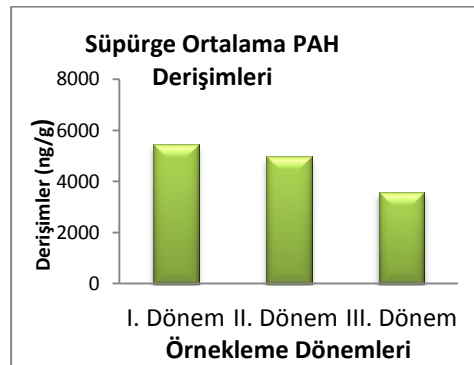
Üç dönemde alınan örnekler ortalama PAH, ortalama cPAH, ortalama yüksek molekül ağırlıkları ve ortalama düşük molekül ağırlıkları gruplarına göre birbirleri ile karşılaştırılmıştır.

Bebek odası ortalama PAH derişimleri incelendiğinde II. dönem derişimlerinin I. ve III. dönem örneklerine göre daha düşük bulunmuştur (Şekil 25).

Evlerden alınan süpürge örneklerinde ise I. dönemin en yüksek, III. dönemin ise en düşük olduğu görülmüştür(Şekil 26).



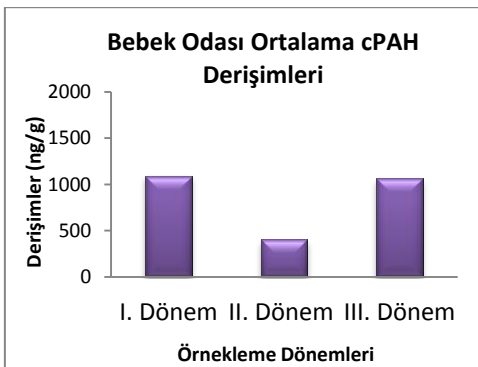
Şekil 25. Bebek odası ortalama PAH dönemler karşılaştırma



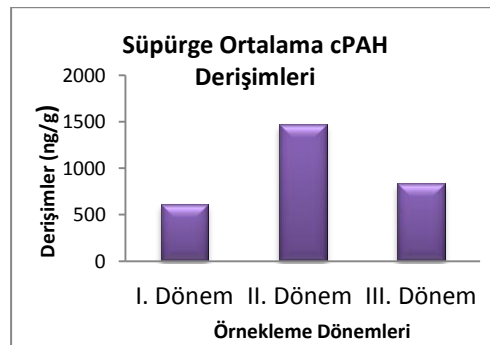
Şekil 26. Süpürge ortalama PAH dönemler karşılaştırma

Bebek odası örneklerindeki ortalama cPAH derişimlerine bakıldığında I. ve III. dönem örneklerindeki derişimlerin II. Dönemden yüksek çıktığı görülmüştür (Şekil 27).

Evlerdeki süpürgelerden alınan süpürge örnekleri karşılaştırıldığında II. dönem derişimlerinin I. ve III. dönemden yüksek çıktığı görülmüştür (Şekil 28). Kanserojen PAH'ların molekül ağırlıklarının büyük olması sebebiyle kümülatif birikimi gösteren süpürge örneklerinde daha yüksek çıkması beklenen bir durumdur.

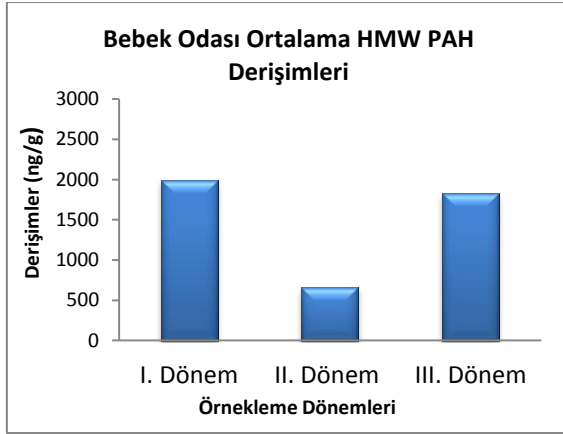


Şekil 27. Bebek odası ortalama cPAH dönemler karşılaştırma

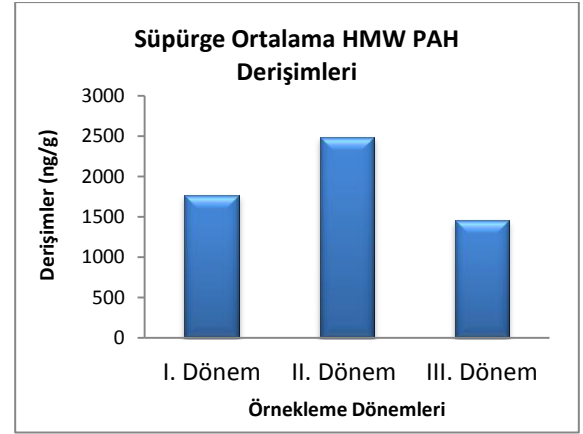


Şekil 28. Süpürge ortalama cPAH dönemler karşılaştırma

Yüksek molekül ağırlığına sahip PAH çeşitleri ortalama derişimleri kıyaslandığında bebek odasında II. dönem örneklerinin I. ve III. dönemden düşük çıktığı; süpürge örneklerinde ise durumun tam tersi olduğu ve II. dönem derişimlerinin I. ve III. dönemden daha yüksek olduğu görülmüştür. Yüksek molekül ağırlığına sahip PAH'ların kümülatif birikimi gösteren süpürge örneklerinde yüksek çıkması beklenen bir durumdur (Şekil 29 ve Şekil 30).Bahar ve yaz aylarına gelen I. ve III. Dönemlerde cPAH derişimlerinde bebek odası ve süpürge örneklerinde çok farklı bir değişim gözlenmezken, kış aylarına gelen II. dönem derişimlerde çok büyük bir artış söz konusudur.

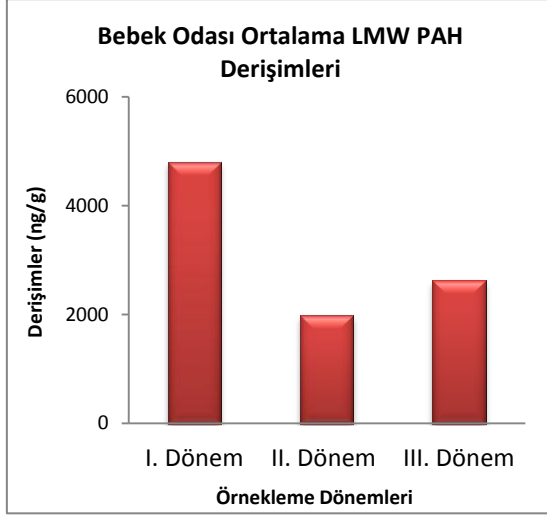


Şekil 29. Bebek odası ortalama HMW PAH dönemler karşılaştırma

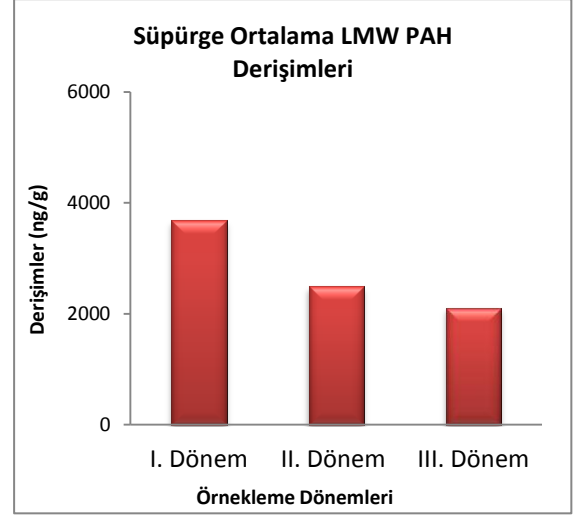


Şekil 30. Süpürge ortalama HMW PAH dönemler karşılaştırma

Düşük molekül ağırlığına sahip PAH'lar açısından dönemler birbirleri ile karşılaştırıldığında bebek odası örnekleri için II. Dönem değerlerinin I. ve III. dönem örneklerinden düşük çıktığı, süpürge örneklerine bakıldığında ise I. dönem değerlerinin en yüksek III. dönem değerlerinin en düşük olduğu gözlemlenmiştir. Düşük molekül PAH'ların çabuk buharlaşması sebebiyle dönemsel ayrımların net bir şekilde görülememiş olması olası bir durumdur (Şekil 31 ve Şekil 32).



Şekil 31. Bebek odası ortalama LMW PAH dönemler karşılaştırma



Şekil 32. Süpürge ortalama LMW PAH dönemler karşılaştırma

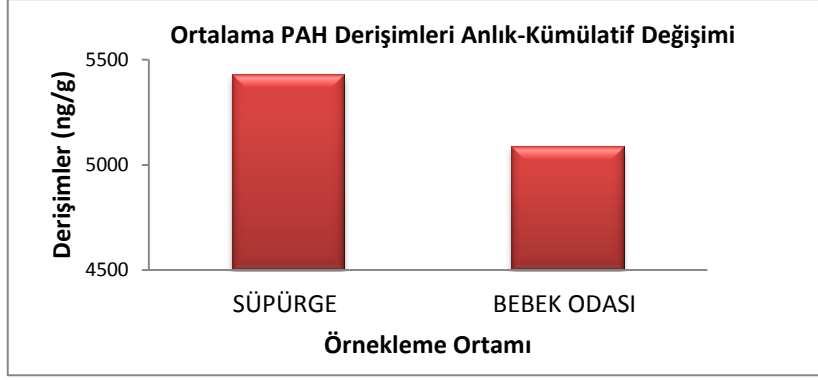
5.4. KÜMÜLATİF VE ANLIK PAH DERİŞİMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Örnekleme sırasında evlerde bulunan elektrik süpürge örneklerinden topladığımız toz örneklerikümülatif birikimi, bebek odasından kendi elektrik süpürgelerimizle aldığımız örnekler ise anlık derişimleri göstermektedir. Kümülatif birikim ve anlık PAH derişimlerini birbirleri ile karşılaştırmak için tüm dönemlerde toplanan süpürge ve bebek odası örnekleri kullanılmıştır. Kümülatif ve anlık Toplam PAH derişimlerine ait veriler Çizelge 19’da verilmiştir.

Çizelge 19. Kümülatif ve anlık Toplam PAH derişimlerine ait veriler

	ÖRNEK SAYISI	ARİTMETİK ORTALAMA	STD SAPMA	MEDYAN	MINİMUM	MAKSİMUM
SÜPÜRGE	139	5429	7164	2993	184	38259
BEBEK ODASI	179	5087	6165	3064	137	57123

Kümülatif birikimi gösteren süpürgeye ait 139 örnek ile anlık değerleri gösteren 179 adet bebek odası derişimleri kullanılarak karşılaştırmalar yapılmıştır. Süpürge ve bebek odası aritmetik ortalamalar birbirlerine yakın değerlerde bulunmuştur. Bu değerler sırasıyla 5429 ng/g ve 5087 ng/g olarak bulunmuştur. Ortalama PAH derişimlerinin kıyaslaması Şekil 33’te verilmiştir. Grafikte de görüldüğü şekilde kümülatif birikim beklendiği gibi anlık derişimden daha yüksek çıkmıştır.



Şekil 33.Ortalama PAH Derişimleri Anlık-Kümülatif Değişimi

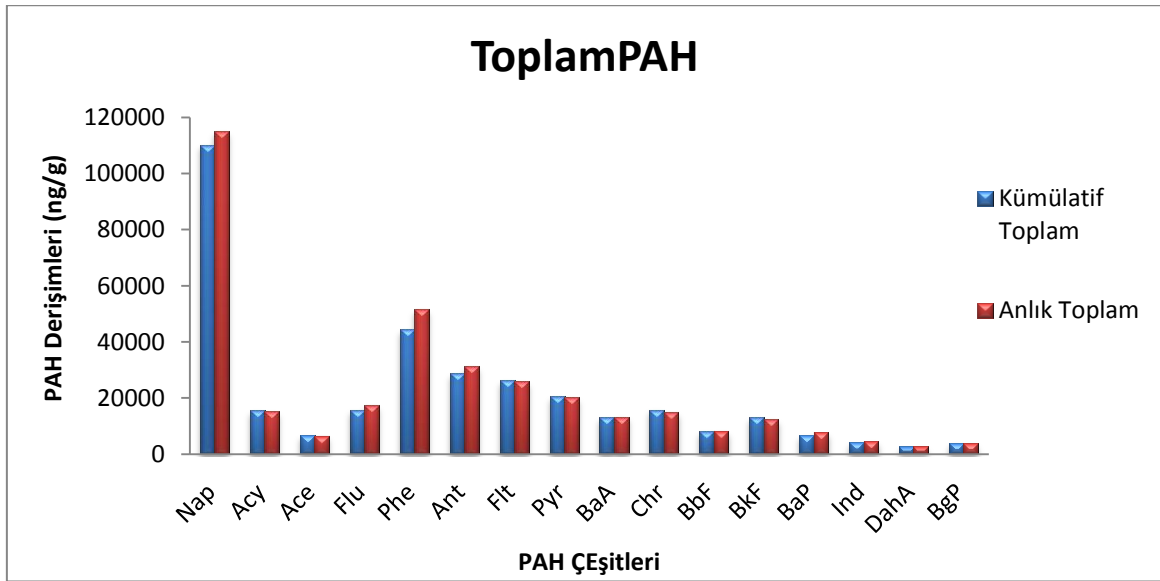
Süpürge ve bebek odası örneklerinin ikisinin de bulunduğu toplam 68 eve ait veriler ayrıca değerlendirilmiş ve kümülatif ve anlık PAH derişimlerinin aynı ortamlarda nasıl değiştiği incelenmiştir. Tüm örneklere ait ortalama, standart sapma, medyan, maksimum, minimum, toplam PAH, HMW, LMW ve kanserojen PAH'lara ait tüm değerler Çizelge 20'de verilmiştir.

Çizelge 20.Aynı örneklere sahip evlere ait ortalama, standart sapma, medyan, minimum, maksimum ve Toplam PAH değerleri

PAH'lar	Örnek Sayısı	Süpürge Örnekleri						Bebek Odası Örnekleri					
		Ortalama	Standart Sapma	Medyan	Minimum	Maksimum	Toplam	Ortalama	Standart Sapma	Medyan	Minimum	Maksimum	Toplam
Nap	68	1621	4081	252	12	27944	110217	1690	2641	825	4	14225	114931
Acy	68	230	338	126	21	2412	15616	223	154	181	38	802	15185
Ace	68	98	191	58	2	1275	6674	95	120	54	2	599	6478
Flu	68	231	343	156	6	2295	15710	255	253	170	5	1146	17366
Phe	68	653	813	363	12	3769	44396	760	1206	347	15	8659	51699
Ant	68	424	672	75	3	3444	28814	461	1161	110	5	8407	31354
Flt	68	387	787	122	3	4506	26316	379	850	96	1	5139	25798
Pyr	68	304	594	99	3	3340	20676	296	650	80	1	3810	20101
BaA	68	193	358	64	7	2131	13117	194	384	63	2	2431	13188
Chr	68	233	426	97	10	2551	15833	220	456	56	2	2910	14969
BbF	68	120	219	39	5	1531	8133	122	261	39	1	1746	8274
BkF	68	193	342	83	12	1900	13124	183	341	57	2	2168	12449
BaP	68	98	236	29	2	1426	6692	114	258	25	1	1627	7755
Ind	68	63	175	31	9	1451	4267	68	116	39	2	919	4599
DahA	68	39	120	20	2	988	2663	40	49	24	1	233	2732
BgP	68	58	117	19	1	665	3969	56	122	14	1	759	3808
toplam	68	4944	6966	2587	273	38259	336217	5157	6345	2989	137	39387	350686
LMW	68	3256	5414	1610	147	36829	221427	3485	4039	2323	83	18682	237013
HMW	68	1688	3053	753	126	18315	114790	1672	3308	528	13	20892	113673
cPAH	68	939	1613	392	100	9804	63829	941	1748	316	11	11184	63966

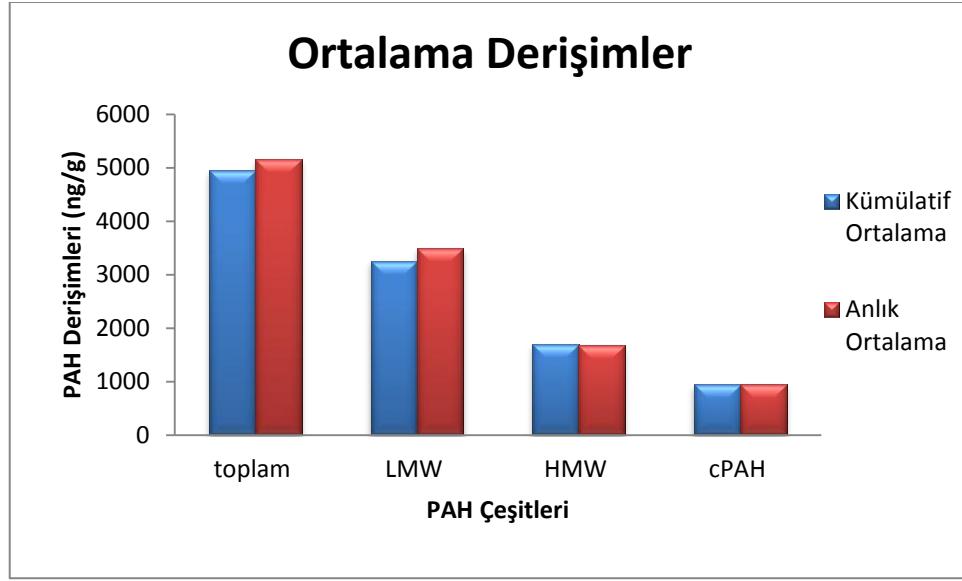
Aynı evlere ait örneklerde yapılan hesaplamalarda süpürge ve bebek odası derişimlerinin birbirlerine çok yakın seviyelerde çıktıkları görülmüştür. Toplam PAH derişimi kümülatif birimi gösteren süpürge örneklerinde 336217 ng/g, anlık birikimi gösteren bebek odası örneklerinde ise 350686 ng/g olarak bulunmuştur.

En yüksek derişimler süpürge ve bebek odası örneklerinde Naftalin’de görülmüş olup maksimum PAH derişimleri sırasıyla 27944 ng/g ve 14225 ng/g, toplam Naftalin derişimleri ise 110217ng/g ve 114931 ng/g olarak hesaplanmıştır. Tüm PAH çeşitlerine ait toplam PAH grafiksel gösterimi Şekil 34’te gösterilmiştir.



Şekil 34. Aynı evlere ait Toplam PAH grafiği

Toplam PAH’lara ait ortalama derişimler süpürge ve bebek odası için sırasıyla 4944ng/g ve 5157ng/g; yüksek moleküllü PAH’lara ait derişimler sırasıyla 1688 ng/g ve 1672 ng/g; düşük molekül ağırlığına sahip PAH’ların derişimleri sırasıyla 3256 ng/g ve 3485 ng/g; kanserojen PAH’lara ait derişimler sırasıyla 939 ng/g ve 941 ng/g olarak bulunmuştur. Bu değerlere ait grafiksel gösterimler Şekil 35’te gösterilmiştir.



Şekil 35. Aynı evlere ait Toplam PAH, HMW, LMW ve cPAH karşılaştırmaları

5.5. KAYNAK TANIMLAYICI PAH ORANLARI

Kaynak tanımlayıcı PAH oranları çok sık kullanılan bir kirletici kaynaklarını tanımlama aracıdır. Oranlar, hava, su, sediman, toprak gibi birçok değişik ortamda PAH'ların kaynaklarını belirlemek amacıyla uygulanabilmektedir. Bu oranlar çalışmamızdaki PAH kaynaklarını petrol ürünleri, petrol yanması, biyokütle ya da kömür yakımı, yemek pişirme ya da sigara kaynaklı olarak açıklamaktadır (Çizelge 21) [45].

Ant/(Phe+Ant) oranına göre örneklerimizin %90,75'i petrol ürünleri yanması, %9,25'i ise yanmadan kaynaklanmaktadır.

Flt/(Flt+Pyr) oranına göre örneklerimizin %90'ı odun, kömür yanması, %8'i fosil kaynaklı ürünlerin yanması, %2'si ise petrol ürünleri yanmasından kaynaklanmaktadır.

BaA/(BaA+Chr) oranına göre örneklerimizin %88,5'i kömür yanması, %10,5'i ise araç emisyonundan kaynaklanmaktadır.

HMW/LMW oranına göre örneklerimizin %18,75'i kömür yanmasından kaynaklanmaktadır.

Flu/(Flu+Pyr) oranına göre örneklerimizin %67,25'i dizel emisyonu, %32,75'i ise benzin emisyon kaynaklıdır.

Ind/(Ind+BgP) oranına göre örneklerimizin %86,25'i kömür yanması, %38'i ise araç emisyonu, %4,5'i ise karışık yanma proseslerinden kaynaklıdır.

Çizelge 21.Kaynak tanımlayıcı PAH oranları

Oran	Kaynak	Ortalama (ng/g)	Aralık (ng/g)	Yüzde
Ant/(Phe+Ant)*	<0,1 Petrol ürünleri yanma	0,31	0,05-0,71	90,75
	>0,1 Yanma			9,25
Flt/(Flt+Pyr)*	<0,4 Petrol ürünleri yanma	0,56	0,08-0,97	2
	0,4-0,5 fosil yakıt yanması			8
	>0,5 Çim, odun, kömür yakılması			90
BaA/(BaA+Chr)*	>0,35 Kömür yanması	0,47	0,08-0,84	88,5
	0,2-0,35 Araç emisyonu			10,5
HMW/LMW**	>1 Kömür yanması	0,68	0,007-17,61	18,75
Flu/(Flu+Pyr)*	<0,5 Benzin emisyonu	0,58	0,014-0,99	32,75
	>0,5 Dizel emisyonu			67,25
Ind/(Ind+BgP)*	<0,4 Araç emisyonu	0,74	0,09-0,99	38
	>0,5 Kömür yanması			86,25
	0,35-0,47 Karışık yanma			4,5

*[46]

**[42]

5.6. FAKTÖR ANALİZİ

Faktör analizi, veriler arasındaki ilişkilere dayanarak verilerin daha anlamlı ve özet bir biçimde sunulmasını sağlayan birçok değişkenli istatistiksel analiz türüdür. Amaç esas olarak değişkenler arasındaki karşılıklı bağımlılığın kökenini araştırmaktır [47]. Faktör analizi, veri setlerindeki kirlenici kaynakları hakkında ön bilgi olmadan faktörlerini tanımlamaya ve ölçmeye yardımcı olur. Faktör analizi yaklaşımı hava, sediman ya da toprakta bulunan hem organik hem inorganik kirleniciler için kullanılmıştır [48]. Faktör analizi, kompleks veri setlerini değerlendirilmeyi basitleştiren bir takım istatistiksel teknikler içeren bir metottur.

Üç dönem örneklerinde PAH kaynaklarının belirlenmesi amacıyla verilere faktör analizi uygulanmıştır. Faktörlerin tespitinde 3 tane eve ait veriler veri setinden çıkarılmıştır. Bu evlere ait özellikler ve hesaplanan derişimler Çizelge 22’de gösterilmektedir. Bu evlerden ilki çok yüksek PAH derişimlerine sahip olup, yakınından ana cadde geçmekte ve evde sigara içilmektedir. İkinci evden alınan toz numunesinde tüm PAH çeşitlerinin derişimleri belirlenememiştir. Tespit edilen değerler ise çok düşük düzeydedir.

Çizelge 22.Faktör analizinde elenen evler, özellikleri ve hesaplanan toplam derişimler (ng/g)

Örnek Kodu	Σ PAH	cPAH	LMW	HMW	Ana cadde	Mutfak yakıt türü	Isıtma türü	Ev içinde sigara içilme	Sigara içen kişi sayısı
etl 4 s	91792	28232	36049	55743	var	doğalgaz	Kombi	evet	2
etl 22 s	83	13,5	65	18	var	doğalgaz	Kombi	hayır	-
etl 4b	1511	451	959	552	var	doğalgaz	Kombi	evet	2

Faktör analizi sonuçlarına göre %varyans değerine bakıldığında 1. Faktörün örneklerimizin %55,8’ini, 2. Faktörün %15,3’ünü, 3. Faktörün ise %8,5’ini tanımladığı görülmektedir. Bu sonuçlara göre örneklerimizin %79,6’sının kaynaklarının ısınma-yemek pişirme, yağ buharı-sigara dumanı, trafik ve asfalt tozu olarak tanımlanmıştır. Örneklerimizin %20,4’ünün ise çalışmamızda tanımlanamayan kaynakları olduğu görülmektedir.

Faktör analizi yapıldıktan sonra özellikle her bir faktörde belirgin olan evler belirlenmiş ve bu evlere ait özellikler ile hesaplanan derişimler Çizelge 23’de verilmiştir.

Çizelge 23. Faktör analizinde yüksek faktör skora sahip evler, özellikleri ve hesaplanan toplam derişimler (ng/g)

Faktör	ev kodu	ana cadde	mutfak yakıt türü	konut ısıtma türü	sigara içen kişi sayısı	ev içinde sigara içilme	LMW	HMW	TOPLAM
1. faktör	gol 1 b	Yok	Doğalgaz	Merkezi sist.	-	Hayır	18495	20892	39387
	gol 2 b	Var	Doğalgaz	Kombi	-	Hayır	1040	18315	19355
	pur 3 e	Yok	Doğalgaz	Kombi	2	Evet	5439	14338	19777
	gol 1 e	Yok	Doğalgaz	Merkezi sist.	-	Hayır	7729	18315	26044
	pur 6 e	Var	Doğalgaz	Kombi	-	Hayır	5878	18555	24433
	dem 2 e	Var	Doğalgaz	Merkezi sist.	2	Evet	17915	17795	35710
	mam 5 s	Var	Doğalgaz	Kombi	-	Hayır	14884	16383	31267
	bat 3 s	Var	Doğalgaz	Kombi	-	Hayır	14658	28141	42799
	bat 3 s	Var	Doğalgaz	Kombi	-	Hayır	43020	19171	62191
	etl 7 b	Var	LPG	Soba	3	Evet	72367	36395	108762
2. faktör	gol 1 b	Yok	Doğalgaz	Merkezi sist.	-	Hayır	18495	20892	39387
	alt 10 e	Var	Elektrik	Soba	2	Evet	10888	3981	14869
	dem 2 e	Var	Doğalgaz	Merkezi sist.	2	Hayır	17915	17795	35710
	etl 9 s	Var	Doğalgaz	Kombi	2	Evet	16283	4633	20916
	bat 3 s	Var	Doğalgaz	Kombi	-	Hayır	43020	19171	62191
	etl 7 b	Var	LPG	Soba	3	Evet	72367	36395	108762
3. faktör	gol 2 b	Var	Doğalgaz	Kombi	-	Hayır	1040	18315	19355
	gol 1 b	Yok	Doğalgaz	Merkezi sist.	-	Hayır	18495	20892	39387
	gol 1 e	Yok	Doğalgaz	Merkezi sist.	-	Hayır	7729	18315	26044
	dem 2 e	Var	Doğalgaz	Merkezi sist.	2	Evet	17915	17795	35710
	cub 2 e	Var	LPG	Soba	-	Hayır	6077	6601	12678
	bat 3 s	Var	Doğalgaz	Kombi	-	Hayır	14658	28141	42799
	bat 3 s	Var	Doğalgaz	Kombi	-	Hayır	43020	19171	62191
	etl 7 b	Var	LPG	Soba	3	Evet	72367	36395	108762
	etl 22 e	Var	Doğalgaz	Kombi	-	Hayır	17772	8901	26673

Herbir faktörün faktör skor değerli incelenmiş ve yüksek faktör skoruna sahip evlerin özellikleri çıkartılmıştır. Buna göre;

1. Faktörde belirgin olan evlerin %70'i ana cadde yakınında bulunmakta; mutfak yakıtı olarak %90 doğalgaz, %10 LPG; ev ısıtma türü olarak % 30 merkezi sistem, % 60 doğalgaz kombi ve % 10 soba (odun-kömür) kullanmakta; % 70'inde sigara içilmemektedir.

2. Faktörde belirgin olan evlerin % 83'ünün yakınında ana cadde bulunmakta; mutfak yakıtı olarak % 66'sı doğalgaz, % 16'sı elektrik ve %16'sı LPG kullanmakta; %33,3'ü merkezi sistem, %44,4'ü kombi ve % 22,2'si soba (odun-kömür) ile konut ısıtmasını sağlamakta; % 66'sında sigara içilmemektedir.

3. Faktörde belirgin olan evlerin % 77,7'sinin yakınında ana cadde bulunmakta; mutfak yakıtı olarak 77,7 doğalgaz, %22,2 LPG; ev ısıtma türü olarak % 33,3 merkezi sistem, % 44,4 doğalgaz kombi ve % 22,2 soba (odun-kömür) kullanmakta; % 77,7'sinde sigara içilmemektedir.

Sonuçlara göre PAH'ların 3 ana kaynağı vardır (Çizelge 24). Her bir faktör bir kaynağı göstermektedir.

Çizelge 24.PAH örneklerinde uygulanan faktör analizi sonuçları

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
nap	0,213145	0,5601	-0,07877
acy	0,1109	0,783667	0,37672
ace	0,007557	0,72701	0,100403
flu	0,217349	0,913489	0,133642
phe	0,553817	0,762042	0,14925
ant	0,711938	0,199362	0,15906
flt	0,905936	0,213855	0,148125
pyr	0,888659	0,314228	0,19818
BaA	0,928967	0,202587	0,180636
chr	0,92995	0,216257	0,195268
BbF	0,862001	0,163081	0,137453
BkF	0,902768	0,145162	0,185278
BaP	0,953295	0,01785	0,163474
Ind	0,363487	0,376162	0,677433
DahA	0,099224	0,297288	0,9011
BgP	0,441697	-0,16587	0,720968
%varyans	55,8	15,3	8,5
KAYNAK	Isınma-yemek pişirme	Yağ buharı-sigara	Yemek pişirme- asfalt tozu ve trafik

Faktör 1: Bu faktör ev tozlarında bulunan PAH kaynaklarını belirlemede %55,8 oranında katkıda bulunmuştur. BaA, BbF, BkF ve BaP iç ortamlarda doğalgaz ve yemek pişirme kaynaklı olarak belirlenmiştir [49] [50].

Faktör 2: Bu faktör ev tozlarında bulunan PAH'ların kaynaklarını belirlemede %15,3 oranında katkıda bulunmuştur. Bu faktörde yer alan özellikle Acy ve Ace iç ortam için yağ buharı [51] [52] ve sigara [53] kaynaklı olarak belirlenmiştir.

Faktör 3: Bu faktör analizlerde bulunan PAH'ların kaynaklarının belirlenmesinde % 8,5 oranında katkıda bulunmuştur. Bu faktörde yer alan Ind ve DahA literatürde yapılan iç ortam çalışmalarında doğalgaz ve yemek pişirme [49] [50] kaynaklı, dış ortam çalışmalarında ise Ind, DahA ve BgP asfalt tozu ve trafik kaynaklı [54] [55] olarak belirtilmiştir.

Ev koşulları ile derişimler arasındaki ilişkiye bakılmak için yapılan ANOVA testi bulguları ile faktör analizi sonuçları karşılaştırıldığında aşağıdaki durumlar ortaya çıkmıştır. ANOVA testi ile faktör analizi birbirleri ile benzer sonuçlar ortaya koymuştur.

- 1. Faktörde öne çıkan BkF ve BaP ile evde yaşayan kişi sayısı, evin yakınında ana cadde olması, mutfak yakıt türü ve evde sigara içen kişi sayısı ile ilişkili bulunmuştur. Faktör analizinde de bu PAH çeşitleri ısınma ve yemek pişirmeyi işaret etmektedir.
- 3. Faktörde kaynak belirleyici olarak bulunan Ind, DahA ve BgP, evde yaşayan kişi sayısı, ana caddeye yakınlık, mutfak yakıt türü doğalgaz, sigara içen kişinin oluşu ve sigara içen kişi sayısı ile ilişkili bulunmuştur. Faktör analizinde de bu PAH çeşitleri doğalgaz, yemek pişirme ve dış etken olarak asfalt tozu ve trafiği işaret etmektedir.

5.7. EV KOŞULLARI İLE ANALİZ SONUÇLARININ İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRMESİ

Örnekleme için gidilen evlerde yapılan anketlerde evle ilgili çeşitli sorular sorulmuştur. Bunlardan ev içinde yaşayan kişi sayısı, ev içinde sigara içen kişi sayısı, ev içinde sigara içilme durumu, evin yakınından ana cadde geçip geçmediği, evin bulunduğu kat, konut ısıtma türü ile evlerde bulunan toplam PAH derişimleri arasındaki ilişkiyi değerlendirmek içinverilere ANOVA testi uygulanmıştır.

Bulunan ilişkiler Çizelge 25'te verilmiştir. Ev koşulları ile ilişkili bulunan değişkenlere ait Box-Whisker grafikleri Şekil 36-Şekil 45' de verilmiştir.

Çizelge 25. Ev koşulları ile analiz sonuçları ilişkisi

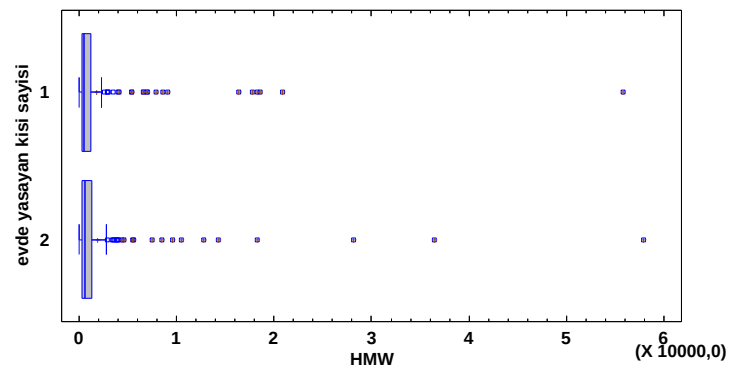
	Evde yaşayan kişi sayısı	Ana cadde	Evin katı	Mutfak yakıt türü	Konut ısıtma türü	Sigara içen kişi sayısı	Ev içinde sigara içilme	Analiz sırasında pencere durumu	Temizlik sıklığı	Naftalin kullanımı
	≤3 kişi (1) >3 (2)	Var (1) Yok (2)	1> (1) 1-4 (2) 5-... (3)	Doğalgaz (1) Elektrik (2) Odun-kömür (3) LPG (4)	Merkezi Sistem (1) Kat kaloriferi (2) Soba (kömür ya da odun) (3)	0 (1) 1(2) 2(3)	İçilmiyor (1) İçiliyor (2)	Açık (1) Kapalı (2)	Hergün(1) İki günde bir(2) Haftada birkaç kez (3) Her hafta(4)	Kullanılmıyor (1) Sandıkta(2) Lavaboda(3)
LMW				**						*
HMW	*					*				
TOPLAM						*				*
cPAH	*				*				*	
Ant/(Phe+Ant)		*				*		***		
Flt/(Flt+Pyr)				**	**	*			**	
BaA/(BaA+Chr)	***	*							**	*
BbF/BkF	*			*					*	
BaP/BgP		*		****		*		*****		
HMW/LMW				**						*
cPAH/TopPAH				**						
Flu/(Flu+Pyr)				***		*	**	*		
Ind/(Ind+BgP)	*	****		****			**		*	
nap								*	*	**
acy										
ace			*	**						*
flu	*									
phe										
ant								**	*	

	Evde yaşayan kişi sayısı	Ana cadde	Evin katı	Mutfak yakıt türü	Konut ısıtma türü	Sigara içen kişi sayısı	Ev içinde sigara içilme	Analiz sırasında pencere durumu	Temizlik sıklığı	Naftalin kullanımı
	≤3 kişi (1) >3 (2)	Var (1) Yok (2)	1> (1) 1-4 (2) 5-... (3)	Doğalgaz (1) Elektrik (2) Odun-kömür (3) LPG (4)	Merkezi Sistem (1) Kat kaloriferi (2) Soba (kömür ya da odun) (3)	0 (1) 1(2) 2(3)	İçilmiyor (1) İçiliyor (2)	Açık (1) Kapalı (2)	Hergün(1) İki günde bir(2) Haftada birkaç kez (3) Her hafta(4)	Kullanılmıyor (1) Sandıkta(2) Lavaboda(3)
flt										
pyr										
BaA									*	
chr	**			*				*		*
BbF										*
BkF	**			*						**
BaP	***	*		**		***				
Ind		*					***	****		
DahA							**	*		
BgP	**	*		***		*		****		
p<0.1	*									
p<0.5	**									
p<0.01	***									
p<0.001	****									

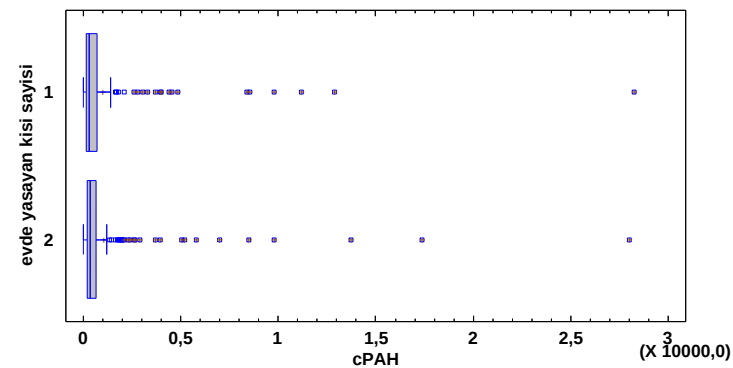
Evde Yaşayan Kişi Sayısı İle Ev Koşulları Arasındaki İlişki

Ev koşullarından evde yaşayan kişi sayısı HMW, cPAH, BaA/(Phe+Ant), BbF/BkF, Ind/(Ind+BgP), flu, chr, BkF,BaP ve BgP ile ilişkili bulunmuştur. Analiz sonucunda bulunan derişimlerden hesaplanankaynak tanımlayıcı PAH oranları açısından durum incelendiğinde evde bulunan kişi sayısı arttıkça ANOVA testinde bulunan ortalamalar düşmekte ve bu durum bize bu oranların kişi sayısının artışı ile ters orantılı olduğunu göstermektedir. PAH çeşitleri açısından sonuçlar değerlendirildiğinde evde bulunan kişi sayısı arttıkça HMW, cPAH, flu, chr, BkF,BaP ve BgP arasında doğru orantılı bir artış söz konusudur. P değerleri özellikle yüksek molekül ağırlığına sahip olan BkF, BaP ve BgP için çok düşük seviyelerde çıkmıştır. Evde yaşayan kişi sayısının artışı evde PAH'lara neden olabilecek aktiviteleri artıracığından bu durum beklenen bir sonuçtur. Tüm sonuçlara ait box-whisker diyagramları Şekil 36'da gösterilmektedir.

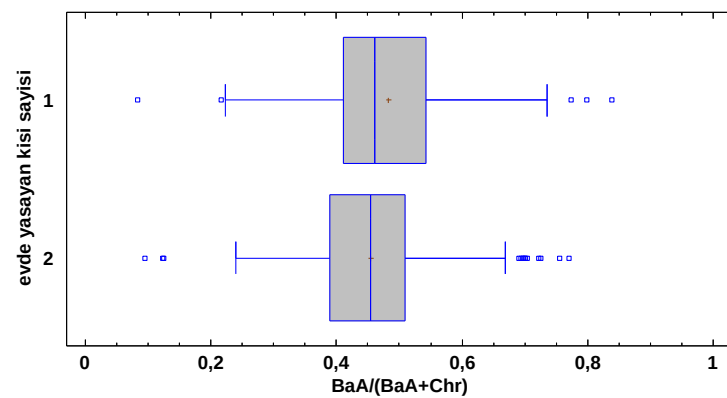
Box-and-Whisker Plot



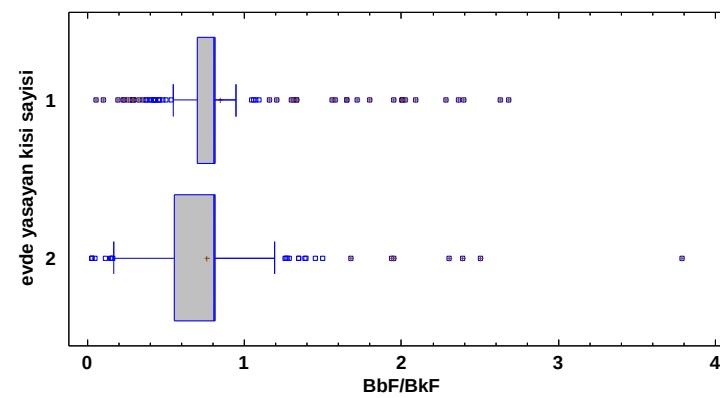
Box-and-Whisker Plot

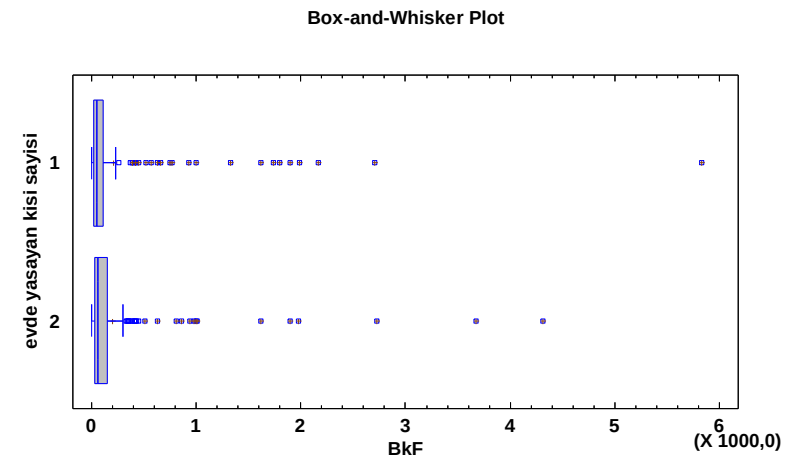
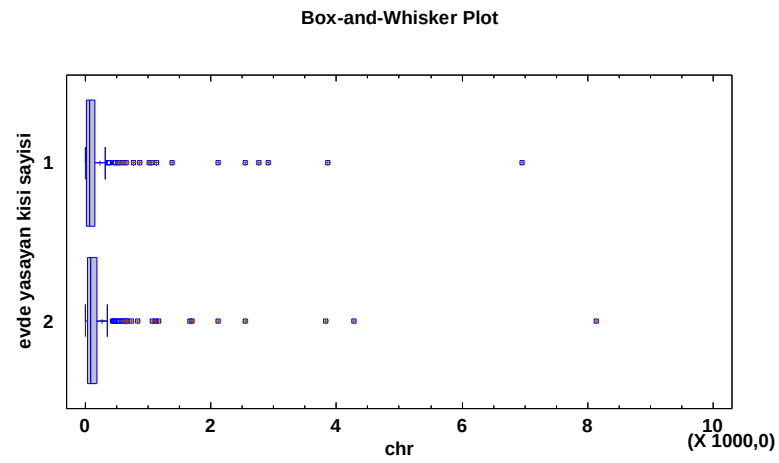
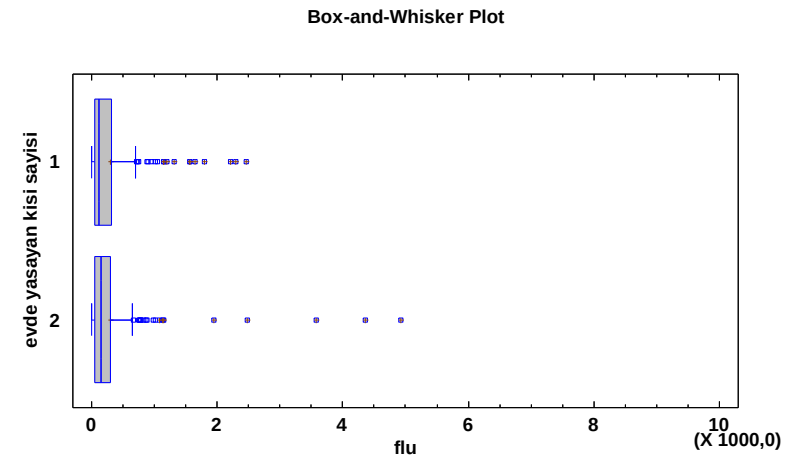
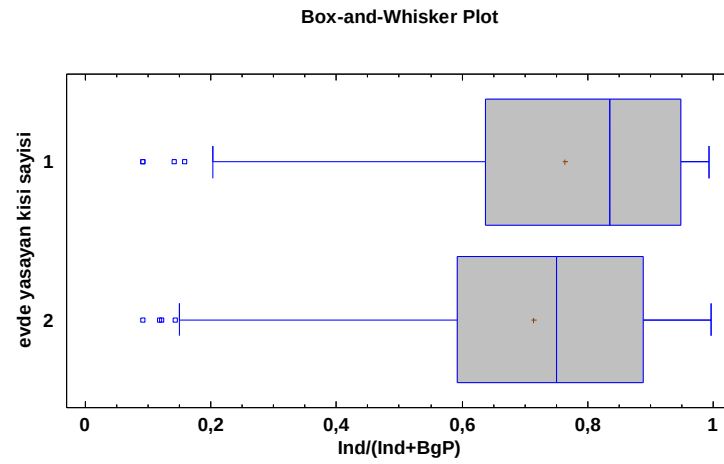


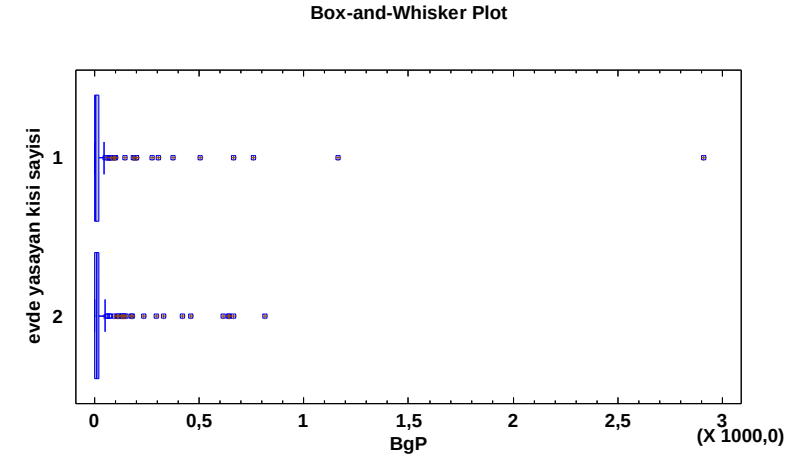
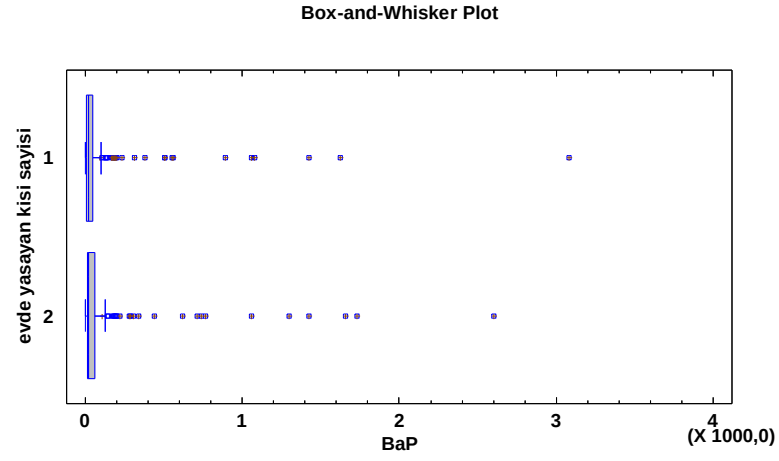
Box-and-Whisker Plot



Box-and-Whisker Plot



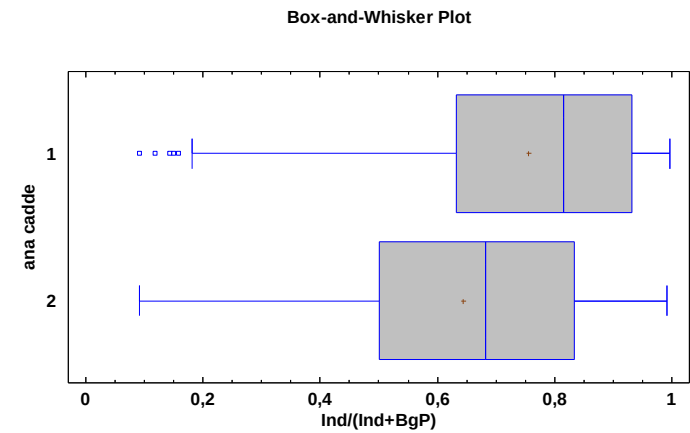
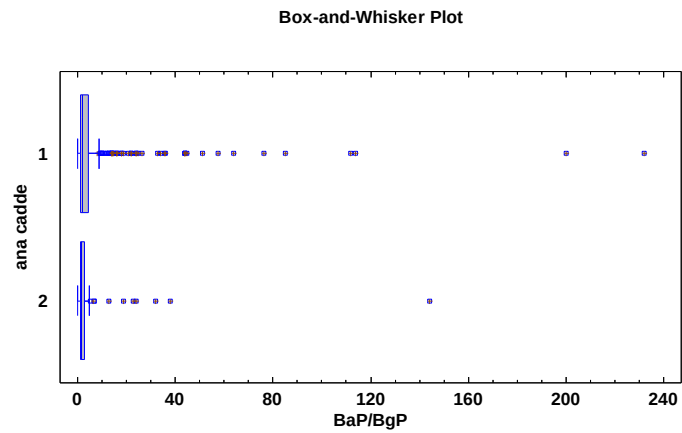
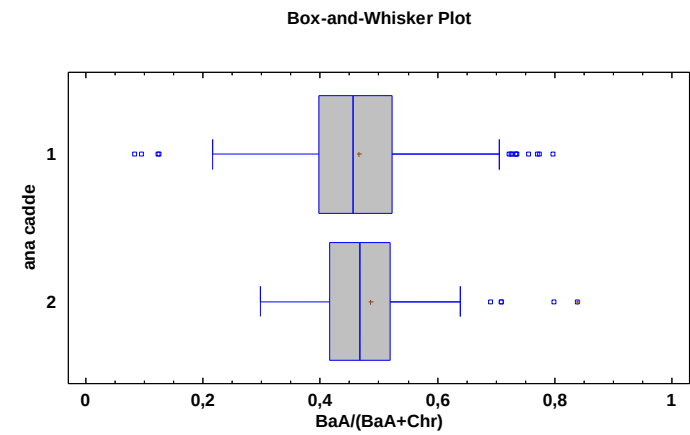
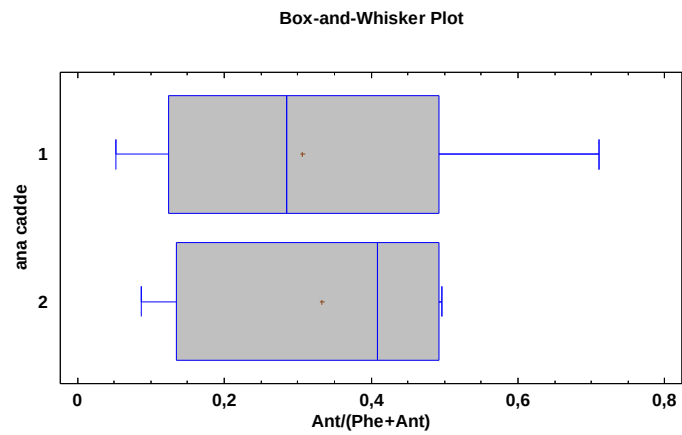


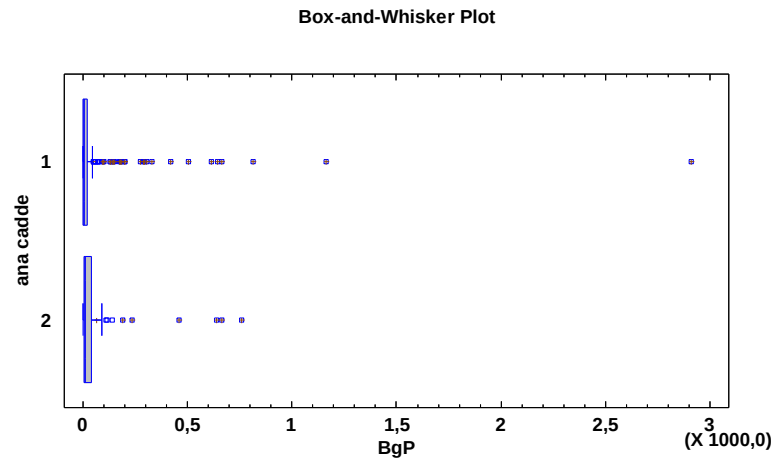
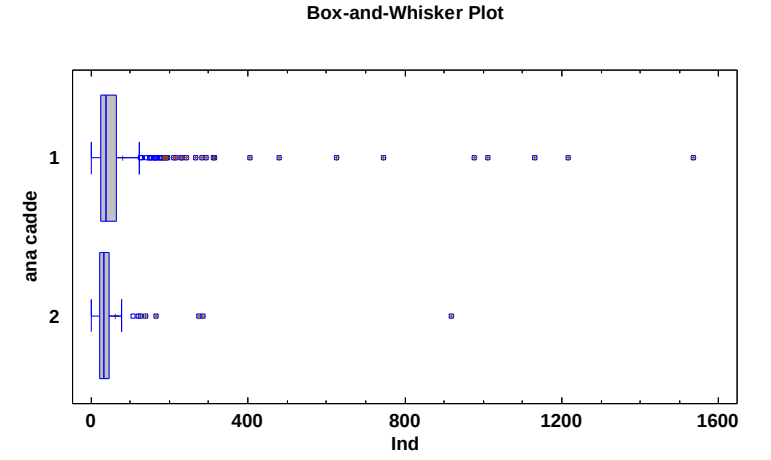
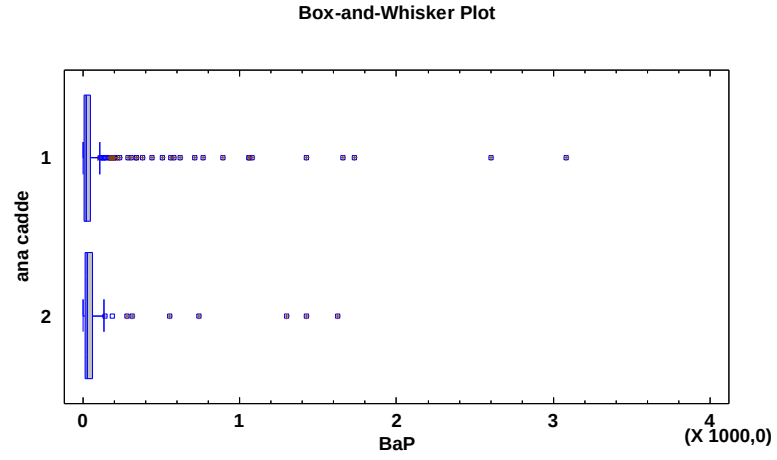


Şekil 36.Evde yaşayan kişi sayısı ile ilişkili değişkenlere ait Box-Whisker Grafikleri [≤ 3 kişi (1); > 3 (2)]

Evin Ana Caddeye Yakınlığı İle Ev Koşulları Arasındaki İlişki

Evin ana caddeye yakın olup olmaması durumunun PAH derişimlerini etkileyip etkilemediğinin anlaşılması için ANOVA testi veri setine uygulanmıştır. Bulunan sonuçlara göre evin yakınında ana cadde bulunması Ant/(Ant+Phe), BaA/(BaA+Chr), BaP/BgP, Ind/(Ind+BgP), BaP, Ind ve BgP ile ilişkilidir. Analiz sonucu elde edilen ortalamalar incelendiğinde BaP/BgP, Ind/(Ind+BgP) ve Ind evin yakınında ana cadde bulunması durumu ile doğru orantılı olarak bulunmuştur. Ant/(Ant+Phe), BaA/(BaA+Chr), BaP ve BgP diğerlerinin tam tersi olarak evin yakınında ana cadde bulunması ile ters orantılı bulunmuştur. P değerleri incelendiğinde özellikle Ind/(Ind+BgP) oranı evin yakınında ana cadde olması ile yüksek oranda ilişkili çıkmıştır. Bu çalışmanın kaynak tanımlayıcı PAH oranları bölümünde yapılan hesaplamalarda da görülmüş olduğu üzere veri setinin %38'i debu orana göre dizel kaynaklı çıkmıştır. Bu iki sonuca göre Ind/(Ind+BgP) oranının ana cadde ile doğru orantılı bulunması beklenen bir sonuçtur. Evin ana caddeye yakınlığı ile ilişkili bulunan parametrelere özgü box-whisker diyagramları Şekil 37'de verilmiştir.

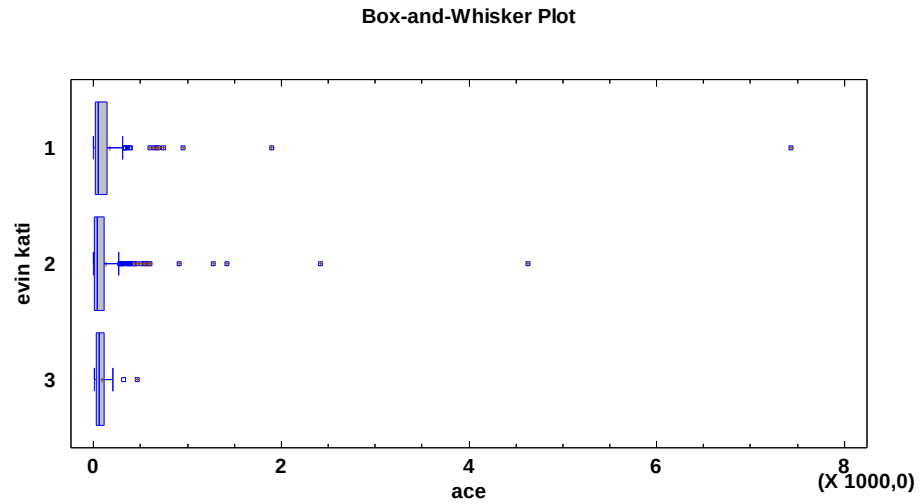




Şekil 37.Ana caddenin yakınlığı ile ilişkili değişkenlere ait Box-Whisker grafikleri [Var (1);Yok (2)]

Evde Bulunduğu Kat İle Ev Koşulları Arasındaki İlişki

Evin bulunduğu katlar 1 ve 1'den küçük, 1 ila 4 ve 5. Kat ve üzeri olarak tanımlanmıştır. Evin bulunduğu kat ile analiz sonucunda elde ettiğimiz veriler ve kaynak tanımlayıcı PAH oranları arasındaki ilişkiye ANOVA testi ile bakılmıştır. Evin katı ile ace derişimi arasında bir ilişki bulunmuştur. Analiz sonucunda elde edilen ortalamalara bakıldığında 1 ila 4. katlarda bulunan evler ile ace derişimleri arasında doğru orantı bulunmuştur. Bunun nedeninin düşük moleküllü bir PAH olduğu için üst katlara kolaylıkla taşınması olabileceği ancak diğer düşük moleküllü PAH'larda da aynı durum gözlenmediği için bu evlerde Ace'nin başka bir kaynağı olabileceği düşünülmektedir. Analize ait box-whisker diyagramı Şekil 38'de verilmiştir.



Şekil 38.Evin katı ile ilişkili değişkene ait Box-Whisker grafiği [1> (1); 1-4 (2); >5(3)]

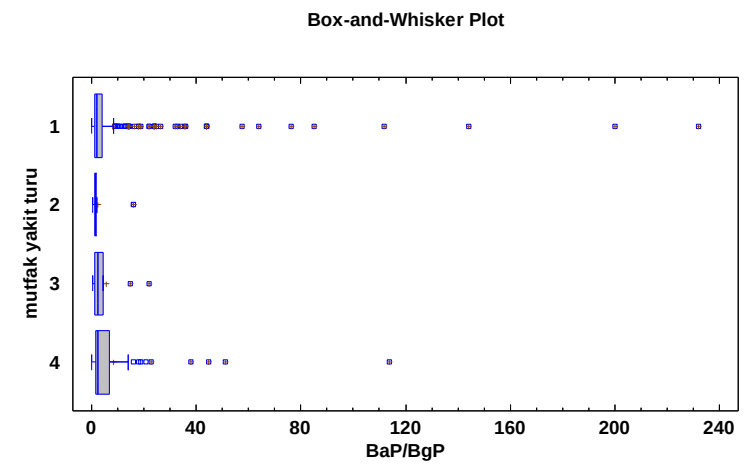
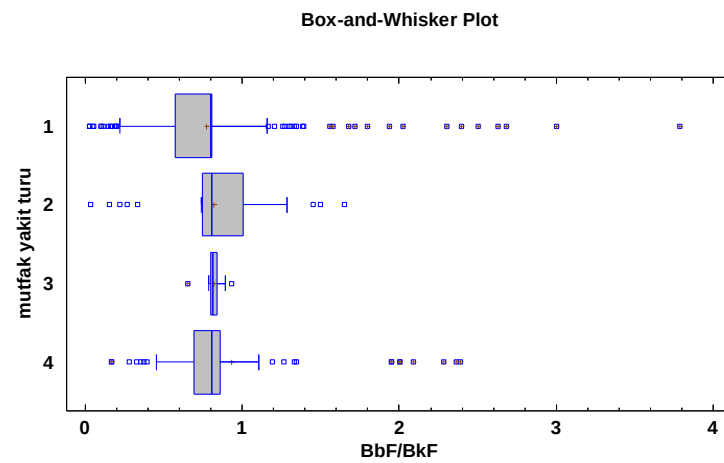
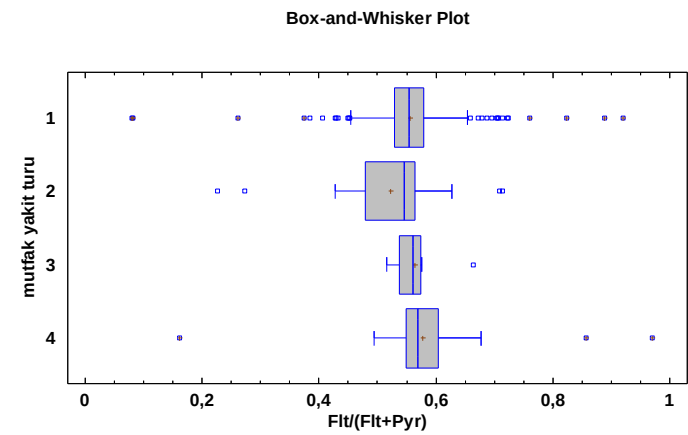
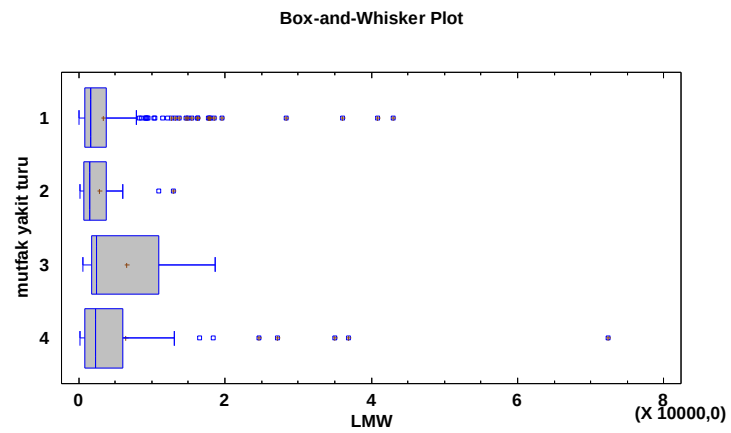
Mutfakta Kullanılan Yakıt Türü İle Ev Koşulları Arasındaki İlişki

Mutfakta kullanılan yakıt türleri evde yapılan anket soruları ile belirlenmiş olup, evlerde mutfak yakıtı olarak doğalgaz, elektrik, odun-kömür ve LPG kullanılmaktadır. Yapılan ANOVA testinde mutfak yakıt türü ile LMW, Flt/(Flt+Pyr), BbF/BkF, BaP/BgP, HMW/LMW, cPAH/ToplamPAH, Flu/(Flu+Pyr), Ind/(Ind+BgP), ace, chr, BkF, BaP ve BgP arasında ilişki bulunmuştur.

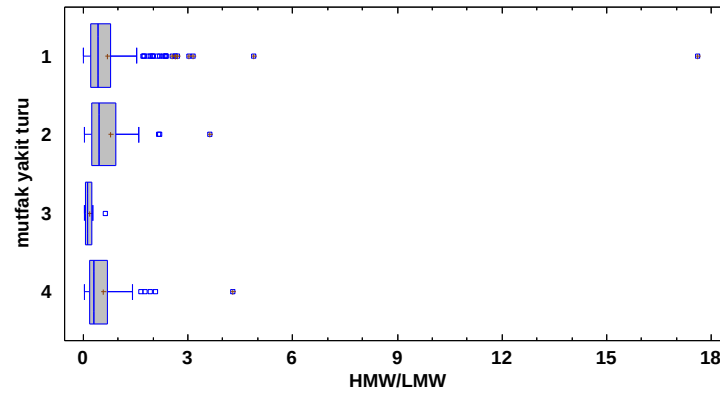
BaP/BgP, Flu/(Flu+Pyr) ve Ind/(Ind+BgP) oranları ile mutfak yakıtı olarak odun-kömür kullanılan evler arasında yüksek oranda bir ilişki bulunmuştur. Odun-kömür kullanımının olduğu evlerde bu oranlar artmaktadır. Söz konusu Ind/(Ind+BgP) ve BaP/BgP oranlarının literatürde odun-kömür yakımını kaynak olarak gösterdiği belirtilmiştir. Bu çalışmada elde edilen derişimlerle hesaplanan Ind/(Ind+BgP) oranlarına bakıldığında tüm PAH'ların %86,25'inin kömür kaynaklı olduğu bulunmuştur.

BkF, BaP ve BgP ile analiz sonuçlarına bakıldığında mutfak yakıt türü olarak doğalgaz kullanımı ile doğru orantılı olarak değiştiği gözlenmiştir. Literatürde yapılan araştırmalarda BkF, BaP ve BgP'nin doğalgaz ve yemek pişirmeyi gösterdiği belirtilmiştir. Bu çalışmada yapılan faktör analizi ile de 3. Faktör de aynı PAH'lar ile doğalgazın ana kaynaklardan biri olduğunu göstermiştir.

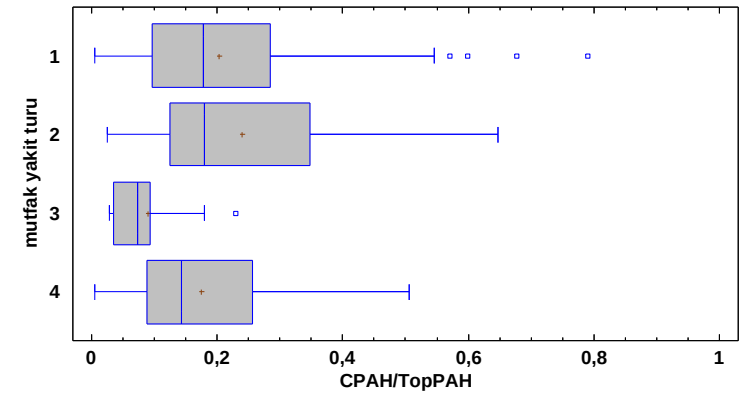
Yapılan ANOVA testinde mutfak yakıt türü ile anlamlı bulunan değişkenlere ait box-whisker diyagramları Şekil 39'da verilmiştir.



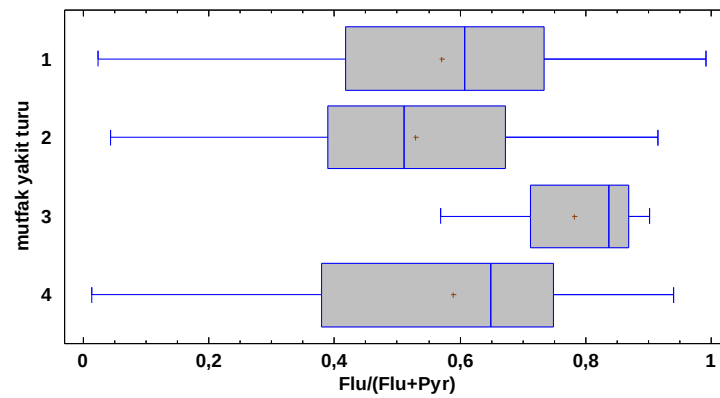
Box-and-Whisker Plot



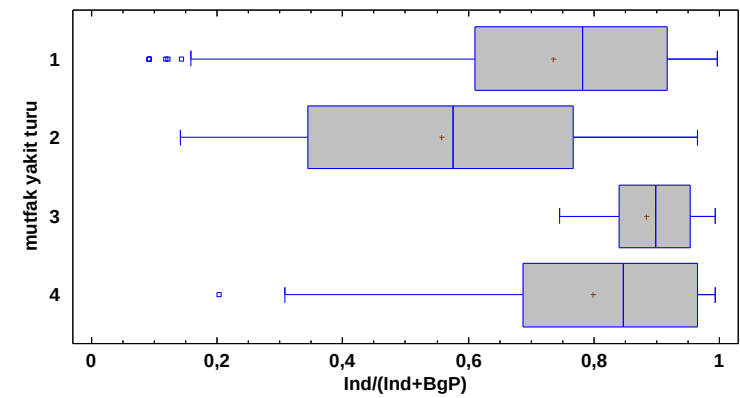
Box-and-Whisker Plot



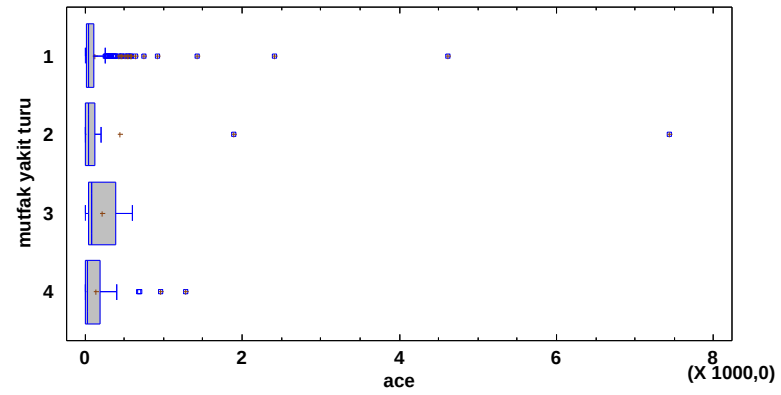
Box-and-Whisker Plot



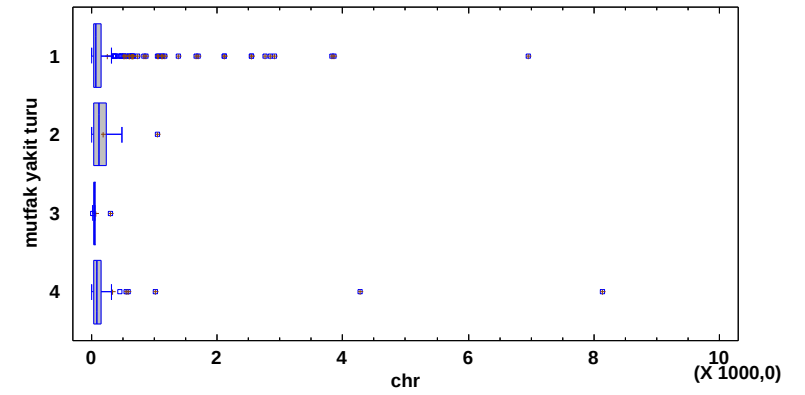
Box-and-Whisker Plot



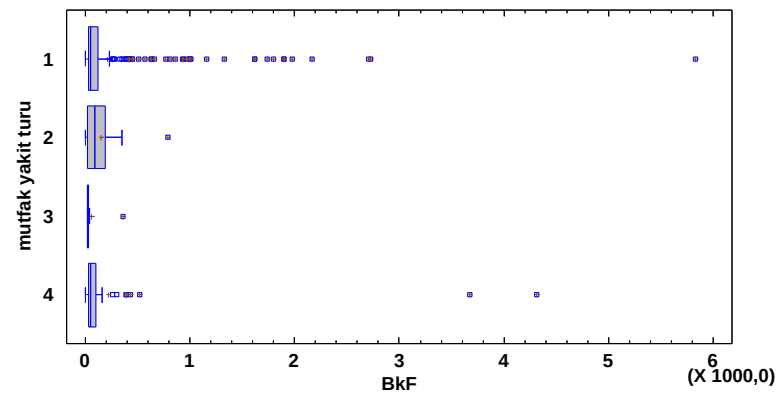
Box-and-Whisker Plot



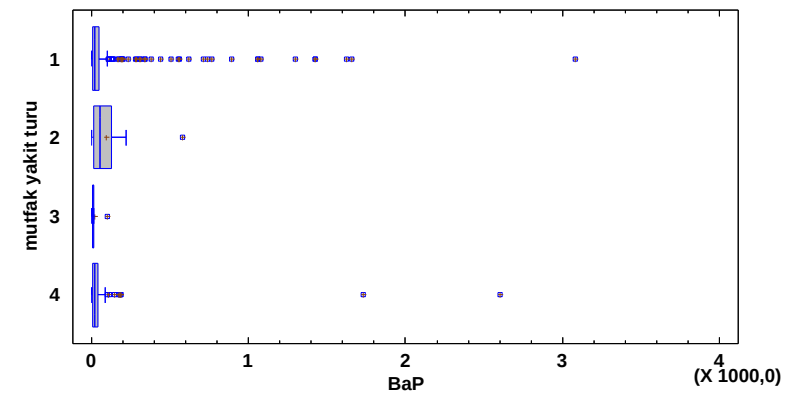
Box-and-Whisker Plot

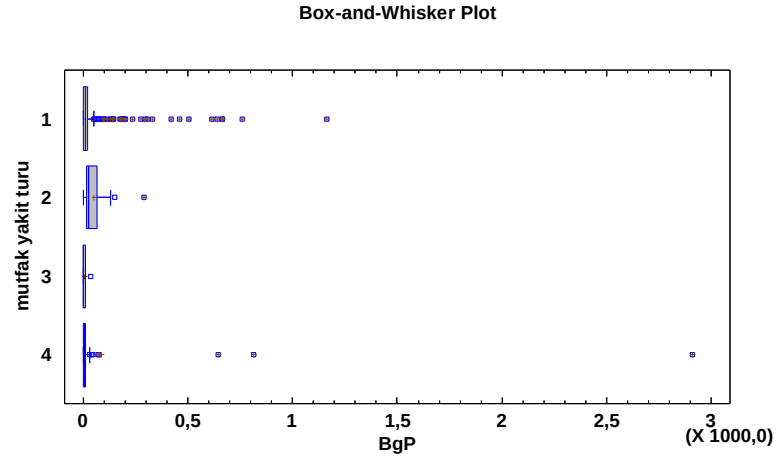


Box-and-Whisker Plot



Box-and-Whisker Plot





Şekil 39.Mutfak yakıt türü ile ilişkili değişkenlere ait Box-Whisker grafikleri [Doğalgaz (1); Elektrik (2); Odun-kömür (3); LPG (4)]

Konut Isıtma Türü İle Ev Koşulları Arasındaki İlişki

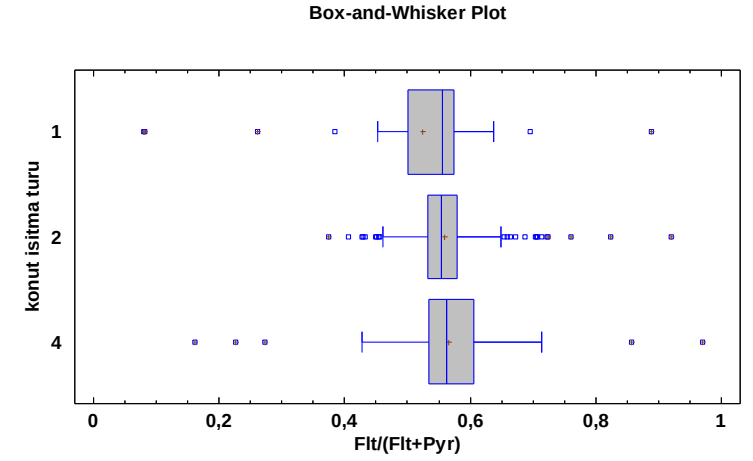
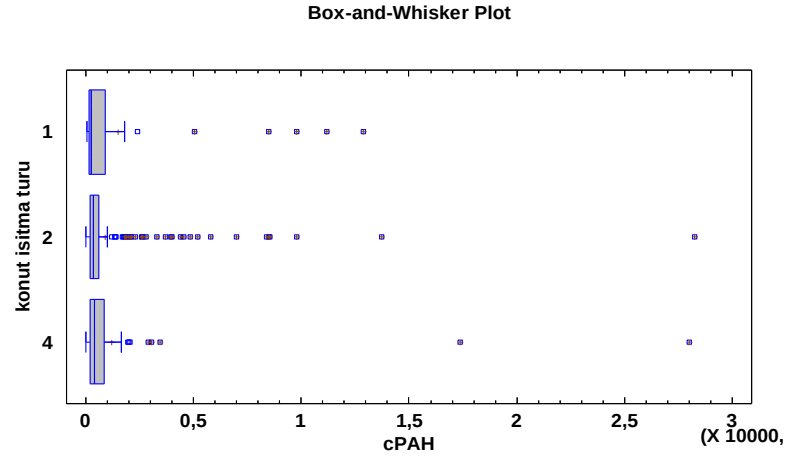
Konut ısıtma türü merkezi sistem, kat kaloriferi ve soba (odun-kömür) olarak tanımlanmıştır. Konut ısıtma türü ile ilgili yapılan ANOVA testinde cPAH ve Flt/(Flt+Pyr) oranı arasında ilişki bulunmuştur.

cPAH ve Flt/(Flt+Pyr) oranı ile ANOVA testi sonucu elde edilen ortalamalara bakıldığında soba kullanımı ile yüksek oranda ilişki bulunmuştur. Bu ilişki kat kaloriferi kullanımında daha düşük, merkezi sistemle ısıtılan evlerde ise en düşüktür.

Flt/(Flt+Pyr) oranı literatürde odun kömür yakılması olarak tarif edilmiş ve çalışmada elde edilen sonuçlarla bu orana bakıldığında bu oran verilerimizin %90'ının odun-kömür yakılması olarak tanımlamıştır.

Odun-kömür yakılması ile ortaya yüksek miktarda cPAH'ların da çıktığı bilinmektedir. Hem ANOVA testi hem de kaynak tanımlayıcı PAH oranları birlikte değerlendirildiğinde soba ile ısıtılan evlerde durumun böyle çıkması beklenen bir sonuçtur.

Yapılan ANOVA testi ile ilişkili değişkenlere ait box-whisker diyagramları Şekil 40'da verilmiştir.

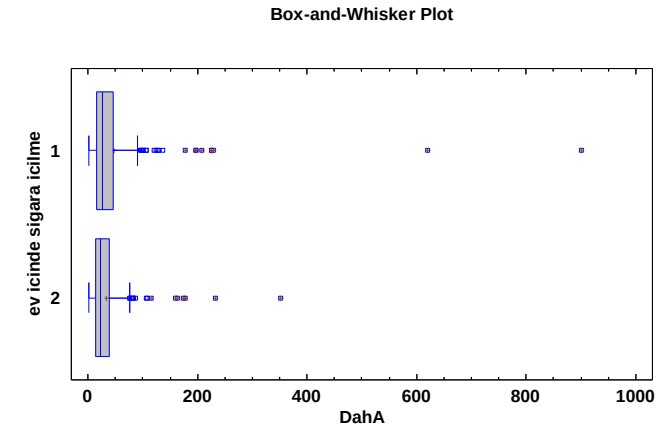
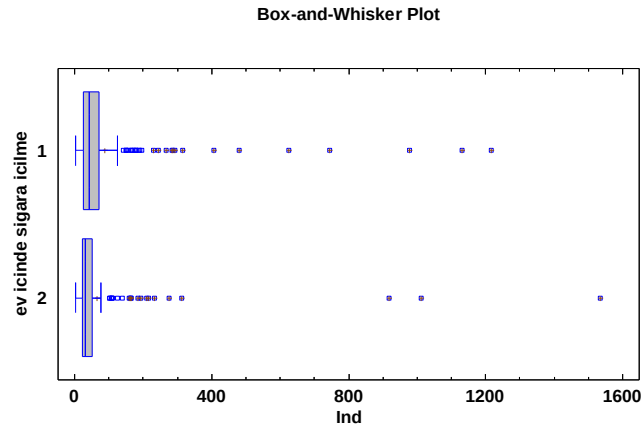
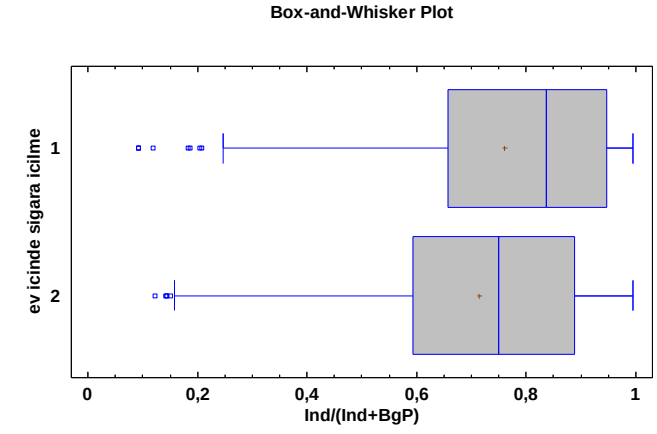
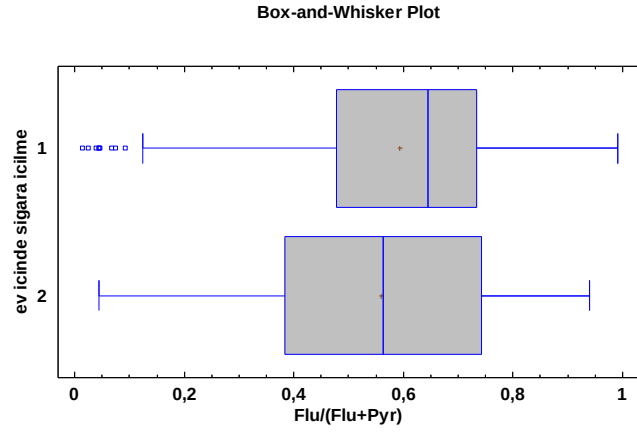


Şekil 40.Konut ısıtma türü ile ilişkili değişkenlere ait Box-Whisker grafikleri [Merkezi Sistem (1); Kat kaloriferi (2); Soba (kömür ya da odun) (3)]

Evde Sigara İçilmesi İle Ev Koşulları Arasındaki İlişki

Evde sigara içiliyor ve içilmiyor olarak tanımlanan verilerimiz ile kaynak tanımlayıcı PAH oranları ile PAH bileşiklerimiz arasındaki ilişki için veri setine ANOVA testi uygulanmıştır. Testin sonuçlarına göre evde sigara içilmesi durumu Flu/(Flu+Pyr), Ind/(Ind+BgP) oranları, Ind ve DahA bileşikleri ile ilişkili bulunmuştur. Oranlara göre sigara içilmemesi ile doğru orantılı olarak bulunmuştur. Ancak bu beklenen bir durum değildir. İç ortamda PAH'ların ana kaynaklarından birinin de sigara olduğu[53]bilinmektedir. Bu nedenle bu soru ile ilgili örnekleme yapılan evlerdeki kişilerin cevaplarında tutarsızlık olduğu düşünülmektedir.

Yapılan ANOVA testi ile ilişkili değişkenlere ait box-whisker diyagramları Şekil 41'de verilmiştir.

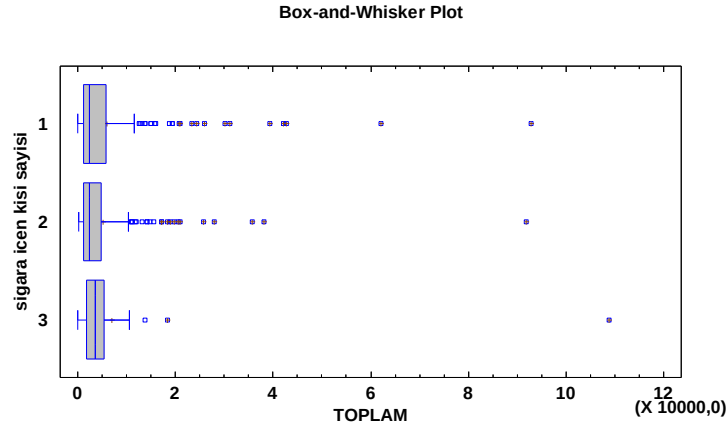


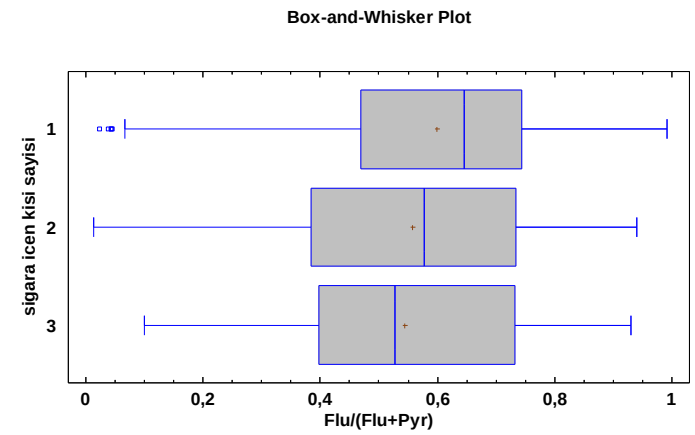
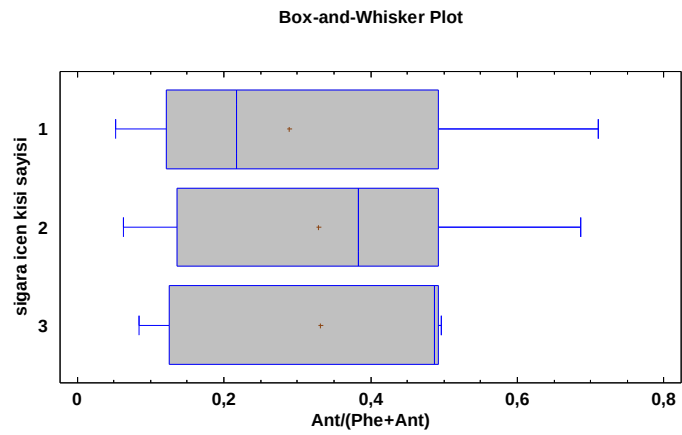
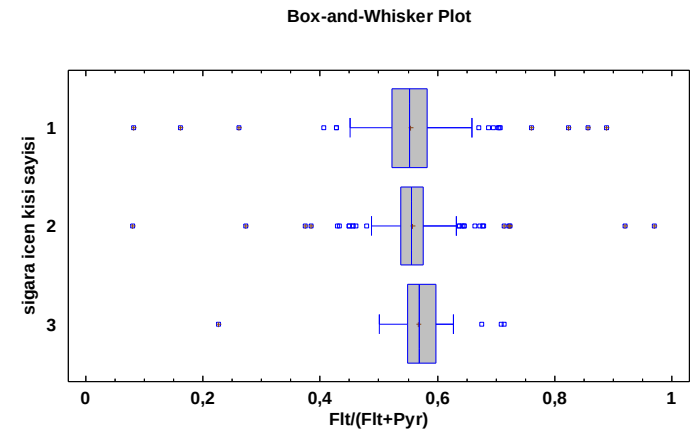
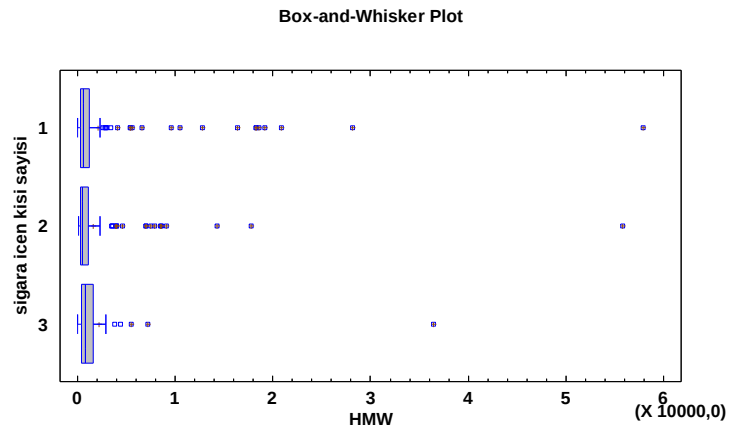
Şekil 41.Evde sigara içilme durumu ile ilişkili değişkenlere ait Box-Whisker grafikleri[İçilmiyor (1); İçiliyor (2)]

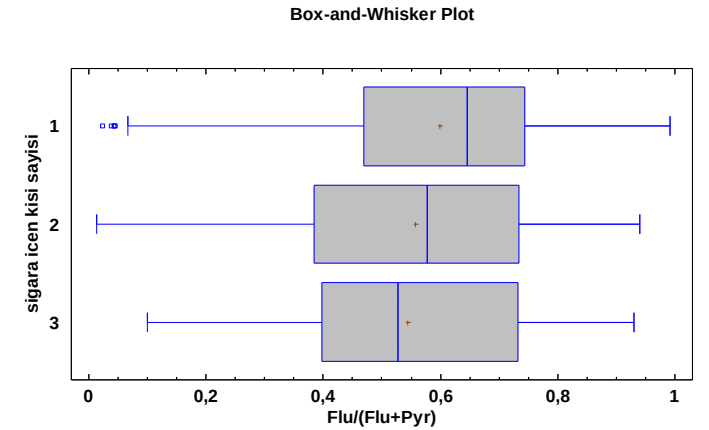
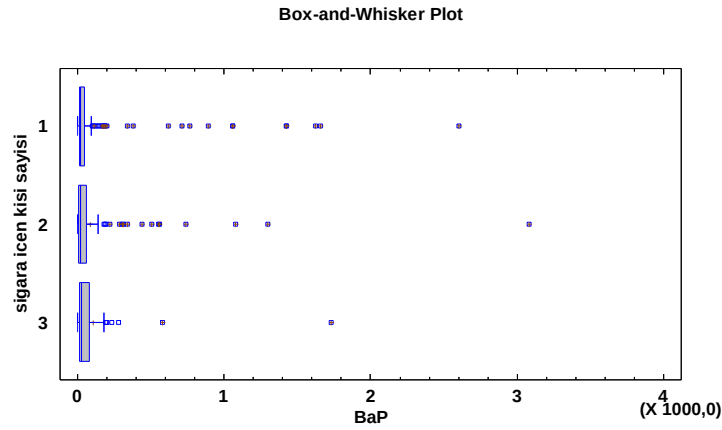
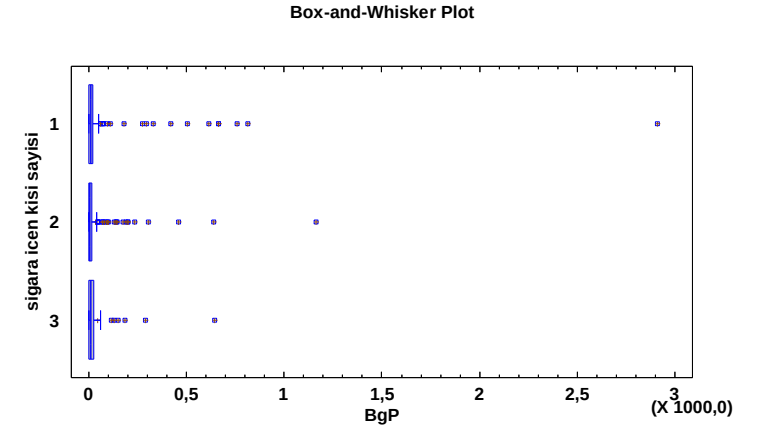
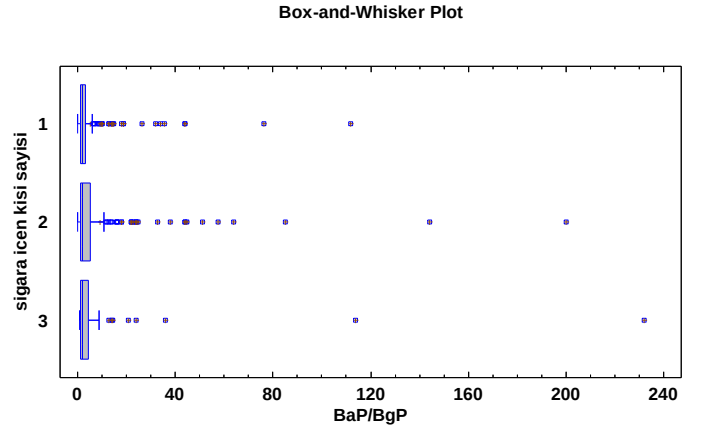
Evde Sigara İçen Kişi Sayısı İle Ev Koşulları Arasındaki İlişki

Evde sigara içen kişi sayısı ile ev koşulları arasındaki ilişki ANOVA testi ile değerlendirilmiştir. Evde sigara içen kişi sayısı yok, 1 kişi ve 1’den fazla kişi olarak tanımlanmıştır. Testin sonucuna göre sigara içen kişi sayısı ile HMW, Toplam PAH, Ant/(Ant+Phe), Flt/(Flt+Pyr), BaP/BgP, Flu/(Flu+Pyr), BaP, BgP arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur. HMW, Toplam PAH, Ant/(Ant+Phe), Flt/(Flt+Pyr), BaP/BgP, BaP, BgP analiz sonuçlarındaki elde edilen ortalamalara bakıldığında evde sigara içen kişi sayısının artması ile bu oranların ve bileşiklerin derişimlerin doğru orantılı olarak değiştiği söylenebilmektedir. Sigaranın iç ortamda PAH’ların ana kaynaklarından biri olduğu düşünüldüğünde bu durum beklenen bir sonuçtur.

Evde sigara içen kişi sayısı ile ev koşullarına ait box-whisker diyagramları şekil 42’de verilmiştir.







Şekil 42.Sigara içen kişi sayısı ile ilişkili değişkenlere ait Box-Whisker grafikleri[0 (1); 1(2); 2(3)]

Örnekleme Sırasında Pencerenin Durumu İle Ev Koşulları Arasındaki İlişki

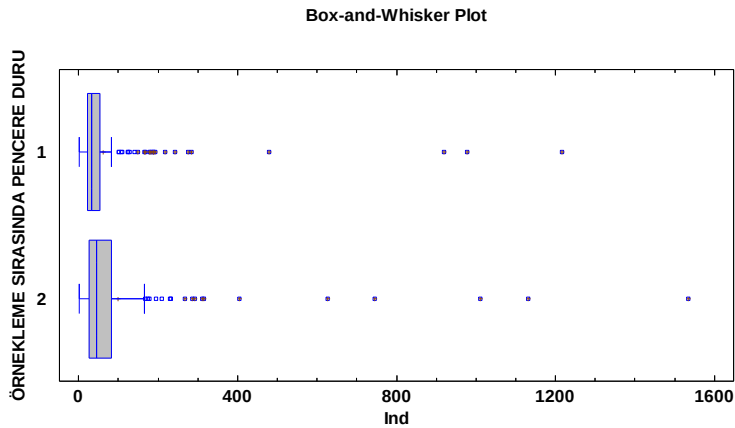
Örnekleme sırasında pencere durumu açık ve kapalı olarak tanımlanarak kaynak tanımlayıcı PAH oranları ve PAH bileşikleri arasındaki ilişki ANOVA testi ile incelenmiştir.

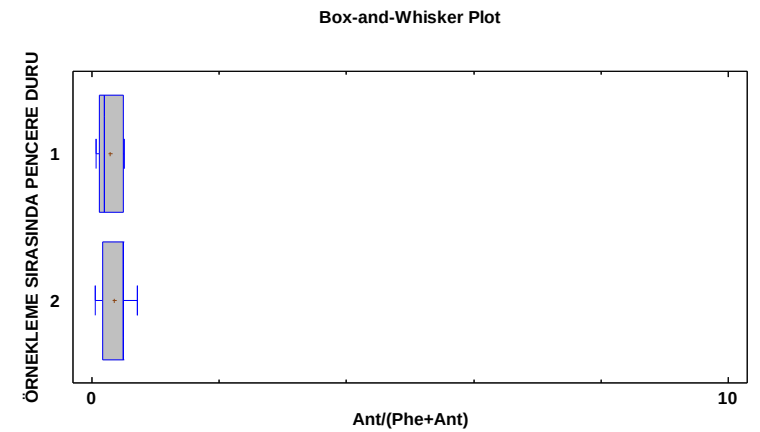
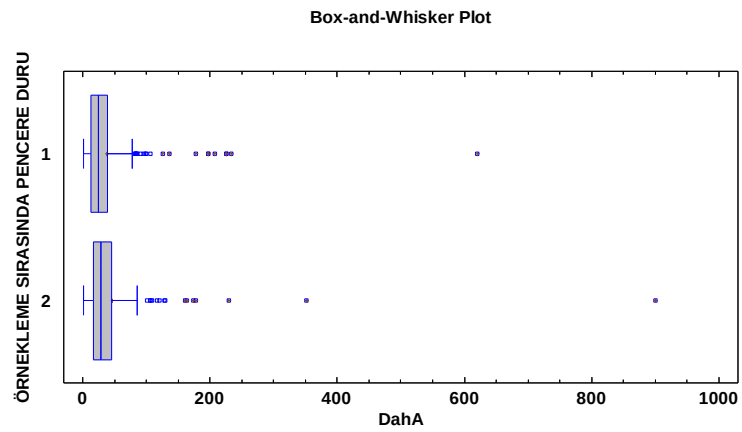
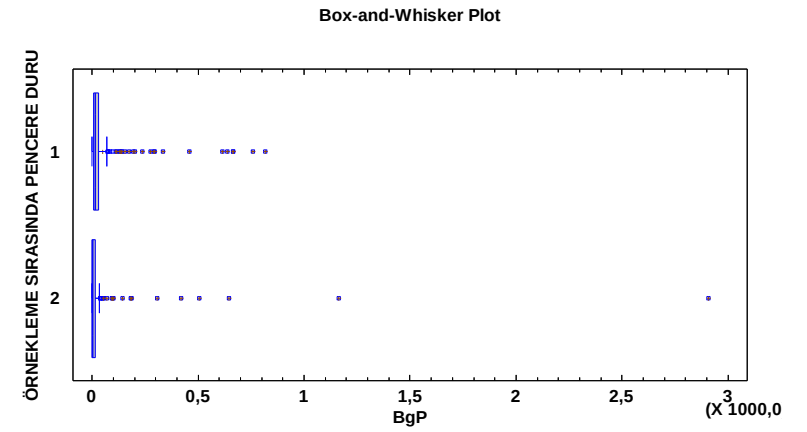
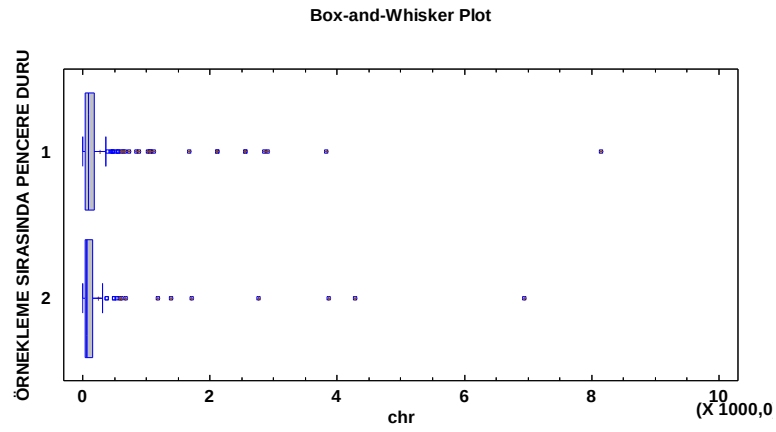
Örnekleme sırasında pencerenin açık ya da kapalı oluşu testin sonucuna göre Ant/(Ant+Phe), BaP/BgP, Flu/(Flu+Pyr) oranları ve nap, ant, chr, Ind, DahA ve BgP bileşikleri ile ilişkili bulunmuştur.

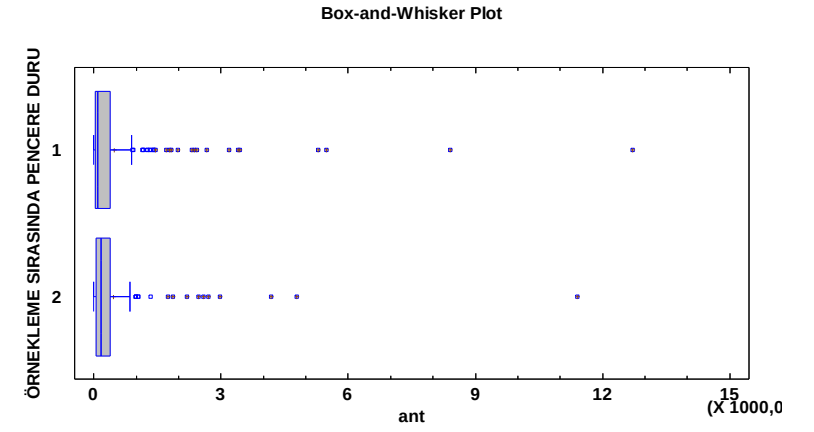
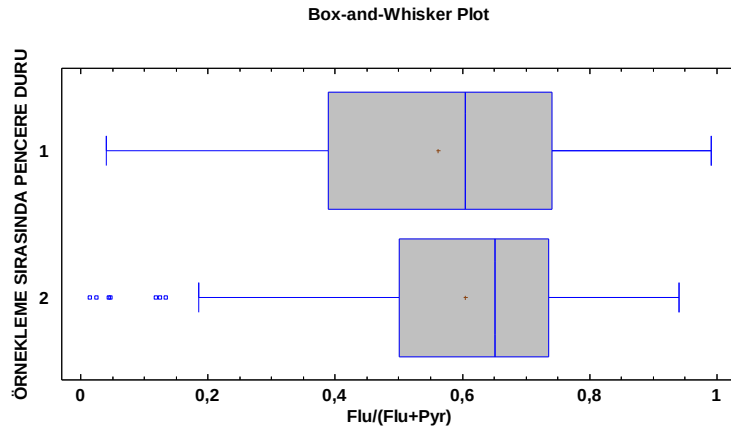
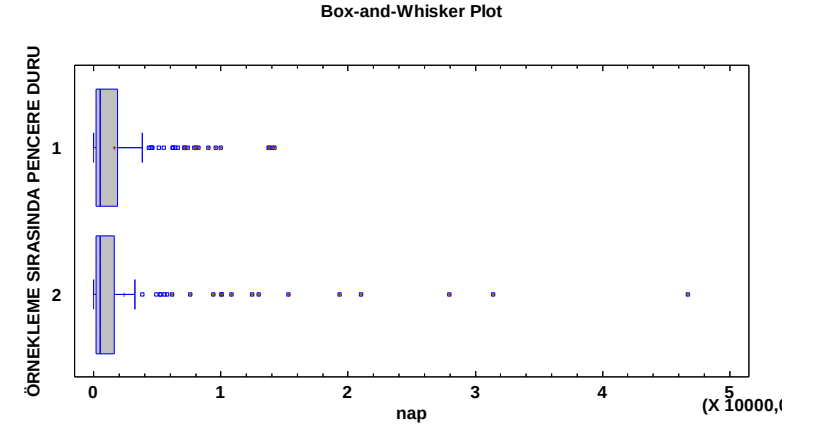
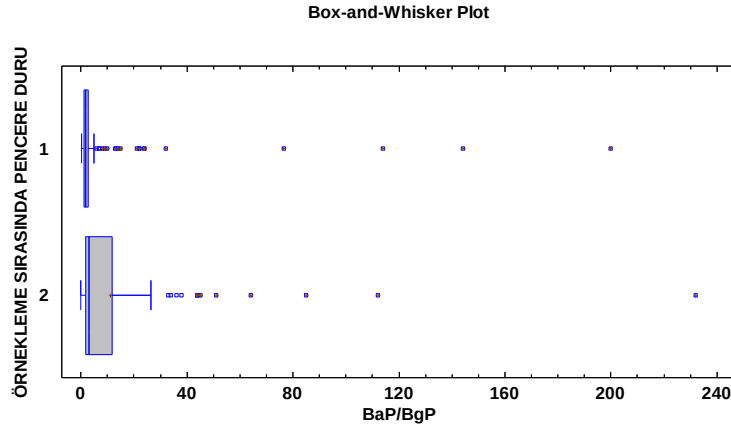
Ant/(Ant+Phe), BaP/BgP, Flu/(Flu+Pyr) oranları ve nap, ant, Ind ve DahA bileşikleri için ANOVA testinde elde edilene ortalamalar incelendiğinde örnekleme sırasında camın kapalı oluşu ile bu oranlar ve bileşikler ile doğru orantılı bir ilişki olduğu ortaya çıkmıştır. Bu analiz ile havalandırmanın olmaması durumunda PAH'ların daha kolay bir şekilde çökerek tozda birikimin olabileceği sonucuna varmanın mümkün olabileceği düşünülmektedir.

Chr ve BgP bileşikleri için ise diğerlerinin aksine bir durum söz konusudur. Camın açık olduğu durumlarda derişimler daha yüksek çıkmıştır. Bu bileşiklerin trafik kaynaklı olduğu bilinmektedir. Bu nedenle cam açık olduğunda derişimlerin yüksek çıkması beklenebilecek bir sonuçtur.

Örnekleme sırasında pencerenin durumu ile ilgili box-whisker diyagramları Şekil 43'te verilmiştir.







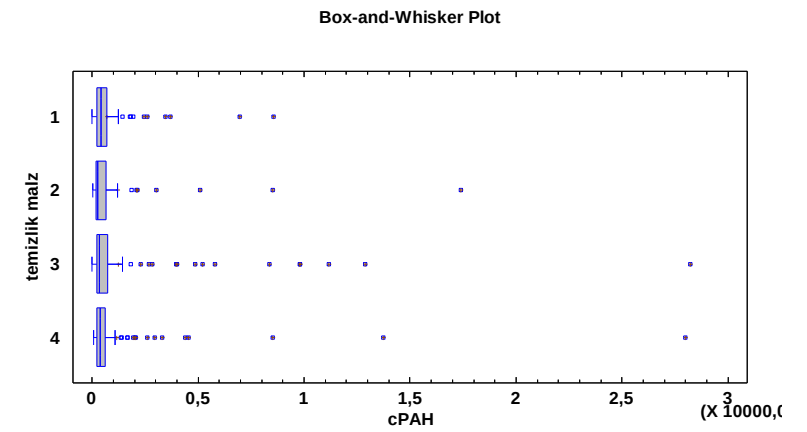
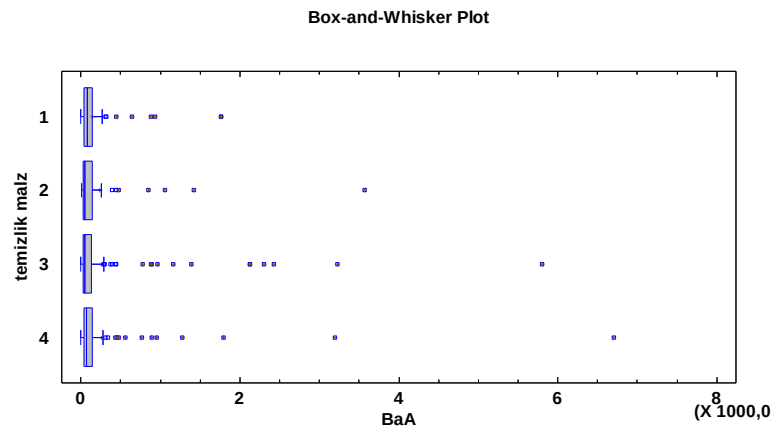
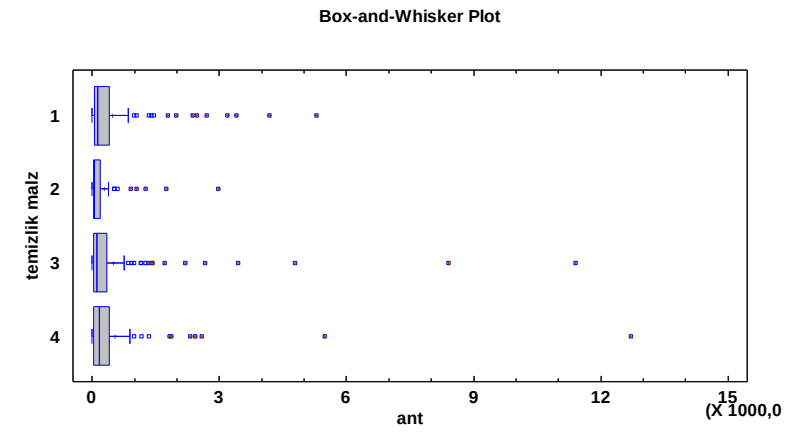
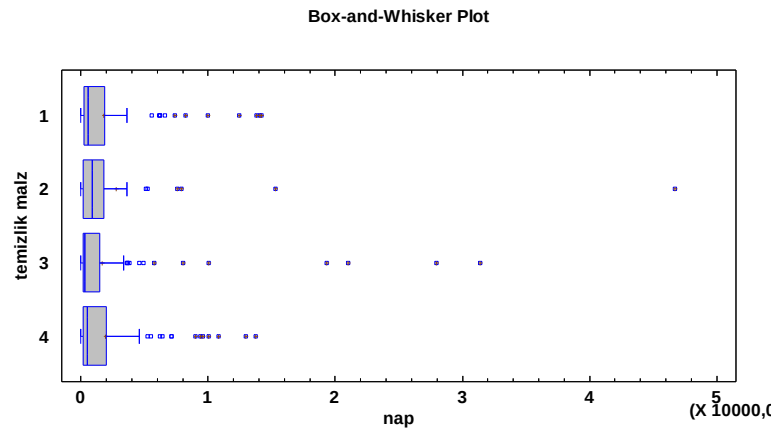
Şekil 43.Örnekleme sırasındaki pencerenin durumu ile ilişkili değişkenlere ait Box-Whisker grafikleri[Açık (1); Kapalı (2)]

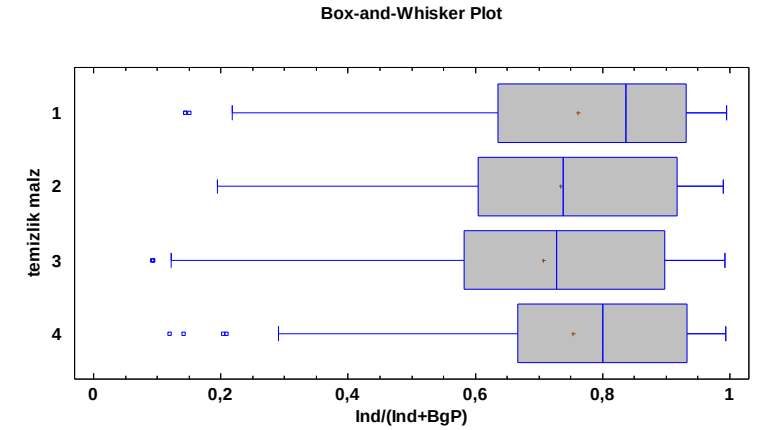
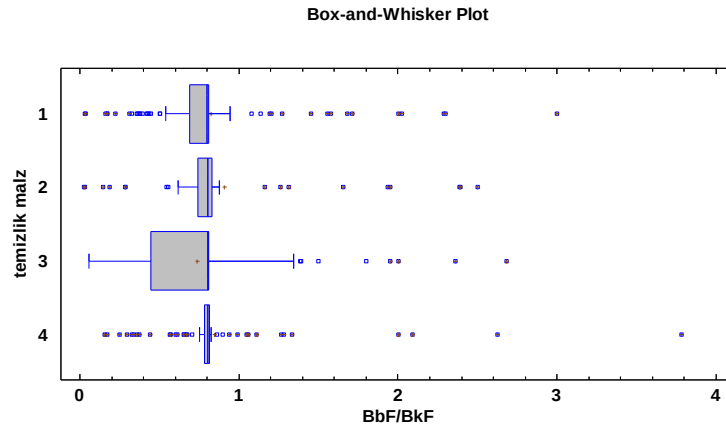
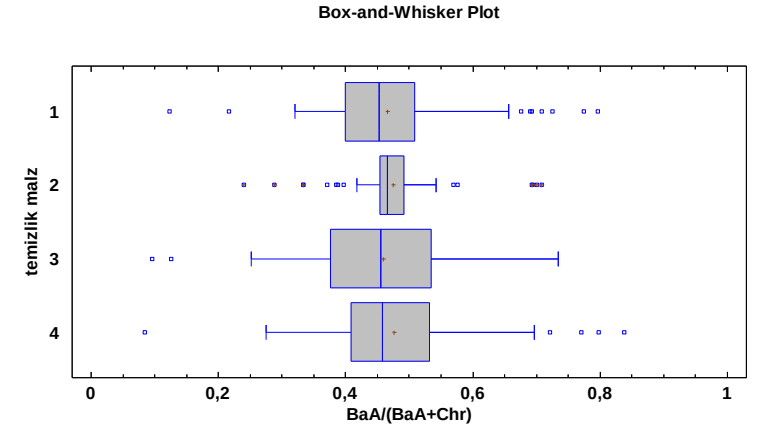
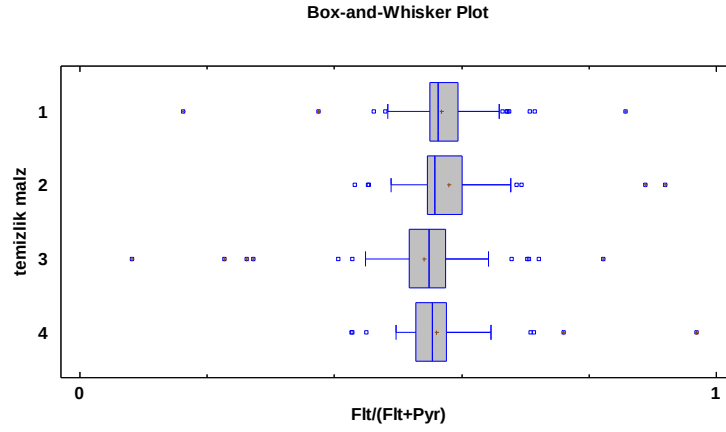
Evlerdeki Temizlik Yapma Sıklığı ile Ev Koşulları Arasındaki İlişki

Evlerde temizlik maddelerinin kullanımı da önemli olabileceği için temizlik yapma sıklığı ile veri setimiz ve kaynak tanımlayıcı PAH oranlarına ANOVA testi uygulanmıştır. Temizlik yapma sıklığı her gün, iki günde bir, haftada birkaç kez ve her hafta olarak tanımlanmıştır.

Temizlik yapma sıklığı ANOVA testi sonuçlarına göre cPAH, Flt/(Flt+Pyr), BaA/(BaA+Chr), BbF/BkF, Ind/(Ind+BgP) oranları, nap, ant ve BaA bileşikleri ile ilişkili bulunmuştur. Ancak bulunan ilişkilerin anlamlı olduğu düşünülmemektedir. Her gün temizlik yapılan evde PAH derişimlerinin düşük çıkması beklenirken Flt/(Flt+Pyr), BaA/(BaA+Chr), Ind/(Ind+BgP) oranları, nap ve ant bileşikleri için durum tam tersi çıkmıştır. Ayrıca bu bileşiklerdeki durum da birbirleri ile aynı olmadığı için temizliğin PAH derişimleri için bir gösterge olmadığı da söylenebilir.

Evlerdeki temizlik sıklığı ile ilgili box-whisker diyagramları Şekil 44'te verilmiştir.





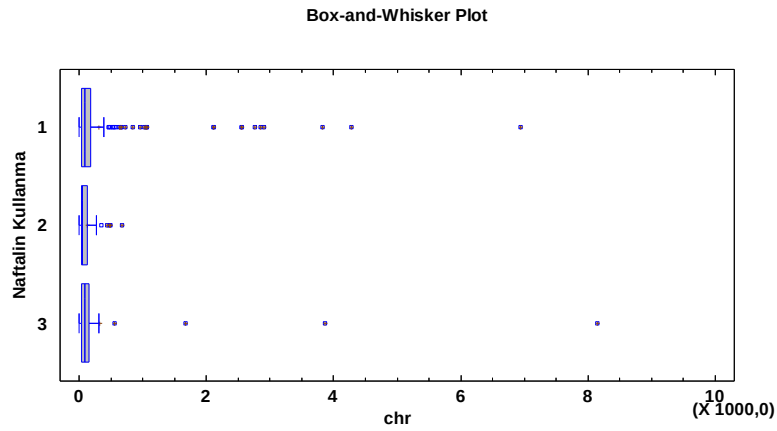
Şekil 44. Temizlik yapılma sıklığı ile ilişkili değişkenlere ait Box-Whisker grafikleri [Her gün(1); İki günde bir(2); Haftada birkaç kez (3); Her hafta(4)]

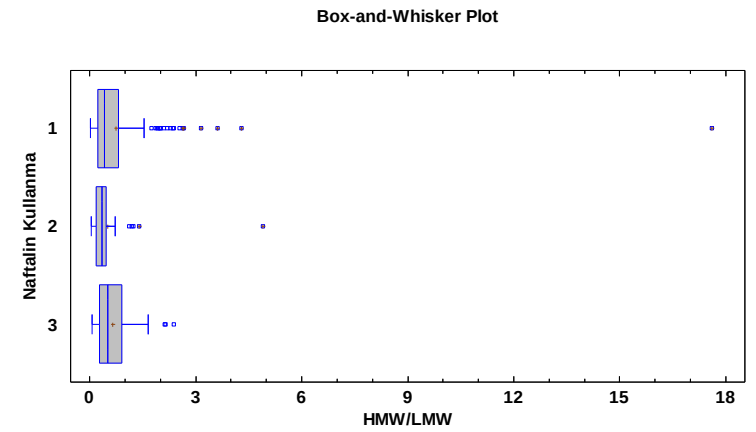
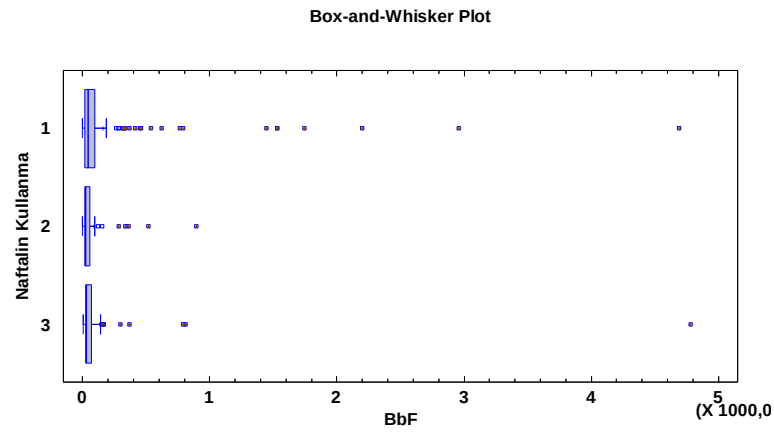
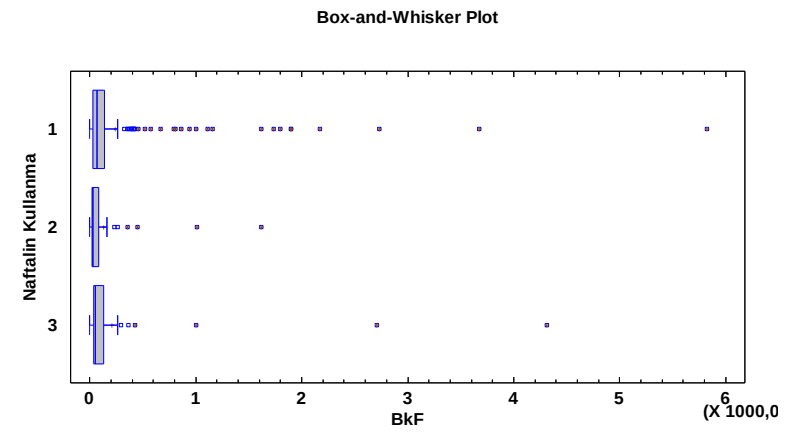
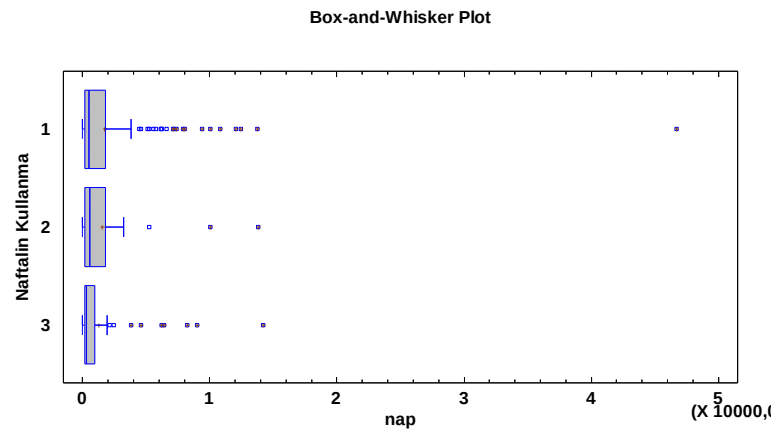
Naftalin Kullanımı ile Ev Koşulları Arasındaki İlişki

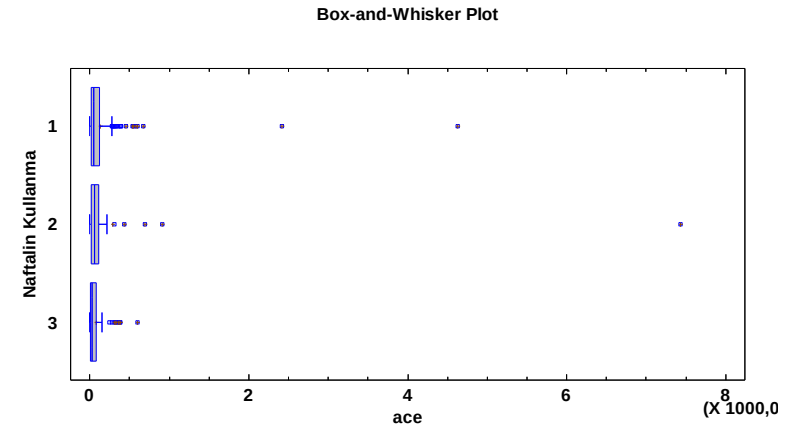
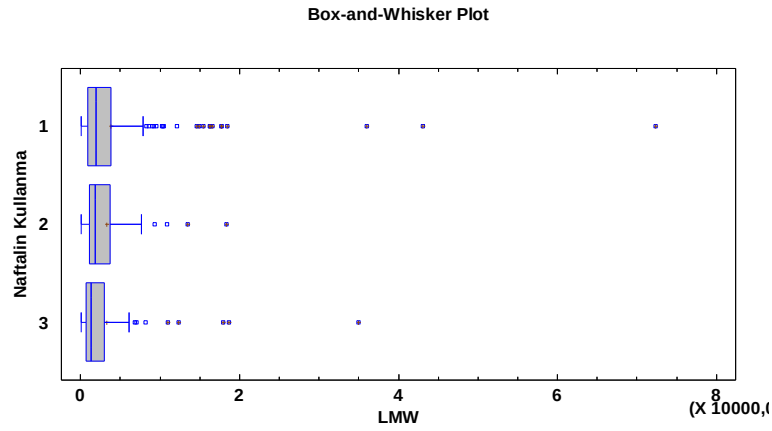
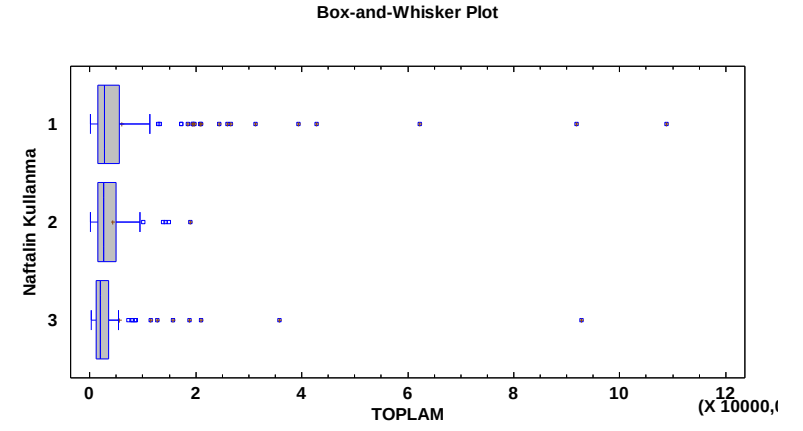
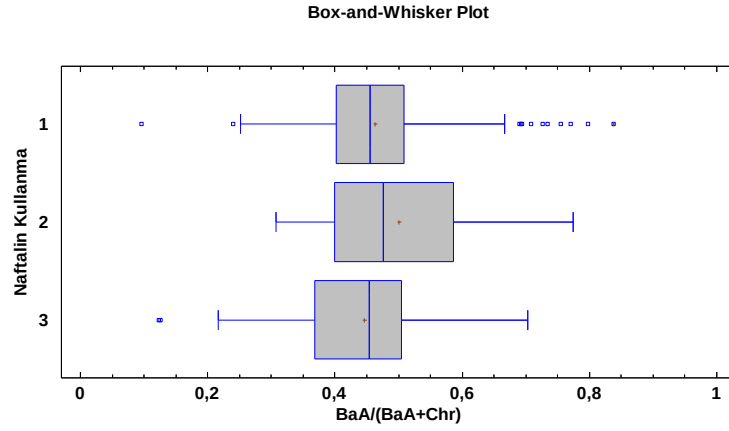
Evlerde naftalin kullanımının yoğun olabileceği düşünülerek naftalin kullanımı ile analiz sonuçları ve kaynak tanımlayıcı PAH oranları arasındaki ilişkiye bakılmak üzere ANOVA testi yapılmıştır. Evlerdeki durum kullanılmıyor, sandıkta kullanılıyor ve lavaboda kullanılıyor olmak üzere üç grupta incelenmiştir.

ANOVA testi sonuçlarına göre naftalin kullanımı LMW, toplam PAH, BaA/(BaA+Chr), HMW/LMW oranları, nap, ace, chr, BbF, BkF bileşikleri ile ilişkili bulunmuştur. Naftalin kullanılan evlerde naftalin derişiminin yüksek olması beklenirken aksine evde naftalin kullanımı ile evlerde hesaplanan naftalin derişimleri ters orantılı çıkmıştır.

Naftalin kullanımına ait box-whisker diyagramları Şekil 45'te verilmiştir.







Şekil 45.Naftalin kullanımı ile ilişkili değişkenlere ait Box-Whisker grafikleri [Kullanılmıyor (1); Sandıkta(2); Lavaboda(3)]

5.8. TOKSİSİTE DENKLİK FAKTÖRÜNÜN HESAPLANMASI (TEF)

Toksosite Denklik Faktörü (TEF) metodolojisi US EPA tarafından kimyasalların kanserojenik etkilerinin belirlenmesi için geliştirilmiş olan bu metodoloji çalışmamızdaki kanserojen PAH'ların dünya sağlık örgütü tarafından verilen sınır değerleri aşp aşmadığının tespit edilmesi için yapılmıştır.

Toksosite denklik faktörünün bulunması için aşağıdaki adımlar uygulanır:

Adım 1: Karışım içinde hangi PAH' lar olduğu (kolon 1) ve bunların topraktaki konsantrasyonları belirlenir (kolon 2)

Adım 2: Her PAH için konsantrasyonlar ve TEF' ler çarpılır (kolon 3)

Adım 3: Bu çarpım 4. Kolona yazılır ve toplanır.

Adım 4: Bu toplam referans değerle karşılaştırılır.

Her döneme ait hesaplamalar ve bulunan değerler Çizelge 26' da verilmiştir.

Çizelge 26. Toksisite denklik faktörü değerleri

c-PAH	Örnek İçin Ölçülen Değerler (mg/kg)	Toksosite Denklik Faktörü (TEF, birimsiz)*	Toksosite Denklik Toprak Konsantrasyonları (mg/kg)
Benzo[a]pyrene	0,111	1	0,111
Benzo[a]anthracene	0,218	0,1	0,0218
Benzo[b]fluoranthene	0,18	0,1	0,018
Benzo[k]fluoranthene	0,244	0,1	0,0244
Chrysene	0,26	0,01	0,0026
Dibenzo[a,h]anthracene	0,043	0,1	0,0043
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	0,08	0,1	0,008
Toplam		---	0,19=TTEC

*WAC'de belirtilen değerler

Dünya Sağlık Örgütü tarafından cPAH karışımı için referans kimyasal madde olan BaP için bu değer 0,137 mg/kg olarak belirtilmiştir. Bu çalışmada TTEC değeri 0,19 mg/kg olarak hesaplanmış ve sınır değeri aştığı tespit edilmiştir.

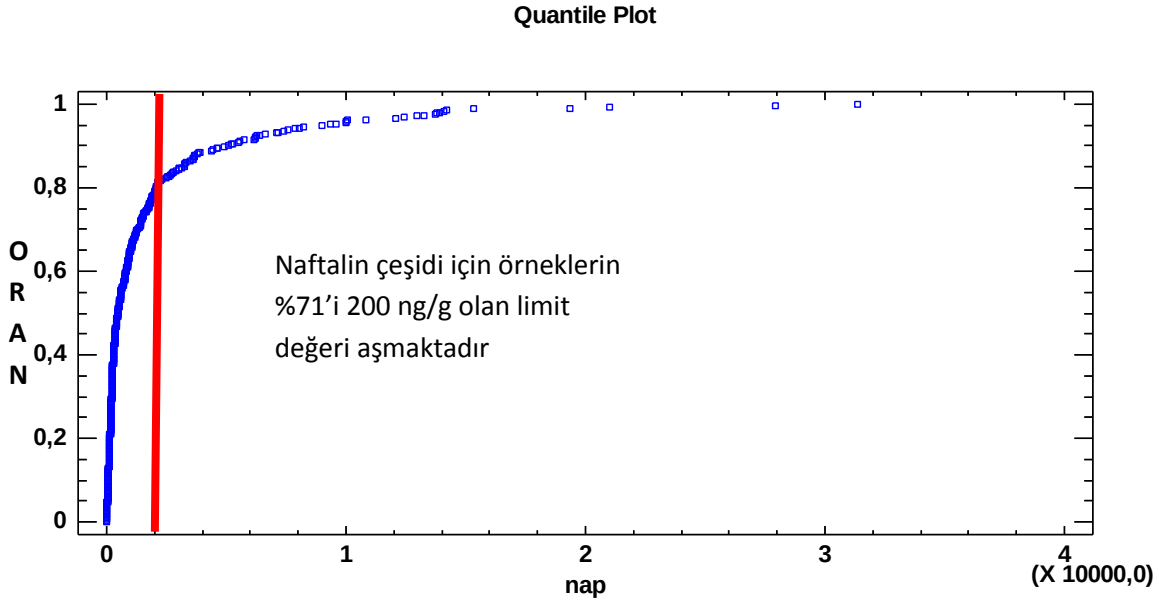
5.9. SONUÇLARIN LİMİT DEĞERLER İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Almanya’da var olan Federal Çevre Ajansı ve Çevre Sağlık Komitesi İç Ortam Çalışma Grubu uzmanlarından oluşan HOC Çalışma grubu tarafından 1993 yılından beri iç ortam hava kirletici derişimleri ile ilgili kılavuzlar hazırlanmaktadır. Bu değerler bağımsız kimyasal birleşikler ya da birleşikler grubu için toksikoloji tabanlıdır [56].

Bu grup tarafında hazırlanmış olan PAH’lara ait sınır değerler kullanılarak örneklerimizdeki sonuçlar değerlendirilmiştir. Sınır değerler ve her bir dönem bebek odası, salonve süpürge örneklerine ait sınır değeri aşan örnek sayıları yüzde olarak Çizelge 27’de verilmiştir.

Tüm PAH çeşitlerinde büyük oranda sınır değerlerin aşıldığı görülmüştür. Özellikle Naftalin açısından bakıldığında tüm dönemlerde %50’yi aşan oranda limit değerler aşılmaktadır (Şekil 46).

Molekül ağırlığı düşük olan PAH’larda %71 oranı en yüksek ile Naftalin, %17 oranı ile en düşük Asenaften limit değerleri aşmaktadır. Molekül ağırlığı yüksek olan PAH’larda %16 oranı ile Benzo[k]Floranten, %2 oranı ile en düşük Dibenz[ah]Antresen’de limit aşımı görülmüştür.



Şekil 46. Toplam Naftalin limit değerleri aşan miktar

Çizelge 27.Sınır değerler (ng/g) ve sınırı aşan örnek sayısı (%)

PAH Çeşitleri	Dikkat Edilmesi Gereken Değer *	Sınır Değeri Aşan Örnek Sayısı Oranı(%)							ΣPAH
		I. Dönem Bebek odası	I. Dönem Salon	I. Dönem Süpürge	II. Dönem Bebek odası	II. Dönem Süpürge	III. Dönem Bebek odası	III. Dönem Süpürge	
Nap	200	70	89	73	62	20	69	61	71
Acy	200	49	53	30	33	17	38	27	41
Ace	200	24	32	12	13	3	10	5	17
Flu	200	49	47	28	33	9	40	36	40
Phe	1000	29	33	25	6	5	12	8	20
Ant	200	34	42	45	42	13	36	36	40
Flt	1000	12	13	8	-	3	9	3	8
Pyr	1000	9	10	8	-	3	7	3	7
BaA	500	10	11	6	-	3	10	7	8
Chr	500	13	12	9	2	3	14	3	9
BbF	200	16	14	10	2	3	10	3	11
BkF	200	17	15	12	10	9	21	15	16
BaP	200	9	12	6	-	3	14	8	8
Ind	200	6	11	2	4	5	5	2	6
DahA	200	3	4	-	-	1	3	-	2
BgP	200	5	7	-	-	3	11	7	5

* http://agoef.de/agoef/oewerte/orientierungswerte_staub.html(Nisan 2014)

5.10. SONUÇLARIN LİTERATÜR İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar daha önce yapılan çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Türkiye’de ev içi tozlarında PAH konsantrasyonlarının belirlendiği bir çalışma bulunamadığından karşılaştırma için Hong Kong [57], Kanada [52], Avusturya [58], İtalya [35], Çin [38], İtalya [39] yapılan çalışmalarla karşılaştırmalar yapılmıştır. Yapılmış çalışmalar ile çalışmamıza ait ortalama derişimler Çizelge 28’de verilmiştir. Çalışmaların gösterimi Şekil 47’de verilmiştir. Ancak Avustralya’da yapılmış olan çalışmada derişimler çok yüksek belirlendiği için grafiksel gösterimde bu çalışmaya yer verilmemiştir.

Hong Kong’da yapılmış olan çalışmada 55 adet havalandırma filtreleri tozları 6 farklı çalışma alanından toplanarak PAH derişimleri belirlenmiştir. Bu çalışmada toplam PAH’lar 1170 ile 25500 ng/g arasındaki değişiklik göstermektedir [57].

Ottawa, Kanada’da yapılan çalışmada iç ortam PAH derişimlerinin belirlenmesi amacıyla 51 evden alınan örneklerde 13 PAH türü için analizler yapılmıştır. Bulunan PAH derişimleri 1500 ile 325000ng/g arasında değişmektedir [52].

Avustralya’da yapılan bir çalışmada 2004 yılı yaz ve 2005 yılı kış dönemlerinde PAH derişimlerinin belirlenmesi için 15 ayrı evden örnekler toplanmıştır. EPA tarafından belirlenmiş olan 16 PAH çeşidi için analizler yapılarak derişimler belirlenmiştir. Yüksek molekül ağırlığına sahip PAH çeşitleri bazı evlerde tespit edilememiştir. Bunun aksine düşük molekül ağırlığına sahip PAH’lar tüm evlerde hesaplanmıştır. Yaz döneminde en yüksek PAH derişimi 709000 ng/g ile Asenaftelende görülmüştür [58].

Palermo, İtalya’da yapılan bir çalışmada dekoratif mumlardan kaynaklanan PAH derişimlerinin hesaplanması için 12 adet örnek mumlar yanarken filtreler ile toplanmıştır. Toplam PAH derişimleri 2300 ile 49800 ng/g arasında bulunmuştur [35].

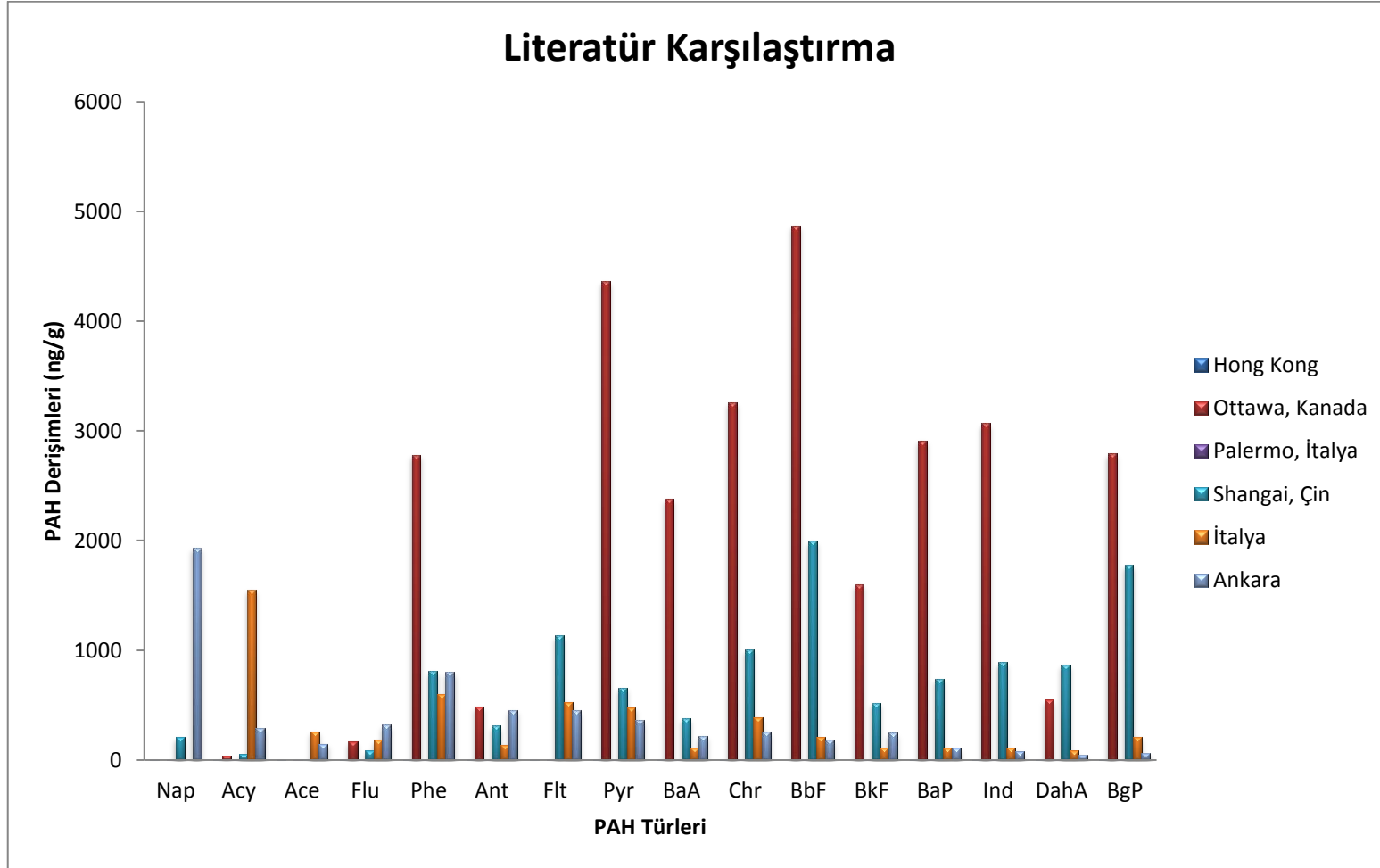
Shangai, Çin’de yapılan bir çalışmada bilgisayarlarda biriken tozlardaki PAH derişimleri belirlenmiştir. Bu çalışma için farklı iç ortamlarda bulunan 27 adet bilgisayardan alınan örnekler kullanılmıştır. PAH derişimleri 8220 ile 42040 ng/g arasında değişiklik gösterdiği bulunmuştur. BbF, BgP, DaA, Chr ve BaP’nin en baskın PAH türleri olduğu tespit edilmiştir. Sigara içilen ortamlardan alınan örneklerdeki derişimler sigara içilmeyen ortamdakilere göre 1,35-2,87 kat daha fazla bulunmuştur [38].

Palermo, İtalya’da yapılan bir diğer çalışmada iç ortam PAH derişimlerinin belirlenmesi için 45 iç ortam toz örneği toplanmış ve analiz yapılmıştır. Toplam PAH derişimlerinin 36 ile 34453 ng/g arasından değışiklik gösterdiği bulunmuştur [39].

Çizelge 28.Literatürde yapılmış çalışmalar ile bu çalışmaya ait ortalama PAH derişimleri (ng/g)

	Hong Kong	Ottawa, Kanada	Brisbane, Avutralya	Palermo, İtalya	Shangai, Çin	İtalya	Ankara, Türkiye (Bu çalışma)
Nap	120	-	124210	2,2	208	-	1932
Acy	10	39	6920	1,4	51	1552	287
Ace	20	-	201690	1,8	6	260	146
Flu	30	170	12630	1,2	86	184	320
Phe	770	2780	8770	3,2	809	598	800
Ant	30	485	3610	1,4	311	137	455
Flt	860	-	53640	0,38	1131	528	451
Pyr	690	4360	77250	0,38	657	477	361
BaA	220	2380	6390	0,25	381	111	218
Chr	540	3260	5420	0,44	1005	387	260
BbF	-	4870	11300	0,62	1995	207	180
BkF	-	1600	3480	0,59	520	112	244
BaP	380	2910	2970	0,26	740	112	111
Ind	60	3070	3340	0,097	888	113	80
DahA	580	549	20080	0,066	870	84	43
BgP	900	2790	6080	0,039	1778	210	58

Yapılan literatür karşılaştırılmasına göre bu çalışma bulunan PAH derişimleri Avustralya’da yapılmış olan çalışmadan oldukça düşük seviyede, İtalya’da yapılmış olan çalışmadan da yüksek miktarlarda bulunmuştur.



Şekil 47.Literatür karşılaştırma (Ortalama PAH)

6. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma “Prenatal Dönemden Başlayarak 2 Yaşına Gelineye Kadar Çocukların Evlerindeki İç Ortam Kirleticilerinin ve Bu Kirleticilerle Alt Solunum Yolu Enfeksiyonları ve Alerjik Yakınmalar Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi” isimli, 110Y082 nolu TÜBİTAK Destekli Proje kapsamında hazırlanmıştır.

Projede, 0-2 yaş çocuklarının seçilmesinin sebebi zamanlarının büyük kısmını iç ortamlarda geçirmeleri, fiziksel olarak küçük olmaları ve daha hızlı nefes alıp vermeleri gibi nedenlerle iç ortam koşullarından yetişkinlere oranla daha çok etkilenmeleridir.

Yürütülen Projenin konusu genel olarak, 0-2 yaş çocukların zamanlarının büyük bölümünü geçirdikleri ev ortamında çeşitli iç ortam hava kirleticilerinin ölçümü, yaşanan ortamın fiziksel özellikleri ile ailenin bazı sosyo-demografik özelliklerinin belirlenmesi, iç ortam havakalitesi ile yaşam alışkanlıkları ve 0-2 yaş dönemi çocuklarda alt solunum yolu enfeksiyonları, alerji gelişimi ile ilişkisinin belirlenmesidir.

Bu çalışma dünyada sayılı çalışma arasında ve Türkiye’de ise bir ilk olması sebebiyle çok büyük önem arz etmektedir. Ayrıca yanma kaynaklı PAH kirliliğini ev tozunda incelemek, ev tozlarında birikim olması sebebiyle ev tozu çok kullanışlı bir örnekleme aracıdır.

Bu çalışma Ankara İlinde yaz ve kış dönemlerinde iç ortam PAH derişimlerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Bebek odası ve evlere ait elektrik süpürge örneklerinde 16 PAH bileşiğinin derişimleri hesaplanmıştır. Örnekler ekstraksiyonu için petrol eteri ve diklorometan kullanılarak ultrasonik ekstraksiyon tekniği kullanılmıştır. Örneklerdeki geri kazanımı belirlemek amacıyla vekil bileşikler kullanılmıştır. Örneklerin analizinde yüksek analitik kapasiteye sağlayacak olan SIM modunda Gaz Kromatografi-Kütle Spektrometre (GC-MS) kullanılarak derişimler belirlenmiştir.

Bu çalışma kapsamında yapılan yaz (2 adet) ve kış dönemi örnekleme ile ev içi tozlarında PAH derişimleri belirlenmiştir. 1. Dönem bebek odası **Nap**, **Phe** ve **Flt** en yüksek derişimde çıkan PAH’lar iken **DahA**, **BgP** ve **Ace** ise derişimi en az olan PAH’lardır. 2. Dönem bebek odası **Nap** ve **Acy** en yüksek derişimde çıkan PAH’lar iken **BgP**, **DahA** ve **BaP** ise derişimi en az olan PAH’lardır. 3. Dönem bebek odası **Phe**, **Ant** ve **NaP** en yüksek derişimde çıkan PAH’lar iken **DahA** ve **Ace** ise derişimi en az olan PAH’lardır.

1. dönem salon örneklerinde **Nap**, **Flt** ve **Phe** en yüksek derişimde çıkan PAH'lar iken **DahA**ise derişimi en az olan PAH çeşididir.

1. dönemde süpürge örneklerdeki **Nap** ve **Phe** en yüksek derişimde çıkan PAH'lar iken **DahA** ve **BgP** ise derişimi en az olan PAH'lardır.2. dönemde süpürge örneklerindeki **Flt**, **Phe** ve **Anten** yüksek derişimde çıkan PAH'lar iken **Ace**, **BbF** ve **DahA**ise derişimi en az olan PAH'lardır.3. dönemdesüpürge örneklerindeki **Ace** ve **Flt** en yüksek derişimde çıkan PAH'lar iken **DahA**, **Ind** ve **BgP** ise derişimi en az olan PAH'lardır.

Alınan tüm örneklerin analiz sonuçları incelenmiş ve 16 PAH çeşidi arasından en yüksek Nap, en düşük ise DahA derişimi bulunmuştur. Düşük molekül ağırlığına sahip PAH'lar, yüksek molekül ağırlığına sahip PAH'lardan daha yüksek bulunmuştur.

Mevsimsel PAH dağılımı da çıkarılmıştır. Buna göre beklendiği gibi kış dönemi derişimleri yaz dönemine göre daha yüksek çıkmıştır. 2-3 halkalı PAH derişimleri diğer PAH çeşitlerine göre daha fazla çıkmıştır. Nap ve Phe konsantrasyonları her iki dönemde de en yüksek çıkmıştır.

Üç dönemin birbiri ile karşılaştırılmasında kış dönemi örneklerinin yaz dönemi derişimlerinden yüksek çıktığı gözlemlenmiş ve bunun PAH'ların önemli kaynaklarından birinin de ısınmada kullanılan yakıttan kaynaklı olması sebebiyle beklenen bir sonuç olduğu söylenebilir. Buna karşın yaz dönemi örneklemelerinin sonuçları birbirlerine yakın bulunmuştur.

PAH'ların kaynaklarını bulmada sık kullanılan bir yöntem olan kaynak tanımlayıcı PAH oranları ile kaynaklar belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre petrol ürünleri yanması, kömür yanması ve dizel araç emisyonu yüksek oranlarda PAH kaynakları olarak bulunmuştur.

Ev koşulları ile analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi için veri setine ANOVA testi uygulanmıştır. Ev koşulları ile ilgili 10 ayrı özellik ile 16 PAH çeşidi, LMW, HMW, toplam PAH ve kaynak tanımlayıcı PAH oranları arasındaki ilişki incelenmiştir.

Veriler arasındaki ilişkilere dayanarak verilerin daha anlamlı olmasını sağlayan faktör analizi veri setimize uygulanmış ve PAH'ların 3 ana kaynağı olduğu sonucuna varılmıştır.

Faktör analizi ile ANOVA testi sonuçları karşılaştırılmıştır. Her iki analiz sonuçları birbiri ile benzer sonuçlar ortaya koymuştur.

Dünya Sağlık Örgütü tarafından insan sağlığına zararlı 7 PAH türü için toksisite denklik faktörü her üç dönem için hesaplanmış. US-EPA tarafından belirlenen sınır değerlerle karşılaştırılmıştır. Üç dönemde de bulunan değerler sınır değerleri aşmaktadır.

Kanserojen PAH derişimleri de tüm örneklerde hesaplanmış, 1. ve 3. dönem örneklerinde bebek odası örneklerinde, süpürge örneklerinden daha yüksek çıkmıştır. Bunu aksine sonbahar ve kış dönemini temsil eden 2. dönem örneklerinde ise kümülatif birikimde derişimlerin daha yüksek olduğu görülmüştür.

Tüm dönemler için yüksek molekül ağırlığına sahip ve düşük molekül ağırlığına sahip PAH derişimleri hesaplanmıştır. Her dönem için düşük molekül ağırlığına sahip derişimler daha yüksek çıkmıştır.

Mevsimsel değişim için yüksek moleküllü ve düşük moleküllü PAH'lar yaz dönemi bebek odası örneklerinde kış dönemi bebek odası örneklerine göre daha yüksek çıkmıştır. Süpürge örneklerinde kış dönemi yüksek derişimli PAH'lar yaz dönemine göre yüksek çıkmışken; düşük moleküllü PAH'larda durum tam tersidir.

Bebek odası ve süpürge örnekleri özelinde ortalama PAH, ortalama cPAH, ortalama HMW ve ortalama LMW derişimleri için dönemler birbirileri ile karşılaştırılmıştır. Yüksek moleküllü PAH'ların tespit edilmesi için tozlarda birikim önemlidir. Anlık toz örneklerinde gaz-partikül faz değişiminin tamamen gerçekleşip dengeye ulaşmaması sebebiyle HMW derişimlerinin düşük çıkması beklenen bir sonuçtur.

Kümülatif ve anlık PAH derişimlerinin karşılaştırılması hem tüm örnekler hem de süpürge ve bebek odası örneklerinden her ikisinin de bulunduğu evler için yapılmıştır.

Ülkemizde iç ortam PAH derişimleri ile ilgili bir sınır değer bulunmadığından Almanya'da hazırlanmış olan bir kılavuzdaki limit değerlerle karşılaştırma yapılmış. PAH türlerinin büyük çoğunluğunda limit değerlerin aşıldığı görülmüştür.

Bulunan sonuçları değerlendirmek amacıyla literatür çalışmalarıyla karşılaştırma yapılmıştır. Türkiye'de yapılmış ev içi tozlarında PAH derişimi belirleme çalışmaları ile

ilgili bir veri bulunamadığından literatür karşılaştırma çalışmalarında yurtdışında yapılmış çalışmalardan yararlanılmıştır.

Öneriler:

Bu tez çalışması Türkiye’de yapılmış olan iç ortam ev tozunda PAH açısından bir ilktir. Bundan sonraki çalışmalarda araştırılması ve yapılmasının yararlı olabileceği bazı öneriler aşağıda verilmiştir.

- Evin katının PAH derişimlerine etkisinin olup olmadığının daha net görülebilmesi amacıyla aynı apartmanlarda değişik katlarda bulunan evlerden örnek alınabilir,
- Özellikle düşük molekül ağırlığına sahip PAH’ların sıcaklık ve buharlaşma ile miktarlarındaki derişimlerine bakılabilmesi amacıyla aynı bina ve aynı katlarda bulunan ama farklı cephelerdeki evlerden örnekler alınabilir,
- İç ortamdaki toz derişimleri ile iç ortam hava ve aynı bölgedeki dış ortam hava ve toprak derişimlerinin de karşılaştırılmasının çok geniş kapsamlı ve daha anlamlı bir çalışma olabileceği düşünülmektedir. Bu amaçla örnekleme yapılan evlerin bulunduğu semtlerde toprakta ve pasif ya da aktif örnekleiyici ile PAH’ların havadaki derişimleri de bulunabilir. Bulunan tüm değerler ile PAH’ların hava-toz geçişleri de hesaplanabilir.
- PAH’ların iç ortamdaki önemli kaynaklarından birinin de yemek pişirme özellikle kızartma-ızgara yapmak olduğu bilinmektedir. Evlerdeki ev koşullarının değerlendirilmesi amacıyla sorulan anket sorularında yemek pişirme sıklığı, yemek pişirme yöntemi olarak daha çok ne kullanıldığı (fırın, ızgara, kızartma, haşlama gibi) soruların sorulması ile analiz sonuçlarının daha anlamlı çıkması sağlanabilir,
- Evlerdeki PAH derişimlerinde yemek pişirmenin önemli bir kaynak olması sebebiyle, mutfak havalandırması ve mutfakta aspiratör kullanımının çok önemli olduğu düşünülmektedir. Ancak bu tez çalışmasında aspiratör kullanımı, mutfak havalandırılması gibi sorular sorulmadığı için buna yönelik bir değerlendirme yapılamamıştır. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda bu konu da çalışılabilir,
- Bu çalışmada ev tozları 3 dönemde evlere birebir gidilip toplanmıştır. Ancak evlere gidip örnek alınması sebebiyle projeye dahil olup, sonradan projeden çıkan ev sahipleri olmuştur ya da projeye başlama aşamasında evler belirlenirken evlerine yabancı kimseleri kabul edemeyecekleri gerekçeleri ile çalışmaya dahil olmak istemeyen kişiler olmuştur. Bunun yanında evlere gidildiğinde temizliğin çok kısa süre önce

yapılması ya da ev süpürgelerinde toz bulunmaması sebepleriyle bazı evlerden ya yeterli örnek alınamamış ya da hiç örnek alınamamıştır. Bu durumların önlenmesi amacıyla bu çalışmada örnekler bebeklerin rutin kontrollere getirilecekleri belli periyotlarda ev sahiplerinden kendi süpürgelerine ait tozları getirmeleri ile ve buna ek olarak örnekleri tek bir seferde değil de her hafta ya da belli aralıklarla biriktirip getirmelerinin istenmesi ile daha homojen bir örnek elde edilebileceği için sonuçların daha gerçekçi çıkması sağlanabilir,

- Evlerde sigara içilip içilmediği ve kaç kişinin sigara içtikleri bu çalışmada kullanılan ev koşullarındandır ancak evde sigara içme sıklığının da önemli bir veri olabileceği düşünülmektedir. Bu amaçla sigara içilme sıklığı ve içen kişinin ne kadar içtiği de ev koşullarına dahil edilebilir,

- Literatürde yapılan araştırmalarda kaynak tanımlayıcı PAH oranlarının dış ortam PAH'ları belirlemeye yönelik olduğu anlaşılmıştır. Bu oranlar tezde kullanılmış ancak bazıları için çok verimli sonuçlar elde edilememiştir. İç ortam PAH kaynaklarını belirlemek için kaynak tanımlayıcı PAH oranlarına ihtiyaç olduğu bu çalışma sonucunda ortaya çıkmıştır. Bu tezin devamında oranları belirlemeye yönelik bir çalışma yapılmasının uygun olduğu düşünülmektedir.

7. KAYNAKLAR

- [1] J. Sundell, “On the association between building ventilation characteristics, some indoor environmental exposures, some allergic manifestations, and subjective symptom reports,” *Indoor Air (Suppl. 2)*, **1994**.
- [2] K. R. Smith, J. M. Samet, I. Romieu, and N. Bruce, “Indoor air pollution in developing countries and acute lower respiratory infections in children,” pp. 518–532, **2000**.
- [3] Jan Sundell, “On the history of indoor air quality and health,” *Indoor Air*, vol. 14, pp. 51–58, **2004**.
- [4] S. . Raiyani, C.V., Shah, S.H., Desai, N.M., Venkaiah, K., Patel, J.S., Parikh, D.J., Kashyap, “Characterization and problems of indoor pollution due to cooking stove smoke,” *Atmos. Environ.*, vol. 27A (11), pp. 1643–1655, **1993**.
- [5] U.S. Department of Health and Human Services (ATSDR), “No Title Toxicological Profile for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons,” **1995**.
- [6] J. M. Stellman, “Encyclopaedia of Occupational Health and Safety,” *Int. Labour Off. Geneva*, pp. 44.2–44.26 ve 45.2–45.23, **1998**.
- [7] B. Co, A. Açıkgöz, B. Baykara, and N. Uysal, “Hava Kirlili ğ i Ara ş t ı rmalar ı Dergisi,” vol. 2, pp. 21–27, **2013**.
- [8] Agency for Toxic Substances & Disease Registry (ATSDR), “Toxicological Profile for Carbon Monoxide,” **2012**.
- [9] *Pesticides in the diets of infants and children. National Research Council. National Academy Press. 1993*.
- [10] L. L. Sloss and I. M. Smith, “PM 10 and PM 2 . 5 : an international perspective,” pp. 127–141, 2000.
- [11] A. Kahramantekin, T., “Atmosferik Partiküllerde İyon Analizi ve İstatistiksel Değerlendirme, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,” **2006**.
- [12] “Toxicological Profile for Sulfur Dioxide, Public Health Service , ATSDR,” **1998**.
- [13] “Nitrogen Oxides, Division of toxicology ToxFAQ, Public Health Service, ATSDR,” **2002**.
- [14] “Carbon Dioxide Emissions Climate Change US EPA”, <http://www.epa.gov/climatechange/ghgemissions/gases/co2.html> (Kasım **2014**)

- [15] "Volatile Organic Compounds (VOCs)", <http://www.epa.gov/iaq/voc2.html> (Ocak **2014**)
- [16] <http://www.health.state.mn.us/divs/eh/indoorair/voc/>, "Volatile Organic Compounds (VOCs) in Your Home - EH Minnesota Department of Health." (Ocak **2014**)
- [17] U.S. Department of Health and Human Services (ATSDR), "TOXICOLOGICAL PROFILE FOR FORMALDEHYDE", **2005**
- [18] World Health Organization Regional Office for Europe, "Aromatic hydrocarbons (PAHs). In: Air Quality Guidelines for Europe," **1987**
- [19] US Department of Health and Human Services Public Health Services, "Toxicological profile for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)," **1994**
- [20] World Health Organization, "Health Risks of Persistent Organic Pollutants from Long-Range Transboundary Air Pollution," **2003**
- [21] World Health Organization, "Selected non-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons," **1998**
- [22] H. Services, "TOXICOLOGICAL PROFILE FOR POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS," no. August, **1995**
- [23] C. Programme, L. Transmission, A. Pollutants, T. Berg, A. Hjellbrekke, and R. Larsen, "Heavy metals and POPs within the EMEP region 2000," no. 2027, **2000**
- [24] E. H. Weyand, D. R. Bevan, and I. Instillation, "Benzo (a) pyrene Disposition and Metabolism in Rats following Intratracheal Instillation Benzo (fl) pyrene Disposition and Metabolism in Rats following," pp. 5655–5661, **1986**
- [25] R. K. Wolff, "Effects of repeated exposures to 1-nitropyrene, benzo[a]pyrene, Ga203 particles, and SO2 alone and in combinations on particle clearance, bronchoalveolar lavage fluid composition, and histopathology," *J. Toxicol. Environ. Health*, vol. 27, pp. 123–138, **1989**
- [26] A. Viau, C. & Vyskocil, "Patterns of 1-hydroxypyrene excretion in volunteers exposed to pyrene by the dermal route," vol. 163, pp. 187–190, **1995**
- [27] C. Anyakora, A. Ogbeche, P. Palmer, H. Coker, G. Ukpo, and C. Ogah, "GC/MS analysis of polynuclear aromatic hydrocarbons in sediment samples from the Niger Delta region.," *Chemosphere*, vol. 60, no. 7, pp. 990–7, Aug. **2005**
- [28] A. Bozlaker, A. Muezzinoglu, and M. Odabasi, "Atmospheric concentrations, dry deposition and air-soil exchange of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in an industrial region in Turkey.," *J. Hazard. Mater.*, vol. 153, no. 3, pp. 1093–102, Mayis **2008**

- [29] A. Li, T. M. Schoonover, Q. Zou, F. Norlock, L. M. Conroy, P. a. Scheff, and R. a. Wadden, "Polycyclic aromatic hydrocarbons in residential air of ten Chicago area homes: Concentrations and influencing factors," *Atmos. Environ.*, vol. 39, no. 19, pp. 3491–3501, Jun. **2005**
- [30] C. Bryselbout, P. Henner, J. Carsignol, and É. Lichtfouse, "Polycyclic aromatic hydrocarbons in highway plants and soils. Evidence for a local distillation effect," *Analisis*, vol. 28, no. 4, pp. 290–293, May **2000**
- [31] R. Odabaşı, M., Bayram, A., Elbir, T., Seyfioğlu and Y. Dumanoglu, "Hatayİskenderun bölgesindeki demir-çelik endüstrilerinden yayınlanan hava kirlletici emisyonlarının toprak kirliliğine etkisi," *Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulus. Sempozyumu, Hatay, Türkiye*, pp. 581–594, **2008**
- [32] E. Gaga, "Investigation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) Deposition in Ankara", Doktora Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, **2004**
- [33] S. Ü. Kurnaz and H. Büyükgüngör, "K ı z ı l ı r m a k D e l t a s ı k ı y ı ş e r i d i n d e s u v e m i d y e ö r n e k l e r i n d e P A H k i r l i l i ğ i n i n a r a ş t ı r ı l m a s ı," no. 362, pp. 15–22, **2007**
- [34] N. Binici, B., Karakaş, S.,Y., Hilmioğlu, "Yağmur Suyunda PAH ve Pestisit Tayini ve Kaynak Tespiti," *21. Ulus. Kim. Kongresi, Kocaeli*, **2007**
- [35] S. Orrechio, "Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in indoor from decorative candles," *Atmos. Environ.*, **2011**
- [36] K. Ravindra, L. Bencs, E. Wauters, J. de Hoog, F. Deutsch, E. Roekens, N. Bleux, P. Berghmans, and R. Van Grieken, "Seasonal and site-specific variation in vapour and aerosol phase PAHs over Flanders (Belgium) and their relation with anthropogenic activities," *Atmos. Environ.*, vol. 40, no. 4, pp. 771–785, Feb. **2006**
- [37] Y. Tasdemir and F. Esen, "Dry deposition fluxes and deposition velocities of PAHs at an urban site in Turkey," *Atmos. Environ.*, vol. 41, no. 6, pp. 1288–1301, Feb. **2007**
- [38] Y. Ren, T. Cheng, and J. Chen, "Polycyclic aromatic hydrocarbons in dust from computers: one possible indoor source of human exposure," *Atmos. Environ.*, vol. 40, no. 36, pp. 6956–6965, Nov. **2006**
- [39] M. R. Mannino and S. Orecchio, "Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in indoor dust matter of Palermo (Italy) area: Extraction, GC-MS analysis, distribution and sources," *Atmos. Environ.*, vol. 42, no. 8, pp. 1801–1817, Mar. **2008**
- [40] S. Langer, C. J. Weschler, A. Fischer, G. Bek??, J. Toftum, and G. Clausen, "Phthalate and PAH concentrations in dust collected from Danish homes and daycare centers," *Energy Convers. Manag.*, vol. 52, no. 1, pp. 108–116, Jun. **2011**

- [41] H. Fromme, T. Lahrz, M. Piloty, H. Gebhardt, a Oddoy, and H. Rüden, "Polycyclic aromatic hydrocarbons inside and outside of apartments in an urban area.," *Sci. Total Environ.*, vol. 326, no. 1–3, pp. 143–149, Jun. **2004**
- [42] J. Lv, R. Xu, G. Wu, Q. Zhang, Y. Li, P. Wang, C. Liao, J. Liu, G. Jiang, and F. Wei, "Indoor and outdoor air pollution of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Xuanwei and Fuyuan, China.," *J. Environ. Monit.*, vol. 11, no. 7, pp. 1368–74, Jul. **2009**
- [43] A. Raccanelli, S., Pavoni, B., Maroli, L., Sfriso, "One Step Clean-Up And Separation Of Chlorinated, Aliphatic And Polycyclic Aromatic Hydrocarbons In Environmental Samples, Prior To Gas Chromatographic Quantification," *Toxicol. Environ. Chem.*, vol. 45, pp. 121–137, **1994**
- [44] Washington Administrative Code (WAC)173-340-200, "apps.leg.wa.gov./WAC." (Mayıs, **2014**)
- [45] M. Tobiszewski and J. Namieśnik, "PAH diagnostic ratios for the identification of pollution emission sources.," *Environ. Pollut.*, vol. 162, pp. 110–9, Mar. **2012**
- [46] M. Živković and Tasić, "PAHs LEVELS IN GAS AND PARTICLE-BOUND PHASE IN SCHOOLS AT DIFFERENT LOCATIONS IN SERBIA," *4th WeBIOPATR Work. Conf. Belgrade, Serbia*, **2013**
- [47] A. ARI, "Eskişehir Atmosferindeki Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların (PAH' ların) Derişimlerinin ve Kaynaklarının Belirlenmesi", Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, **2008**
- [48] U. M. Sofowote and C. H. Marvin, "Source Apportionment of PAH in Hamilton Harbour Suspended Sediments : Comparison of Two Factor Analysis Methods," vol. 42, no. 16, pp. 6007–6014, **2008**
- [49] W. F. Rogge, L. M. Hildemann, M. A. Marurek, and G. I. Cass, "Sources of Fine Organic Aerosol . 1 . Charbroilers and Meat Cooking Operations," **1991**
- [50] W. F. Rogge, L. M. Hildemann, M. A. Mazurek, and G. R. Caw, "Sources of Fine Organic Aerosol . 2 . Noncatalyst and Catalyst-Equipped Automobiles and Heavy-Duty Diesel Trucks," pp. 636–651, **1993**
- [51] G.-C. Fang, K.-F. Chang, C. Lu, and H. Bai, "Estimation of PAHs dry deposition and BaP toxic equivalency factors (TEFs) study at Urban, Industry Park and rural sampling sites in central Taiwan, Taichung.," *Chemosphere*, vol. 55, no. 6, pp. 787–96, May **2004**
- [52] R. M. Maertens, X. Yang, J. Zhu, R. W. Gagne, G. R. Douglas, and P. a White, "Mutagenic and carcinogenic hazards of settled house dust. I: Polycyclic aromatic hydrocarbon content and excess lifetime cancer risk from preschool exposure.," *Environ. Sci. Technol.*, vol. 42, no. 5, pp. 1747–53, Mar. **2008**

- [53] J. M. D. Lara A. Gundel, Victor C. Lee, , Kariyawasam R.R. Mahanama, Robert K. Stevens, "Direct determination of the phase distributions of semi-volatile polycyclic aromatic hydrocarbons using annular denuders," *Atmos. Environ.*, vol. 29, no. 14, pp. 1719–1733, **1995**
- [54] E. Jang, M. S. Alam, and R. M. Harrison, "Source apportionment of polycyclic aromatic hydrocarbons in urban air using positive matrix factorization and spatial distribution analysis," *Atmos. Environ.*, vol. 79, pp. 271–285, Nov. **2013**
- [55] K.-F. Chang, G.-C. Fang, J.-C. Chen, and Y.-S. Wu, "Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Asia: a review from 1999 to 2004.," *Environ. Pollut.*, vol. 142, no. 3, pp. 388–96, Aug. **2006**
- [56] I. Germany, "AGÖF Guidance Values for Volatile Organic Compounds in Indoor Air," no. 2008, pp. 1–26, **2013**
- [57] Y. Kang, K. C. Cheung, and M. H. Wong, "Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in different indoor dusts and their potential cytotoxicity based on two human cell lines.," *Environ. Int.*, vol. 36, no. 6, pp. 542–7, Aug. **2010**
- [58] S. K. and L. M. S. T. Ong a, G. A. Ayoko a*, "Polycyclic aromatic hydrocarbons in house dust samples: Source identification and apportionment," *14th Int. IUAPPA World Congr.*, **2007**

EKLER

Ek-1.Kapalı Ortam Havası Değerlendirme Formu

KAPALI ORTAM HAVASI DEĞERLENDİRME FORMU

Ev Kodu:

Adı Soyadı:

Adresi:

Adres Değişikliği Durumu:

Tarih, saat:

1. Ev kendinizin mi?

1. Evet 2. Hayır, kira, 3. Hayır lojman 4. Diğer, belirtiniz

2. Evinizde siz dahil kaç kişi yaşıyorsunuz?.....

3. Yaşadığınız konutun hangi yılda yapıldığını biliyor musunuz?

1. Hayır 2. Evet, belirtiniz:.....

4. Evinizin yakınında ana cadde var mı?

1. Hayır 2. Evet, yaklaşık kaç metre uzaklıkta olduğunu belirtiniz.m

5. Konutun zemini aşağıdakilerden hangisidir :

1. Toprak 2. Kaya 3. Dolgu 4. Bilmiyorum

6. Konutun türü aşağıdakilerden hangisidir?

1. Betonarme 2. Çelik 3. Kagir 4. Kerpiç 5. Ahşap 6. Diğer, ne olduğunu belirtiniz

7. Konutun tipi aşağıdakilerden hangisidir?

1. Çok katlı 2. Tek katlı

8. Konutun bulunduğu katı belirtiniz.

1. Bodrum 2. Zemin 3. 1.kat 4. 2.kat 5. 3.kat 6. 4.kat 7. 5. kat 8. Diğer, kaçınca kat olduğunu belirtiniz

9. Konutun baktığı yön aşağıdakilerden hangisi/hangileridir?:

1. Doğu 2. Batı 3. Kuzey 4. Güney 5. Kuzey Doğu 6. Kuzey Batı 7. Güney Doğu 8. Güney Batı

10. Konut net alanı kaç metrekaredir?

1.....m² 2. Bilmiyorum

11. Evinizde salon dahil kaç oda bulunmaktadır. :

.....Salon.....oda

12.Evinizde ayrı mutfak var mıdır?:

1.Hayır 2. Evet

13. Yemek pişirmek için hangi enerji kaynağını/kaynaklarını kullanıyorsunuz?.

1. Doğal gaz 2. Elektrik 3. Odun-kömür 4. Diğer, ne olduğunu belirtiniz

14. Evinizde tuvalet var mı?

1.Yok 2.Var, kaç tane olduğunu belirtiniz

15. Evinizde banyo var mı?

1.Yok 2.Var, kaç tane olduğunu belirtiniz

16. Evinizde şömine var mı?

1.Yok 2.Var, kullanmıyoruz 3. Var, kullanıyoruz

17. Evinizde mangal var mı?

1.Yok 2.Var, kullanmıyoruz 3. Var, kullanıyoruz

18. Konut ısıtma sistemi aşağıdakilerden hangisidir?

1.Merkezi sistem 2.Kat kaloriferi 3.Kazan 4.Soba 5.Diğer.

19. Evde soba kullanılıyorsa yakıt tipi aşağıdakilerden hangisi/hangileridir

1.Kömür 2.Doğal gaz 3.LPG 4.Petrol ürünleri 5.Elektrik 6. Diğer, ne olduğunu belirtiniz

20. Evinizdeki döşeme tipi/tipleri aşağıdakilerden hangileridir?

1.Ahşap 2.PVC 3. Boydan boya halı 4. Seramik 5. Mozaik 6. Diğer, belirtiniz.

21. Çocuk odasının döşeme tipi aşağıdakilerden hangisidir?

1.Ahşap 2.PVC 3. Boydan boya halı 4.Seramik 5. Mozaik 6. Diğer, belirtiniz

22. Duvar boyası aşağıdakilerden hangisidir?

1. Badana	2. Plastik boya	3. Yağlı boya	4. Kireç	5. Diğer.....
23. Pencereleriniz aşağıdakilerden hangisi/hangilerinden yapılmıştır?				
1. Ahşap	2. PVC	3. Diğer.....		
24. Evinizde en son baca temizliğinin ne zaman yapıldığını biliyor musunuz?				
1. Hayır	2. Evet,ay/yıl önce			
25. Evinizde sigara içiliyor mu:				
1. Hayır	2. Evet			
26. Evinizde sigara içiliyorsa kaç kişi, içiyor.....kişi				
27. Evinizde sigara içiliyorsa nerede içiliyor?				
1. Evin içinde 2. Balkonda 3. Kapının önünde				
28. Evde alışılmış dışı bir koku var mı:				
1. Hayır 2. Evet,kokusuna benziyor				
29. Evde duvarlarda nem, küf veya kabarma var mı?				
1. Hayır 2. Evet,var				
30. Evde tüylü hayvan var mı:				
1. Hayır 2. Evet, ne olduğunu belirtiniz				
31. Evde nemlendirici bir araç kullanılıyor mu?				
1. Hayır 2. Evet				
32. Evde havalandırma/iklimlendirme aygıtı var mı?				
1. Hayır 2. Evet				
33. Pencereleer açılınca evde hava akımı oluyor mu?				
1. Hayır 2. Evet				
34. Eve girdiğinizde pencereler açık mıydı?				
1. Hayır 2. Evet, hangi pencerelerin olduğunu belirtiniz				
35. Evde ağaç işi, yapıştırma işi, kil işi, model vb hobisi olan var mıdır?				
1. Hayır 2. Evet Ne/neler olduğunu belirtiniz				
36. Evde koku giderici deodorant sprey kullanılıyor mu:				

1.Hayır 2. Evet

37. Evde temizlik malzemelerini, dezenfektanları ne sıklıkta kullanırsınız?

38. Evde prize takılarak tablet yerleştirilen sivrisinek kaçırcı kullanılıyor mu?

1.Hayır 2. Evet

39. Evde ilaçlama yapılıyor mu?

1.Hayır 2. Evet, en son ne zaman yapıldı?

40. Evde son bir yıl içinde hamamböceği, fare vb gördünüz mü?

1. Hayır 2. Evet, ne olduğunu belirtiniz

41. Evde son 1 yıl içinde tamirat /boya yapıldı mı?

1. Hayır 2. Evet , ne yapıldığını belirtiniz

42. Evinize yeni mobilya, halı alındı mı?

1. Hayır 2. Evet, ne/neler alındığını belirtiniz

43. Bebeğinizin odası için herhangi bir hazırlık yaptınız mı?

1.Hayır 2.Evet, neler yaptığınızı belirtiniz

44. Bebeğin yatağı hangi malzemedan yapılmıştır?

45. Bebeğin karyolasının cinsi nedir ?

46. Bebeğin yatağının yerden yüksekliği kaç cm dir?cm

47. Evde yaşayanlardan astımı olan var mı?

1. Hayır 2.Evet, kim/ kimler olduğunu belirtiniz

48. Evde astım dışında solunum sistemi hastalığı olan var mı? 1. Hayır 2. Evet,
kim/kimler:

49. Örnek alınması sırasında evde kaç kişi bulunmaktadır?.....kişi

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı: Betül KURADA

Doğum yeri: Sinop

Medeni Hali:Bekar

E-posta: kuradab@yahoo.com

Adresi: Başbakanlık AFAD, Ankara

Eğitim

Lise: Etimesgut Anadolu Lisesi

Lisans: Çevre Mühendisliği Bölümü, Anadolu Üniversitesi

Yüksek Lisans: Çevre Mühendisliği A.B.D., Hacettepe Üniversitesi

Yabancı Dil Düzeyi

İyi

İş Deneyimi

Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı - 2011- halen çalışıyor

Deneyim Alanları

Afet ve acil durumlara hazırlık planları ve risk azaltma faaliyetleri

Endüstriyel kazalar risk azaltma faaliyetleri

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

“Prenatal Dönemden Başlayarak 2 Yaşına Gelineye Kadar Çocukların Evlerindeki İç Ortam Kirlleticilerinin ve Bu Kirleticilerle Alt Solunum Yolu Enfeksiyonları ve Alerjik Yakınmalar Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi”, TÜBİTAK Destekli Proje, Proje numarası 110Y082

Tezden Üretilmiş Yayınlar

5. Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, “Ankara İli Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların (PAH) İç Ortam Derişimlerinin Belirlenerek Bebek Sağlığı İle İlişkilendirilmesi”, başlıklı bildiri, Eskişehir, 2013

1.Hayır 2. Evet

37. Evde temizlik malzemelerini, dezenfektanları ne sıklıkta kullanırsınız?

38. Evde prize takılarak tablet yerleştirilen sivrisinek kaçırcı kullanılıyor mu?

1.Hayır 2. Evet

39. Evde ilaçlama yapılıyor mu?

1.Hayır 2. Evet, en son ne zaman yapıldı?

40. Evde son bir yıl içinde hamamböceği, fare vb gördünüz mü?

1. Hayır 2. Evet, ne olduğunu belirtiniz

41. Evde son 1 yıl içinde tamirat /boya yapıldı mı?

1. Hayır 2. Evet , ne yapıldığını belirtiniz

42. Evinize yeni mobilya, halı alındı mı?

1. Hayır 2. Evet, ne/neler alındığını belirtiniz

43. Bebeğinizin odası için herhangi bir hazırlık yaptınız mı?

1.Hayır 2.Evet, neler yaptığınızı belirtiniz

44. Bebeğin yatağı hangi malzemedен yapılmıştır?

45. Bebeğin karyolasının cinsi nedir ?

46. Bebeğin yatağının yerden yüksekliği kaç cm dir?cm

47. Evde yaşayanlardan astımı olan var mı?

1. Hayır 2.Evet, kim/ kimler olduğunu belirtiniz

48. Evde astım dışında solunum sistemi hastalığı olan var mı? 1. Hayır 2. Evet,
kim/kimler:

49. Örnek alınması sırasında evde kaç kişi bulunmaktadır?.....kişi

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı: Betül KURADA

Doğum yeri: Sinop

Medeni Hali:Bekar

E-posta: kuradab@yahoo.com

Adresi: Başbakanlık AFAD, Ankara

Eğitim

Lise: Etimesgut Anadolu Lisesi

Lisans: Çevre Mühendisliği Bölümü, Anadolu Üniversitesi

Yüksek Lisans: Çevre Mühendisliği A.B.D., Hacettepe Üniversitesi

Yabancı Dil Düzeyi

İyi

İş Deneyimi

Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı - 2011- halen çalışıyor

Deneyim Alanları

Afet ve acil durumlara hazırlık planları ve risk azaltma faaliyetleri

Endüstriyel kazalar risk azaltma faaliyetleri

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

“Prenatal Dönemden Başlayarak 2 Yaşına Gelinceye Kadar Çocukların Evlerindeki İç Ortam Kirleticilerinin ve Bu Kirleticilerle Alt Solunum Yolu Enfeksiyonları ve Alerjik Yakınmalar Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi”, TÜBİTAK Destekli Proje, Proje numarası 110Y082

Tezden Üretilmiş Yayınlar

5. Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, “Ankara İli Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların (PAH) İç Ortam Derişimlerinin Belirlenerek Bebek Sağlığı İle İlişkilendirilmesi”, başlıklı bildiri, Eskişehir, 2013