

EV TOZLARINDA PCB SEVİYELERİNİN İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF PCB LEVELS IN HOUSE DUST

GAMZE YAĞCI

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.

2018

EV TOZLARINDA PCB SEVİYELERİNİN İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF PCB LEVELS IN HOUSE DUST

GAMZE YAĞCI

PROF. DR. GÜLEN GÜLLÜ

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

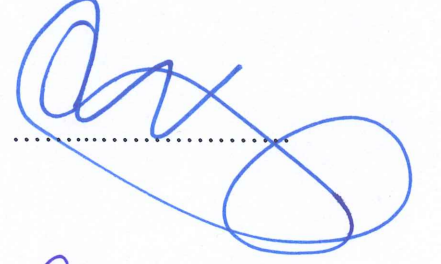
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

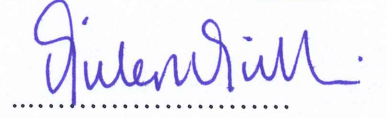
2018

Gamze YAĞCI' nın hazırladığı “Ev Tozlarında PCB Seviyelerinin İncelenmesi” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'** nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Gaye Teksöz
Başkan



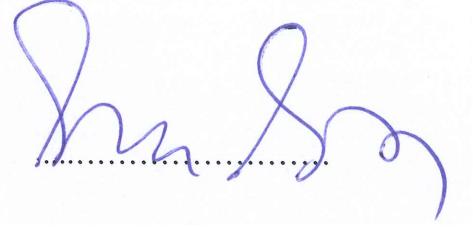
Prof. Dr. Gülen GÜLLÜ
Danışman



Prof. Dr. Cemal SAYDAM
Üye



Doç. Dr. Selim SANİN
Üye



Doç. Dr. Merih AYDINALP KÖKSAL
Üye



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

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



KIZIMA...

YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

- ☐ Tezimin/Raporumun tamamı dünya çapında erişime açılabilir ve bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir.

(Bu seçenekle teziniz arama motorlarında indekslenebilecek, daha sonra tezinizin erişim statüsünün değiştirilmesini talep etseniz ve kütüphane bu talebinizi yerine getirirse bile, tezinin arama motorlarının önbelleklerinde kalmaya devam edebilecektir.)

- ☒ Tezimin/Raporumun 11/07/2019 tarihine kadar erişime açılmasını ve fotokopi alınmasını (İç Kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) istemiyorum.

(Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir, kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı ve ya tamamının fotokopisi alınabilir)

- ☐ Tezimin/Raporumun tarihine kadar erişime açılmasını istemiyorum, ancak kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisinin alınmasını onaylıyorum.

- ☐ Serbest Seçenek/Yazarın Seçimi

26 / 06 / 2018



Gamze YAĞCI

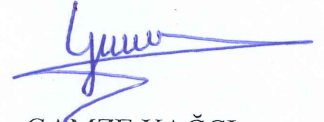
ETİK

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.

26/06/2018


GAMZE YAĞCI

ÖZET

EV TOZLARINDA PCB SEVİYELERİNİN İNCELENMESİ

Gamze YAĞCI

Yüksek Lisans, Çevre Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Gülen GÜLLÜ

Haziran 2018, 140 sayfa

Bu tez çalışmasında Ankara ilinde bulunan 127 evden alınan toz örneklerindeki PCB bileşiklerinin (PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) derişimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Hamileliğinin 2. trimester döneminde bu deneysel çalışmaya gönüllü olarak katılmak isteyen kadınların evlerinden toz örnekleri toplanmıştır. Toz örnekleri; kadınların hamileliklerinin 3. trimester döneminde bir kez, bebeklerin 0-2 yaşları arasında 2 kez olmak üzere evlerin bebek odasından, salonundan ve elektrik süpürgelerinden toplanmıştır. Alınan örnekler (n=434) ultrasonik ekstraksiyon yöntemiyle ekstrakt edilmiştir. Son zenginleştirme işleminden sonra örnekler GS-MS cihazında okutularak PCB derişimleri belirlenmiştir. Elde edilen veriler; dönemsel, mevsimsel, kümülatif ve anlık olarak karşılaştırılmıştır. ANOVA test metoduyla Ev koşulları-PCB derişimleri arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Ankara ilinde bulunan evlerdeki ortalama $\sum$ PCB derişimleri diğer literatür çalışmalarıyla karşılaştırılmıştır.

Evlerdeki $\sum$ PCB konsantrasyonu 19,142 ng/g ile 9598,38 ng/g arasında değişmekte olup, ortalama $\sum$ PCB konsantrasyonu 513,089 ng/g bulunmuştur. Ev tozlarında; hexa-CB, tetra-CB, tri-CB bileşiklerin derişimleri yüksek bulunmuştur. Bu tez çalışmasında beklenildiği gibi; evlerdeki toz örneklerinde bulunan PCB bileşikleri ile yapı malzemelerin içinde bulunan PCB bileşikleri aynı bulunmuştur. Üç döneme ait bebek odasından ve evlerin

elektrik süpürgelerinden toplanan toz örneklerindeki ortalama toplam PCB derişimlerini karşılaştırdığımızda; yaz dönemlerinde bebek odasında, kış döneminde ise evlerin elektrik süpürgelerinden alınan toz örneklerinde ortalama $\sum$ PCB konsantrasyonu yüksek çıkmıştır.

1. dönem bebek odası, salon ve evlerin elektrikli süpürgelerinden toplanan toz örneklerinde, her bir PCB bileşiminin ortalama değerlerini karşılaştırdığımızda; sırasıyla PCB 153, PCB 52 ve PCB 138' in konsantrasyonları yüksek çıkmıştır. Yapı malzemelerinde kullanılan Aroclor 1254, 1248, 1260 gibi ticari karışımlarının içinde belli oranlarda bu PCB bileşikler bulunmektedir. Yaptığımız bu deneysel çalışmada beklediğimiz sonuçla karşılaştık.

2. dönem bebek odası ve evlerin elektrikli süpürgelerinden toplanan toz örneklerinde, her bir PCB bileşiminin ortalama değerlerini karşılaştırdığımızda; PCB 138, PCB 52, PCB 153 ve PCB 180' nin konsantrasyonları yüksek çıkmıştır.

3. dönem bebek odasından ve evlerin elektrikli süpürgelerinden alınan toz örneklerinde sadece PCB 28, PCB 52 ve PCB 180 tespit edilmiştir.

Aynı evlerin yaz-kış dönemlerine ait bebek odasından (n=30) ve elektrik süpürgelerinden (n=16) alınan toz örnekleri karşılaştırılmıştır. Yaz döneminde toplanan toz örneklerinde ortalama $\sum$ PCB konsantrasyonları daha yüksek bulunmuştur.

Kümülatif (elektrik süpürgelerinden alınan toz örnekleri, n=148) ortalama $\sum$ PCB derişimi ile anlık (bebek odasından toplanan toz örnekleri, n=186) ortalama $\sum$ PCB derişimlerini karşılaştırdığımızda anlık ortalama $\sum$ PCB derişimi (9542 ng/g), kümülatif ortalama $\sum$ PCB derişiminden (5353,07 ng/g) yüksek çıkmıştır.

ANAVO testi ile yapılan istatistiksel çalışmada; evin katı, konutun ısıtma türü, örnekleme sırasında pencerenin durumu, evde son zamanlarda yapılan ağaç/yapıştırma/kil/model işi, koku giderici sprey kullanılıp kullanılmadığı, son bir yıl içinde tamir yapıp yapılmadığı, eve yeni eşya alınıp alınmadığı, bebek karyolası cinsi ile PCB derişimleri arasındaki ilişki bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: PCB, Ev, Toz, Mevsimsel, Aroclor, Ultrasonik,

ABSTRACT

INVESTIGATION OF PCB LEVELS IN HOUSE DUST

GAMZE YAĞCI

MSc, Department of Environmental Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Gülen GÜLLÜ

June 2018, 140 pages

In this thesis study, it is aimed to determine the concentrations of PCB compounds (PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) in dust samples taken from 127 houses in Ankara province. During the second trimester of pregnancy, dust samples were collected from the homes of women who voluntarily participated in this experimental work. The dust samples were collected from the baby room of the house, the hall and electric vacuum cleaners once during the third trimester of pregnancy and twice when the babies were 0-2 years of age. The samples (n=434) were extracted by ultrasonic extraction method. After the final enrichment, the samples were read on the GS-MS device to determine PCB concentrations. The data obtained; periodic, seasonal, cumulative and instantly compared. The relationship between house conditions and PCB concentrations was assessed by the ANOVA test method. Average Σ PCB concentrations in houses in Ankara are compared with other literature studies.

The concentration of Σ PCB in the house ranged from 19,142 ng/g to 9598,38 ng/g, with an average Σ PCB concentration of 513,089 ng /g. In household dust; hexa-CB, tetra-CB, tri-CB compounds were found to be highly concentrated. As expected in this thesis study; the PCB compounds found in dust samples in houses and the PCB compounds found in building materials were match. When we compare the average total PCB concentrations

in the dust samples collected from the baby room and household electric cleaners for the three periods; the average Σ PCB concentration in the baby room during the summer months and the dust samples taken from the household electric sweepers during the winter period were high.

When we compare the average values of each PCB compound in dust samples collected from the 1st period baby room, hall and household electrical vacuum cleaners, the concentrations of PCB 153, PCB 52 and PCB 138 were respectively high.

When we compare the average values of each PCB compound in dust samples collected from the 2nd period baby room and household electrical vacuum cleaners, the concentrations of PCB 138, PCB 52, PCB 153 and PCB 180 were high.

Only PCB 28, PCB 52 and PCB 180 were detected in the dust samples taken from the 3rd period baby room and household electric vacuum cleaners.

Dust samples taken from the baby room ($n = 30$) and electric vacuum cleaners ($n = 16$) for the summer and winter periods of the same houses were compared. The average Σ PCB concentrations in the dust samples collected during the summer period were higher.

When we compared the cumulative (dust samples from electric sweepers, $n=148$) average Σ PCB concentration and the instantaneous (dust samples collected from baby's room, $n=186$) average Σ PCB concentrations, the instantaneous average Σ PCB concentration (9542 ng/g) was higher than the cumulative average Σ PCB concentration (5353.07 ng/g).

In statistical study with ANAVO test; the house floor, the type of heating in the house, the state of the window during sampling, the recent work of wood / gluing / clay / model work done at home, the use of deodorant spray, whether or not repairs have been done in the last year, whether new items have been taken home, and the type of baby cradle relations with PCB concentrations was found.

Keyword: PCB, House, Dust, Seasonal, Aroclor, Ultrasonic,

TEŞEKKÜRLER

Yüksek lisans eğitimimde ve tezimin oluşma sürecinde bana verdiği katkılardan dolayı sayın hocam Prof. Dr. Gülen GÜLLÜ' ye şükranlarımı sunarım.

Doğduğum günden bu zamana kadar her zaman yanımda olup, benden sevgisini ve desteğini esirgemeyen, deneysel çalışmalarımda sabahlara kadar bana yardım eden sevgili babam Selami KAYA' ya,

Çalışmalarımdeki maddi desteklerinden dolayı TÜBİTAK ve Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi' ne,

Bu tezin oluşma sürecinde benden desteğini esirgemeyen eşim Mehmet YAĞCI' ya,

Bu tezin oluşma sürecinde benden desteklerini esirgemeyen arkadaşlarım F. Esra YIKMAZ ve Şule KALYONCU İNER' e,

Tez çalışması süresince ihtiyaç duyduğum her an teknik bilgisinden ve tecrübesinden yararlandığım sevgili arkadaşım Akif ARI' ya,

GS-MS cihazını kullanılmayı öğreten sevgili arkadaşım Sanaz LAKESTANI' ye,

Laboratuvar çalışmalarını birlikte yaptığımız sevgili arkadaşım Betül KURADA' ya en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
1. GİRİŞ.....	1
2. İÇ ORTAM HAVA KİRLETİCİLERİ.....	4
2.1. Asbest.....	4
2.2. Karbon Monoksit (CO) ve Azot Dioksit (NO ₂).....	4
2.3. Uçucu Organik Bileşikler (VOCs) ve Formaldehit	5
2.4. Kurşun (Pb).....	6
2.5. Partikül Madde (PM)	7
2.6. Biyolojik Kirleticiler	7
2.7. Radon (Rn) Gazı	7
2.8. Poliklorlu Bifeniller (PCB).....	8
2.8.1. Poliklorlu Bifenillerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	11
2.8.2. Poliklorlu Bifenillerin Kaynakları.....	17
2.8.3. Poliklorlu Bifenillerin Hava, Su ve Toprakta Döngüsü	21
2.8.4. Poliklorlu Bifenillere Maruziyet	22
2.8.5. Poliklorlu Bifenillerin Sağlığa Etkileri	23
3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	26
3.1. Toprak ve Sediman Örneklerinde Yapılan Çalışmalar	26
3.2. Yağmur ve Kar Örneklerinde Yapılan Çalışmalar.....	28
3.3. Atmosferik Gaz ve Partikül Faz Üzerinde Yapılan Çalışmalar	29
3.4. Gıdalarda ve Kanda Yapılan Çalışmalar	31
3.5. İç Ortam ve Ev Tozunda Yapılan Çalışmalar	35
4. MATERYAL VE YÖNTEMLER.....	40
4.1. Örneklerin Toplanacağı Evlerin Belirlenmesi ve Örneklerin Toplanması	40
4.2. Ev Koşulları	41
4.3. Deneysel Çalışmada Kullanılacak Malzemeler ve Kimyasallar	45
4.3.1. Kullanılan Kimyasallar	45
4.3.2. Cam Malzemeler	47
4.3.3. Cam Yünü	47
4.3.4. Sodyum Sülfat (Na ₂ SO ₄), Alüminyum Oksit (Al ₂ O ₃), Florisil	47
4.4. Örneklerin Hazırlanması.....	48
4.5. Örneklerin Ekstraksiyonu ve Ön Zenginleştirilmesi	48

4.6. Temizleme (Clean-Up) ve Son Zenginleştirme	48
4.7. GC-MS Parametrelerinin Düzenlenmesi	50
4.8. Çalışmadaki Verilerin Değerlendirilmesi ve Kullanılan İstatiksel Yöntemler	53
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR.....	54
5.1. PCB Derişimleri.....	54
5.1.1. I. Dönem PCB Verilerinin Değerlendirmesi	72
5.1.2. II. Dönem PCB Verilerinin Değerlendirmesi.....	79
5.1.3. III. Dönem PCB Verilerinin Değerlendirmesi	82
5.2. Verilerin Mevsimsel Olarak Değerlendirmesi	85
5.3. Dönemlerin Birbiri ile Karşılaştırılması	91
5.4. Kümülatif ve Anlık PCB Derişimlerinin Karşılaştırılması.....	92
5.5. Ev Koşulları ile Analiz Sonuçlarının İstatiksel Değerlendirilmesi.....	93
5.6. Sonuçların Literatür ile Karşılaştırılması.....	104
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	107
6.1. Sonuçlar	107
6.2. Öneriler	111
KAYNAKLAR.....	113
EKLER	118
ÖZGEÇMİŞ.....	122

ŞEKİLLER

Sayfa

Şekil 2.1: PCB bileşiği içeren Danimarka florasan ışığı balastları	9
Şekil 2.2: Poliklorlu bifenil bileşiğinin iki boyutlu moleküler yapısı.....	11
Şekil 2.3: Bir poliklorlu bifenil bileşiğinin 3 boyutlu moleküler yapısı	12
Şekil 4.1: Yapılan deneysel çalışmanın akış şeması	45
Şekil 4.2: Ön zenginleştirme işlemi	48
Şekil 4.3: Temizleme (Clean-up) kolonu	49
Şekil 4.4: Clean-Up işlemi	50
Şekil 5.1: 1. Dönem toplam PCB derişimleri.....	62
Şekil 5.2: 1. Dönem toplam PCB derişimleri.....	63
Şekil 5.3: 1. Dönem toplam PCB derişimleri.....	64
Şekil 5.4: 1. Dönem toplam PCB derişimleri.....	65
Şekil 5.5: 1. Dönem toplam PCB derişimleri.....	66
Şekil 5.6: 2. Dönem toplam PCB derişimleri.....	67
Şekil 5.7: 2. Dönem toplam PCB derişimleri.....	68
Şekil 5.8: 3. Dönem toplam PCB derişimleri.....	69
Şekil 5.9: 3. Dönem toplam PCB derişimleri.....	70
Şekil 5.10: 3. Dönem toplam PCB derişimleri.....	71
Şekil 5.11: 1. Dönem bebek ve ev örneklerinin karşılaştırılması	76
Şekil 5.12: 1. Dönem bebek, ev ve salon PCB derişimlerinin karşılaştırılması.....	77
Şekil 5.13: 1. Dönem örneklerinin PCB bileşiklerinin ortalama değerlerinin karşılaştırılması	78
Şekil 5.14: 2. Dönem örneklerinin PCB bileşiklerinin ortalama değerlerinin karşılaştırılması	81
Şekil 5.15: 3. Dönem örneklerinin PCB bileşiklerinin ortalama değerlerinin karşılaştırılması	84
Şekil 5.16: Bebek odalarında mevsimsel PCB dağılımı	87
Şekil 5.17: Bebek odalarındaki toplam PCB' lerin mevsimsel kıyaslanması.....	88
Şekil 5.18: Evlerin elektrik süpürgesinden alınan tozların mevsimsel PCB dağılımı	89
Şekil 5.19: Evlerin elektrik süpürgesinden alınan tozların toplam PCB' lerin mevsimsel kıyaslanması	90
Şekil 5.20: Her dönemin bebek odasındaki ortalama PCB değerlerinin karşılaştırılması ..	91

Şekil 5.21: Her dönemin ev tozundaki ortalama PCB değerlerinin karşılaştırılması	91
Şekil 5.22: Kümülatif ve anlık ortalama PCB derişimlerinin karşılaştırılması.....	93
Şekil 5.23: Evin katı ile PCB 153 arasındaki ilişkiyi gösteren Box-Whisker diyagramı ...	96
Şekil 5.24: Konut ısıtma türü ve PCB bileşikleri arasındaki ilişkiyi gösteren Box-Whisker diyagramları.....	98
Şekil 5.25: Örneklem sırasında evlerin penceresinin açık veya kapalı olması durumu ile PCB derişimleri arasındaki ilişkiyi gösteren Box-Whisker diyagramları.....	99
Şekil 5.26: Ağaç/Yapıştırma/Kıl/Model İşi ile PCB arasındaki ilişkiyi gösteren Box-Whisker diyagramı	100
Şekil 5.27: Koku giderici spre y ile PCB 118 arasındaki ilişkiyi gösteren Box-Whisker diyagramı	101
Şekil 5.28: Evde tamir yapılması ile PCB arasında ilişkiyi gösteren Box-Whisker diyagramı	101
Şekil 5.29: Eve yeni eşya alınması ile PCB 153 arasındaki ilişkiyi gösteren Box-Whisker diyagramı.....	102
Şekil 5.30: Bebek karyolası cinsi ile PCB derişimleri arasındaki ilişkiyi gösteren Box-Whisker diyagramı	103

ÇİZELGELER

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1: Dünya çapında toplam PCB üretimi	10
Çizelge 2.2: Klor dağılımına göre izomer sayısı.....	12
Çizelge 2.3: Klor atomu sayısına göre PCB bileşiklerin fiziksel özellikleri	13
Çizelge 2.4: Bazı Aroclor' ların ağırlıkça % PCB homolog içerikleri	15
Çizelge 2.5: 7 İndikatör PCB bileşiklerinin Aroclor' daki ağırlık yüzdeleri	15
Çizelge 2.6: Aroclor' ların fiziksel özellikleri	16
Çizelge 2.7: Çeşitli Aroclor' ların eski nihai kullanım özeti	16
Çizelge 2.8: Poliklorlu bifenil bileşiklerin kullanıldığı endüstriler ve poliklorlu bifenil bileşiklerini içeren uygulamalar	17
Çizelge 2.9: Endüstride poliklorlu bifenil bileşiklerin kapalı, yarı kapalı, açık sistemlerde uygulamaları ve kullanım yerleri	19
Çizelge 2.10: Besin yoluyla alınan PCB miktarı	23
Çizelge 2.11: Yetişkinlerde ve çocuklarda günlük besin yoluyla alınan tahmini toplam PCB miktarının kıyaslanması.....	23
Çizelge 4.1: Bebek, elektrik süpürgesi ve salonlardan alınan toz örnek sayısı ve evlerin bulunduğu ilçeler.....	42
Çizelge 4.2: Evlerin koşulları hakkında bilgi.....	43
Çizelge 4.3: Evlerin koşulları hakkında bilgi.....	44
Çizelge 4.4: Geri kazanım hesaplamalarında kullanılan vekil bileşikler.....	46
Çizelge 4.5: PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 ve 180 fiziksel özellikleri	46
Çizelge 4.6: Kullanılan surrogate standartlar ve standart solüsyonlar	47
Çizelge 4.7: PCB için GS-MS operasyon parametreleri	51
Çizelge 4.8: GC-MS kalibrasyon parametreleri.....	52
Çizelge 4.9: Sim pencereleri parametreleri	53
Çizelge 5.1: Tüm dönemlerin analiz sonuçları (ng/g).....	59
Çizelge 5.2: 1., 2. ve 3. dönemlere ait tüm veriler (ng/g)	60
Çizelge 5.3: PCB bileşiklerinin konsantrasyonun en yüksek çıktığı evler hakkında bilgi .	61
Çizelge 5.4: 1. Dönem bebek odası analiz sonuçları (ng/g).....	72
Çizelge 5.5: 1. Dönem salon analiz sonuçları (ng/g)	73
Çizelge 5.6: 1. Dönem ev analiz sonuçları (ng/g).....	74
Çizelge 5.7: 2. Dönem bebek odası analiz sonuçları (ng/g).....	79

Çizelge 5.8: 2. Dönem ev analiz sonuçları (ng/g).....	80
Çizelge 5.9: 3. Dönem bebek analiz sonuçları (ng/g).....	82
Çizelge 5.10: 3. Dönem ev analiz sonuçları (ng/g).....	83
Çizelge 5.11: PCB' lerin mevsimsel değerlendirilmesi (ng/g)	86
Çizelge 5.12: Kümülatif ve anlık toplam PCB derişimlerinin karşılaştırılması (ng/g).....	92
Çizelge 5.13: Ev koşulları ile toplam PCB derişimlerinin değerlendirilmesi.....	95
Çizelge 5.14: Bu çalışma ile daha önce yapılan çalışmalarda ortalama PCB derişimlerinin kıyaslanması (ng/g)	106



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

μg	Mikrogram
Σ	Toplam
ng	Nanogram
g	Gram

Kısaltmalar

CO	Karbon Monoksit
DCM	Diklorometan
EPA	Amerika Bileşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
GS-MS	Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi
IARC	Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı
KOK	Kalıcı Organik Bileşik
NO ₂	Azot Dioksit
Pb	Kurşun
PCB	Poliklorlu Bifenil
PE	Petrol Eteri
PVC	Polivinil Klorür
Rn	Radon
SIM	Seçilmiş İyon Monitorlama
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
UIPAC	Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevre Programı
VOC	Uçucu Organik Bileşikler
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

1. GİRİŞ

Poliklorlu bifeniller (PCB); bozulmaya dayanıklı, toksik, sucul ve karasal ortamda biriken, biyolojik birikme potansiyeli yüksek 12 kalıcı organik kirleticilerinden birdir. Kalıcı organik bileşiklerin (KOK) yarılanma ömürleri uzun ve yarı uçucu olmalarından dolayı; bu bileşikler kaynağından çok uzak yerlere taşınıp, karasal ve sucul ortamda ve canlıların yağ dokusunda birikirler. Kalıcı organik bileşiklerin (KOK) meteorolojik olaylar ile birlikte hava, su ve toprak arasında döngüsü hızlıdır [1]. Sıcaklık, rüzgâr, rüzgâr yönü gibi faktörlerle bu bileşiklerin havada, suda ve toprakta konsantrasyonu değişebilir [2]. Kalıcı organik bileşikler canlıların yağ dokusunda biyolojik olarak birikip, besin zincirinin üst seviyelerinde yüksek konsantrasyonlarda yer alırlar. İnsan metabolizmasında biriken bu bileşikler, insanların bağışıklık, sinir, üreme sistemini olumsuz etkilemekte ve kanser oluşumunu tetiklemektedir. Hatta bu bileşikler prenatal dönemde anneden bebeğe geçip, bebeğin sağlığını olumsuz yönde etkilemektedirler [1],[3].

Fotolitik, kimyasal ve biyolojik bozulmaya karşı dayanıklı olan, çevrede ve insan vücudunda biriken kalıcı organik bileşikler (KOK) hem insan sağlığı ve hem de çevre açısından önem teşkil etmektedir. İnsan sağlığını ve çevreyi kalıcı organik kirleticilerinden (KOK) korumak ve bu bileşikleri ortadan kaldırılmak amacıyla; Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) önderliğinde, 22-23 Mayıs 2001 tarihlerinde, Türkiye’ nin de içinde bulunduğu 125 ülke arasında Stockholm Sözleşmesi imzalanmıştır. 17 Mayıs 2004 tarihinde yürürlüğe giren Stockholm Sözleşmesi ile ülkelere; kalıcı organik kirleticilerin ithalat ve ihracatında, üretiminde, kullanımında, depolanmasında, taşınmasında ve bertarafında kısıtlamalar getirilmiştir [3].

Kalıcı organik bileşiklerinden biri olan PCB’ lerin kimyasal kararlılığı yüksek, lipofilik, suda çözünürlüğü az, hidrokarbon ve yağ gibi organik kimyasallarda çözünürlüğü yüksek, kaynama noktası yüksek, yangına dayanıklı, elektrik iletkenliği düşük olması gibi birçok kimyasal ve fiziksel özelliklerinden dolayı endüstrinin çeşitli kollarında kullanılmıştır. Özellikle PCB’ ler dünyanın birçok ülkesinde transformatör ve kondansatörün yalıtkan sıvısında, yağlama ve kesme yağlarında, ısı transfer sıvılarında ve karbonsuz kopya kâğıdında mürekkep çözücü olarak kullanılmıştır.

1950 yılların başlarından 1970' li yılların sonlarına kadar okul binalarında, resmi kurumların binalarında, askeri binalarda ve evlerde PCB içerikli yapı malzemeleri kullanılmıştır. Tavan ve yer döşeme fayanslarında, plastik boyalarda, verniklerde, kauçuk dolgu malzemelerinde, çift camlı pencerelerin yapıştırıcılarında, aydınlatma balastlarında, elektrik kablolarında, PVC' lerde, su geçirmesini önleyen sızdırmaz elastik dolgu malzemelerinde PCB kullanılmıştır. İç ortamlarda birincil kirlilik kaynağı olan bu malzemeler kendilerine bitişik olan malzemeleri zamanla difüzyon yöntemiyle kontamine ederek ikincil kirlilik kaynağı, daha sonraları ise hem iç ortam havasına karışıp hem de toz ve başka malzemeler tarafından absorbe edilerek üçüncül kirlilik kaynağını oluştururlar [4].

Poliklorlu bifenil bileşikleri hakkında ilk çevresel çalışmalar; araştırmacı Jensen' in yaptığı deneysel çalışmalarda belirleyemediği bileşikler bulmasıyla başlamıştır [5]. Birçok araştırmacı; toprakta, suda, sedimentte, kanda, anne sütünde, besinlerde, iç ortam havasında ve atmosfer havasında PCB' lerin konsantrasyonu belirlemek amacıyla çalışmalar yapmıştır. Yapılan bazı çalışmalar sonucunda; iç ortam havasındaki PCB kirleticilerinin, atmosfer havasındakine oranla yüksek çıktığı görülmüştür [6]. Kentsel alanlarda yaşayan yetişkinler ve özellikle okul öncesi çocukların vakitlerinin çoğunu iç ortamlarda geçirmesinden dolayı iç ortamdaki PCB konsantrasyonu insan sağlığı açısından çok önemlidir.

Bu tez çalışması “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” konulu, 110Y082 nolu TÜBİTAK destekli proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Bu projede 0-2 yaş arasındaki bebeklerin yaşadığı evlerdeki iç ortam hava kirleticilerinin konsantrasyonunun, evlerin genel durumunun, ailenin sosyodemografik özelliğinin, evlerdeki kirletici kaynaklarının, bebeklerin alt solunum yolu enfeksiyonları ve alerji arasındaki ilişkinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bebeklerin hızlı soluk alıp vermesi, evdeki tüm yüzeylere temas etmesi, ellerini ağızlarına sokma eyleminin sık sık yapması ve diğer çalışmalarda bebek ve çocukların PCB bileşiklerine maruziyetinin yetişkinlere oranla fazla olmasından dolayı bu proje kapsamında özellikle 0-2 yaş grubundaki bebekler seçilmiştir.

Hamileliğin 2. trimester döneminde olan kadınlara hastanelerde proje hakkında bilgilendirme yapılmıştır. Bu projede bizimle çalışmayı kabul eden, Ankara' nın merkez ilçelerinde konaklayan gönüllü kadınların evlerine hamileliklerinin 3. trimester döneminde ve bebekler 2 yaşına gelinceye kadar 3 kez gidilmiştir. Evlerine gittiğimiz gönüllü kadınlara anket yapılmış; evlerin bebek odasından, salonundan ve elektrik süpürgelerinden toz örnekleri toplanmıştır. Bu çalışmada; evlerden toplanan toz örnekleri önce ultrasonik ekstraksiyon ile ekstrakt edilip, temizleme ve zenginleştirme işlemlerinden geçirildikten sonra GS-MS cihazında PCB derişimleri belirlenmiştir. Bu çalışmasında elde edilen PCB derişimleri; mevsimsel, dönemsel ve diğer çalışmalarla karşılaştırılması yapılmıştır. Elde edilen PCB derişimleri ile ev koşulları arasındaki ilişkiyi belirlemek için ANOVA testi ile istatistiksel olarak değerlendirme yapılmıştır.

2. İÇ ORTAM HAVA KİRLETİCİLERİ

Şehirlerde yaşayan insanlar vaktinin çoğunu evde, ofiste, okulda geçirmektedirler. Günümüzde yetişkin insanlar yaklaşık olarak günün 16 saatini, okul öncesi çocuklar ise gününün % 85' inden fazlasını kapalı ortamlarda geçirmektedirler. İnsanların çoğu zamanını iç ortamda geçirmesi, formaldehit gibi bazı kirleticilerin iç ortamdaki derişiminin dışarıya oranla yüksek olması, iç ortam kirleticilerinin sayısının artmasından dolayı günümüzde iç ortam hava kirliliği insan sağlığı açısından önem teşkil etmektedir [7].

Yapılan çalışmalarda; birçok hava kirleticilerinin iç ortamlardaki derişimlerinin, dışarıya oranla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Evlerin içinde emisyon kaynaklarının çok olması ve günümüzde kullandığımız birçok inşaat ve ev ürünlerinin kimyasal içerikli olmasından dolayı iç ortamdaki kirleticilerin konsantrasyonu yüksektir [7].

Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı' na (EPA) göre; asbest, biyolojik kirleticiler, karbon monoksit, formaldehit, kurşun (Pb), azot dioksit (NO₂), tarım ilacı, partikül madde, sigara dumanı, sabalar/ısıtıcılar/şömine/baca, uçucu organik bileşikler ve radon gazı başlıca iç ortam hava kirleticilerindendir [8].

2.1. Asbest

Asbest kaya ve toprakta görülen bir çeşit mineraldir. Mukavemeti yüksek ve ısıya dayanıklı olmasından dolayı çeşitli binalarda yalıtım malzemesi ve yangın geciktirici olarak kullanılmıştır. Asbest yapı ürünleri olarak; tavan ve yer döşemelerinde, çatı kiremitlerinde, çimentoda kullanılmıştır. Araçlarda ise; debriyaj, fren ve iletim parçalarında kullanılmıştır. Ayrıca ısıya dayanıklı kumaşlarda, paketlemede, conta ve kaplamalarda kullanılmışlardır. Asbest içerikli malzemelerin zımparalanması, kesilmesi ve diğer şekillendirme işlemlerinden sonra oluşan asbest lifleri havadaki asbest konsantrasyonunu artırır ve insanların sağlığını olumsuz yönde etkileyebilir. Asbeste maruz kalmanın sonucunda genellikle akciğer olumsuz şekilde etkilenir [9].

2.2. Karbon Monoksit (CO) ve Azot Dioksit (NO₂)

Karbon monoksit (CO) kokusuz, renksiz, tatsız bir gazdır. Odun, kömür, doğal gaz, benzin, propan gibi karbon kaynaklı yakıtların tam yanmaması sonucunda oluşur. İç ortamlarda karbon monoksitin olması durumunda; kandaki hemoglobin oksijen yerine karbon monoksite bağlanır ve oksijen ile beslenemeyen doku ve organlar olumsuz yönde etkilenir. Karbon monoksit gazına maruz kalan insanlarda; baş ağrısı, baş dönmesi, bulantı, bulanık görme, kollaps görülür. Maruziyet süresi arttıkça konvülsiyon (düşük beyin

fonksiyonu), kardiyak ve solunum depresyonu, solunum yetmezliği, koma ve ölüm gerçekleşir [10] [11].

Azot Dioksit (NO_2) hem atmosfer havası hem de iç ortam hava kirletici kaynaklarından olan, korozyif, yüksek oranda reaktif ve zehirli bir gazdır. Tütün dumanı, kusurlu çalışan havalandırma cihazları, benzinli sobalar, kaynak v. b. iç ortam havasındaki birincil NO_2 kaynakları arasında yer almaktadır. NO_2 'lere maruziyet sonucunda; göz, burun, boğaz ve solunum yolu mukozasında tahriş oluşur, yangın gibi kazalar sonucunda yüksek derişimde NO_2 maruziyetlerinde ise insanlarda pulmoner ödem, akut veya kronik bronşit ve akciğer hasarı gibi olumsuz faktörler meydana gelir. İç ortam havasındaki NO_2 'ye maruz kalmanın sonucunda; insanlarda astım, kronik obstrüktif akciğer hastalarında akciğer fonksiyonunda azalma, çocuklarda solunum yolu enfeksiyonun artışına neden olur. Yanma cihazları olmayan evlerde ortalama NO_2 konsantrasyonu, atmosfer havasının yaklaşık yarısı kadardır. Gaz sobaları, gazyağı ısıtıcıları v. b. cihazlarının kullanıldığı evlerdeki iç ortam NO_2 konsantrasyonu, atmosfer havasından daha fazladır. EPA' ya göre dış ortam havasındaki 24 saatlik ortalama 0,053 ppm olmalıdır [12].

2.3. Uçucu Organik Bileşikler (VOCs) ve Formaldehit

Uçucu organik bileşikler katı ve sıvılardan yayılan gazlar olup, insan sağlığını kısa veya uzun vadede etkileyen bileşiklerdir. Uçucu organik bileşikler; boya, vernik, birçok dezenfeksiyon ve temizlik malzemelerinde, kozmetik ürünlerinde, hobi ürünlerinde, inşaat malzemeleri ve mobilyalarda, yapıştırıcılarda, organik kimyasallardan yapılan yakıtlarda bulunmaktadır. Bu kimyasalların kullanılması sırasında veya depolandığı sırada uçucu organik bileşikler açığa çıkarabilirler. Yapılan çalışmalarda; bazı uçucu organik bileşiklerin iç ortamdaki derişimi, dış ortama oranla yüksek çıkmıştır. Uçucu organik bileşiklere maruz kalan insanlarda; göz/burun/ boğazda tahriş, baş ağrısı, mide bulantısı, karaciğer, böbrek ve merkezi sinir sisteminde hasar, kanser, alerji, nörolojik ve solunumsal semptomlar gibi olumsuz etkiler gözlenmiştir. Benzen, diklorometan ve tetraklorometan gibi bazı bileşiklerin kansere neden olunduğu da bilinmektedir. Uçucu organik bileşiklerin erken yaşta ve anne karnındaki bebeklerin bağışıklık sisteminin olumsuz etkilediği gibi, alerjik hastalıkların gelişmesine neden olduğunu kanıtlayan çalışmalar vardır [13].

Formaldehitler; kompozit ahşap üretiminde kullanılan reçineler, yapı ve yalıtım malzemeleri, ev tipi tutkallar, bazı ilaçlar, kozmetik ürünler, bulaşık deterjanları, gübreler, pestisitler, kağıt ürünleri, boya ve kaplamalar gibi birçok endüstriyel alanda kullanılan bir kimyasaldır. Ayrıca sigara dumanı da formaldehit kaynaklarından biridir. Formaldehit oda

sıcaklığında; renksiz, güçlü kokuya sahip yanıcı bir gazdır. Cilde maruziyeti sonucunda cildi tahriş eder, alerji yapabilir. Formaldehit solunum yoluyla maruziyeti sonucunda astım nöbetleri, soluk alıp vermede zorlanma ve alerjiye neden olabilir. Mesleki maruziyet sonucunda ise organlarda hasara ve kansere neden olabilir [14].

Bazı deneysel çalışmalarda; iç ortam havasındaki formaldehit konsantrasyonu 0,002-4 ppm arasındayken, kırsal alan atmosferindeki formaldehit konsantrasyonu 0,002-0,006 ppm, kentsel alan atmosferindeki formaldehit konsantrasyonu 0,001-0,02 arasında tespit edilmiştir. Sonuç olarak; iç ortam havasında, insanlar formaldehite daha çok maruz kalıyorlar. Yapılan çalışmalarda; formaldehite 0,1-0,5 ppm arasındaki maruziyetlerde insanların burun ve gözlerinde tahriş, nörolojik etkiler, astım ve alerji riski tespit edilmiştir. 0,6-1,9 ppm arasındaki maruziyetlerde egzama ve akciğerde fonksiyonunda azalma görülmüştür. Oral yolla 50-100 mg/kg gün arasında formaldehite maruz kalan hayvanlarda düşük vücut ağırlığı, gastrointestinal ülserler, karaciğer ve böbrek hasarı gözlenmiştir. Formaldehit içerikli temizlik ürünleri ve diğer endüstriyel ürünleri kullanmamak, kapalı ortamlarda sigara içmemek ve kapalı ortamları havalandırmak gibi basit yöntemlerle iç ortam havasındaki formaldehit konsantrasyonu azaltılabilir [15].

2.4. Kurşun (Pb)

İç ortam havasındaki kurşun konsantrasyonu özellikle günün çoğu vaktini evde geçiren, yere ve birçok yüzeye temas eden okul öncesi çocuklar için çok önemlidir. Çünkü kurşunun insan sağlığını etkileyen sınır değerler, yetişkinlere oranla çocuklarda daha düşüktür. Çocukların kurşuna maruziyeti sonucunda; beyin ve sinir sistemleri olumsuz etkilenir. Çok düşük dozlarda bile davranış ve öğrenme problemleri, düşük IQ, gelişmenin yavaşlaması, işitme kaybı, anemiye neden olmaktadır. Anne karnında kurşuna maruz kalan bebeklerde; erken doğum ve gelişmenin yavaşlaması gibi olumsuz etkiler meydana gelmektedir. Kurşuna maruz kalan yetişkinlerde ise; kan basıncında azalma, üreme problemleri, hipertansiyon, kardiovasküler etki, anemi gibi olumsuz etkiler meydana gelir. Boya, benzin, bataryalar, su boruları, oyuncak boyaları, kozmetik ürünleri gibi birçok endüstriyel üründe kurşun kullanılmıştır. Kurşun içerikli boyalar ve bu boyaların kazınması, kontamine olmuş toprak ve tozların havayla iç ortama taşınması, kapalı ortamlarda lehim ve lekeli cam yapımı, kurşun ile alakalı mesleki iş kolunda olanların giysi vb. yollarla iç ortama kurşun taşınması başlıca iç ortam havasındaki kurşun kaynaklarından [16].

2.5. Partikül Madde (PM)

Havada asılı olarak bulunan katı veya sıvı haldeki maddelere partikül madde denir. 10 mikrometre çapındaki veya 10 mikrometre çapından daha az partikül maddeler solunum yoluyla akciğere kadar ulaşır ve burada birikirler. Solunum yolu ile insan vücuduna giren partikül maddeler öncelikle akciğer ve kalbe zarar verir. Koroner arter hastalığı, kalp yetmezliği, astım, kronik obstrüktif akciğer hastalığı gibi bir çok hastalıklar partikül maddelerden kaynaklanmaktadır. Atmosfer havasından evlere taşınan partikül maddeler, sigara dumanı, mumların dumanı, şömineler, yemek dumanı başlıca iç ortam havasındaki partikül madde kaynaklarıdır [17].

2.6. Biyolojik Kirleticiler

Biyolojik kirleticilerin çoğu solunacak kadar küçük maddelerdir. İç ortam havasında en sık görülen biyolojik kirleticiler: bitki polenleri; insan ve hayvanlarda bulunan virüsler; küfler; insan, hayvan ve topraktaki bakteriler; hamam böceği; hayvan tükürüğü ve kepeği, ev tozu akarlarıdır. Islak yüzeyler, nemli ve sıcak ortamlar; küf, bakteri ve böceklerin üremesinde etkili faktörlerdir. Bu yüzden evdeki nem oranını % 30-50 arasında tutmak gereklidir. Ev tozu akarları; nemli ve sıcak ortamda yetişen en güçlü biyolojik alerjendir. Küf ve diğer biyolojik kirletici kaynaklarının üreme alanlarından biri de kirlenmiş havalandırma sistemleridir. Bu biyolojik kirleticiler havalandırma sistemlerinden iç ortama yayılarak insanların sağlığını etkileyebilirler. Biyolojik kirleticiler; astım, alerjik reaksiyonlar ve birçok akciğer hastalıklarına neden olmaktadır. İç ortamların nemini azaltarak, evi havalandırarak ve düzenli temizlik yaparak kapalı ortamlarda bulunan biyolojik kirleticileri azaltılabilir [18].

2.7. Radon (Rn) Gazı

Radon topraktan gelen radyo aktif bir gazdır. Radon gazı taş ve toprakta bulunan uranyum maddesinin doğal olarak bozulmasıyla meydana gelir. Bozulma devam ettikçe radon atomik parçacıklar yayar ve soluduğumuz havanın karışır. Bu parçacıkların enerjisi hücre DNA' sını değiştirir ve akciğer kanseri riskini arttırabilir. Radon gazına maruz kalmak, akciğer kanserinde sigaradan sonra ikinci en önemli nedendir. Radonla ilişkili akciğer kanserinde her yıl yaklaşık 21.000 insan ölüyor. Radon gazı atmosfer havasında seyreddiği için, solunum yoluyla alınan radon gazının derişimi çok düşüktür. Fakat evlerdeki maruziyet derişimi daha fazladır. Radon gazı evlerdeki çatlaklardan ve açıklıklardan iç ortam havasına karışır. Radon gazının iç ortam havasına taşınmasındaki en önemli faktör; binanın içindeki ile topraktaki hava basıncı arasındaki farktır. Genellikle; evlerin hava basıncı çevresinde

bulunan toprağın hava basıncından düşüktür ve böyle durumlarda evlerin iç ortam havasına radon gazı karışır. İkinci en önemli faktör ise evlerin bulunduğu alandaki toprağın kimyasal yapısıdır. EPA' ya göre evlerdeki yıllık ortalama radon seviyesinin 4,0 pCi/L'dir [19].

2.8. Poliklorlu Bifeniller (PCB)

Poliklorlu bifenil bileşikler; dioksin, furan, aldrin, dieldrin, endrin, dikloro-difenil-trikloroetan (DDT), klordan, heksaklorobenzen (HCB), mireks, toksafen ve heptaklor gibi toksik, bozulmaya dayanıklı, biyolojik birikme potansiyeli yüksek (biyoakümülatif) 12 kalıcı organik kirleticilerden (KOK) biridir. Poliklorlu bifenil bileşikler; klorlanmış hidrokarbonlar olarak bilinen, doğada bulunmayan, sentetik organik kimyasallardan biridir. Teorik olarak toplam 209 poliklorlu bifenil bileşiği vardır. Fakat bu bileşiklerin yaklaşık 130 tanesi ticari amaç için kullanıldığı görülmüştür. Ticari amaç için kullanılan poliklorlu bifeniller; 50 veya daha fazla PCB bileşiklerinin karışımından oluşmaktadır [1], [20].

Poliklorlu bifenil bileşiklerin; yangına karşı dayanıklı, kimyasal ve termal kararlılığı yüksek, hidrokarbon ve yağ gibi organik kimyasallarda çözünürlüğü yüksek, elektrik iletkenliği düşük (dielektrik), kaynama noktalarının yüksek olması gibi kimyasal ve fiziksel özelliklerinden dolayı; dünyanın birçok yerinde çeşitli endüstri kollarında kullanılmıştır. Poliklorlu bifenil bileşikler hava ve su yoluyla kirletici kaynağının çok uzağına taşınır; karasal ve sucul ortamlarda birikirler [21], [20]. Bu bileşiklerin lipofilik özelliklerinden dolayı biyolojik olarak birikip, besin zincirinde yüksek konsantrasyonlarda yer alırlar [22], [3].

Kondansatör ve transformatörlerin yalıtkan sıvılarında, kesme yağlarında, hidrolik yağlarda, plastik boyalarda, alev geciktiricilerde, ısı transfer akışkanlarında, organik seyrelticilerde, plastikleştiricilerde, yapışkanlarda, karbonsuz kopya kâğıdının organik çözücülerinde, yapı malzemelerinde ve tarımsal ilaçlarda poliklorlu bifeniller bileşikler kullanılmıştır [22]. Ayrıca bu bileşikler 1950 yıllarının başlarından 1970' li yıllarının sonlarına kadar birçok bina ve okulların aydınlatma balastlarında; pencerelerin dolgu macunlarında; yer döşemelerinde, tavan kaplamalarında, kapı çerçevesinde ve kolon duvarında kullanılan malzemelerin içerisinde; elastik sızdırmaz dolgu malzemelerinde; elektrik kablolarında; PVC' lerde ve plastik boyaların içerisinde yer almıştır [23]. U.S. Çevre Koruma Ajansı (EPA); binalarda kullanılan izolasyon malzemelerinin % 40 PCB içerikli olduğunu ve bu yapı malzemelerini çevreleyen havaya da PCB yayıldığını bilirmiştir. Binaların iç ortamında birincil kirlilik kaynağı olan bu malzemeler kendilerine bitişik olan duvar ve ahşap gibi malzemeleri zamanla difüzyon yöntemiyle kontamine ederek ikincil

kirlilik kaynağı, daha sonraları ise hem iç ortam havasına karışıp hem de toz ve başka malzemeler tarafından absorbe edilerek üçüncül kirlilik kaynağını oluştururlar. Poliklorlu bifenil bileşikleri hala okullarda, binalarda ve bu binaların bulunduğu alandaki topraklarda bulunmaktadır. Şekil 2.1’ de 2014 yılında Danimarka’da bir ilkokulda sökülmüş iki floresan ışık balastlarını göstermektedir [4].



Şekil 2.1: PCB bileşiği içeren Danimarka floresan ışığı balastları [4]

Poliklorlu bifenil bileşikleri ilk kez 1864 yılında sentezlenmiştir [3]. Bu bileşikler ticari olarak ilk kez 1929’ da “Swann Ordnance Company” unvanlı bir şirket tarafından Anniston, Alabama’ da üretilmiştir. 1930 yılında şirket unvanını “Swann Chemicals” olarak değiştirmiştir. 1935 yılında ise “Monsanto Industrial Chemical Company” unvanlı bir şirket tarafından satın alınmış ve 1977’ lere kadar bu şirket tarafından poliklorlu bifenil bileşiklerin üretimine devam edilmiştir [24], [25]. Küresel çapta yaklaşık 1.3 milyon tondan fazla poliklorlu bifenil bileşikler (genellikle tri-CB, tetra-CB, penta-CB) üretilmiş olup, önemli bir miktarı çevreye salınmıştır [5]. İsveçli araştırmacı Sören Jensen’ in 1966 yılında balıklarda üzerinde yaptığı çalışmada bilinmeyen bileşikleri bulmasından sonra, PCB bileşikleri hakkında çevresel alanda birçok çalışmalar yapılmaya başlanmıştır [21], [5].

Ülkemizde PCB üretimi hiç yapılmamış olup [26]; Avusturya, Çin, Çekoslovakya, Fransa, Almanya, İtalya, Japonya, Rusya Federasyonu, İspanya, İngiltere ve Amerika Bileşik Devletleri ise poliklorlu bifenil bileşiklerini üreten başlıca ülkeler arasında yer almaktadır [5]. Amerika Bileşik Devletleri’ nde üretilen poliklorlu bifenil bileşiklerin yaklaşık % 56’ sı (1971’ de bu değer % 77’ ye çıkmıştır) yalıtkan sıvısı olarak transformatör

ve kondansatörlerde; yaklaşık % 30' u karbonsuz kopya kâğıdında ve plastikleştiricilerde; yaklaşık % 12' si de hidrolik sıvılarda ve yağlarda kullanılmıştır. Japonya da ise bu değerler sırasıyla; % 66, % 18, % 11 olarak değişmektedir [1]. Poliklorlu bifenil bileşiklerin toksik ve bozulmaya dayanıklı olmasından dolayı 1970' lerin başlarında Amerika ve Avrupa' da bu bileşiklerin açık uygulamalarında ve akabininde kullanılmasında ve satışında kısıtlamalar getirilmiştir. Poliklorlu bifenil bileşiklerin endüstriyel alanda kapalı uygulamaları Amerika' da 1970' lerin sonuna kadar, Avrupa'da 1980' lerin sonuna kadar ve Rusya'da ise 1993' e kadar izin verilmiştir [5], [24]. Çizelge 2.1' de PCB üretimi yapmış ülkelerin ne kadar süre ve miktarda üretim yaptığı gösterilmektedir [5].

Çizelge 2.1: Dünya çapında toplam PCB üretimi [5]

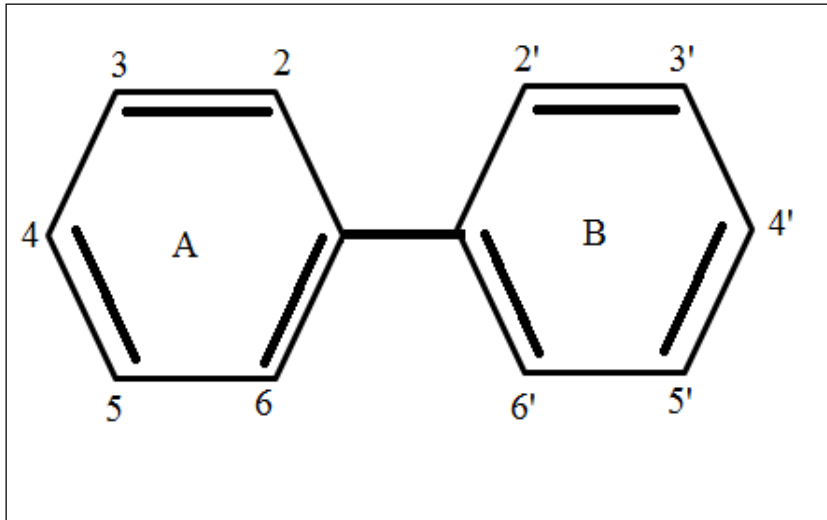
Üretici Firma	Ülke	Üretime Başlama Tarihi	Üretime Son Verilme Tarihi	Üretilen Miktar (Ton)
Monsanto	ABD	1930	1977	641.246
Geneva Ind.	ABD	1971	1973	454
Kanegafuchi	Japonya	1954	1972	56.326
Mitsubishi	Japonya	1969	1972	2.461
Bayer AG	Batı Almanya	1930	1983	159.062
Prodelez	Fransa	1930	1984	134.654
Orgsintez	Rusya	1972	1993	32.000
Xi'an	Çin	1960	1979	8.000
S.A. Cros	İspanya	1955	1984	29.012
Monsanto	U.K.	1954	1977	66.542
Caffaro	Italy	1958 2	1983	31.092
Chemko	Czechoslovakia	1959	1984	21.482
Orgsteklo	Russia	1939	1990	141.800
TOPLAM		1930	1993	1.324.131

Avrupa ve Amerika' da PCB üretiminin ve kullanımının yaklaşık 30 yıldan fazla bir süredir yasaklanmasına rağmen; bu bileşiklerin yarılanma ömürlerinin uzun olması, biyolojik olarak birikmesi ve hava ve su yoluyla kaynağından çok uzaklara taşınmasından dolayı günümüzde hala ciddi çevresel sorunlarından birini teşkil etmektedir [4]. İnsan sağlığını ve çevreyi PCB ve diğer kalıcı organik bileşiklerden korumak ve bu bileşikleri ortadan kaldırılmak amacıyla; Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) önderliğinde, 22-23 Mayıs 2001 tarihlerinde, Türkiye' nin de içinde bulunduğu 125 ülke arasında

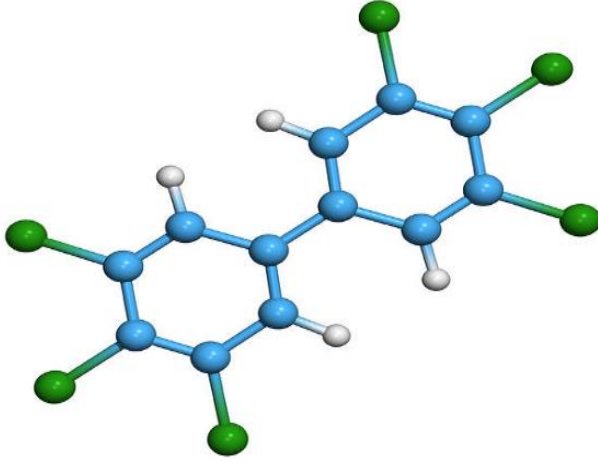
Stockholm Sözleşmesi imzalanmıştır. 17 Mayıs 2004 tarihinde yürürlüğe giren Stockholm Sözleşmesi ile ülkelere; kalıcı organik kirleticilerin ithalat ve ihracatında, üretiminde, kullanımında, depolanmasında, taşınmasında ve bertarafında kısıtlamalar getirilmiştir. Bu sözleşme kapsamında; 50 ppm ve/veya daha fazla derişimde PCB içeren teçhizat ve ekipmanların belirlenip, etiketlenmesini ve bu teçhizat ve ekipmanlarının geri dönüşümünün, satışının ve kullanılmasının yasaklanması taraf ülkelere zorunlu kılmiştir [3].

2.8.1. Poliklorlu Bifenillerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Poliklorlu bifenil bileşikler doğada kaynağı yoktur ve bu bileşiklerin tamamı sentetik olarak üretilmektedir [27]. Poliklorlu bifenil bileşikler uygun bir katalizör varlığında, bifenil halkasının klorlanmasıyla üretilen aromatik hidrokarbonlardır. Kimyasal formülleri; $C_{12}H_{10-n}Cl_n$ ($n=1-10$) olarak sembolize edilmiştir. Poliklorlu bifenil bileşiklerinin her biri, altı karbon atomu içeren, birbirine tek bağla bağlanmış iki benzen halkasına klor atomlarının farklı konumlarda (polar olmayan) bağlanması sonucu oluşmuşlardır [28]. Şekil 2.2' de PCB' nin 2 boyutlu moleküler yapısı [29]; Şekil 2.3' de ise PCB' nin 3 boyutlu moleküler yapısı gösterilmiştir [30]. Teorik olarak 209 poliklorlu bifenil bileşiği (congener) vardır [1], [5]. Ballschmiter ve Zell (1980) tarafından; her bir poliklorlu bifenil bileşiğini 1' den ve 209' a kadar bir numara kullanarak, bir terminoloji de oluşturulmuştur ve bu sistem Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği (IUPAC) tarafından kabul edilmiştir [5].



Şekil 2.2: Poliklorlu bifenil bileşiğinin iki boyutlu moleküler yapısı [29].



Şekil 2.3: Bir poliklorlu bifenil bileşiğinin 3 boyutlu moleküler yapısı (3,4,5,3'4'5'-heksaklorobifenil) (mavi renk karbon atomlarını, beyaz renk hidrojen atomlarını ve yeşil renk klor atomlarını gösterir.) [30]

Poliklorlu bifenil bileşikler klor atomu sayısına göre de kategorize edilmişlerdir; aynı klor sayısına sahip poliklorlu bifenil bileşiklere “homolog” denir ve toplam 10 adettir (1-10 klorobifeniller, CBs) [31], [5]. Klorların fenil halkasında bağlandığı noktaya göre yapılan isimlendirmeye ise “İzomer” (2,3,4 triklorobifenil ve 3,3',5 triklorobifenil on iki triklorobifenilden iki tanesidir.) denir ve toplam 46 adettir [31]. Çizelge 2.2’ de klor dağılımına göre izomer sayısı belirtilmiştir [29], [31].

Çizelge 2.2: Klor dağılımına göre izomer sayısı [29],[31]

B HALKASINDAKİ KLOR ATOM SAYISI	A HALKASINDA KLOR ATOM SAYISI					
	0	1	2	3	4	5
0	1	3	6	6	3	1
1		6	18	18	9	3
2			21	36	18	6
3				21	18	6
4					6	3
5						1

Poliklorlu bifenil bileşikler sıvı ve yağ görünümündedir. Klor sayısına bağlı olarak poliklorlu bifenil bileşiklerinin molekül ağırlıkları ve yoğunlukları değişebilir. Poliklorlu bifenil bileşikler; renksizdirler, fakat ticari karışımlarda renkleri açık sarıdan koyu renklere doğru değişim göstermektedirler [24]. Poliklorlu bifenil bileşiklerin klor sayısına paralel olarak viskoz yapıları da artar; Aroclor 1016 sıvı halde iken, Aroclor 1260’ ın klor içeriği yüksektir ve yapışkan reçine kıvamındadır [32]. Poliklorlu bifenil bileşiklerin buhar basınçlarının ve elektrik iletkenliklerinin (yüksek dielektrik sabiti) düşük olması; sularda az

(hidrofobik), yağlarda (lipofilik) ve hidrokarbonlarda ise yüksek çözünürlükte olması; hava ile karışımlarında patlayıcı ortam oluşturmaması [3]; yüksek kimyasal ve termal kararlılığa sahip olması; yangına karşı dayanıklı olması; düşük sıcaklıkta kristalleşme olmamasından dolayı endüstride yaygın olarak kullanılmışlardır [3], [33], [27]. Ayrıca bu bileşikler; yarı uçucu bileşikler olup, yarılanma ömürleri çok uzundur. Yarılanma ömürleri çok uzun olması; biyolojik, fotolitik ve kimyasal bozulmaya karşı dirençli olmalarından dolayı hem çevrede hem de biyolojik olarak birikme potansiyelleri çok yüksektir [31]. Poliklorlu bifenil bileşiklerin atık yakma tesisleri gibi yerlerde yanması sonucunda dioksin ve furan oluşur ve bu bileşikler meteorolojik olaylarla dünyanın her yerine yayılırlar [33] [24]. İnsan vücuduna biriken bu kimyasallar, insanların sağlıklarını olumsuz yönde etkilemektedir.

Poliklorlu bifenil bileşiklerin fiziksel ve kimyasal özellikleri; klor atomlarının sayısına ve klor atomunun bifenil halkasına bağlanma noktasına göre değişmektedir. Çizelge 2.3’ de homolog PCB gruplarının fiziksel özellikleri belirtilmiştir [29].

Çizelge 2.3: Klor atomu sayısına göre PCB bileşiklerin fiziksel özellikleri [29]

PCB	Erime Noktası (°C)	Kaynama Noktası (°C)	Buhar Basıncı (25°C’de, Pa)	Çözünürlük g/m ³	log K _{ow}	Balıktta BCF	Buharlaşıma g/(m ² .h)
Bifenil	71	259	4,9	9,3	4,3	1000	0,92
MonoCB	25-77,9	285	1,1	4,0	4,7	2500	0,25
DiCB	24,4-149	312	0,24	1,6	5,1	6300	0,065
TriCB	28-87	337	0,054	0,65	5,5	1,6x10 ⁴	0,017
TetraCB	47-180	360	0,012	0,26	6,3	4,0x10 ⁴	4,2x10 ⁻³
PentaCB	76,5-124	381	2,6x10 ⁻³	0,099	6,7	1,0x10 ⁵	1,0x10 ⁻³
HekzaCB	77-150	400	5,8x10 ⁻⁴	0,038	7,1	2,5x10 ⁵	2,5x10 ⁻⁴
HeptaCB	122,4-149	417	1,3x10 ⁻⁴	0,014	7,5	6,3x10 ⁵	6,2x10 ⁻⁵
OktaCB	159-162	432	2,8x10 ⁻⁵	5,5x10 ⁻³	7,5	1,6x10 ⁶	1,5x10 ⁻⁵
NonaCB	182,8-206	445	6,3x10 ⁻⁶	2,0x10 ⁻³	7,9	4,0x10 ⁶	3,5x10 ⁻⁶
DekaCB	305,9	456	1,4x10 ⁻⁶	7,6x10 ⁻⁴	8,3	1,0x10 ⁷	8,5x10 ⁻⁷

Çizelge 2.3’ de görüldüğü gibi, poliklorlu bifenil bileşiklerin klor atomu sayısı arttıkça buhar basınçlarının azaldığı, kaynama noktalarının arttığı görülmektedir. Poliklorlu bifenil bileşiklerin suda çözünürlükleri klor atomu sayısına bağlıdır. Yüksek sayıda klor atomu içeren PCB bileşikleri daha hidrofobiktir. Balıklardaki biyokonsantrasyon faktörlerine bakıldığında; yüksek klorlu PCB bileşiklerin, canlı metabolizmalarında birikme potansiyeli yüksek olduğu görülmektedir. Lipofilik olan PCB bileşikleri canlıların yağ

dokularında birikirler. Oktanol-su partiyon katsayısı (log Kow) poliklorlu bifenil bileşiklerin hava, su, sediment ve toprak arasındaki döngüsü hakkında tahminlerde bulunmayı sağlar. log Kow değeri 6' dan büyük olan yüksek klorlu bifenil bileşikleri atmosferdeki partiküllerde, toprakta ve sedimentlerde absorbe olmuş şekilde bulunurken; düşük log Kow değerine sahip poliklorlu bifenil bileşikler ise atmosfer havasında gaz fazda bulunur ve rüzgar gibi meteorolojik faktörlerin [2] etkisiyle uzak mesafelere taşınırlar. Sonuç olarak toprakta, sedimette, canlı metabolizmasında yüksek klorlu bifenil bileşiklerinin konsantrasyonları fazla iken; atmosfer havasında düşük klorlu poliklorlu bifenil bileşiklerin konsantrasyonu yüksektir [24].

Ticari amaç için üretilen poliklorlu bifenil bileşikler; değişik konsantrasyonlarda PCB bileşiklerinin karışımından oluşmaktadır [1], [24]. Değişik ülkelerde, farklı ticari isimler altında üretilmiş olmalarına rağmen genel içerikleri benzerlik göstermektedir. Poliklorlu bifenil bileşikler; Aroclor (ABD), Chlorextol (ABD), Clophen (Almanya), Dykanol (ABD), Fenclor (İtalya), Inerteen (ABD), Kanechlor (Japonya), Noflamol (ABD), Phenoclor (Fransa), Pyralene (Fransa), Pyranol (ABD), Santotherm (Japonya), Sovol (SSCB), Therminol (ABD) ticari adı altında üretilmiş ve kullanılmışlardır [34]. Dünya çapında en yaygın kullanıma sahip bu ticari bileşiklerden birisi olan Aroclor (1016, 1221, 1232, 1242, 1248, 1254, 1260, 1262,1268); Monsanto tarafından üretilmiştir. Bu Aroclor karışımlarının sınıflandırılması ve klor dereceleri belirtilmesi amacıyla; Aroclor markasının arkasına dört haneli rakam eklenmiştir. Bu dört haneli rakamın ilk iki rakamı 12 olup, bifenil halkasındaki karbon atom sayısını belirtmektedir. Diğer iki rakam ise ağırlık olarak klor yüzdesini belirtmektedir. Dolayısıyla; Aroclor 1254' de ağırlık olarak % 54 klor içerdiği anlaşılmaktadır. Bu numaralandırmanın tek istisnası Aroclor 1016' dır ve ağırlık olarak klor yüzdesi % 41' dir [34]. Ticari olarak üretilen Aroclor karışımları değişik poliklorlu bifenil homolog gruplarını içerirler. Çizelge 2.4' de Aroclor tipleri ve ağırlıkça % PCB homologları özetlenmiştir [29]. Çizelge 2.5' de ise Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından belirlenen 7 indikatör PCB bileşiklerinin Aroclor' lardaki % ağırlıkları verilmiştir [32].

Çizelge 2.4: Bazı Aroclor' ların ağırlıkça % PCB homolog içerikleri [29]

Homolog (Klor Sayısı)	ARACLOR						
	1221	1232	1616	1242	1248	1254	1260
0	10						
1	50	26	2	1			
2	35	29	19	13	1		
3	4	24	57	45	22	1	
4	1	15	22	31	49	15	
5				10	27	53	12
6					2	26	42
7						4	38
8							7
9							1
10							

Çizelge 2.5: 7 İndikatör PCB bileşiklerinin Aroclor' daki ağırlık yüzdeleri [32]

	1016	1242	1248	1254 (1974-1977)	1254	1260
PCB 28	8.50	6.86	5.57	0.06	0.19	0.03
PCB 53	0.95	0.71	0.88	0.04	0.12	—
PCB 101	0.04	0.69	1.89	5.49	8.02	3.13
PCB 118	—	0.66	2.35	13.59	7.35	0.48
PCB 138	—	0.10	0.41	5.95	5.80	6.54
PCB 153	0.06	0.23	3.29	3.77	9.39	
PCB 180	—	—	0.21	0.42	0.67	11.38

Aroclor' ların fiziksel özellikleri; klor derecesine bağlı olarak değişir. Örneğin oda sıcaklığında; daha çok düşük klor atomu içeren PCB bileşiklerinin karışımından oluşan Aroclor' lar (1016, 1221, 1232, 1242 ve 1248) akışkan sıvı halde iken, Aroclor 1254 viskoz bir sıvı, Aroclor 1260 yapışkan bir reçine ve Aroclor 1268 katı haldedir. Çizelge 2.6' da bazı Aroclor' ların yaklaşık molekül ağırlığı, ağırlıkça klor yüzdesi, kaynama noktası v.b. fiziksel özellikleri hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca Çizelge 2.7' de ise poliklorlu bifenil bileşiklerin kullanılmasının yasaklanmasından önce Aroclor' ların endüstride hangi alanlarda kullanıldığı hakkında bilgi verilmiştir.

Çizelge 2.6: Aroclor' ların fiziksel özellikleri [24],[35]

Aroclor Ticari İsmi	Yaklaşık Molekül Ağırlığı	Ağırlıkça Klor Yüzdesi	Ölçülen PCB Bileşik Sayısı	% Ağırlığı Yüksek İlk 5 PCB Bileşiği	Kaynama Noktası (°C)	ABD' de (%) Üretimi (1957-1977)
1016	257,9	41	71	18, 31, 28, 8, 33	325-356	12,88
1221	200,7	21	63	1, 3, 8, 4, 15	275-320	0,96
1232	232,2	32	93	1, 8, 3, 4, 18	290-325	0,24
1242	266,5	42	95	18, 31, 28, 8, 33	325-366	51,76
1248	299,5	48	95	70, 66, 52, 44, 31	340-375	6,76
1254	328,4	54	95	118, 110, 105, 138, 70	365-390	15,73
1260	357,7	60	93	180, 153, 149, 138, 187	385-420	10,61
1262	389	62	95	180, 187, 153, 149, 174	390-425	0,83
1268	453	68	---	---	435-450	0,33

Çizelge 2.7: Çeşitli Aroclor' ların eski nihai kullanım özeti [32]

	AROCLOR								
Nihai Kullanımları	1016	1221	1232	1242	1248	1254	1260	1262	1268
Kondansatör	*	*				*			
Transformatör				*		*	*		
Isı Transfer				*					
Hidrolik/Yağlar									
Hidrolik Sıvılar			*	*	*	*	*		
Vakum Pompaları					*	*			
Gaz İletim Türbinleri		*		*					
Plastikleştiriciler									
Kauçuk		*	*	*	*	*			*
Sentetik Reçine					*	*	*	*	*
Korbonsuz Kâğıt				*					
Diğer Uygulamalar									
Yapıştırıcılar		*	*	*	*	*			
Balmumu Uzaticılar				*		*			*
Tozsuzlaştırıcı Maddeler						*	*		
Mürekkepler						*			
Kesme Yağları						*			
Böcek İlacı Genişleticiler						*			
Sızdırmazlık Maddeleri ve İzolasyon Maddesi						*			

2.8.2. Poliklorlu Bifenillerin Kaynakları

Poliklorlu bifenil bileşiklerin çeşitli fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı birçok endüstriyel alanda tercih edilen bir kimyasal olmuştur. Poliklorlu bifenil bileşikler yalıtkan özelliğinden dolayı transformatör ve kondansatörde yalıtkan sıvısı, termal kararlılık özelliğinden dolayı hidrolik sistemlerde ısı iletim sıvısı olarak kullanılmıştır [36]. Ayrıca poliklorlu bifenil bileşikler boya plastikleştiricilerinde, karbonsuz kopya kâğıdında, aydınlatma balastlarında, elektrik kablolarının PVC kaplamalarında, dış yüzey kaplamalarında, bina boyalarında, kesme ve motor yağlarında, çimentolarda, su geçirmez kauçuk dolgu malzemelerde, vakumlu pompa sıvılarında, cerrahi implantlarda v.b. birçok alanda kullanılmışlardır. Çizelge 2.8’ de poliklorlu bifenil bileşiklerin kullanıldığı endüstriler ve bu bileşikleri içeren endüstriyel uygulamalar yer almaktadır [1],[36].

Çizelge 2.8: Poliklorlu bifenil bileşiklerin kullanıldığı endüstriler ve poliklorlu bifenil bileşiklerini içeren uygulamalar [1], [36]

OLASI HEDEF ENDÜSTRİLER	ORTAK PCB İÇEREN UYGULAMALAR
Elektrik Santralleri ve Dağıtım İstasyonları	Transformatörler, Büyük Kondansatör, Küçük Kondansatör, Anahtarlar, Voltaj Regülatörleri, Sıvı Dolu Elektrik Kabloları, Devre Kesiciler, Aydınlatma Balastları
Endüstriyel Tesisler (Madencilik, Alüminyum, Bakır, Demir ve Çelik, Çimento, Kimyasallar, Plastikler, Sentetikler ve Petrol Rafineri Endüstrileri Dahil)	Transformatörler, Büyük kondansatör, Küçük kondansatör, Isı transfer akışkanları, Hidrolik sıvılar (ekipman), Voltaj regülatörleri, Devre kesiciler, Aydınlatma balastları, Isı transfer akışkanları, Vakum pompası
Demiryolu Sistemleri	Transformatörler, Büyük kondansatör, Voltaj regülatörleri, Devre kesiciler, Vakum pompası, Kayganlaştırıcı yağ
Askeri Tesisler	Transformatörler, Büyük kondansatör, Küçük kondansatör, Devre kesiciler, Voltaj regülatörleri, Hidrolik sıvılar
Elektronik-Mekanik Üretim ve Bakım Tesisleri	Transformatör, Anahtarlar, Voltaj regülatörleri, Devre kesiciler, Vakum pompası, Aydınlatma balastları, Küçük kondansatör
Araştırma Laboratuvarları	Vakum pompası, Floresan ışıklı balastlar, Küçük kondansatör, Devre kesiciler
Atık Su Deşarj Tesisleri	Vakum pompası, Kuyu motorları
Otomobil Servis İstasyonları	Yeniden kullanılmış yağ, Vakum pompası
Atık Geri Dönüşüm/Geri Kazanım Tesisleri ve Siteleri	Hizmet dışı ekipman, Küçük kondansatör (çamaşır makinelerinde, saç kurutma makinelerinde, Neon tüplerde, Bulaşık makinelerinde, Güç kaynağı ünitelerinde vb.), Devre kesiciler, Aydınlatma balastları, Bina yıkımı ve Döküntüler

Poliklorlu bifenil bileşikleri endüstride açık, yarı kapalı ve kapalı sistemlerde kullanılmışlardır. Endüstride poliklorlu bifenil bileşiklerin kapalı uygulaması; insanların ve çevrenin bu toksik kimyasala maruz kalmayacağı ve tamamen ekipman içinde kalacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Fakat ekipmanların bakım ve onarımı, devreden çıkarılması veya hasar görmesi sonucunda herhangi bir sızıntının gerçekleşmesi durumunda insanlar ve çevre poliklorlu bifenil bileşiklere maruz kalabilirler. Çizelge 2.9’ da poliklorlu bifenil bileşiklerin endüstride kapalı uygulamalarına yer verilmiştir [1], [36].

Endüstride poliklorlu bifenil bileşiklerin yarı kapalı uygulamasında insanların ve çevrenin bu kimyasala direkt maruziyeti yoktur. Fakat periyodik kontroller sırasında, hava veya suya deşarj yoluyla insanlar, ekipman operatörleri ve çevre bu kimyasala maruz kalabilir. Yarı kapalı uygulamalar arasında ısı transferi, hidrolik sistemler ve vakumlu pompalar yer alır. Çizelge 2.9’ da poliklorlu bifenil bileşiklerin endüstride yarı kapalı uygulamaları ve kullanım yerleri verilmiştir [1], [36].

Endüstride poliklorlu bifenil bileşiklerin açık uygulamalarında; insanların, ekipman kullanıcılarının ve çevrenin bu bileşiklere doğrudan maruziyeti vardır. Çizelge 2.9’ da poliklorlu bifenil bileşiklerin endüstride açık uygulamaları ve kullanım yerleri verilmiştir [1], [36].

Çizelge 2.9: Endüstride poliklorlu bifenil bileşiklerin kapalı, yarı kapalı, açık sistemlerde uygulamaları ve kullanım yerleri [1]

	Uygulamalar	Kullanım Yerleri
Poliklorlu Bifenil Bileşiklerin Endüstride Kapalı Uygulamaları		Elektrikli Transformatörler, Elektrikli Kondansatörler, Elektrik Dağıtım Sistemlerinde Güç Faktörü Kondansatörleri, Aydınlatma Balastları, Buzdolapları, Isı Sistemleri, Klimalar, Saç Kurutucuları, Su Kuyusu Motorları, Televizyonlar ve Mikrodalga Fırınlar Dâhil Elektrikli Ekipmanlardaki Kondansatörler, Elektrikli Motorlar (Bazı Özel Sıvı Soğutmalı motorlarda çok az miktarda) Elektrikli mıknatıslar (bazı sıvı soğutmalı ayırıcı mıknatıslarda çok az miktarda)
Poliklorlu Bifenil Bileşiklerin Endüstride Yarı Kapalı Uygulamaları	Isı Transfer Sıvıları	İnorganik Kimyasallar, Organik Kimyasallar, Plastikler, Sentetikler ve Petrol Rafinaj Endüstrileri
	Hidrolik Sıvılar	Madencilik Ekipmanları, Alüminyum, Bakır, Çelik ve Demir İşleme Endüstrileri
	Vakumlu Pompalar	Elektronik Parça İmalatçıları; laboratuvar, araç ve araştırma uygulamaları ve atık su deşarj alanları
	Şalterler	Elektrik Altyapı Hizmetleri
	Voltaj Regülatörleri	Elektrik Altyapı Hizmetleri
	Sıvı Dolgulu Elektrik Kabloları	Elektrik Altyapı Hizmetleri Ve Özel Elektrik Üretim Tesisleri (örneğin, askeri tesisler)
	Sıvı Dolgulu Devre Kesiciler	Elektrik Hizmetleri
Poliklorlu Bifenil Bileşiklerin Endüstride Açık Uygulamaları	Makine Yağları	Mikroskoplar için İmmersiyon Yağı, Fren balataları, Kesme Yağlar, Yağlama yağları, Doğalgaz Hava Kompresörleri
	Yüzey Kaplamaları	Boyalar (gemilerin alt kısmındaki boya), Tekstil için Yüzey İşleme, Karbonsuz Kopya Kağıdı (baskıya duyarlı), Yangın Geciktiriciler (tavan kaplaması üzerinde, mobilya ve duvarlarda), Toz Kontrolü (asfalt, toz tutucu, doğal gaz boru tesisatı)
	Yapıştırıcılar	Özel yapıştırıcılar, Suya dayanıklı duvar kaplamaları için yapıştırıcılar
	Plastikleştiriciler	Conta Dolgu Maddesi, Beton Derzlerde Dolgu Malzemesi, PVC (polivinil klorlu plastikler), Kauçuk İzolasyon Maddesi (hava deliklerinin etrafına, kapı ve pencerelerin etrafı)
	Mürekkepler	Boyalar, Matbaa Mürekkebi
	Diğer Kullanımlar	İzolasyon Malzemeleri, Pestisitler

Karbonsuz kağıt üretimi ve kağıt üretiminde yapılan deşarjlar, PCB içeren atıkların eksik yanması, atık depolama sahalarındaki sızıntılar, petrokimya sanayisindeki emisyonlar ve deşarjlar [2], PCB içerikli yapı malzemelerinin kullanıldığı binaların yıkımı, transformatör veya kondansatörlerdeki yalıtım sıvısının herhangi bir kaza sonucunda çevreye yayılması, kontamine olmuş metallerin geri dönüştürülmesi veya eritilmesi [2], transformatör ve kondansatörlerin yanlış şekilde bertaraf edilmesi, geçmişte yaşanmış endüstriyel kazalar ve trafik emisyonları [28] başlıca poliklorlu bifenil bileşiklerin kirlетici kaynakları arasında yer almaktadır [31].

Poliklorlu bifenil bileşiklerde klor atom sayısı fazla olanlar toprakta, sedimentlerde ve dış ortam havasındaki partiküllerde bulunurken; klor atom sayısı az olanlar ise atmosferde gaz fazında bulunur ve kaynağından çok uzaklara, hatta kutup bölgesi gibi PCB bileşiklerinin hiç kullanılmadığı yerlere taşınabilirler [37]. Toprak ve sulara bulunan, kaynama noktası düşük poliklorlu bifeniller buharlaşarak atmosfer havasına karışırlar. Atık toplama sahalarında ve atık yakma işlemlerinde yan ürün olarak çıkan kirlетici gazlarla beraber poliklorlu bifenil bileşiklerde havaya taşınarak havadaki PCB derişimini arttırırlar. Atmosfere karışan poliklorlu bifenil bileşiklerin konsantrasyonu toprak veya suya oranla azdır. Fakat yarı uçucu olan poliklorlu bifenil bileşiklerin bulundukları partiküllerin havalanması veya buharlaşmasıyla havadaki PCB derişimlerini artabilirler [31].

Poliklorlu bifenil bileşikler 1950' li yıllarının başlarından 1970' li yılların sonlarına kadar özellikle okul binalarında, evlerde, endüstriyel ve kurumsal binaların yapımında kullanılan inşaat malzemelerinin içinde plastikleştiriciler olarak kullanımı yaygındı. Poliklorlu bifenil bileşikler; binaların bir çok yerinde kullanılan kauçuk izolasyon malzemelerinin ve elastik dolgu malzemelerinin (bu malzemelerin içinde % 10 veya daha yüksek konsantrasyonlarda Aroclor 1254 bulunmaktadır), boya ve yüzey kaplamalarının (özellikle kimyasal maddelere dayanıklı %10-12'den %30 ara kadar çeşitli Aroclor içeren klorlu kauçuk boyalar) ve yer fayansları yapıştırıcılarının (% 11'e varan konsantrasyonlarda birçok Aroclor içerir.) içerisinde bulunmaktadır. Ayrıca literatürde Aroclor 1254' ün belirli tipte tavan plakalarında PVC plastikleştirici olarak kullanıldığını da bildirmektedir. Bu PCB içerikli malzemeler birincil iç ortamda kirlilik kaynağını oluşturmaktadır. Ayrıca bu malzemeler kendilerine bitişik olan ahşap ve duvar gibi malzemeleri zamanla difüzyon yoluyla kontamine ederek ikincil kirlilik kaynağı, daha sonraları ise hem iç ortam havasına karışıp hem de toz ve başka malzemeler tarafından absorbe edilerek üçüncül kirlilik kaynağını oluşturlar [4].

2.8.3. Poliklorlu Bifenillerin Hava, Su ve Toprakta Döngüsü

Poliklorlu bifenil bileşikleri 1930 yıllarının başlarından 1980' li yılların sonlarına kadar dünyanın birçok yerinde çeşitli endüstriyel alanlarda ve binalarda kullanılmıştır. Doğada bulunmayan, insanlar tarafından sentetik olarak üretilen bu bileşiklerin uygun olmayan bertaraf yöntemleri, endüstriyel kazalar, eksik yanma, sızma v.b. birçok nedenlerden dolayı çevreye yayılmıştır. Poliklorlu bifenil bileşiklerin hava ve suyoluyla kirletici kaynağından çok uzağa taşınması nedeniyle, kullanılmadığı alanlarda bile bu bileşiklere rastlanılmıştır. Ayrıca poliklorlu bifenil bileşikler; karasal ve sucul ortamlarda ve lipofilik özelliklerinden dolayı biyolojik olarak canlı metabolizmasında birikmişlerdir. Günümüzde poliklorlu bifenil bileşiklerinin kullanılmamasına rağmen; toprakta, sedimentlerde, sucul ortamlarda ve atmosferde hala bu bileşiklere rastlanılmaktadır.

Kalıcı ve giderimi oldukça yavaş olan bu bileşiklerin atmosfer, su ve toprak arasındaki döngüsü ıslak çökme, kuru çökme ve buharlaşma ile gerçekleşmektedir. Atmosferde gaz fazında bulunan PCB bileşikleri ile atmosferdeki partiküllere absorbe olan PCB bileşikleri ıslak çökme (yağmur ve kar) ile atmosferden toprak veya suya taşınırlar. Ayrıca atmosferdeki partiküllere absorbe olan PCB bileşikleri kuru çökme ile de atmosferden toprak veya suya taşınırlar. Gaz fazında bulunan PCB bileşikleri hava ile su arasında hep taşınım halindedirler [31].

Poliklorlu bifenil bileşiklerin hava, su ve topraktaki döngüsü ve etkileşimi klor atom sayısına ve molekül yapılarına göre değişmektedir. Poliklorlu bifenil bileşikler atmosfer havasında bozulmadan 40-75 gün kalabilirler. Bu bileşikler; kirletici kaynağından çıktıktan sonra buharlaşıp, atmosferde ya gaz fazında bulunurlar ya da atmosferdeki partiküllere absorbe olurlar. Kirletici kaynağından çıkan büyük molekül ağırlığına sahip PCB bileşikleri ile partiküller tarafından absorbe olmuş PCB bileşikleri kuru çökme ile atmosferden toprak veya suya taşınırlar [31].

Poliklorlu bifeniller organik maddelere, sedimentlere ve toprağa absorbe olurlar. Poliklorlu bifenil bileşiklerinin absorpsiyonu; bu bileşiklerin molekül yapısına, klor sayısına ve absorbanın organik yapısına göre değişmektedir [28]. Poliklorlu bifenil bileşiklerin hidrofobik özelliklerinden dolayı; klor atomu sayısı arttıkça sudaki çözünürlükleri azalır. Düşük klorlu PCB bileşiklerinin buharlaşma ve suda çözünme eğilimi yüksektir [31]. Suda çözünmeyen poliklorlu bifenil bileşikler; sucul ortamda bulunan katılara absorbe olurlar ya da buharlaşarak atmosfere karışırlar. Sedimentlerdeki PCB konsantrasyonu, suya oranla daha fazladır. Sucul ortamda sedimentlere absorbe olan PCB' ler sedimentlerin

hareketlenmesiyle suya tekrar karışırlar ve sucul ortamda tekrar kirliliğe neden olurlar. Sedimente tutunan poliklorlu bifeniller sulak alandaki sucul canlıların yağ dokularında; toprakta bulunan poliklorlu bifeniller ise toprak üzerindeki bitkilerin dokularında birikirler. Sonuç olarak bu bileşikler besin zinciri yoluyla insanlara kadar ulaşmaktadırlar [24].

Yapılan bazı çalışmalarda; atmosferde bulunan poliklorlu bifenil bileşiklerinin konsantrasyonunun yaz aylarında arttığı belirtilmiştir. Atmosferdeki PCB derişimlerinin mevsimsel olarak değişmesinde ana faktör olarak; toprak ve yeryüzünde bulunan başka absorbanlardaki bu bileşiklerinin buharlaşması gösterilmiştir [31],[38]. Yapılan başka araştırmalarda ise kentsel ve endüstriyel alanlardaki dış ortam havasında, poliklorlu bifenil bileşiklerin konsantrasyonunun kırsal alanlardakine göre daha fazla olduğu belirtilmiştir [39].

2.8.4. Poliklorlu Bifenillere Maruziyet

İnsanların poliklorlu bifenil bileşiklere maruziyeti deri, solunum ve sindirim yoluyla olmaktadır [4], [40]. İnsanların poliklorlu bifenillere birincil maruziyeti (% 90 oranla) yağlı balık, et ve süt ürünleri gibi gıdalardan kaynaklanmaktadır. Diğer maruziyet kaynakları ise iç ortam havası, açık hava, toprak ve tozlardır. Poliklorlu bifenil bileşiklerin suda çözünürlüğünün çok düşük olmasından dolayı suyun insan maruziyetine katkıda bulunduğu düşünülmemektedir. İnşaat malzemeleri (elastik dolgu macunları, kauçuk dolgu maddesi, plastik boya v.b.) poliklorlu bifenil içerikli olan eski evlerde yaşayanlar; atık saha, atık yakma tesisi, e- atık tesisi, metal geri dönüşüm gibi birçok endüstri kollarında çalışanlar ve bu tesislerin yakınında yaşayanlar poliklorlu bifenillere solunum ve deri yoluyla maruz kalmaktadırlar [41].

Toprak ve sedimentlerde genellikle yüksek klorlu bifenil bileşikler bulunmaktadır. Sedimentlerdeki yüksek klorlu bifeniller balıkların yağlarında birikirler ve besin zinciri yoluyla insana geçer. Topraktaki poliklorlu bifeniller ise bitkilerden besin zinciri yoluyla insana geçer. Sindirim yoluyla alınan poliklorlu bifenil bileşikler insanların yağ dokularında birikir. Düşük klorlu bifeniller (PCB 28, 52 v. b.) ise solunum ve deri yoluyla insanlara geçer.

Fromberg ve arkadaşları; çocukların ve yetişkinlerin temel gıdalarla, günlük alınan poliklorlu bifenil konsantrasyonu belirlemeyi amaçlamıştır. Yapılan bu çalışmada; çocukların ve yetişkinlerin temel gıdalarından biri olan balıklarda PCB 153 bulunmuştur. Aşağıdaki Çizelge 2.10' da 15-75 yaş aralığındaki yetişkinlerde günlük besin yoluyla alınan toplam poliklorlu bifenil (PCB 28, 52, 101, 105, 118, 138, 153, 156, 170,180) miktarını

verilmiştir [42]. Ayrıca; bu çalışmada çocukların süt gibi bazı besin gruplarını daha çok tüketmesinden dolayı günlük alınan toplam poliklorlu bifenil (PCB 28, 52, 101, 105, 118, 138, 153, 156, 170,180) miktarının yetişkinlere oranla yaklaşık iki katı kadar fazla olduğu bulunmuştur. Çizelge 2.11’ de Fromberg ve arkadaşlarının yaptıkları çalışma sonucunda yetişkin ve çocukların gıdalardan günlük aldıkları PCB miktarı belirtilmiştir [42].

Çizelge 2.10: Besin yoluyla alınan PCB miktarı [42]

PCB	ORTALAMA (µg/day)	90 th Percentile	95 th Percentile
PCB 28	0.09	0.14	0.17
PCB 52	0.10	0.15	0.18
PCB 101	0.08	0.13	0-16
PCB 105	0.08	0.12	0.14
PCB 118	0.07	0.11	0.13
PCB 138	0.10	0.16	0.20
PCB 153	0.10	0.17	0.21
PCB 156	0.04	0.06	0.07
PCB 170	0.05	0.07	0.09
PCB 180	0.06	0.09	0.10
Σ PCB	0.90	1.41	1.66

Çizelge 2.11: Yetişkinlerde ve çocuklarda günlük besin yoluyla alınan tahmini toplam PCB miktarının kıyaslanması (ng/kg bw/day) [42]

Average		90 th percentile		95 th percentile	
Adults	Children	Adults	Children	Adults	Children
12.6	24.9	19.6	41.0	23.0	48.0

2.8.5. Poliklorlu Bifenillerin Sağlığa Etkileri

Poliklorlu bifenillere çeşitli dozlara bağımlı olarak; farklı insanların doku ve organlarında olumsuz etkiler bırakabilir. Birçok literatür çalışmasında poliklorlu bifenillerin insanların sinir sistemi, bağışıklık sistemi, üreme sistemi ile karaciğer, cilt, tiroid gibi birçok doku ve organları olumsuz etkilediğini ve hatta kanserojen etkisinin olduğunu savunmaktadırlar. En hassas kritik sonlanım noktaları ise perinatal maruziyet sonrası gelişen nörotoksisite ve immünotoksisitedir. Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC), poliklorlu bifenilleri karsinojenik Grup 1’ de sınıflandırmıştır [43].

Poliklorlu bifenillerin insanlar üzerinde kısa süreli maruziyeti sonucunda oluşabilecek akut etkileri hakkında herhangi bir çalışma, rapor yoktur. Yapılan çalışmalarda

oral yolla poliklorlu bifenillere maruz kalan hayvanlarda; karaciğer, böbrek, sinir sistemi üzerinde akut etkiler gözlenmiştir [44].

Çalışanların solunum yoluyla poliklorlu bifenillere mesleki maruziyeti sonucunda öksürük ve göğüste sıkışma, anoreksi dâhil olmak üzere gastrointestinal etkiler, kilo kaybı, bulantı, kusma ve karın ağrısı, hafif karaciğer etkileri, gözde ve ciltte (klor akne, ciltte döküntü) tahriş gibi kronik etkiler gözlenmiştir [44].

EPA tarafından hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda; poliklorlu bifenillerin hayvanların bağışıklık sistemini, üreme sistemini, sinir sistemini ve endokrin sistemini etkilediği görülmüştür. İnsan bağışıklık sistemine çok benzer olan Rhesus maymunlarında ve diğer hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda; poliklorlu bileşiklere maruz kalmanın ardından bu canlıların bağışıklık sisteminde ciddi sorunlar (bebek maymunlarda timüs bezinin boyutunda önemli derecede azalma, koyun alyuvar hücrelerinin etkinliğinin azalması, Epstein-Barr virüsü gibi birçok enfeksiyona karşı direncin azalması) meydana gelmiştir. Dioksin ve dibenzofuranlar ile kirlenmiş pirinç yağlarıyla beslenen insanlarda bağışıklık sisteminde ciddi sorunlar meydana gelmiştir. Ayrıca; insan vücuduna giren poliklorlu bifenil bileşikler, bağışıklık sistemini baskılar ve bağışıklık sisteminin baskılanmasından dolayı vücutta kanser riskini artırır [45].

1968 yılında Japonya’ da gerçekleşen Yusho Kazası ile 1979 yılında Tayvan’ da gerçekleşen Yu-Cheng Kazası sonrası bu bölgelerde kontamine olmuş besinlerle beslenen insanların endokrin sisteminin bozulduğu ve buna bağlı olarak insanlarda nörodavranışsal eksiklikler görülmüştür. Ayrıca; bu bölgelerde yetişen çocuklarda gelişim bozukluğu ve yeni doğanlarda PCB zehirlenmesi görülmüştür [46].

Poliklorlu bifenillerin üremeye etkisini belirlemek için maymunları, sıçanlar, fareler ve vizon gibi çeşitli hayvan türlerinin üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda; poliklorlu bifenillere maruz kalan dişi canlılarda erken doğurma, ölü doğum ve son olarak düşük ağırlıklı canlı dünyaya getirme gibi etkiler gözlenmiştir. Poliklorlu bifenillere maruz kalan erkek canlılarda ise sperm sayısında azalma gözlenmiştir. Üretim tesislerinde poliklorlu bifenillere maruz kalan kadın çalışanlar ile yağlı balık ile beslenen kadınlarda; ölü doğum, düşük ağırlıklı bebek, erken doğum gibi olumsuz etkiler meydana gelmiştir [45].

Yapılan deneysel çalışmalarda anne sütünde tespit edilen poliklorlu bifenil bileşiklerini; belirli dozlarda maymun gibi çeşitli hayvanlara verilmiştir. Sonuç olarak

poliklorlu bifenillere maruz kalan yeni doğan maymunlar, görsel tanıma, kısa süreli hafıza ve öğrenme dâhil olmak üzere nörolojik gelişimde kalıcı ve anlamlı defisitler olduğu görülmüştür [45].

Michigan’ da yapılan “Anne Çocuk Kohort Çalışmasında” kontamine olmuş balıkların anne ve çocuk üzerinde etkileri değerlendirilmiştir. Hamilelik öncesi 6 yılda ve hamileliğinde kontamine olmuş balıkla beslenen annelerin çocuklarında gelişimsel ve zihinsel bozukluk görülmüştür. Ayrıca bu kadınlarda gebelik süresinde azalma (4,9 gün), düşük kilolu bebek (160-190 g) ve bebeğin baş çevresinin uzunluğunda azalma (0,6 cm) gibi yan etkiler görülmüştür. Bu gelişimdeki olumsuz etkiler bebekler doğduktan sonraki 5-7 ayları arasında hala devam ettiği gözlenmiştir. Aynı bebeklerin 7. ayında ise; nörodavranışsal bozukluklar, depresif yanıtlanma, kısa süreli hafıza, görme bozukluğu gibi olumsuz etkiler saptanmıştır. Bu bebekler 4 yaşına geldiklerinde ise yukarıda bahsedilen olumsuz etkilerin hala devam ettiği görülmüştür [46],[47].

Kuzey Karolina’ da yapılan bir çalışmada; Yüksek poliklorlu bifenillere maruz kalan annelerin çocuklarında psikomotor gelişiminde eksiklik olduğu saptanmıştır. Bu çocuklar 2 yaşına geldiğinde hala psikomotor gelişiminin eksik olduğu gözlenmiştir. Aynı çocukların 3, 4, ve 5 yaşlarında yapılan muayenelerin sonucunda psikomotor eksikliği gözlenmemiştir [46][48].

Poliklorlu bifenillere maruz kalan kemirgenlerde tiroit hormon düzeylerinin azaldığı, işitme kaybının ve gelişme eksikliğinin olduğu görülmüştür [45].

Yüksek dozda poliklorlu bifenillere maruz kalan insanlarda ve transformatör ile kondansatör üretim tesislerinde poliklorlu bifenillere mesleki maruziyeti olan çalışanlarda ciltlerinde klorakneye rastlanılmıştır. Başlarda yüzün çeşitli yerlerinde çıkmaya başlayan klorakneler, maruziyet arttıkça vücudun her yerinde dağıldığı gözlenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda vücudunda klorakne çıkan kişilerin kanında 300-500 µg/kg arasında poliklorlu bifenil konsantrasyonuna rastlanılmıştır. Poliklorlu bifenillere maruz kalan kişilerde klorakneden başka vücutlarında deri döküntüleri; deri ve tırnakta pigmentasyon bozukluğu; ciltte eritem, kalınlaşma ve yanma hissi olduğu görülmüştür. % 41-54 klor içeren çeşitli ticari PCB karışımlarına (Aroclor 1254, Aroclor 1242, Aroclor 1016) maruz kalan kondansatör imalat çalışanlarında; karaciğer, safra kesesi ve safra yolu kanseri sonucu ölümlerin arttığı gözlenmiştir [28],[41].

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

3.1. Toprak ve Sediman Örneklerinde Yapılan Çalışmalar

Gedik ve arkadaşları, yoğun şekilde şehirleşmiş ve endüstrileşmiş olan İzmit ilinin körfezinden ve bu körfeze dökülen çaylardan sediment örneği alarak, sedimentlerdeki PCB kirliliğinin derecesi ve PCB kaynaklarını incelemişlerdir. Yapılan çalışmada İzmit Körfezinden 9, Dil Çayı'ndan 6, Koruma Çayı'ndan 2 ve Sarı Çayı'ndan 4 sediment örneği toplanmıştır. Toplanan bu sediment örneklerinden PCB bileşikleri ve Aroclor'ların derişimleri tespit edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda körfezden alınan örneklerdeki toplam PCB (PCB 17, 18, 28, 31, 33, 44, 49, 52, 70, 74, 82, 87, 95, 99, 101, 105, 110, 118, 128, 132, 138, 149, 151, 153, 158, 169, 170, 171, 177, 180, 183, 187, 191, 194, 195, 199, 201, 205, 206, 208, 209) derişimi 2,90-85,4 ng/g; çaylardan alınan örneklerde ise toplam PCB derişimi ND-47,7 ng/g arasında değişmektedir. Çaylarda ve körfezden alınan örneklerin toplam Aroclor derişimleri ND-91,4 ng/g arasında değişmekte olup, ortalama değer 13,9 ng/g'dır. Körfezlerden ve çaylardan alınan toplam PCB derişimi ND-85,4 arasında değişmekte olup, ortalama değer 8,27 ng/g'dır. En yüksek PCB derişimi (85,4 ng/g) İzmit Körfezinden alınan sediment örneğinden çıkmıştır. Ardından en yüksek PCB derişimi (47,7 ng/g) Dil Çayı'ndan alınan sediment örneğinden çıkmıştır. En yüksek Aroclor derişimi İzmit Körfezi'nde (91,4 ng/g) ardından Dil Çayı'nda (45,3 ng/g) çıkmıştır. Bu deneysel çalışmayı Türkiye'de yapılan diğer çalışmalarla kıyaslayacak olursak; İzmit Körfezindeki derişim değerleri Mersin Körfezi'nikinden yüksek, İstanbul Boğazı'ndan ve Aliğa Endüstriyel Bölgesinden de düşük çıkmıştır. Bu çalışmada sediment örneğinin alındığı çaylardan; İzmit Körfezi'ne Aroclor 1248 ve Aroclor 1242'nin taşındığı tespit edilmiştir. Petrokimya, Klor-Alkali, Selüloz ve Kâğıt Fabrikası v.b. birçok endüstri kollarının bulunduğu İzmit Körfezinde Aroclor 1254 ve Aroclor 1260'ın yüksek olduğu saptanmıştır. Körfezde bu Aroclor'ların varlığı transformatör ve kondansatörlerden kaynaklı çevre kirliliğinin olduğuna işaret etmektedir. Klor-Alkali Üretim tesisinin yakınlarından alınan sediment örneğinde çevrede çok nadir bulunan PCB 209 bileşiğine rastlanılmıştır. PCB 209'un varlığı Aroclor 1268'in varlığına işaret etmektedir. Bu çalışma İzmit Körfezinden alınan sediment örneklerinde yüksek molekül ağırlıklı PCB bileşiklerine rastlanılmıştır. Bunun sebebi; düşük molekül ağırlıklı PCB bileşikleri suda çözünerek veya buharlaşarak su ile atmosferdeki hava arasında taşınım hareket yaparken, yüksek molekül ağırlıklı PCB'lerin sedimentler tarafından absorbe edilmesidir [49].

Dai ve arkadaşlarının Kuzey Çin’ de Baiyangdian Gölü’ nün yüzeysel sularında ve sedimentlerinde organoklorlu pestisitler (OCP) ve poliklorlu bifenil bileşiklerin dağılımı hakkında araştırma yapmışlardır. Bu çalışmada Baiyangdian Gölü’ nün çeşitli yerlerinden toplam 15 örnek toplanmıştır. Yapılan bu deneysel çalışmada 39 poliklorlu bifenil bileşiklerinin (PCB-17, 18, 28, 31, 33, 44, 49, 52, 70, 74, 82, 87, 95, 99, 101, 105, 110, 118, 128, 132, 138, 149, 151, 153, 156, 158, 169, 170, 171, 177, 180, 183, 187, 191, 194, 195, 199, 205, 206, 208 ve 209) yüzeysel sularda ve sedimentlerdeki konsantrasyonlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Deneysel çalışmalar sonucunda; Baiyangdian Gölündeki yüzeysel sulardaki PCB konsantrasyonu; Rusya’daki Baikal Gölü, Çin’ deki Xiamen Limanından yüksek, Çin’deki Minjiang Nehrinden düşük çıkmıştır. Yüzeysel sulardaki toplam PCB konsantrasyonu 19,46-131,62 ng/L arasında değişmekte olup, ortalama değer 45,35 ng/L olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada sedimentlerdeki toplam PCB konsantrasyonu 5.96-29.61 ng/g arasında değişmekte olup, ortalama değer 18,91 ng/L bulunmuştur. Baiyangdian Gölü sedimentlerindeki PCB konsantrasyonu Rusya’daki Baikal Lake, Çin’ deki Xiamen Limanında yüksek, Çin’deki Minjiang Nehriyle eşit çıkmıştır. Yapılan analizler sonucunda Baiyangdian Gölündeki PCB konsantrasyonu diğer çalışmalara nispeten yüksek veya benzer bulunmuştur. Gölde alınan tüm sediment ve yüzeysel su örneklerinde PCB bileşiklerinin arasından pentaklorür bifenil ve heptaklorür bifenil konsantrasyonları fazla çıkmıştır [50].

Neiraa ve arkadaşları Güney Kaliforniya’ da bulunan marinalarda bulunan sedimentlerdeki PCB (PCB 8, 18, 44, 52, 66, 77, 81, 101, 105, 114, 118, 123, 126, 128, 138, 153, 156, 157, 169, 170, 180, 187, 189, 196, 206 ve 209) derişimlerini araştırmıştır. Kuzey Kaliforniya’ daki Shelter Adasında Yat Havzası (20 örnek), Batı Liman Adası (14 Örnek) ve Doğu Liman Adası (8 örnek) olmak üzere bu 3 bölgeden toplam 42 (0-5 cm arsında derinlikte, 20,4 cm² yüzey alanından) sediment örneği toplanmıştır. Yapılan analizler sonucunda; Shelter Adası Yat Havzasında toplam PCB derişimi 23-153 ng/g arasında değişmekte olup, ortalama değer 79 ng/g’ dır. Batı Liman Adasında toplam PCB derişimi 31-294 ng/g arasında değişmekte olup, ortalama değer 101 ng/g’ dır. Doğu Liman Adasında toplam PCB derişimi 151-1387 ng/g arasında değişmekte olup, ortalama değer 421 ng/g’ dır. Sediment örneklerinde PCB 138 ve PCB 153 derişimleri diğer PCB’ lere oranla daha yüksek çıkmıştır. Shelter Adasında Yat Havzasında bu iki PCB oranı % 33, Batı ve Doğu Liman Adasında ise bu oran % 39’ dur. Sedimentlerde yüksek çıkan diğer PCB’ ler ise PCB 101 ve PCB 180’ dir. Aynı çalışmada homolog grupların sedimentlerde dağılımına bakılmıştır.

Yapılan analiz sonucunda % 59 oranında 6-CB, 7-CB' ler yüksek çıkmıştır. Sedimentlerde yüksek moleküllü PCB bileşiklerin konsantrasyonu % 82-85 oranında çıkmıştır [51].

Çin' in Liaoning Eyaletindeki bir kıyı kenti olan Dalian'ın kırsal ve kentsel bölgeleri de dahil olmak üzere 14 noktadan alınan yüzey toprağından (0–5 cm arası) 84 PCB bileşiklerinin derişimlerine bakılmıştır. Yapılan analizler sonucunda; toplam 57 PCB' nin derişimlerinin 1,3-4,8 µg/kg (kuru ağırlık) arasında değişmekte olup, ortalama değer 2,8 µg/kg (kuru ağırlık) bulunmuştur. PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, ve 180' nin toplam konsantrasyonu 0,136-1,649 µg/kg arasında değişmekte olup, ortalama değer 0,576 µg/kg bulunmuştur. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda; kentsel alandaki toplam PCB konsantrasyonu kırsal alandakinden yüksek çıktığı saptanmıştır. Ayrıca; kentsel alanlarda molekül ağırlığı yüksek PCB bileşikleri bulunmuştur [52].

Ruken Oğulmuş' un tez çalışmasında; Bursa ilin 43 noktasından topraktaki PCB konsantrasyonuna bölgesel ve mevsimsel değişimini incelemiştir. Yapılan deneysel çalışmalarının sonucunda en yüksek PCB derişimi serbest endüstri bölgesinin ve çelik endüstrisinin yakınlarında bulunan toprak numunelerinde (Gemlik Çemtaş ve Gemlik Körfez) çıkmıştır. Yapılan analizler sonucunda; PCB konsantrasyonları 208 ile 5462 pg/g (kuru madde) aralığında değişmekte olup, ortalama değer 2122 ± 1188 pg/g (kuru madde) bulunmuştur. Bursa ilinde trafiğı yoğun olan 10 bölgeden toprak örnekleri toplanmıştır ve bu örneklerin PCB konsantrasyonları 3340 (BUTAL)-800 (Ataevler) pg/g (kuru madde) arasında değişmekte olup, ortalama değer 1780 ± 1130 pg/g (kuru madde) bulunmuştur. Bu çalışmada kırsal ve kentsel bölgelerden de toprak örnekleri toplanmıştır. Yapılan analizler sonucunda; kentsel bölgelerden toplanan toprak örneklerinin PCB derişimleri, kırsal bölgelerde toplanan toprak örneklerinden daha yüksek çıkmıştır. Ayrıca kentsel bölgelerin toprak numunelerinden 5-, 4-, 3-CB'ler baskın olarak bulurken, kırsal kesimlerde ise 4-, 3-, 2-CB'ler baskın bulunmuştur. Yapılan bu çalışmada mevsimsel farklılık, bölgesel farklılık kadar net sonuçlar vermemiştir [27].

3.2. Yağmur ve Kar Örneklerinde Yapılan Çalışmalar

Fuoco ve arkadaşları bu çalışma için; 2003-2004 ve 2004-2005 yılları arasında Victoria Dağı' nın yanında yer alan, Doğı Antarktika Platosundaki Talos Dome buz kubbesinden kar/buzkar örnekleri toplanmıştır. Bu deneysel çalışmada kullanılacak örnekler; yüzeyden 53 m derinliğe kadar, 80 mm çapında sondaj açılarak toplanılmıştır. Başlangıçta, yüzeyden her 0,5 m' de bir buzkar/kar örneğı alınmaya başlanılmıştır. Sonra derinlere inildikçe yaklaşık 1,5 m' de bir buzkar örneğı toplanılmıştır. Toplanan her bir örnek

1605-2003 yılları arasındaki kar örneklerini temsil etmektedir. Bu deneysel çalışmada 1965-2003 yılları arasındaki toplam PCB (PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) konsantrasyonu belirlemek amaçlanmıştır. Toplanan buzkar örneklerindeki toplam PCB derişimlerini belirlemek için yaklaşık 7 kg ağırlığında olan örnekler eritilerek analizi yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda; derinden alınan buzkar örneğindeki toplam PCB değeri 0,06 ng/L olarak bulunmuştur. Yüzeye yakın yerden alınan kar örneğinde ise toplam PCB değeri 0,22 ng/L olarak bulunmuştur. 0,06 ng/L olan toplam PCB derişimi 1988 yıllarında 0,24 ng/g kadar çıkmıştır. 1988-2002 yılları arasında toplam PCB derişimi 0,20 ng/L-0,24 ng/L arasında değişmektedir. 1930–1980 yılları arasındaki toplam PCB konsantrasyonundaki yoğun artış; birçok endüstri alanda PCB kullanımından kaynaklandığı açıkça bu deneysel çalışmada ispatlanmıştır. Bu deneysel çalışmada toplam PCB derişimlerinin 1980-2002 tarihleri arasındaki hafif dalgalanmanın, PCB' lerin endüstriyel alanda kullanımının azalması veya yalnızca tamamen kapalı sistemlerde kısıtlı kullanıma atfedilmiştir. Bununla birlikte, küresel PCB seviyesi hala çok yüksek olduğu belirtilmiştir [53].

Carrera ve arkadaşları bu deneysel çalışma için İspanya' daki Pyrenees Dağında bulunan Redo Gölünün (Rakım 2240), İsviçre' deki Alpler Dağında bulunan Gossenkölle (Rakım 2417) ve Jori Göllerinin (Rakım 2519), Polanya' daki Tatra Dağında bulunan Starolesnianske Gölünün (Rakım 2000) ve Norveç' teki Caledonian Dağında bulunan Ovre Neadalsvatn Gölünün (Rakım 728) havza alanlarından kar örnekleri toplamışlardır. Yapılan analizler sonucunda, Jori Gölünün, Starolesnianske Gölünün, Ovre Neadalsvatn Gölünün, Gossenkölle Gölünün, Redo Gölünün havza alanından alınan kar örneklerindeki toplam PCB (PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) konsantrasyonları sırasıyla; 2,2 ng/L, 0,20 ng/L, 0,73 ng/L, 0,73 ng/L, 0,22 ng/L bulunmuştur. PCB 28 en yüksek Ovre Neadalsvatn' da, PCB 52 en yüksek Redo' da, PCB 101 en yüksek Gossenkölle' de, PCB 118, 138, 153, 180 en yüksek Jori' de bulunmuştur. Bu çalışmada molekül ağırlığı düşük olan PCB' lerin derişimi yüksek çıkmıştır. Molekül ağırlığı düşük olan PCB' ler buharlaşarak atmosfer havasına karışıp, yağmur ve kar gibi meteorolojik olaylarla yeryüzüne tekrar indiği bu çalışmada ispatlanmıştır. Fakat bu çalışmada bölgeler arasındaki farklılık açıklanamamıştır [54].

3.3. Atmosferik Gaz ve Partikül Faz Üzerinde Yapılan Çalışmalar

Bozlaker ve arkadaşları, Aliğa Endüstriyel alanın içinde bulunan Horozgediği Köyünde çalışmalar yapmıştır. Horozgediği Köyü petrol rafineri, petrokimya, doğal gaz yakma (1500 MW), toplama-depolama-eritme işlemlerinin yapıldığı çelik tesisi gibi birçok endüstriyel uygulamaların bulunduğu alandadır. Bozlaker ve arkadaşları, bu alanda

atmosferden ve topraktan örnekler toplamıştır. Bu çalışmada atmosferdeki ve topraktaki mevsimsel toplam PCB konsantrasyonu ve atmosfer-toprak arasındaki uçarlılık (fugasite) oranının olup olmadığını belirlemeyi amaçlamıştır. Deneysel çalışma için 2-17 Ağustos 2004 ve 20 Mart-5 Nisan 2005 tarihleri arasında hem atmosferden (48 farklı noktadan), hem de topraktan (48 farklı noktadan, 0,5-1 kg arası, 5 cm derinliğinde) örnek toplanmıştır. Yapılan analizler sonucunda; yaz döneminde gaz ve partikül içindeki PCB derişimi 1024-7203 pg/m³ arasında değişmekte olup, ortalama değer 3370±1617 pg/m³ tür. Kış döneminde ise gaz ve partikül içindeki PCB derişimi 288-2590 pg/m³ arasında değişmekte olup, ortalama değer 1164 ±616 pg/m³ tür. Bu deneysel çalışmada gaz ve partiküllerde tri, tetra, penta-CB gibi düşük klorlu PCB' lerin konsantrasyonunun diğer PCB' lere oranla daha yüksek çıktığı belirtilmiştir. Ayrıca yapılan analizler sonucunda; yazın gaz ve partiküllerdeki PCB derişimi, kışinkinden daha fazla çıkmıştır. Bu konsantrasyon farkının oluşmasındaki en büyük faktör; sıcaklık, rüzgar ve rüzgar yönüdür. Yazın topraktan alınan örneklerdeki ortalama PCB konsantrasyonu 349 ±183 pg/m² gün' dür. Kışın ise ortalama PCB konsantrasyonu 469 ± 328 pg/m²gün' dür. Yapılan analizler sonucunda kışın topraktaki PCB konsantrasyonu, atmosferdeki gaz ve partiküldeki PCB konsantrasyonunun nerdeyse 1,6 katı çıkmıştır. Ayrıca topraktan alınan örneklerden molekül ağırlığı yüksek olan PCB' lerin daha çok olduğu anlaşılmıştır. Bu çalışmada ölçülen PCB konsantrasyonları, diğer endüstriyel ve kentsel bölgelerde yapılan çalışmalarda nispeten yüksek çıkmıştır. Buna; her türlü hurda demir malzemelerin depolandığı, eritildiği çelik tesisinin yakınında hava örneklemesinin yapıldığı ve muhtemelen PCB içeren malzemelerin üretim sırasında ısındığında ya da ısıtma işlemlerinin sonucunda oluşması sebep gösterilmiştir. Bu çalışmada 3-,4-,5-CB bileşiklerinde hava ile toprak arasındaki uçarlılık (fugasite) oranı olduğu bulunmuştur [2].

Taşdemir ve arkadaşları bu çalışmada; Chicago kantinde, 1995 yılının Haziran ve Ekim aylarında toplamış oldukları 37 hava örneğindeki toplam PCB (50 PCB bileşiği) konsantrasyon değerlerini belirlemeyi amaçlamıştır. Yapılan analizler sonucunda; toplam PCB konsantrasyon değeri 0,4-8,3 ng/m³ arasında değişmekte olup, ortalama değer 1,9±1,7 ng/m³ bulunmuştur. Ayrıca Chicago atmosferinde hem düşük, hem de yüksek molekül ağırlık PCB' lere rastlanılmıştır; fakat molekül ağırlığı düşük olan PCB bileşiklerin konsantrasyonu daha fazladır. Bu çalışmada bulunan toplam PCB konsantrasyon değerleri önceki yapılan çalışmalara yakın çıkmıştır. Kentsel alanlarda atık yakma tesislerinin var olması, çöp depolama alanlarından PCB salınımı, kirlenmiş toprak ve sudan atmosfere PCB

taşınımı gibi birçok nedenlerden dolayı kentsel alanlardaki PCB konsantrasyonu kırsal alandakine göre yüksek çıkmıştır. Bu çalışmada; hava sıcaklığının yükseldiği zamanlarda PCB bileşenlerinin buharlaşma basıncının arttığı ve ortam havasında PCB konsantrasyonunun fazla çıktığı belirlenmiştir. Ayrıca rüzgâr ve yağmurun atmosferdeki PCB konsantrasyonunu değiştiren diğer faktörler olduğu belirtilmiştir. Yağmur yağdıktan sonra atmosferdeki havanın PCB derişimleri azalmıştır [39].

Cindoruk ve arkadaşları endüstriyel ve kentsel şehir olan Bursa ilinde atmosferdeki gaz ve partikülün toplam PCB (PCB 17, 18, 28, 31, 33, 44, 49, 52, 70, 74, 82, 87, 95, 99, 101, 105, 110, 118, 128, 132, 138, 149, 151, 153, 156, 158, 169, 170, 171, 177, 180, 183, 187, 191, 194, 195, 199, 205.) konsantrasyonlarını belirlemek için bu deneysel çalışmayı gerçekleştirmiştir. 2004 Haziran-2005 Mayıs arasında atmosferden gaz ve partikül örnekleri toplanmıştır. Bu çalışmada; gaz ve partiküldeki toplam PCB konsantrasyonu 24,27-666,21 pg/m³ olup, ortalama değer 287.1±174.8 pg/m³ tür. Partikül fazdaki toplam PCB ortalaması 48.51±2.43 pg/m³ iken, gaz fazdaki toplam PCB ortalaması 260.63±9.31 pg/m³ bulunmuştur. Ortalama gaz ve partikül fazların yüzdeliği sırasıyla % 85 ve % 15' dir. Bu deneysel çalışmada partikül yüzdesi diğer yapılan çalışmalara göre yüksek çıkmıştır. Gaz fazındaki toplam PCB konsantrasyonunda en fazla yüzdelik düşük molekül ağırlıklı PCB bileşiklerinden oluşmaktadır. Partikül fazda ise en fazla yüzdelik yüksek molekül ağırlıklı PCB' lerden oluşmaktadır. Toplanan örneklerdeki homolog grupların yüzdelik sıralaması sırasıyla; 3-CB (65.7%), 4-CB (25.1%), 5-CB (5.7%), 6-CB (3.2%) ve 7- CB (0.3%)' dir. Yüksek molekül ağırlıklı PCB' ler daha çok partikülde, toprakta ve bitkilerde bulunurken düşük molekül ağırlıklı PCB' ler atmosferde bulunmaktadır. Son olarak kentsel ve endüstriyel alandaki gaz ve partikül fazdaki PCB konsantrasyonu kırsal alana göre fazla çıkmıştır [55].

3.4. Gıdalarda ve Kanda Yapılan Çalışmalar

Te Fu ve arkadaşı, bu çalışmalarında tekir balığındaki (önceki yapılan çalışmalarda yüksek oranda poliklorlu bifenil birikim potansiyeli olduğu belirlenmiş) poliklorlu bifenil bileşiklerinin (PCB 18, 16, 28/31, 33, 52, 49, 48/47, 41, 70, 66/95, 56, 92, 101, 99, 83, 97, 110, 151/135, 149, 118, 146, 153, 105, 141, 163, 138, 158, 187, 183, 128, 185, 174, 177, 171, 180, 170, 201, 203, 195 and 194) konsantrasyonunu belirlemeyi amaçlamışlardır. 2003 Mayıs ve Eylül aylarında Tayvan' nın Ann-Ping limanından 19, Er-Jen Irmak ağzından 51, Er-Jen nehrindeki balık çiftliğinde yetişmiş balık pazarında satılan 8 tekir balığı analiz için toplanmıştır. Yapılan analizler sonucunda ER-Jen Irmak ağzında toplanan balıkların yüksek

PCB derişiminde sahip olduğu belirlenmiştir. ER-Jen Irmak ağızında sonbahar döneminde toplanan balık örneklerinden en yüksek toplam PCB derişimi; $7,2 \times 10^2 \pm 1,1 \times 10^3$ ng/g (yaş ağırlık), ilkbaharda döneminde toplanan balık örneklerinden en yüksek toplam PCB derişimi $3,4 \times 10^2 \pm 3,0 \times 10^2$ ng/g (yaş ağırlık) bulunmuştur. Limanda sonbaharda döneminde toplanan balık örneklerinden en yüksek toplam PCB derişimi $2,2 \times 10^2 \pm 1,2 \times 10^2$ ng/g (yaş ağırlık); ilkbaharda döneminde toplanan balık örneklerinden en yüksek toplam PCB derişimi 69 ± 19 ng/g (yaş ağırlık) bulunmuştur. Balık çiftliğinden satın alınan balıklarda ise en yüksek toplam PCB derişimi ise 22 ± 3 ng/g (yaş ağırlık) bulunmuştur. Bu çalışmada örneklerdeki PCB derişimindeki farklılık; lokasyon farklılığından ve Tayvan’ da birkaç yıl süren metal geri kazanım sürecinde ırmak ağızına büyük miktar PCB’ nin ırmak ağızına dökülmesinden kaynaklandığı belirtilmiştir. Limanda metal geri dönüşümü daha erken yasaklandığı için limandaki suda daha az PCB sızıntısı olmuştur. Ayrıca; ırmak ağızında metal geri dönüşümünün yasaklanmasından sonra balık çiftliği açıldığı ve buradaki çiftlik balıklarının daha az PCB’ ye maruz kaldığı belirtilmiştir. Sonuç olarak ırmak ağızında bulunan balıklar daha çok PCB’ ye maruz kaldıkları için bu bölgede yaşayan balıklarda PCB konsantrasyonu daha yüksek bulunmuştur. Yapılan analiz sonucunda; liman ve ırmak ağızındaki PCB kirliliği balık çiftliklerindeki orana daha fazla olması ve bu alanlardaki sedimentlerde yüksek klorlu PCB konsantrasyonunun fazla olmasından dolayı bu bölgelerde yaşayan balıklarda PCB 118, 138, 153, 180 derişimi daha çok olduğu belirlenmiştir. Balık çiftliklerinde hava-su arasındaki taşınımından dolayı balıklarda PCB 52’ nin derişimi daha yüksek çıkmıştır [56].

Shen ve arkadaşları bu çalışmada Çin’ nin güneydoğusunda yer alan endüstride gelişmiş bir şehir olan Zhejiang’ da, kirlenmiş alanlardan ve marketlerden alınan günlük gıdalardaki PCB derişimlerini belirlemeyi amaçlamıştır. Bu çalışma için 2006-2015 yılları arasında 620 gıda örneği toplanmıştır. Bu örneklerden 537 tanesi marketlerden, 18 tanesi çöp yakma tesisinin bulunduğu alanın çevresinden ve son olarak 68 tanesi de elektronik atık ayrıştırma tesisinin bulunduğu alanın çevresinden toplanmıştır. Marketlerden; pirinç, taze süt, süt tozu, bebek maması, yağlı deniz balığı, kabuklu deniz canlıları, deniz balığı yağı, otçul tatlı su balığı, omnivor tatlısu balığı, tavuk yumurtası, domuz karaciğeri, domuz eti ve sığır eti toplanmıştır. Atık yakma tesisinin çevresinden 2011-2014 yılları arasında; pirinç, tavuk yumurtası, tatlı su balığı toplanmıştır. Elektronik atık ayrıştırma tesisinin çevresinden 2006-2010 yılları arasında; lahana, tavuk yumurtası, ciğeri ve eti, tatlı su balığı toplanmıştır. Bu çalışmada marketten alınan örneklerden elde edilen medyan değerleri şu şekildedir; 5 pirinç örneğinde $20,6 \pm 3,5$ pg/g (ww), 83 taze sütte $0,5 \pm 1,0$ pg/g (ww), 35 süt tozunda $0,3 \pm$

0,4 pg/g (ww), 102 bebek mamasında 33,9±47,0 pg/g (ww), 7 yağlı deniz balığında 630±467 pg/g (ww), 9 kabuklu deniz canlılarında 64,2 pg/g (ww), 12 deniz balığı yağında 12.7±13,1 pg/g (ww), 18 otçul tatlı su balığında 77,9±1304 pg/g (ww), 81 omnivor tatlı su balığında 232±1872 pg/g (ww), 27 tavuk yumurtasında 2,8±16,3 pg/g (ww), 72 domuz etinde 0,7±1,0 pg/g (ww), 20 domuz ciğerinde 7,4±16,3 pg/g (ww), 66 sığır etinde 1,0±2,4 pg/g (ww) bulunmuştur. Bu çalışmada atık yakma tesisinin yakınından alınan örneklerden elde edilen medyan değerleri şu şekildedir; 41,3±23,4 pg/g (ww), tavuk yumurtasında 200±31,1 pg/g (ww) (1.9 ± 0.3 ng /g fat (ww)). Bu çalışmada elektronik atık ayıştırma tesisinin yakınından alınan örneklerden elde edilen medyan değerleri şu şekildedir; 14 pirinç 65,2 ± 307 pg/g (ww), 20 tavuk yumurtası 1,2 ± 2 pg/g (ww), 8 lahana 0,4 ± 2,1 pg/g (ww), 18 omnivor tatlı su balığında 10,1 ± 69,8 pg/g (ww). Atık yakma tesisi ve elektronik atık ayıştırma tesislerinin yakınlarından toplanan örneklerin PCB konsantrasyonu yüksek çıkmıştır. Bu bölgede yaşayan insanların sağlığı risk altındadır [57].

Houston Gemi Kanalı' nın sanayileşmiş kısmı, poliklorlu bifeniller gibi antropojenik kirleticilerle yoğun bir şekilde kirlenmiştir. Bu kirlilik; Galveston Körfezinde yaşayan bir tür balık olan yıllık balığı (Fundulus Grandis) için uyarlamalı evrime sebep olmuştur. Oziolor ve arkadaşları; Houston Gemi Kanalı'ndan, Galveston Adasına kadar kanal boyunca 12 lokasyondan sediment, pasif örnekleyici (11 lokasyondan) ve balık örnekleri toplamıştır. Yapılan analizler sonucunda; toplam PCB (PCB 55, 104, 150,188, 101, 81, 77, 123, 118, 114, 153, 105, 138, 126, 187, 167, 156, 157, 180, 169, 189) konsantrasyonları; sedimentlerde 4-100.000 ng/g, balıklarda 290-110.000 ng/g lipid, pasif örnekleyicide ise 4,5-2.300 ng/g arasında değişmektedir. Çok kirli bölgelerden alınan sediment örneklerinde toplam PCB derişimi yüksek çıkmıştır. Ayrıca bu bölgelerden alınan balık ve sediment örneklerinde yüksek klorlu poliklorlu bifenil bileşiklerinin derişimleri fazla çıkmıştır. Bu çalışmada her lokasyondan alınan sediment, pasif örnekleyici ve balık örneklerinin korelasyon ilişkisine bakılmıştır. Sedimentlerde ve balıklardaki toplam PCB derişimleri ile örneklerin toplandığı lokasyonlar arasında yüksek oranda korelasyona ilişkisi olduğu belirlenmiştir. Ayrıca; pasif örnekleyici ile balıklardaki poliklorlu bifenil bileşiklerinin profilleri daha benzer çıkmıştır. Kirlilik kaynağı olan Houston Gemi Kanalı'nda yüksek klorlu bifenillere, körfez açıklarında (kanal sonunda) ise düşük klorlu bifenillere rastlanması kanal boyunca taşınımın gerçekleştiğini göstermektedir [58].

İnsan biyoizleme çalışmalarında, genellikle kan numunelerinden PCB 138, 153 ve 180 analiz edilir. Federal Çevre Ajansındaki Alman İnsan Biyolojik İzleme Komisyonuna göre; kandaki PCB 138, 153 ve 180' nin toplamı, toplam PCB yükünün yaklaşık % 50' sini temsil ettiğini savunmaktadırlar. Kraft ve arkadaşları bu çalışmada kan örneklerindeki tüm poliklorlu bifenil bileşiklerinin derişimini ve her bir bileşiğin toplam PCB' deki yükünü belirlemeyi amaçlamıştır. Ayrıca bu çalışmada Kraft ve arkadaşları PCB 138, 153, 180' nin toplamının toplam PCB derişiminin % 50' sini temsil edip etmediğinin tespit etmeyi amaçlamışlardır. Örnekler; Almanya' nın batısındaki Kuzey Ren-Vestfalya bölgesinden ve güneyindeki Bavyera bölgesinden toplanmıştır. Kuzey Ren-Vestfalya bölgesinde üniversite, okul, belediye binası gibi iç ortam havasına maruz kalan, yaş ortalaması 54 olan 27 kadın ve 16 erkekten (bir kişi yaşı ve cinsiyetini belirtmemiş) kan örneği alınmıştır. Bavyera bölgesinde ise rastgele, sağlıklı, iç ortama maruz kalmayan, yaş ortalaması 45 olan 21 kadın ve 21 erkekten plazma örneği alınmıştır. Yapılan analizler sonucunda; tüm kan örneklerindeki yağ konsantasyonu 323-797 mg/dl arasında değişmekte olup, ortalama değer 449 mg/dl bulunmuştur. Tüm plazma örneklerinde yağ konsantrasyonu 329-1030 mg/dl arasında değişmekte olup, ortalama değer 547 mg/dl olarak bulunmuştur. 44 kan örneğinde 50 poliklorlu bifenil bileşiği LOQ değerinin altında çıkmıştır. 42 plazma örneğinde ise 94 poliklorlu bifenil bileşiği plazma içeriğinde bulunamamıştır. Elde edilen veriler sonucunda, poliklorlu bifenil bileşiklerinin nicelendirilmemesi nedeniyle toplam poliklorlu bifenil bileşiği yükünü hesaplamak için iki yöntemle başvurulmuştur. İlk yöntemde; LOQ değerinin yarısı göz önünde bulundurularak LOQ değerinin altındakiler hesaba katılmıştır. 2. Yöntemde ise LOQ değerinin altında kalanlar hesaba katılmamıştır. Kan ve plazma derişimleri bu iki yöntemle hesaplanmıştır ve bu yöntemler sonucunda bulunan değerler arasındaki fark çok az olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada; tüm kan örneklerinde; 1. yöntemle elde edilen toplam PCB konsantrasyonu 99-2152 ng/g yağ arasında değişmekte olup, ortalama değer 581 ng/g yağ bulunmuştur. 2. yöntemde (LOQ değerinin altındakiler hesaba katılmamış) ise kandaki toplam PCB konsantrasyonu 96-2150 ng/g yağ arasında değişmekte olup, ortalama değer 579 ng/g yağ bulunmuştur. 1. yöntemle plazmadaki toplam PCB konsantrasyonu 52-933 ng/g yağ arasında değişmekte olup, ortalama değer 257 ng/g yağ bulunmuştur. 2. yöntemle plazmadaki toplam PCB konsantrasyonu 44-920 ng/g yağ arasında değişmekte olup, ortalama değer 246 ng/g yağ bulunmuştur. İnsan kanında ve plazmasında en yüksek PCB 153 ve sonra sırasıyla PCB 180/193 ve PCB 138/160 bulunmuştur. Bu çalışmada, insan kanında medyan payı olarak sıralanacak olursa; % 24,1 ile PCB 153, %16,6 ile PCB 180/193, % 8,3 PCB 138/160 bulunmuştur. İnsan plazmasında ise medyan payı

olarak sıralacak olursa; % 26,2 ile PCB 153, % 17,7 ile PCB180/193, % 10,7 ile PCB 138/160 bulunmuştur. İnsan kanında olup da plazmasında olmayan tek poliklorlu bifenil bileşiği PCB 28' dir. Kuzey Ren-Vestfalya bölgesinde iç ortamda bulunan insanların PCB 28' i soluma yoluyla maruz kaldıklarından dolayı, kandaki toplam PCB konsantrasyon yükünün % 2,3-% 12 arasında değişen değerlerle PCB 28' in oluşturduğu belirtilmiştir. Yapılan analizler sonucunda kandaki PCB konsantrasyonun yaşa bağlı olarak da değiştiği belirtilmiştir. Deneysel çalışmalar sonucunda; kandaki PCB 138, 153 ve 180 derişiminin, kandaki toplam PCB yükünün % 50' sinin oluşturabileceği kanısına varılmıştır [43].

3.5. İç Ortam ve Ev Tozunda Yapılan Çalışmalar

Hellman ve arkadaşları deneysel çalışmaları için Finlandiya' da restorasyon ve inşa edilme tarihleri bilinen, 1940-1972 yılları arasında boyanan binaların duvarlarından boya ve beton zeminlerinden yüzey örnekleri (4 farklı endüstriyel binadan 21 örnek) toplamıştır. Ayrıca bu binaların bazılarında; kapı, kapı eşiği ve duvarlardan yüzey örneği; belirlenen 10 binadan 18 uçucu numune ve 14 partikül bağlı iç ortam hava örneği ve son olarak PCB' lerin boya beton içerisine nüfuz edip etmediğini belirlemek için üç sondaj örneği toplanmıştır. Deneysel çalışmalar için 8 okul binasından (45 örnek), 7 endüstriyel binadan (49 örnek) ve iki askeri bölgeden (20 örnek) örnekler toplanmıştır. Yapılan deneysel çalışmada; 114 örneğin 33' ünde 20 mg/kg' ın üzerinde PCB konsantrasyonun var olduğu tespit edilmiştir. Toplanan boya örneklerinin içerisinde konsantrasyonu 20 mg/kg' ın üzerinde olanların % 31'i okuldan, %35' i askeri bölgeden ve % 24' ü endüstriyel binalardan olduğu tespit edilmiştir. Örnekler içerisinde en yüksek PCB konsantrasyonun (102 900 mg/kg) bir okulun kazan dairesindeki betonun üzerinde bulunan boya maddesinden tespit edilmiştir. Numune olarak alınan boya örneklerinin kuru ağırlığının %10' nundan fazlasında PCB içerdiği anlaşılmıştır. Her ne kadar örneklerin çoğunda durum böyle değildi, ancak konsantrasyonlar tehlikeli atıklar için 50 mg/kg düzenleyici sınır değerine yakın olduğu tespit edilmiştir. 23 örnekte limit değeri aşılmıştır. Yüksek PCB konsantrasyonu içeren numunelerin 1950' li yıllarda boyandığı tespit edilmiştir. Yüksek konsantrasyonlarının çoğu ilkokulların beton zeminlerinden alınan örneklerden çıkmıştır. Alınan örneklerinin birçoğunda Aroclor 1260 ve Clophen 60 bulunmuştur. Ayrıca birkaç boya örneklerinde de Aroclor 1254' de rastlanılmıştır [20].

Frederiksen ve arkadaşları; 1970 ve 1974 yılları arasında Danimarka' nın Farum kentinde Farum Midtpunkt sitesinde ve çevresinde deneysel çalışma yapmıştır. Farum Midpunk sitesindeki apartman dairelerinde kullanılan sızdırmazlık dolgu malzemesi poliklorlu bifenil içeriklidir ve bu kimyasalın iç ortam havasını kirlettiği düşünülmektedir. Bu deneysel çalışma için; poliklorlu bifenil bakımından kontamine olmuş 83 apartman dairesinden hava örneği, 20 apartman dairesinden sızdırmazlık dolgu malzemesi (elastic sealant), bu sitenin yakınında bulunan ve kontamine olmamış 21 apartman dairesinden hava örneği toplanmıştır. Yapılan analizler sonucunda; kontamine olmamış 21 apartman dairesinde ortalama toplam PCB (5 X $\sum$ PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180) konsantrasyonu 17.8 ng/m³ olup, en yüksek toplam PCB konsantrasyonu 254 ng/m³ bulunmuştur. Kontamine olmuş 83 apartman dairesinde toplam PCB (5 X $\sum$ PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180) konsantrasyonu 168-3843 ng/m³ arasında değişmekte olup, ortalama toplam PCB konsantrasyonu 1030 ng/m³ bulunmuştur. Kontamine olmuş apartman dairelerinden toplanan sızdırmazlık dolgu malzemesinde ise toplam PCB konsantrasyonu 436-718.430 ng/m³ arasında değişmekte olup, ortalama toplam PCB konsantrasyonu 252.150 ng/m³ bulunmuştur. Yapılan bu çalışmada 80 evdeki toplam PCB konsantrasyonu Danimarka Ulusal Sağlık Kurulu (HBH)' nun belirlediği toksikolojik referans dozunun (300 ng/m³) üzerine çıkmıştır. Bir evde ise Danimarka Ulusal Sağlık Kurulu' nun belirlediği aksiyon limitinin (3000 ng/m³) üzerinde çıkmıştır. Hava örneklerinde sırasıyla PCB 52, PCB 28, PCB 66, PCB 74, PCB 101' in konsantrasyonları yüksek çıkmıştır. Dolgu malzemesinde PCB 169' un konsantrasyonunun yüksek çıkması beklenirken, PCB 118' in konsantrasyonu yüksek çıkmıştır. Bu çalışmada havadaki ve dolgu malzemesi arasında sadece PCB 28 ve PCB 52 için korelasyon çıkmıştır [59].

Harrad ve arkadaşları bu deneysel çalışmada; Kanada, Yeni Zelanda, İngiltere ve Amerika' da evlerdeki toz örneklerindeki poliklorlu bifenil derişimlerini bularak önemli derecede veri tabanı oluşturmaya amaçlamıştır. Bu çalışma için Amerika' nın Austin ve Amarillo kentlerinden 20, İngiltere' nin Birmingham kentinden 20, Yeni Zelanda' nın Wellington kentinden 20 ve Kanada'nın Toronto kentinden 10 olmak üzere deneysel çalışma için evlerden toplam 70 toz örneği toplanmıştır. Evlerdeki tozlar 1600 W' luk elektrik süpürgesiyle toplanmıştır. Ayrıca deneysel çalışmada kullanılmak üzere Toronto' daki evlerden PUF disk pasif örnekleme ile iç ortam havası örnek olarak alınmıştır. Deneysel çalışma sonucunda; Amarillo ve Austindeki evlerden toplanan toz örneklerindeki toplam PCB (PCB 28+31, 52, 101, 118, 138, 153, 180) konsantrasyonu 47-620 ng/g arasında

değişmekte olup, ortalama toplam PCB konsantrasyonu 220 ng/g bulunmuştur. Birmingham' daki evlerden toplanan toz örneklerindeki toplam PCB konsantrasyonu 5,7-860 ng/g arasında değişmekte olup, ortalama toplam PCB konsantrasyonu 110 ng/g bulunmuştur. Toronto' daki evlerden toplanan toz örneklerindeki toplam PCB konsantrasyonu 56-820 ng/g arasında değişmekte olup, ortalama toplam PCB konsantrasyonu 290 ng/g bulunmuştur. Wellington' daki evlerden toplanan toz örneklerindeki toplam PCB konsantrasyonu 11-260 ng/g arasında değişmekte olup, ortalama toplam PCB konsantrasyonu 67 ng/g bulunmuştur. Sonuç olarak; Amerika ve Kanada' daki evlerin toplam PCB konsantrasyonu daha yüksek çıkmıştır. Birmingham kentinde bulunan evlerden alınan toz örneklerinde düşük molekül ağırlık PCB konsantrasyonları yüksek çıkarken, diğer kentlerdeki evlerin toz örneklerinde ise orta ve yüksek molekül ağırlık PCB' lerin konsantrasyonu yüksek çıkmıştır. Kanada' daki evlerden alınan iç ortam hava örnekleri sonucunda toplam PCB konsantrasyonu 1100-14400pg/m³ arasında değişmekte olup, ortalama toplam PCB konsantrasyonu 6900 pg/m³ olarak bulunmuştur. Ayrıca PCB 28 ve PCB 52' nin iç ortam havasında konsantrasyonu en yüksek çıkan PCB birleşikleri olduğu tespit edilmiştir. Pasif örnekleyicide bulunan değerler, 2006 yılında Hazrati ve arkadaşları tarafından Birmingham' da yapılan çalışmayla kıyaslanmıştır. Hazrati ve arkadaşları Birmingham' daki evlerin iç ortam havasındaki PCB konsantrasyonunu 490-9800 pg/m³ arasında değişmekte olup, ortalama PCB konsantrasyonunu 2800 pg/m³ olarak bulmuştur. Bu iki çalışmada karşılaştırıldığında; evlerdeki iç ortam PCB konsantrasyonu Kanada' da çok yüksek çıkmıştır [60].

Rudel ve arkadaşları bu çalışmada; Güneydoğu Massachusetts' de 15 kasabadan oluşan Cape Cod Yarım adasında bulunan 2 evin iç ortam havasındaki, ev tozundaki ve bu evlerde yaşayan insanların kanındaki PCB konsantrasyonunu belirlemeyi amaçlamışlardır. Bu deneysel çalışmada ilk örnekler 2004-2005 yılları arasında kışın toplanmıştır. İkinci örnekler ise 4-6 yıl sonra (1. evde kışın, 2. evde yaz döneminde) toplanmıştır. Evlerin iç ortam havası PUF pasif örnekleme yöntemiyle, ev tozu ise salon ve yatak odalarından elektrik süpürgesi ile toplanmıştır. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda; iç ortam havasındaki toplam PCB (PCB 52, 105, 153) konsantrasyonu 8-35 ng/m³ arasında değişmektedir. Ev tozlarındaki toplam PCB konsantrasyonu 21-190 µg/g arasında değişmektedir. İki evde yaşayan toplam dört kişinin kanındaki toplam PCB konsantrasyonu iki şekilde hesaplanmıştır. İlk olarak kanda tespit edilen 33 PCB bileşiğinin konsantrasyonu hesaplanmış, ikinci yöntemde ise 10 PCB bileşiğinin toplam konsantrasyonu hesaplanmıştır.

Birinci hesaplama yöntemi ile toplam PCB konsantrasyonu 179-1630 ng/g lipid arasında değişirken, ikinci hesaplama yönteminde toplam PCB konsantrasyonu 96-848 ng/g lipid arasında değişmektedir. Evlerde bulunan toplam PCB konsantrasyonları EPA' nın belirlemiş olduğu sınır değerlerinin ve Massachusetts' de yapılan diğer çalışmalar sonucunda çıkan değerlerin üzerinde çıkmıştır [61].

Wang ve arkadaşları Çin' nin Pearl Nehir Delta alanında bulunan Hong Kong (HK) ve Guangzhau (GZ)' da, 5-6 farklı kentsel bölgedeki evlerden ($N_{GZ} = 20 + N_{HK} = 20$) ve dış mekandan toplanan ($N_{GZ} = 90 + N_{HK} = 30$) toz örneklerinde PCB konsantrasyonunu belirlemeyi amaçlamıştır. Yapılan analizler sonucunda; GZ kentinde toplanan iç ortam toz örneklerindeki toplam PCB (PCB 18, 28, 37, 44, 49, 52, 70, 74, 77, 81, 87, 99, 101, 105, 114, 118, 119, 123, 126, 128, 138, 151, 153, 156, 157, 158, 167, 168, 169, 170, 177, 180, 183, 187, 189, 194, 199) konsantrasyonu 51,9-264 ng/g arasında değişmekte olup, ortalama toplam PCB konsantrasyonu 139 ng/g bulunmuştur. GZ kentinde bulunan evlerden alınan toz örneklerinde sırasıyla; PCB 28, 153, 77, 138 ve 101 konsantrasyonu yüksek çıkmıştır. GZ kentinde dış ortamdan toplanan toz örneklerindeki toplam PCB konsantrasyonu 4.02-228 ng/g arasında değişmekte olup, ortalama toplam PCB konsantrasyonu 46,6 ng/g bulunmuştur. GZ kentinde dış ortamdan toplanan toz örneklerinde sırasıyla PCB 153, 138, 105, 28, 101 konsantrasyonu yüksek çıkmıştır. HK kentinde toplanan iç ortam toz örneklerindeki toplam PCB konsantrasyonu 17,4-137 ng/g arasında değişmekte olup, ortalama toplam PCB konsantrasyonu 81,8 ng/g bulunmuştur. HK kentinde bulunan evlerden alınan toz örneklerinde sırasıyla; PCB 138, 28, 153, 105, 70 konsantrasyonu yüksek çıkmıştır. HK kentinde dış ortamdan toplanan toz örneklerinde toplam PCB konsantrasyonu 7,75-114 ng/g arasında değişmekte olup, ortalama toplam PCB konsantrasyonu 37,6 ng/g bulunmuştur. HK kentinde dış ortamdan toplanan toz örneklerinde sırasıyla PCB 28, 138, 128, 70, 153 konsantrasyonu yüksek çıkmıştır. Toplanan her çeşit tozda Hexa-PCB derişimi (oranı % 26-64 arasında değişmektedir) yüksek çıkmıştır. Ardından Tri-PCB ve Tetra-PCB derişimleri gelmektedir. GZ kentinde 6 farklı alandan toplanan dış ortam tozunda ortalama PCB derişimleri sırasıyla; endüstriyel alan > ticari/kırsal/trafik > yerleşik alan ve parklar olarak bulunmuştur. Kırsal alalarda % 64,5 oranında hexa-PCB oranı yüksek çıkmıştır. Kırsal alalarda % 5,68 oranlar tri-PCB en düşük çıkmıştır. Endüstriyel alandan toplanan tozlarda % 34,4 oranla Penta-PCB derişimi yüksek çıkmıştır. Hong Kong dış ortam tozunda % 25,3 oranında tri-PCB derişimi yüksek çıkarken, iç ortam havasında deca-PCB (%2,8-5,9) derişimi yüksek çıkmıştır. Bu deneysel çalışmada iç ortam tozundaki PCB derişimleri,

dış ortamdakine oranla yüksek çıkmıştır. Bu sonuçların ardından yetişkinlerin ve çocukların günlük solunum yoluyla ne kadar PCB alındığı hesaplanmıştır. GZ kentinde yaşayan yetişkinler; 0,02-8,93 ng/gün, çocuklar ise 0,37-17,8 ng/gün derişimlerinde PCB' yi solunum yoluyla vücutlarına almaktadır. Bu derişimler HK kentinde ise 0,01-4,95 ng/gün (yetişkinlerde), 0,16-9,83 ng/gün (çocuklarda) olarak değişmektedir [62].

Audy ve arkadaşları; Çek Cumhuriyeti' nin Brno kentinde ve Kanada' nın Toronto kentinde bulunan evlerin tozlarındaki ve iç ortam havasındaki PCB derişimlerini belirlemeyi amaçlamıştır. 2013 Haziran ve Ağustos aylarında Çek Cumhuriyeti' nin Brno kentinde bulunan 20 evden, Kanada' nın Toronto kentinde bulunan 23 evden toz örnekleri ve pasif örnekleyici ile evlerin iç ortam havasından örnekler toplanmıştır. Yapılan analizler sonucunda; Toronto' da bulunan evlerden toplanan toz örneklerinde en yüksek $\sum$ PCB (PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) konsantrasyonu 521 ng/g olup, ortalama $\sum$ PCB konsantrasyonu $69,1 \pm 39,4$ ng/g bulunmuştur. Brno' da bulunan evlerden toplanan toz örneklerinde $\sum$ PCB konsantrasyonu 11,4-358 ng/g arasında değişmekte olup, ortalama $\sum$ PCB konsantrasyonu $79,3 \pm 20,8$ ng/g bulunmuştur. Toronto kentinde bulunan evlerin iç ortam havasından alınan örneklerde $\sum$ PCB konsantrasyonu 109-5110 pg/m³ arasında değişmekte olup, ortalama $\sum$ PCB konsantrasyonu 734 ± 162 pg/m³ bulunmuştur. Brno kentinde bulunan evlerin iç ortam havasından alınan örneklerde $\sum$ PCB konsantrasyonu 139-4230 pg/m³ arasında değişmekte olup, ortalama $\sum$ PCB konsantrasyonu 661 ± 146 pg/m³ bulunmuştur. Yapılan bu çalışmada elde edilen PCB derişimleri diğer akademik çalışmalarla karşılaştırılmış ve evlerin iç ortam havasındaki PCB konsantrasyonu atmosfer havasındaki PCB konsantrasyonundan yaklaşık 10 kat daha fazla çıkmıştır. Toronto' da bulunan evlerin iç ortam havasında PCB 28 ve PCB 52 gibi düşük klorlu PCB' lerin konsantrasyonu ($\approx$ % 80) yüksek bulurken; Brno kentinde bulunan evlerin iç ortam havasında PCB 101 ve PCB 153 gibi yüksek klorlu PCB bileşiklerinde konsantrasyonu ($\approx$ % 50) yüksek bulunmuştur [63].

4. MATERYAL VE YÖNTEMLER

Materyal ve Yöntemler bölümünde; örneklerin toplanacağı evlerin belirlenmesi, örneklerin nasıl toplandığı, örnek toplanan evlerin ev koşulları, deneysel çalışmalar için kullanılan kimyasallar ve malzemeler, toplanan numunelerin analiz için hazırlanması, örneklerin ekstraksiyonu, örneklerin temizleme işlemleri, GC-MS parametrelerinin düzenlenmesi, çalışmada kullanılan istatistiksel yöntemlere yer verilmiştir.

4.1. Örneklerin Toplanacağı Evlerin Belirlenmesi ve Örneklerin Toplanması

Bu tez çalışması; “110Y082” nolu, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)’ nun desteklediği bir projedir. Bu proje çalışmasında; prenatal dönem ve 2 yaş arası bebeklerin yaşadığı evlerdeki iç ortam kirleticilerinin (PAH, PCB, VOC, PM) derişimlerinin belirlenmesi ve elde edilecek veriler doğrultusunda bebeklerinin sağlık durumlarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Bu TÜBİTAK destekli tez çalışmasında; yaz ve kış dönemlerinde, Ankara ilinde bulunan 127 evden toz örnekleri toplanmıştır ve toplanan ev tozu örneklerinde Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından belirlenen 7 indikatör PCB bileşiminin (PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) derişimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Hastanelerde, hamileliğin 2. trimester döneminde bulunan kadınlara proje hakkında bilgilendirme yapılmıştır. Ankara’ nın Akyurt, Altındağ, Balgat, Batıkent, Çankaya, Etimesgut, Etlik, Gölbaşı, Kazan, Keçiören, Mamak, Pursaklar, Ostim, Siteler, Sincan, Yenimahalle ilçelerinde yaşamakta olan, bu proje kapsamında çalışmayı kabul eden hamile kadınların evlerinden deneysel çalışmalar için ev tozu örnekleri toplanmıştır.

Deneysel çalışmalarda kullanılması amaçlanan toz örnekleri; bebeklerin uyudukları bebek odasından, bebek odasından sonra bebeklerin en çok vakitlerini geçirdiği evlerin salonlarından Rowenta marka 24 V motor gücüyle çalışan şarjlı elektrik süpürgesi ile anlık toz örneği toplanmıştır. Ayrıca evlere ait elektrikli süpürge makinelerinin toz haznesinden de kümülatif toz örnekleri toplanmıştır. Bu tezin 4. (Materyal ve Yöntemler), 5 (Sonuçlar ve Tartışmalar) ve 6. (Sonuölar ve Öneriler) Bölümlerinde bebek odasından Rowenta marka 24 V motor gücüyle çalışan şarjlı elektrik süpürgesi ile toplanan anlık toz örneklerini “**Bebek**”; evlerin salonlarından Rowenta marka 24 V motor gücüyle çalışan şarjlı elektrik süpürgesi ile toplanan anlık toz örneklerini “**Salon**” ve evlere ait elektrikli süpürge makinelerinin toz haznesinden alınan kümülatif toz örneklerini de “**Ev**” olarak isimlendirdik. Toplanan toz örnekleri deneysel çalışmalara kadar alüminyum folyo içinde

-18 °C' deki derin dondurucuda bekletilmiştir. Çizelge 4.1' de evlerin bebek odasından, evlere ait elektrikli süpürge makinesinden ve evlerin salonlardan alınan toz örneklerinin sayısı ve evlerin bulunduğu ilçeler hakkında bilgi verilmiştir.

Hamile kadınların 3. trimester döneminde 1 kez (Yaz 1 (1. Dönem)) ve doğumdan sonra bebekler 2 yaşına gelinceye kadar 2 kez (Kış 1 (2. Dönem) ve Yaz 2 (3. Dönem)) olmak üzere toplamda 3 kez evlerden toz örnekleri toplanmıştır. Bu deneysel çalışmada Yaz 1, Kış 1 ve Yaz 2 olmak üzere 3 dönemde evlerden toz örneği toplanmıştır. Yaz 1 olarak nitelendirdiğimiz dönem; 2011 yılının Nisan-Temmuz ayları arasında toplanan toz örnekleri belirtmektedir. Kış 1 olarak nitelendirdiğimiz dönem 2011 yılının Ekim-Aralık ayları arasında toplanan toz örneklerini belirtmektedir. Yaz 2 olarak nitelendirdiğimiz dönem 2012 yılının Nisan-Haziran ayları arasında toplanan toz örneklerini belirtmektedir.

4.2. Ev Koşulları

Hastanelerde proje hakkında bilgilendirme yaptığımız ve bu proje kapsamında bizimle beraber çalışmayı kabul eden kadınların evlerine gitmeden önce literatür çalışması yapılmıştır. Diğer araştırmacıların yaptığı çalışmalar doğrultusunda gönüllü kadınlara yönelteceğimiz anket soruları belirlenmiştir (EK-1). Yapılan anket çalışmasında; evin yapısı ile ev koşulları hakkında çeşitli sorular hazırlanarak, evlerdeki PCB ve diğer kirletici (PAH, VOC, PM) kaynaklarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Evin yaşı, evin ana caddeye yakınlığı, konutun türü, evin katı, konutun ısıtma türü, yer kaplama tipi, evin duvar boyası, örnekleme sırasında pencerenin durumu, evin pencere türü, baca temizliği durumu, sigara içen kişi sayısı, evde son zamanlarda yapılan ağaç/yapıştırma/kil/model işi, koku giderici sprey kullanılıp kullanılmadığı, evde temizlik malzemesinin kullanım sıklığı, prize takılan tablet olup olmadığı, evde ilaçlama yapılıp yapılmadığı, bir yıl içinde evde boyamanın yapılıp yapılmadığı, son bir yıl içinde evde tamir yapılıp yapılmadığı, eve yeni eşya alınıp alınmadığı, bebek karyolası cinsi v.b. sorular sorulmuştur (EK-1). Bu sorulara verilen cevaplar ile evlerden toplanan toz örneklerinin derişimleri arasında istatistiksel yönden anlamlı ilişkinin olup olmadığını belirlemek için ANOVA test metodu uygulanmıştır. Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3' de toz örneklerini topladığımız evlerin koşulları hakkında bilgi verilmiştir.

Çizelge 4.1: Bebek, elektrik süpürgesi ve salonlardan alınan toz örnek sayısı ve evlerin bulunduğu ilçeler

Örneklerin Toplandığı Dönem	Örnek Alma Yerleri	Akyurt	Altındağ	Balgat	Batıkent	Çankaya	Çubuk	Demet evler	Dikmen	Etimesgut	Etilik	Gölbaşı	Kazan	Keçiören	Mamak	Ostim	Pursaklar	Sincan	Siteler	Yenimahalle
1. Dönem	Bebek	2	4	2	2	2	1	1	3	1	13	3	1	18	6	2	5	2	3	2
	Ev Tozu	2	3	3	2	3	1	2	1	1	10	1	0	18	2	0	7	2	1	3
	Salon	0	8	3	4	4	3	2	4	2	13	3	1	27	9	0	5	3	0	2
2. Dönem	Bebek	1	2	2	3	3	1	0	2	2	8	2	1	16	4	1	1	0	1	2
	Ev Tozu	1	3	0	3	1	1	2	0	1	1	0	1	7	0	0	3	1	0	1
	Salon	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3. Dönem	Bebek	2	5	0	1	3	2	1	2	3	8	3	1	15	5	1	3	2	3	2
	Ev Tozu	1	6	0	4	2	2	1	1	2	7	2	0	20	2	0	4	1	2	2
	Salon	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Toplam	10	33	10	19	18	11	10	13	13	61	14	5	122	28	4	28	11	10	14

Çizelge 4.2: Evlerin koşulları hakkında bilgi

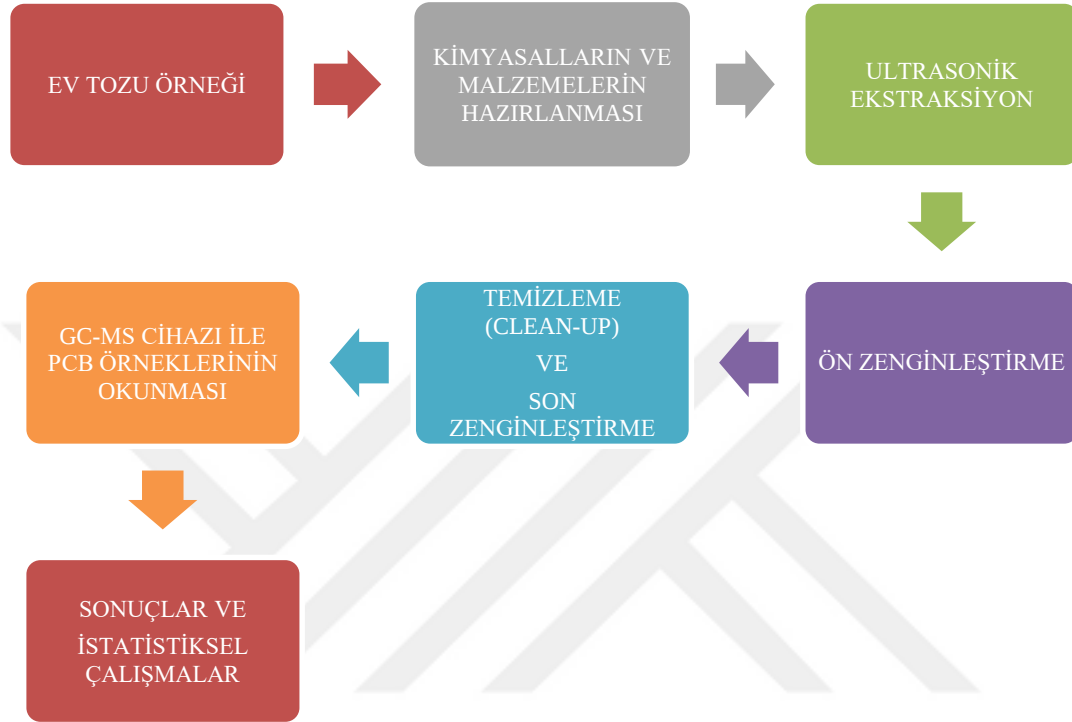
EV KOŞULLARI		EVDE YAŞAYAN KİŞİ SAYISI		EVİN YAŞI			EVİN ANA CADDEYE YAKINLIĞI		KONUTUN TÜRÜ		EVİN KATI			KONUT ISITMA TÜRÜ			YER KAPLAMA TİPİ				DUVAR BOYASI TÜRÜ		
ÖZELLİKLER		≤3	>3	1-5	5-8	> 8	Yakın	Uzak	Beton	Ahşap, Kagir-Kerpiç	< 1	1-5	> 5	Doğal Gaz	Soba	Kazan	Ahşap	PVC	Seramik	Halı	Badana	Plastik	Yağlı
EVİN SAYISI	1. Dönem	64	108	32	18	55	104	14	113	5	40	69	9	91	24	1	73	0	8	9	21	80	17
	2. Dönem	54	43	24	16	46	87	10	91	6	34	56	7	76	21	0	67	0	11	5	18	67	12
	3. Dönem	31	50	29	9	43	62	20	78	4	36	38	8	68	14	0	9	67	5	1	14	56	12

Çizelge 4.3: Evlerin koşulları hakkında bilgi

EV KOŞULLARI		PENCERE TÜRÜ		ÖRNEKLEME SİRASINDA PENCERE DURUMU		AĞAÇ/YAPIŞTIRMA/MODEL İŞİ YAPILIYOR MU?		KOKU GİDERİCİ SPREY KULLANILIYOR MU?		PRİZE TAKILAN TABLET VAR MI?		SON 1 YILDA TAMİR YAPILDI MI?		YENİ EŞYA ALINDI MI?		BEBEK KARYOLASI CİNSİ			İLAÇLAMA YAPILDI MI?	
ÖZELLİKLER		Ahşap	PVC	Açık	Kapalı	Evet	Hayır	Evet	Hayır	Evet	Hayır	Evet	Hayır	Evet	Hayır	Ahşap	Metal	Plastik	Evet	Hayır
EVİN SAYISI	1. Dönem	56	61	77	41	5	113	65	53	3	114	16	74	54	60	8	2	26	16	101
	2. Dönem	52	45	0	97	9	88	47	52	1	96	11	85	13	2	68	6	23	15	82
	3. Dönem	41	41	71	11	22	60	31	51	-	-	15	67	53	29	51	13	18	-	-

4.3. Deneysel Çalışmada Kullanılacak Malzemeler ve Kimyasallar

Bu bölümde; deneysel çalışmada kullanılan malzemeler ve malzemelerin temizliği, kimyasallar ve bu kimyasalların deneysel çalışmaya hazırlanması anlatılmıştır. Bunların akabinde, evlerden toplanan toz örnekleriyle yapılan deneysel çalışmalar anlatılmıştır. Aşağıdaki Şekil 4.1’ de yapılan deneysel çalışmanın akışı gösterilmektedir.



Şekil 4.1: Yapılan deneysel çalışmanın akış şeması

4.3.1. Kullanılan Kimyasallar

Deneysel çalışmalar için; diklorometan (Merck), Aseton (Merck), % 99 saflıkta n-Hekzan (Merck), % 90 saflıkta petrol eteri, sodyum sülfat, florisil (15:85 Magnezyum oksit-magnezyum silikat), nötral alüminyum oksit (Merck), % 99 saflıkta ve susuz sodyum sülfat (granül) ve % 99 yüksek saflıkta azot gazı kullanılmıştır.

Örneklerin ultrasonik ekstraksiyon, ön zenginleştirme, temizleme (clean-up), son zenginleştirme ve viallere taşınması işlemleri sırasında meydana gelebilecek kayıpları hesaba katmak amacıyla vekil (surrogate) standart kullanılmıştır. 209 PCB bileşiğinden (congener); PCB 1 ile PCB 39 arasındaki bileşenlerin kayıplarını tespit etmek için vekil (surrogate) standart olarak PCB 14 (3,5-diklorobifenil), PCB 40 ile PCB 169 arasındaki bileşenlerin kayıplarını tespit etmek için vekil standart olarak PCB 65 (2,3,5,6-tetraklorobifenil) ve son olarak PCB 170 ile PCB 209 arasındaki bileşenlerin kayıplarını tespit etmek için vekil standart olarak PCB 166 (2,3,4,4',5,6- heksaklorobifenil)

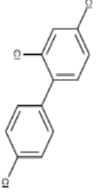
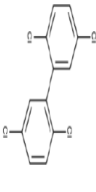
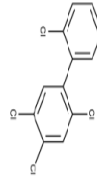
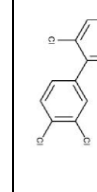
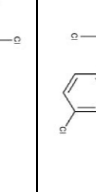
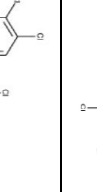
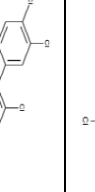
kullanılmıştır. Vekil (surrogate) standartlar n-hekzan ile seyreltilerek örneklerin içinde 0,5 ppm olacak şekilde ilave edilmiştir. Kullanılan surrogate bileşikler ve hedef PCB bileşikleri Çizelge 4.4’ de gösterilmiştir [64].

Çizelge 4.4: Geri kazanım hesaplamalarında kullanılan vekil bileşikler (Surrogate)

Surrogate Bileşikler	PCB Bileşikleri
PCB 14	PCB 28
PCB 65	PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153
PCB 166	PCB 180

PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 ve 180’ den oluşan 7 poliklorlu bifenil bileşiği; dünyanın birçok laboratuvarlarından gelen verilerin kolay bir şekilde karşılaştırılması amacıyla indikatör PCB bileşiği seçilmiştir [3],[21]. Bu bileşiklerin biyolojik ve çevresel sistemlerde sabit olarak kabul edilmesi, pratik ve ekonomik nedenler bu 7 PCB bileşiğinin indikatör bileşik olarak seçilmesinde diğer etken faktörlerdendir. Ayrıca bu 7 indikatör PCB bileşiği biyotik ve abiyotik matris içinde baskın oldukları için, bütün PCB’ leri temsil ettiği varsayılır [65],[21]. Bu sebeplerden dolayı deneysel çalışmada congener standart solüsyonu olarak PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 ve 180 içeren standart solüsyon kullanılmıştır. Çizelge 4.5’ de bu PCB bileşiklerinin fiziksel özellikleri verilmiştir [4].

Çizelge 4.5: PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 ve 180 fiziksel özellikleri [4]

	PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 118	PCB 138	PCB 153	PCB 180
Kimyasal Yapısı							
Molekül Ağırlığı g/mol	257.5	292.0	326.4	326.4	360.9	360.9	395.3
Erime Noktası °C	59	87	79	113	80	104	114
Kaynama Noktası °C	343.2	362.8	398.8	420.4	425.6	431.6	441.6
Buhar Basıncı, Pa	$3.41 \cdot 10^{-2}$	$1.61 \cdot 10^{-2}$	$3.39 \cdot 10^{-3}$	$1.19 \cdot 10^{-3}$	$5.14 \cdot 10^{-4}$	$6.83 \cdot 10^{-4}$	$1.41 \cdot 10^{-4}$
Buharlaşma Entalpisi KJ/(K·mol)	78.0	80.8	86.4	89.3	91.9	91.4	96.6
Log K_{oa}	8.09	8.62	9.51	10.0	10.5	10.4	11.3
Difüzyon Katsayısı ($\times 10^5$) cm²/s	5400	5200	500	5000	4800	4800	-

Yüksek derişimlerdeki kalibrasyon standartları 1000, 500, 100, 50, 25 ve 10 µL gas tight şıringalar (Hamilton, USA) aracılıyla hekzan ile seyreltildi ve 2 mL' lik viallere (Angilent Company, USA) konulmuştur. Hazırlanan standartlarla birlikte tüm standartlar buzdolabında saklanmıştır. Deneysel çalışmada kullanılan standartlar Çizelge 4.6' da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6: Kullanılan surrogate standartlar ve standart solüsyonlar

	Bileşikler	Stock Solüsyon (ppm)	Ürün Adı
PCB (surrogate)	3,5-Dichlorobiphenyl (PCB 14)	100	Chem Service
	2,3,5,6-Tetrachlorobiphenyl (PCB 65)	100	
	2,3,4,4',5,6-Hexachlorobiphenyl (PCB 166)	100	
PCB (congener)	PCB 28,52,101,118,138,153,180	10	Dr. Ehrenstorfer Reference Materials

4.3.2. Cam Malzemeler

Deneysel çalışmalarda kullanılacak tüm cam malzemeler sudan geçirildi, deterjan ile yıkanıp iyice durulandıktan sonra 105 °C' de etüvde 1 gün bekletildi. Etüvden çıkarılan cam malzemeler soğuduktan sonra ultra saf su ile yıkandı. Oda sıcaklığında kurumaya bırakılan cam malzemeler aseton (ACE) ve n-hekzan ile ikişer kez çalkalandıktan sonra 110 °C' de 1 gece etüvde kurumaya bırakılmıştır. Cam malzemeler kurutulduktan sonra alüminyum folyoda saklanmış ve her kullanımdan önce aseton (ACE) ve n-hekzan ile ikişer defa çalkalanmıştır. Deneysel çalışmalar süresince kullanılacak olan tüm cam malzemeler standartlara uygun şekilde temizlenmiştir.

4.3.3. Cam Yünü

Temizleme (Clean-up) kolonunda kullanılacak olan cam elyaf; önce hekzan ve diklorometan ile yıkandıktan sonra 24 saat 103 °C' de çalışan etüve bırakıldı. Etüvden alınan cam yünü alüminyum folyo ile sarılarak desikatörde ön zenginleştirme ve clean-up kolonun hazırlanmasına kadar saklanmıştır.

4.3.4. Sodyum Sülfat (Na₂SO₄), Alüminyum Oksit (Al₂O₃), Florisil

Alüminyum oksit, florisil, sodyum sülfat ayrı ayrı beherlere konulduktan sonra, 450 °C' lik fırında 6 saat bekletilir. Fırından çıkarılan alüminyum oksit, florisil ve sodyum sülfat koyu renkli şişelere konulduktan sonra hava almayacak şekilde alüminyum folyo ile sarılarak desikatörde clean-up kolonun hazırlanmasına saklanmıştır. Deneysel çalışmalara

başlamadan 1 saat önce alüminyum oksidi aktive etmek için, her bir gram alüminyum oksit başına 60 µL ultra saf su eklenilmiş ve iyice çalkalanmıştır.

4.4. Örneklerin Hazırlanması

Deneysel çalışmalara başlamadan önce, evlerden toplanan süpürge örnekleri çeşitli çöplerden ayıklanmış ve derin dondurucuda saklanmıştır. Derin dondurucuda saklanan örneklerden 1'er gram tartılarak 50 ml'lik viallere (kahverengi şişelere) konulmuştur. Her bir örneğe ekstraksiyon ve temizleme (clean-up) işlemleri sırasındaki kayıpları belirlemek için 20 µl, 0,5 ppm' lik surrogate (vekil) standart enjekte edilmiştir. Bu işlemten sonra her bir örneğe 1:4 oranında diklorometan (DCM) ve petrol eteri (PE) karışımından 40 ml eklenilmiş ve 24 saat bekletilmiştir.

4.5. Örneklerin Ekstraksiyonu ve Ön Zenginleştirilmesi

24 saat solüsyonda bekletilen örnekler, 1 saat ultrasonik banyo ile ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Ultrasonik ekstraksiyon işleminden sonra örnekler; içine cam yünü yerleştirilmiş hunilerde süzölmüştür. Süzülen örnekler, saf azot gazı ile 1-2 ml oluncaya kadar indirilerek ön zenginleştirme işlemi yapılmıştır (Şekil 4.2).



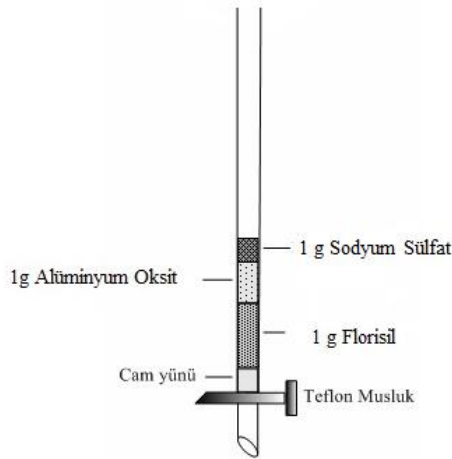
Şekil 4.2: Ön zenginleştirme işlemi

4.6. Temizleme (Clean-Up) ve Son Zenginleştirme

Temizleme (Clean-up) metodu ile yüksek konsantrasyonlarda bulunan çeşitli organik maddelerin arasında, eser miktarda (ppm-ppt veya daha düşük) bulunan maddelerin konsantrasyonunun belirlenmesinde kullanılan önemli bir yöntemdir. Ayrıca temizleme (clean-up) metodu, pahalı olan GC kolonun hemen bozulmasını önlemektedir. Clean-up işlemi

sayesinde GS-MS cihazının iyon kaynaklarının ve detektörlerinin yeniden yapılandırılması ve temizlenmesinden kaynaklanan süre kaybını önlemektedir [66].

Deneysel çalışmada temizleme (clean-up) kolonu olarak 15 cm boyunda, 0,5 cm çapında cam malzeme kullanılmıştır. Temizleme kolonuna sırasıyla; cam yünü, alifatik bileşiklerin, uçucu ve yarı uçucu polar organik bileşiklerin kolona girişini önlemek için 1 gr florisil, metal oksitlerin ve suyun girişini önlemek için 1 gr alüminyum oksit ve son olarak ekstratları susuzlaştırmak için 1 gr sodyum sülfat konulmuştur (Şekil 4.3 ve 4.4). Hazırlana kolon 10 ml hekzan ile temizlendikten sonra deneysel çalışmaya hazır hale getirilmiştir.



Şekil 4.3: Temizleme (Clean-up) kolonu

Ön zenginleştirme işleminde 1-2 ml' ye kadar azaltılan örnekler gas tight şırınga ile temizleme kolonuna verilmiştir. Örnekler kolona verildikten sonra, kolona 40 ml hekzan verilerek PCB örneklerin ayrılması sağlanmıştır. Kolondan ayrılan PCB örnekleri azot gazı ile 3-4 ml' ye kadar uçurulmuştur. Ardından 4-5 ml hekzan eklenmiştir ve örneklerin miktarı 1 ml oluncaya kadar tekrar azot gazı ile uçurulmuştur. Böylece son zenginleştirme işlemi tamamlanmıştır. Miktarı 1 ml olan örnekler viallere alınarak GS-MS cihazında okunmaya hazır hale getirilmiştir. Şekil 4.4' de temizleme ve son zenginleştirme işleminin yürütüldüğü laboratuvar ortamının resmi verilmiştir.



Şekil 4.4: Clean-Up işlemi

4.7. GC-MS Parametrelerinin Düzenlenmesi

PCB'lerin miktarlarının tayin etmek için Agilent marka 5975 model gaz kromatograf-kütle spektrofotometresi (GC-MS) kullanılmıştır. Örneklerin doğru okunması için 7 PCB bileşiği (PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) ve 3 vekil (surrogate) PCB bileşiği ile hazırlanan kalibrasyon çözeltisi GC-MS cihazında okutularak kalibrasyonu yapılmıştır. Kalibrasyon 0,001-0,005-0,01-0,1-0,2-0,4-0,5-0,6-0,8-1-2-4 ppm aralığında yapılmıştır.

Deneyisel çalışmalarda gerekli olan GC-MS operasyon parametreleri Çizelge 4.7' de verilmiştir. PCB çeşitleri, iyonlar, geliş zamanları, regresyon katsayıları, lineer aralıkları gibi kalibrasyon ile ilgili bilgiler Çizelge 4.8' de verilmiştir.

Çizelge 4.7: PCB için GS-MS operasyon parametreleri

OPERASYON PARAMETRELERİ		PCB
GC Kolonu	30m*250µm*0,25µm Nominal Film Kalınlığı. %5 Phenly Methyl Siloxane. HP 5MS, kapiler kolon	
Liner	Deaktive Edilmiş Cam Pamuklu Splitless Cam Liner (Agilent Technologies)	
Taşıyıcı Gaz	Ultra Saf Helyum, %99,999, 1 ml/dak	
Enjeksiyon Tipi	Splitless	
Enjeksiyon Portunun Sıcaklığı	280 °C	
Fırın Sıcaklığı	70 °C (2 dak), 25 C/dak ile 150 °C'ye (1 dak), 3 °C /dak ile 200 °C'ye (1 dak), 8 °C /dak ile 280 C'ye (5 dak)	
Enjeksiyon Hacmi	1 µL	
Detektör	MS	
Kütle Spektrometresi	Elektron impact, 70eV	
Kütle Spektrometresiquadropol Sıcaklığı	150 °C	
Kütle Spektrometresi Kaynak Sıcaklığı	230 °C	

Çizelge 4.8: GC-MS kalibrasyon parametreleri

PCB' LER	İYONLAR	GELİŞ ZAMAN (DK)	LİNEER ARALIK (PPM)	REGRESYON KATSAYILARI	LOD (ng/g)	LOQ (ng/g)
PCB 14	222, 152, 224	8.792	0,001-4	0,996	0,05	0,167
PCB 28	256, 258, 186	9.846	0,001-4	0,998	0,130	0,435
PCB 52	292, 290, 220	10.362	0,001-4	0,998	0,038	0,125
PCB 65	292, 290, 294	10.566	0,001-4	0,996	0,2	0,667
PCB 101	326, 328, 324	11.830	0,001-4	0,998	0,167	0,556
PCB 118	326, 328, 324	12.992	0,001-4	0,998	0,136	0,455
PCB 138	360, 362, 290	13.412	0,001-4	0,999	0,111	0,370
PCB 153	360, 362, 358	13.962	0,001-4	0,999	0,088	0,294
PCB 166	360, 362, 358	14.268	0,001-4	0,997	0,091	0,303
PCB 180	394, 396,398	15.305	0,001-4	0,998	0,103	0,345

GC-MS cihazında yapılan analizlerin daha hassas sonuçlar vermesi için “Seçilmiş İyon Monitorlama” (SIM) modunda çalışılmıştır. SIM modu sınırlı kütledeki iyonların bilinen bir veya daha çok spesifik parça iyonlarının meydana çıkarılmasındaki hassasiyeti arttırır. Birbirlerine yakın zamanda detektöre ulaşan PCB bileşikleri belirlenmiştir. Kromotogramda bu bileşikler zaman ekseninde 7 sim penceresine ayrılmıştır. Belirlenen her bir zaman aralığı için, her bir detektöre ulaşan bileşiklere ait iyonlar cihaza tanıtılmış ve bu sayede olası girişim yapabilecek diğer bileşiklerin kromotogramdan çıkartılması sağlanmıştır. Çizelge 17’ de SIM modu parametreleri verilmiştir.

Çizelge 4.9: Sim pencereleri parametreleri

SIM PENCERESİ	ZAMAN ARALIĞI (dk)	İZLENEN İYONLAR (m/z)	PCB BİLEŞİKLERİ
1	9.346-10.346	256, 258, 186, 260, 150	PCB 28
2	9.862-10.862	292, 290, 220, 294, 222,	PCB 52
3	11.330-12.330	326, 328, 324, 256, 254	PCB 101
4	12.492-13.492	326, 328, 324, 256, 254	PCB 118
5	12.912-13.912	360, 362, 290, 145, 144	PCB 138
6	13.462-14.462	360, 362, 358, 290, 364	PCB 153
7	14.805-15.805	394, 396,398, 324, 392	PCB 180

4.8. Çalışmadaki Verilerin Değerlendirilmesi ve Kullanılan İstatistiksel Yöntemler

GC-MS cihazından çıkan verilerin değerlendirmesinde Statgraphics XVI istatistik programı kullanılmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde genel olarak % 95 güven aralığı kullanılmıştır. Statgraphics XVI istatistik paket programında bulunan ANOVA testi ile ev tozlarında elde edilen PCB bileşiklerinin derişimleri ile ev koşulları arasındaki istatistiksel olarak anlamlı ilişkisi olup olmadığı değerlendirilmiştir.

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

5.1. PCB Derişimleri

Bu deneysel çalışmada; yaz ve kış dönemlerinde Ankara ilinde bulunan 127 evde bebeklerin uyudukları bebek odasından, bebeklerin bebek odasından sonra en çok vakitlerini geçirdiği evlerin salonlarından Rowenta marka 24 V motor gücüyle çalışan şarjlı elektrik süpürgesi ile anlık toz örneği toplanmıştır. Ayrıca evlere ait elektrikli süpürge makinelerinin toz haznesinden de kümülatif toz örneği alınmıştır. Evlerden alınan bu toz örneklerinde PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180 derişimleri belirlenmiştir.

Tezin bu bölümünde; bebek odasından Rowenta marka 24 V motor gücüyle çalışan şarjlı elektrik süpürgesi ile toplanan anlık toz örneklerini **“Bebek”**; evlerin salonlarından Rowenta marka 24 V motor gücüyle çalışan şarjlı elektrik süpürgesi ile toplanan anlık toz örneklerini **“Salon”** ve evlere ait elektrikli süpürge makinelerinin toz haznesinden alınan kümülatif toz örneklerini de **“Ev”** olarak isimlendirdik.

Bu deneysel çalışmada Yaz 1, Kış 1 ve Yaz 2 olmak üzere 3 Dönemde evlerden toz örneği toplanmıştır. Yaz 1 olarak nitelendirdiğimiz dönem; 2011 yılının Nisan-Temmuz ayları arasında toplanan toz örnekleri belirtmektedir. Kış 1 olarak nitelendirdiğimiz dönem 2011 yılının Ekim-Aralık ayları arasında toplanan toz örneklerini belirtmektedir. Yaz 2 olarak nitelendirdiğimiz dönem 2012 yılının Nisan-Haziran ayları arasında toplanan toz örneklerini belirtmektedir.

Hamile kadınların 3. trimester döneminde 1 kez ve doğumdan sonra bebekler 2 yaşına gelinceye kadar 2 kez olmak üzere toplamda 3 kez evlerden toz örnekleri toplanmıştır. Tezin bu bölümünde hamile kadınların 3. trimester dönemlerinde evlerinden topladığımız toz örnekleri; **1. Dönem veya Yaz 1** olarak isimlendirilmiştir. Bebeklerin 3-6 ay arasındayken evlerinden topladığımız toz örnekleri; **2. Dönem veya Kış 1** olarak isimlendirilmiştir. Bebekler 12-14 ay arasındayken evlerinden topladığımız toz örnekleri; **3. Dönem veya Yaz 2** olarak isimlendirilmiştir.

Evlerden toplanan tüm toz örneklerinin analiz sonuçları Çizelge 5.1’ de verilmiştir. Tüm dönemlere (1. Dönem, 2. Dönem ve 3. Dönem) ait örneklerin analiz sonuçları ise Çizelge 5.2’ de verilmiştir. Evlerin salonlarından ve bebek odasından Rowenta marka 24 V motor gücüyle çalışan şarjlı elektrik süpürgesi ile toplanan anlık toz örnekleri ile evlerin kendilerine ait olan elektrikli süpürge makinelerinin toz haznesinden alınan kümülatif toz

örneklerinin toplam PCB konsantrasyonlarının dönemsel olarak değişimi Şekil 5.1 ve Şekil 5.10 arasında verilen grafiklerde gösterilmiştir.

I. Dönem örnekleme; 72 bebek odası, 94 salon ve 61 evlere ait elektrikli süpürgelerinden toplanan ev tozundan oluşmaktadır. II. Dönem örnekleme; 52 bebek odasından ve 26 evlere ait elektrikli süpürgelerinden toplanan ev tozundan oluşmaktadır. III. Dönem örnekleme; 62 bebek odasından ve 61 evlere ait elektrikli süpürgelerinden toplanan ev tozundan oluşmaktadır.

Aynı evlerin, yaz ve kış dönemlerine ait bebek odasından (n=30) ve evlerin kendilerine ait elektrikli süpürgelerinden (n=16) toplanan toz örneklerinde bulunan PCB'lerin mevsimsel olarak değerlendirilmesi yapılmıştır.

PCB derişimlerinin kümülatif ve anlık karşılaştırılması; evlerin bebek odasından Rowenta marka 24 V motor gücüyle çalışan şarjlı elektrik süpürgesi ile toplanan anlık 186 toz örneği ile evlerin kendilerine ait elektrikli süpürge makinelerinin toz haznesinden alınan kümülatif 148 toz örneği ile yapılmıştır.

Evlerin bebek odası ve salonlarından toplanan anlık toz örnekleri ile evlerin kendilerine ait elektrikli süpürgelerinden alınan kümülatif toz örnekleri arasında en yüksek derişime sahip olan PCB bileşimi PCB 28' dir. En düşük derişime sahip olan PCB bileşimi ise PCB 153' dür.

Yapılan analizler sonucunda; en yüksek toplam PCB (9598,38 ng/g) derişimi, Yaz 2 döneminde Pursaklar' da bulunan, Pur 7 olarak kodlandığımız bir evin bebek odasından alınan anlık toz örneğinde çıkmıştır. En yüksek PCB derişimine sahip, Pur 7 evi hakkında bilgiler şu şekildedir; evin yapısı betonarmedir, evde 3' ten fazla kişi yaşamaktadır, en az 5 yıllık binadır, daire sakinleri 3. katta oturmaktadır, evinin yakınında ana cadde bulunmaktadır, evin ısınma türü doğalgazdır, ev plastik boya ile boyanmıştır, evin tabanı laminat kaplamadır, evde 1 kişi sigara içmektedir, evde koku giderici sprey kullanılmaktadır, bebek odasındaki eşyalar yenilenmiştir, örnekleme sırasında pencere açık konumda bulunmaktadır (Çizelge 5.3).

En düşük toplam PCB (19,14 ng/g) derişimi Yaz 2 Döneminde Altındağ' da bulunan, ALT 8 olarak kodladığımız bir evin elektrikli süpürgesinden alınan kümülatif toz örneğinde çıkmıştır. En düşük toplam PCB derişime sahip, ALT 8 evi hakkında bilgiler şu şekildedir; evde 3' ten fazla kişi yaşamaktadır, evin yapısı betonarmedir, en az üç yıllık binadır, daire sakinleri 4. katta oturmaktadır, evinin yakınında ana cadde bulunmaktadır, evin ısınma türü

doğalgazdır, ev plastik boya ile boyanmıştır, evin tabanı ahşap kaplamadır, evde 1 kişi sigara içmektedir, bebek odasındaki eşyalar (MDF) yenilenmiştir, pencereler ahşaptır, örnekleme sırasında pencereler kapalı konumdadır (Çizelge 5.3).

Yapılan analizler sonucunda; en yüksek PCB 28 (9521,48 ng/g) derişimi, Yaz 2 döneminde Pursaklar' da bulunan, PUR 7 olarak kodlandığımız bir evin bebek odasından toplanan toz örneğinde çıkmıştır. PUR 7 evi hakkında bilgiler yukarıda bahsedilmiştir (Çizelge 5.3).

Yapılan analizler sonucunda; en yüksek PCB 52 (1204,08 ng/g) derişimi, Yaz 1 döneminde Altındağ' da bulunan, ALT 8 olarak kodlandığımız bir evin salonundan toplanan anlık toz örneğinde çıkmıştır. ALT 8 hakkında bilgiler yukarıda bahsedilmiştir (Çizelge 5.3).

Yapılan analizler sonucunda; en yüksek PCB 101 (403,79 ng/g) derişimi, Kış 1 döneminde Pursaklar' da bulunan, PUR 3 olarak kodlandığımız bir evin elektrikli süpürgesinden alınan kümülatif toz örneğinde çıkmıştır. PUR 3 evi hakkında bilgiler şu şekildedir; evin nüfusu 3' den fazladır, ev en az 8 yıllıktır, evin yakınında ana cadde bulunmaktadır, evin yapısı betonarmedir, ev zemin katta bulunmaktadır, ev doğal gaz ile ısınmaktadır, evin yerleri boydan boya halı ile kaplanmıştır, evin pencere çerçeveleri ahşaptan yapılmıştır, evin oturma odası yenilenmiştir, bebeğin yatağı suntadan yapılmıştır, evde 1 kişi sigara içmektedir, örnekleme sırasında evin pencereleri kapalı konumdadır (Çizelge 5.3).

Yapılan analizler sonucunda; en yüksek PCB 118 (435,60 ng/g) derişimi, Kış 1 döneminde Gölbaşı' nda bulunan, GÖL 1 olarak kodladığımız bir evin salonundan toplanan anlık toz örneğinde çıkmıştır. GÖL 1 evi hakkında bilgiler şu şekildedir; evde 3 kişi yaşamaktadır, ev en az 12 yıllıktır, evin yakınında ana cadde bulunmaktadır, ev yapısı betonarmedir, ev 2. kattadır, evde sigara içilmiyor, evin yer kaplaması ahşaptır, evin duvarı plastik boya ile boyanmıştır, bebek yatağı yeni alınmış olup, MDF' den yapılmıştır, ev doğal gaz ile ısınmaktadır örnekleme sırasında evin camları kapalı konumdadır (Çizelge 5.3).

Yapılan analizler sonucunda; en yüksek PCB 138 (2560,92 ng/g) derişimi, Kış 1 dönemi Keçiören' de bulunan, KEÇ 34 olarak kodladığımız bir evin elektrikli süpürgesinden alınan kümülatif toz örneğinde çıkmıştır. KEÇ 34 evi hakkında bilgiler şu şekildedir; evde 3 kişi yaşamaktadır, ev en az 3 yıllıktır, evin yakınında ana cadde bulunmaktadır, evin yapısı betonarmedir, ev zemin katta bulunmaktadır, evin penceresi ahşap çerçeveden yapılmıştır,

evde 1 kişi sigara içmektedir, evin duvarları plastik boyadan yapılmıştır, eve MDF bebek karyolası alınmıştır, ev doğal gaz ile ısınmaktadır, örnekleme sırasında evin pencereleri kapalı durumdadır (Çizelge 5.3).

Yapılan analizler sonucunda; en yüksek PCB 153 (1800,24 ng/g) derişimi, Yaz 1 dönemi Mamak' ta bulunan MAM 2 olarak kodladığımız bir evin salonundan toplanan anlık toz örneğinde çıkmıştır. MAM 2 evi hakkında bilgiler şu şekildedir; evde 2 kişi konaklamaktadır, en en az 8 yıllıktır, evinin yakınında cadde bulunmaktadır, evin yapısı betonarmedir, ev 3. kattadır, ev soba ile ısınmaktadır, evde koku giderici kullanılmaktadır, evde 1 kişi sigara içiyor ve bebeğe demir yatak alınmıştır (Çizelge 5.3).

Yapılan analizler sonucunda; en yüksek PCB 180 (854,12 ng/g) derişimi, Kış 1 dönemi Keçiören' de bulunan, KEÇ 34 olarak kodlandığımız bir evin elektrikli süpürgesinden alınan kümülatif toz örneğinde çıkmıştır. KEÇ 34 evi hakkında bilgiler yukarıda bahsedilmiştir.

Çizelge 5.1' de görüldüğü gibi evlerden toplanan toz örneklerinin $\sum$ PCB konsantrasyonu 19,14-9598,38 ng/g arasında değişmekte olup, ortalama $\sum$ PCB konsantrasyonu 513,08 ng/g bulunmuştur.

Yapılan bu deneysel çalışmada; hexa-CB, tetra-CB, ve tri-CB PCB bileşiklerinin konsantrasyonları daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 5.1). PCB bileşikleri birçok endüstriyel alanda kullanıldığı gibi yapı malzemelerinde de kullanılmıştır. Evlerdeki plastik boyalara Aroclor 1254, Aroclor 1260 ve Clophen A60; kauçuk dolgu malzemelerine Clophen A50, Aroclor 1254 ve Aroclor 1248; pencere dolgu macunlarında Aroclor 1254 ve Aroclor 1260 ticari karışımları eklenmiştir [6], [67], [20], [19], [68], [29], [69], [70]. Bu ticari karışımların içinde çeşitli oranlarda hexa-CB, tetra-CB, ve tri-CB PCB bileşikleri bulunmaktadır. Bu deneysel çalışmada beklenildiği gibi; evlerdeki toz örneklerinde bulunan PCB bileşikleri ile yapı malzemelerin içinde bulunan PCB bileşikleri aynı bulunmuştur.

1. Dönem (Yaz 1) evlerin bebek odası, salon ve elektrikli süpürgelerinden toplanan toz örneklerinde ortalama $\sum$ PCB derişimleri, minimum ve maksimum değerleri birbirine yakın olup, en yüksek ortalama $\sum$ PCB derişimi ortak kullanım alanı olan evlerin salonlarından alınan toz örneklerinde bulunduğu görülmektedir (Çizelge 5.2)

2. Dönem (Kış 1) evlerin bebek odasından ve elektrikli süpürgelerinden alınan toz örneklerinde; minimum, maksimum ve ortalama $\sum$ PCB derişimi en yüksek evlerin

kendilerine ait elektrikli süpürgelerinden alınan kümülatif toz örneklerinde bulunmuştur (Çizelge 5.2).

3. Dönem (Yaz 2) evlerin bebek odasından ve evlerin elektrikli süpürgelerinden alınan kümülatif toz örneklerinde; minimum, maksimum ve ortalama $\sum$ PCB derişimi en yüksek bebek odasından alınan anlık toz örneklerinde bulunmuştur (Çizelge 5.2).

Bu deneysel çalışmanın amaçları arasında; 3 dönemin (1. Dönem, 2. Dönem ve 3. Dönem) evlerin bebek odasından toplanan anlık toz örnekleri, evlerin salonundan toplanan anlık toz örnekleri ve evlere ait elektrikli süpürge makinelerinden alınan kümülatif toz örneklerinin karşılaştırılması yer almaktadır. Fakat 2. dönem ve 3. dönemlerde evlerin salonlarından anlık toz örneği toplanmadığı için, sadece 3 döneme ait bebek odasından toplanan anlık toz örneklerinin ve evlere ait elektrikli süpürge makinelerinden alınan kümülatif toz örneklerinin derişimleri karşılaştırılmıştır. Yaz döneminde evlerin bebek odasından toplanan anlık toz örneklerinde maksimum, minimum ve ortalama $\sum$ PCB derişimi yüksek bulunmuştur. Kış döneminde ise evlere ait elektrikli süpürge makinelerinden alınan kümülatif toz örneklerinde maksimum, minimum ve ortalama $\sum$ PCB derişimi yüksek bulunmuştur (Çizelge 5.2).

Yaz aylarında toprakta ve yeryüzünde başka yüzeylere absorbe olmuş PCB bileşikleri havanın ısınmasıyla buharlaşırlar ve atmosfer havasındaki PCB konsantrasyonunu arttıırırlar. Doğal havalandırma yöntemiyle dış ortamdaki PCB bileşikleri iç ortam havasına karışır ve iç ortamdaki PCB konsantrasyonunu arttıırırlar. Yaz aylarında ev tozundaki PCB derişimlerinin yüksek çıkması beklenen bir durumdur. Yaz aylarında buhar basınçları yüksek olan düşük klorlu PCB' ler, evlerdeki iç ortam havası ile toz gibi yüzey tutucuları arasında döngü halindedirler. Sıcaklık ve havalandırmanın etkisiyle iç ortam havasındaki ve ev tozundaki PCB konsantrasyonları değışebilir. Kış döneminde ise sıcaklığın düşük olması ve iç ortamın sık sık havalandırılmadığından toza tutulan PCB bileşiklerinin konsantrasyonlarının daha fazla olmasından dolayı; evlere ait elektrikli süpürge makinelerinden alınan kümülatif toz örneklerinde $\sum$ PCB derişimleri yüksek bulunmuştur.

Çizelge 5.1: Tüm dönemlerin analiz sonuçları (ng/g)

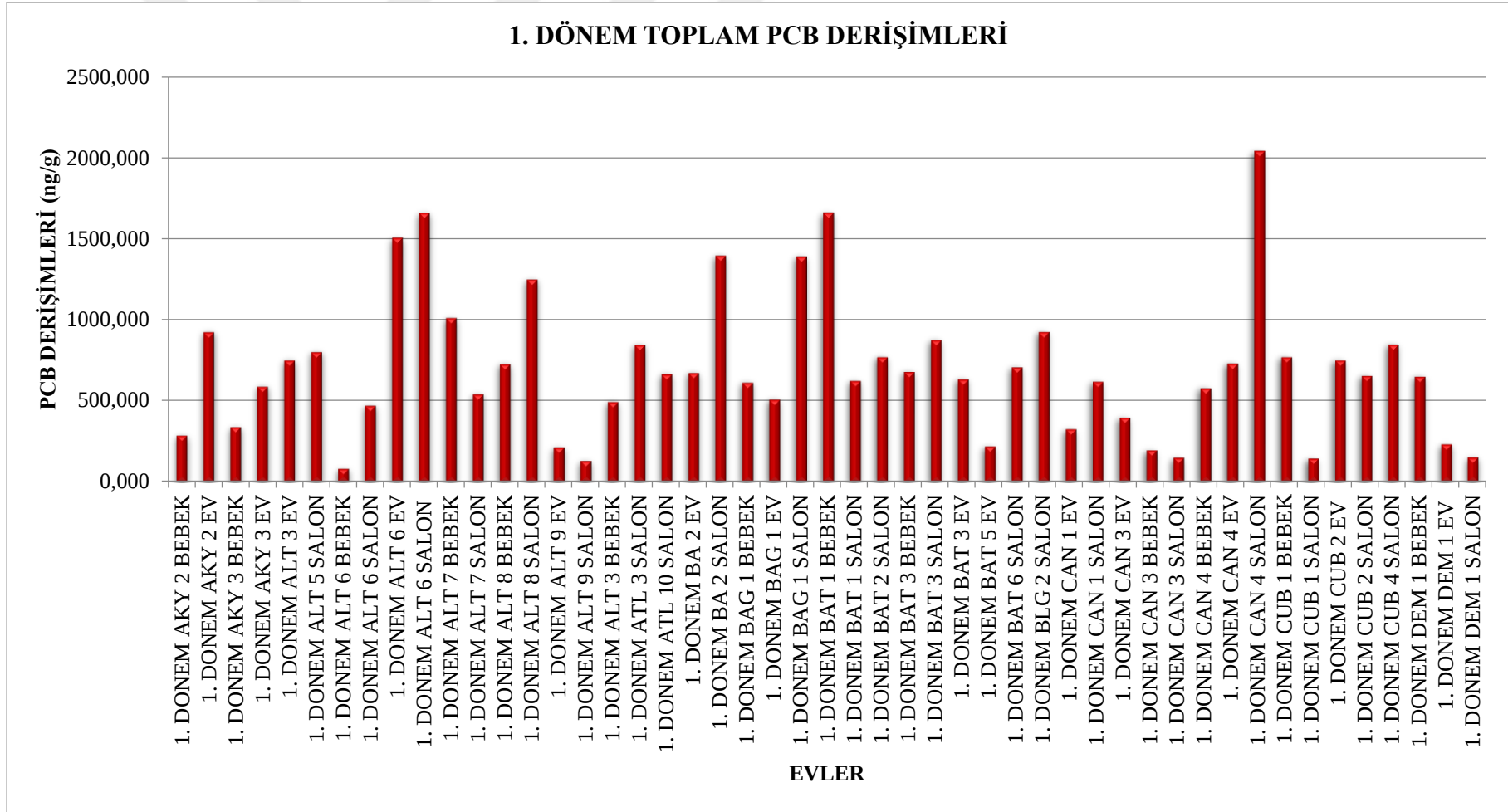
PCBs	ÖRNEK SAYISI	ORTALAMA	STANDART SAPMA	MEDYAN	MİNİMUM	MAKSİMUM	TOPLAM
PCB 28	434	51,36	457,59	21,39	2,92	9521,49	22292,5
PCB 52	434	109,89	50,01	192,92	3,37	1204,08	47695,7
PCB 101	305	22,78	34,16	15,77	2,40	403,79	6950,63
PCB 118	221	19,29	39,07	9,22	1,43	435,60	4263,64
PCB 138	305	63,64	165,71	25,58	2,69	2560,93	19411,4
PCB 153	281	381,28	328,71	377,81	0,06	1800,24	107140
PCB 180	434	34,39	57,50	22,25	3,12	854,12	14926,6
ΣPCBs	434	513,08	644,32	321,37	19,14	9598,38	222681

Çizelge 5.2: 1., 2. ve 3. dönemlere ait tüm veriler (ng/g)

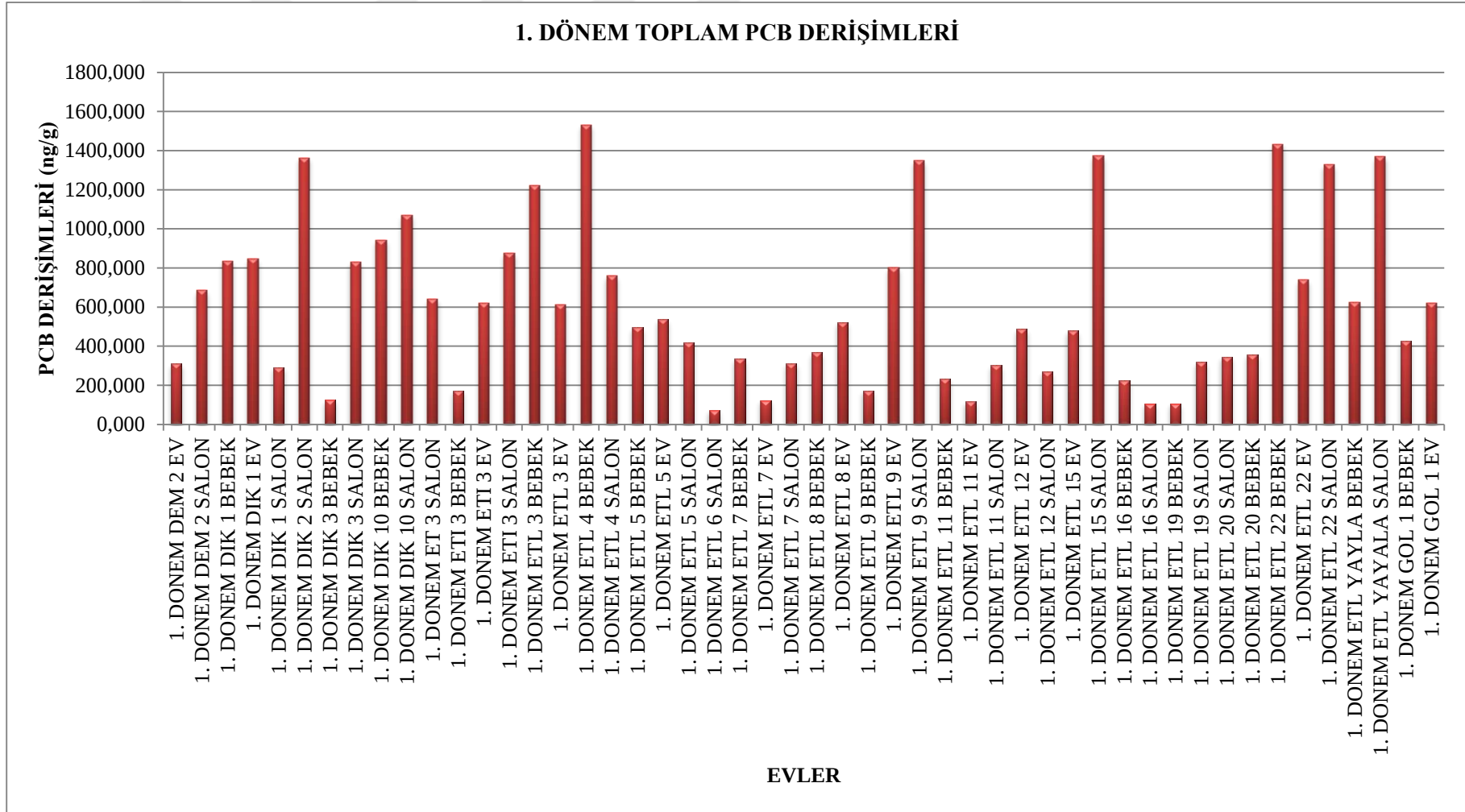
ÖRNEKLEME DÖNEMİ	ÖRNEK	ÖRNEK SAYISI	MİNİMUM	MAKSİMUM	MEDYAN	ORTALAMA	TOPLAM	STANDART SAPMA
1. DÖNEM	BEBEK	72	74,95	2112,82	616,67	677,64	48790,6	469,24
	SALON	94	72,81	2040,99	734,26	765,80	71985,7	453,68
	EV	61	72,82	2029,39	537,71	573	34953,1	363,22
2. DÖNEM	BEBEK	52	57,15	1204,27	288,65	339,57	17657,9	211,23
	EV	26	131,52	5372,21	292,53	608,58	15823,2	1014,28
3. DÖNEM	BEBEK	62	56,18	9598,38	134,44	334,58	20744,1	1207,54
	EV	61	19,14	1057,29	158,9	187,30	11425,5	138,28

Çizelge 5.3: PCB bileşiklerinin konsantrasyonunun en yüksek çıktığı evler hakkında bilgi

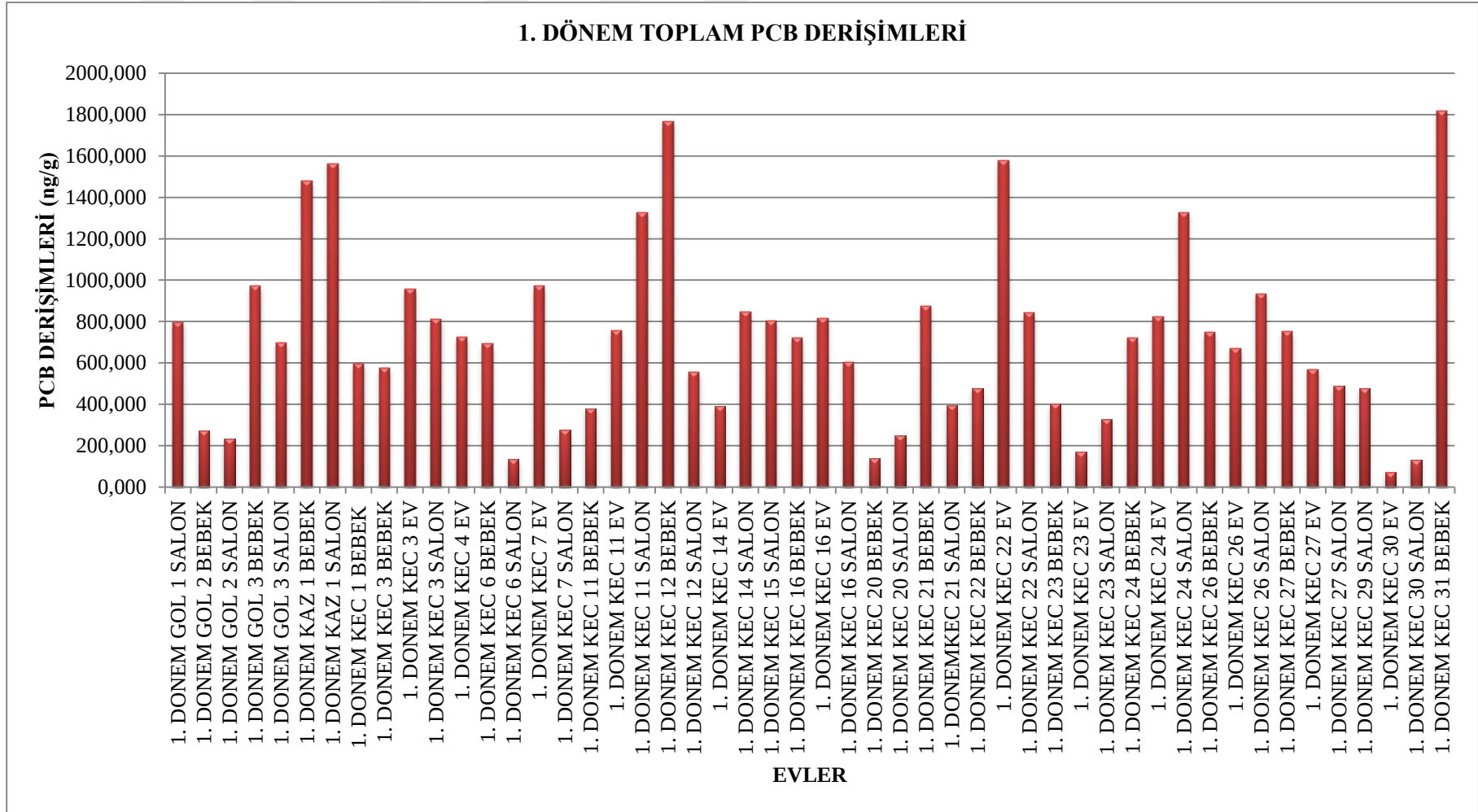
EVLER	PUR 7	ALT 8	PUR 3	GÖL 1	KEÇ 34	MAM 2	KEÇ 34
DERİŞİMİ YÜKSEK BULUNAN PCB BİLEŞİĞİ	Σ PCB ve PCB 28	PCB 52	PCB 101	PCB 118	PCB 138	PCB 153	PCB 180
DERİŞİM (ng/g)	9598,38 ve 9521,48	1204,08	403,79	435,6	2560,92	1800,24	854,12
ÖRNEK ALINDIĞI DÖNEM	3. Dönem (Yaz 2)	1. Dönem (Yaz 1)	2. Dönem (Kış 1)	2. Dönem (Kış 1)	2. Dönem (Kış 1)	1. Dönem (Yaz 1)	2. Dönem (Kış 1)
EVDE YAŞAYAN KİŞİ SAYISI	> 3	> 3	> 4	3	3	2	3
EVİN YAŞI	> 3	> 3	> 8	> 12	> 3	> 8	> 3
EVİN ANA CADDEYE YAKINLIĞI	Yakın	Yakın	Yakın	Yakın	Yakın	Yakın	Yakın
KONUTUN TÜRÜ	Betonarme	Betonarme	Betonarme	Betonarme	Betonarme	Betonarme	Betonarme
EVİN KATI	3. kat	4. kat	Zemin	2. kat	Zemin	3. kat	Zemin
KONUT ISITMA TÜRÜ	Doğal gaz	Doğal gaz	Doğal gaz	Doğal gaz	Doğal gaz	Soba	Doğal gaz
YER KAPLAMA TİPİ	Laminat	Ahşap	Halı	Ahşap	Ahşap	-	Ahşap
DUVAR BOYASI TÜRÜ	Plastik	Plastik	Badana	Plastik	Plastik	Plastik	Plastik
PENCERE TÜRÜ	Ahşap	Ahşap	Ahşap	PVC	Ahşap	PVC	Ahşap
ÖRNEKLEME SIRASINDA PENCERE DURUMU	Açık	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Kapalı
AĞAÇ/YAPIŞTIRMA/MODEL İŞİ YAPILIYOR MU?	Evet	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır
KOKU GİDERİCİ SPREY KULLANILIYOR MU?	Kullanılıyor	Kullanılıyor	Kullanılmıyor	Kullanılmıyor	Kullanılmıyor	Kullanılıyor	Kullanılmıyor
PRİZE TAKILAN TABLET VAR MI?	-	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır
SON 1 YILDA TAMİR YAPILDI MI?	Hayır	-	Hayır	Hayır	Hayır	-	Hayır
YENİ EŞYA ALINDI MI?	Bebek Odası	Bebek Odası	Oturma Odası	Yok	Yok	Bebek Odası	Yok
BEBEK KARYOLASI CİNSİ	Plastik	MDF	Sunta	MDF	MDF	Demir	MDF
İLAÇLAMAYAPILDI MI?	-	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır



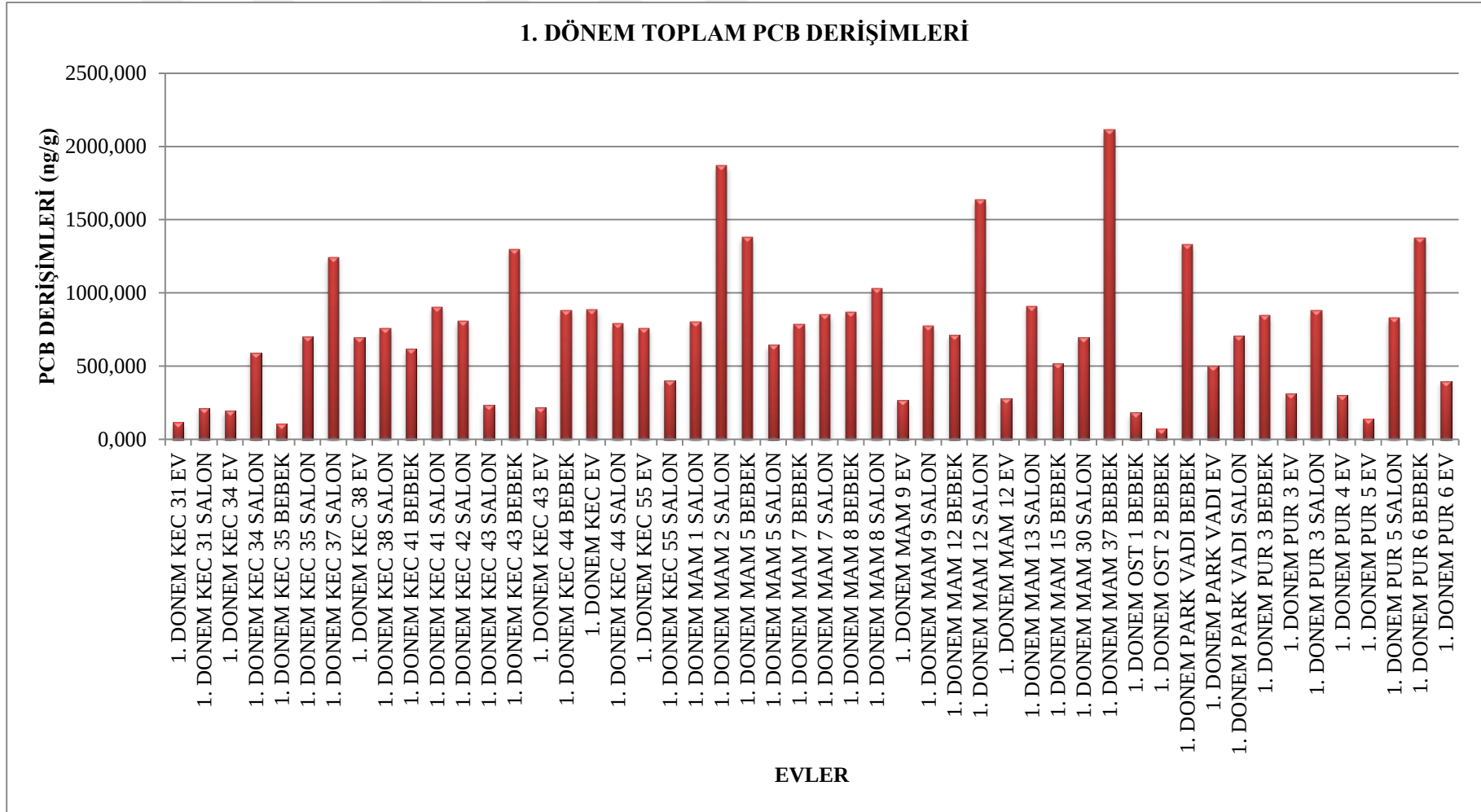
Şekil 5.1: 1. Dönem toplam PCB derişimleri



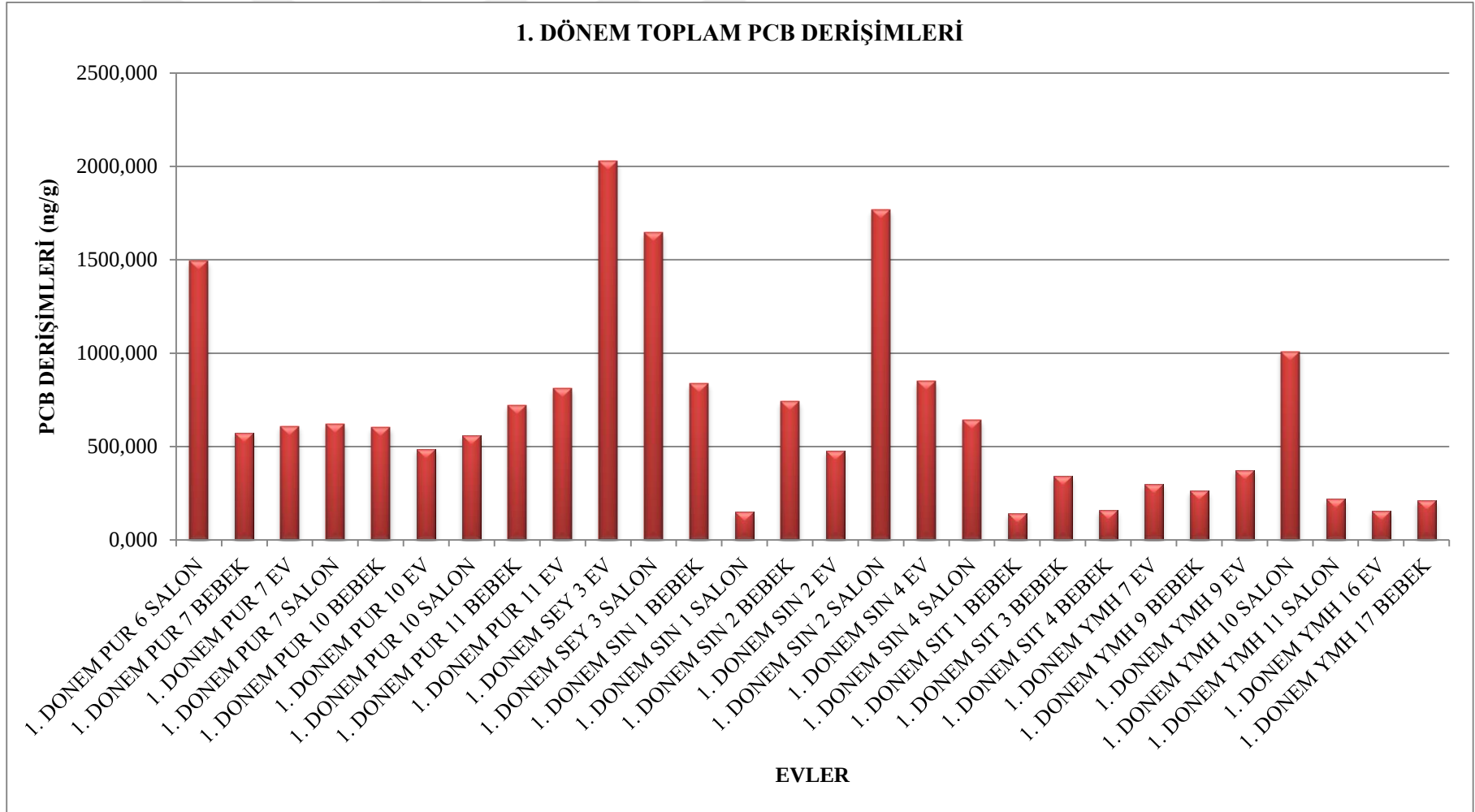
Şekil 5.2: 1. Dönem toplam PCB derişimleri



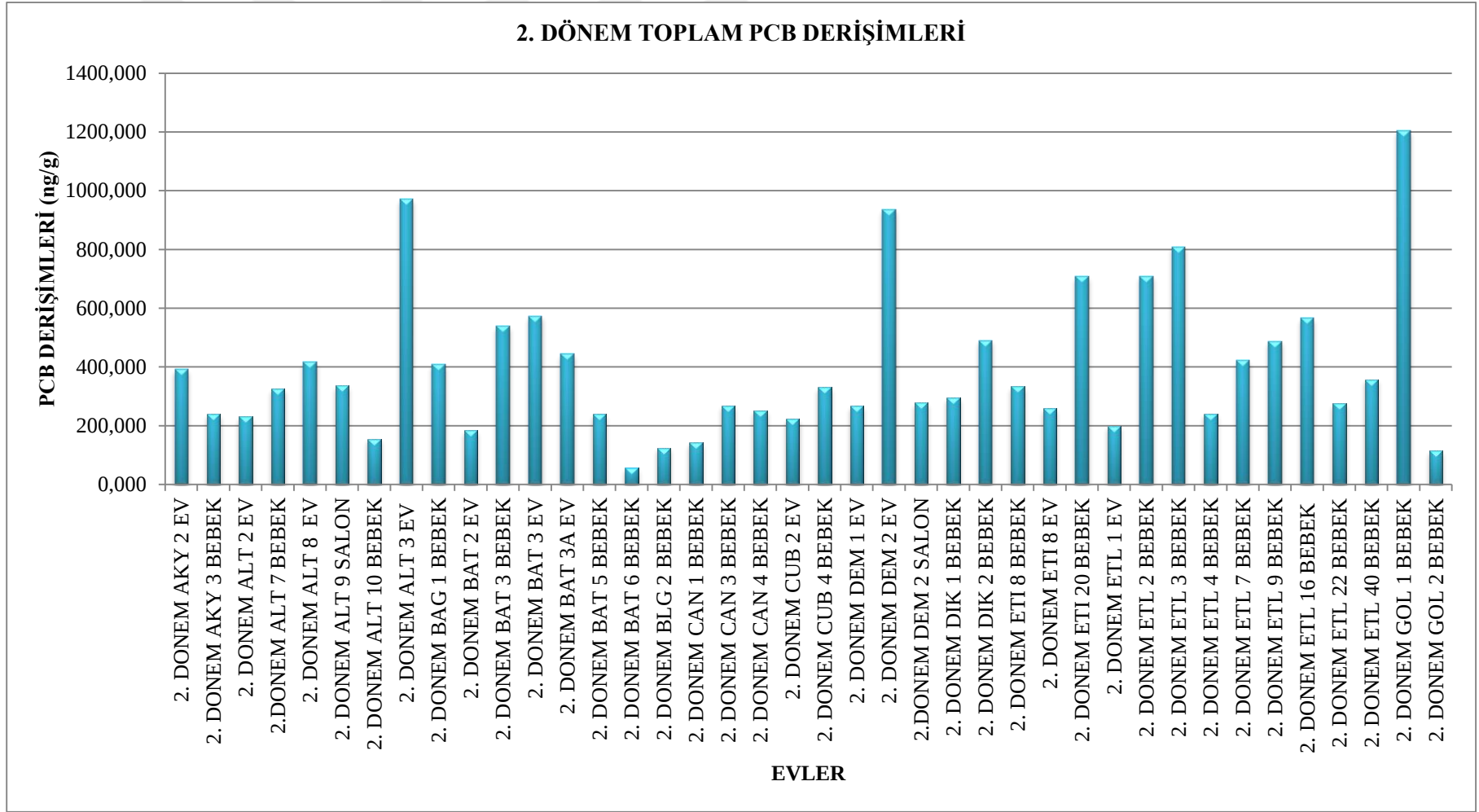
Şekil 5.3: 1. Dönem toplam PCB derişimleri



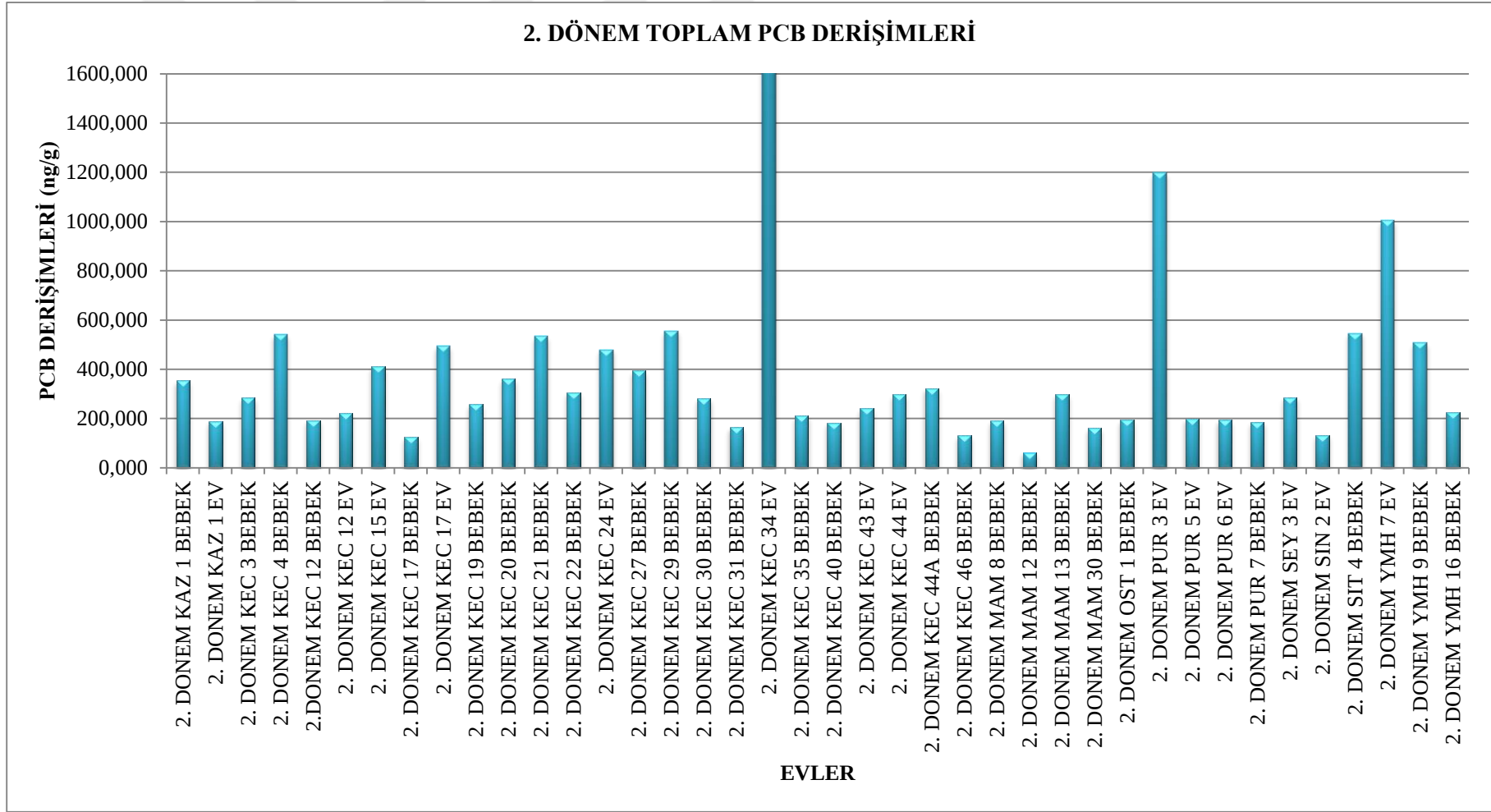
Şekil 5.4: 1. Dönem toplam PCB derişimleri



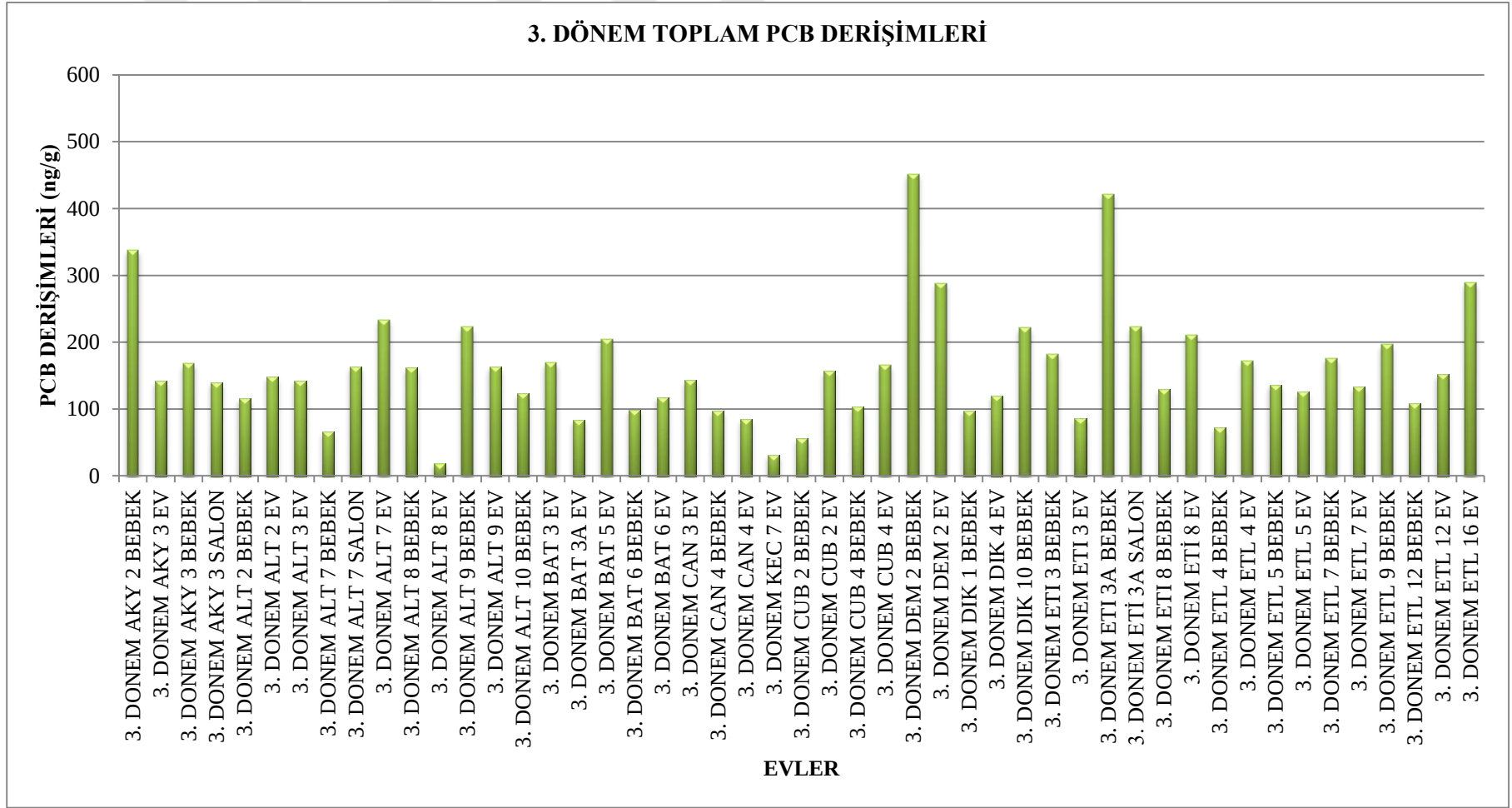
Şekil 5.5: 1. Dönem toplam PCB derişimleri



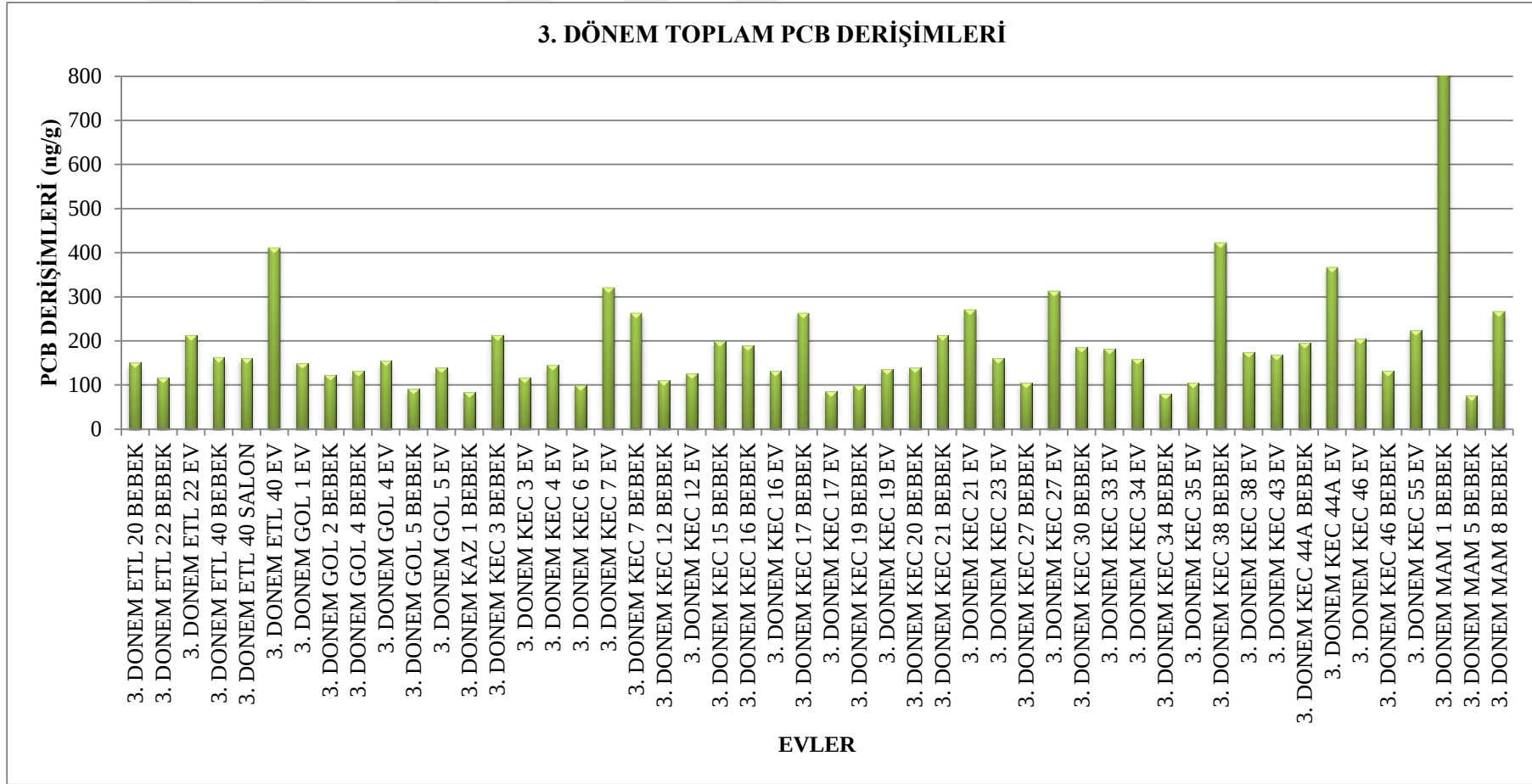
Şekil 5.6: 2. Dönem toplam PCB derişimleri



Şekil 5.7: 2. Dönem toplam PCB derişimleri

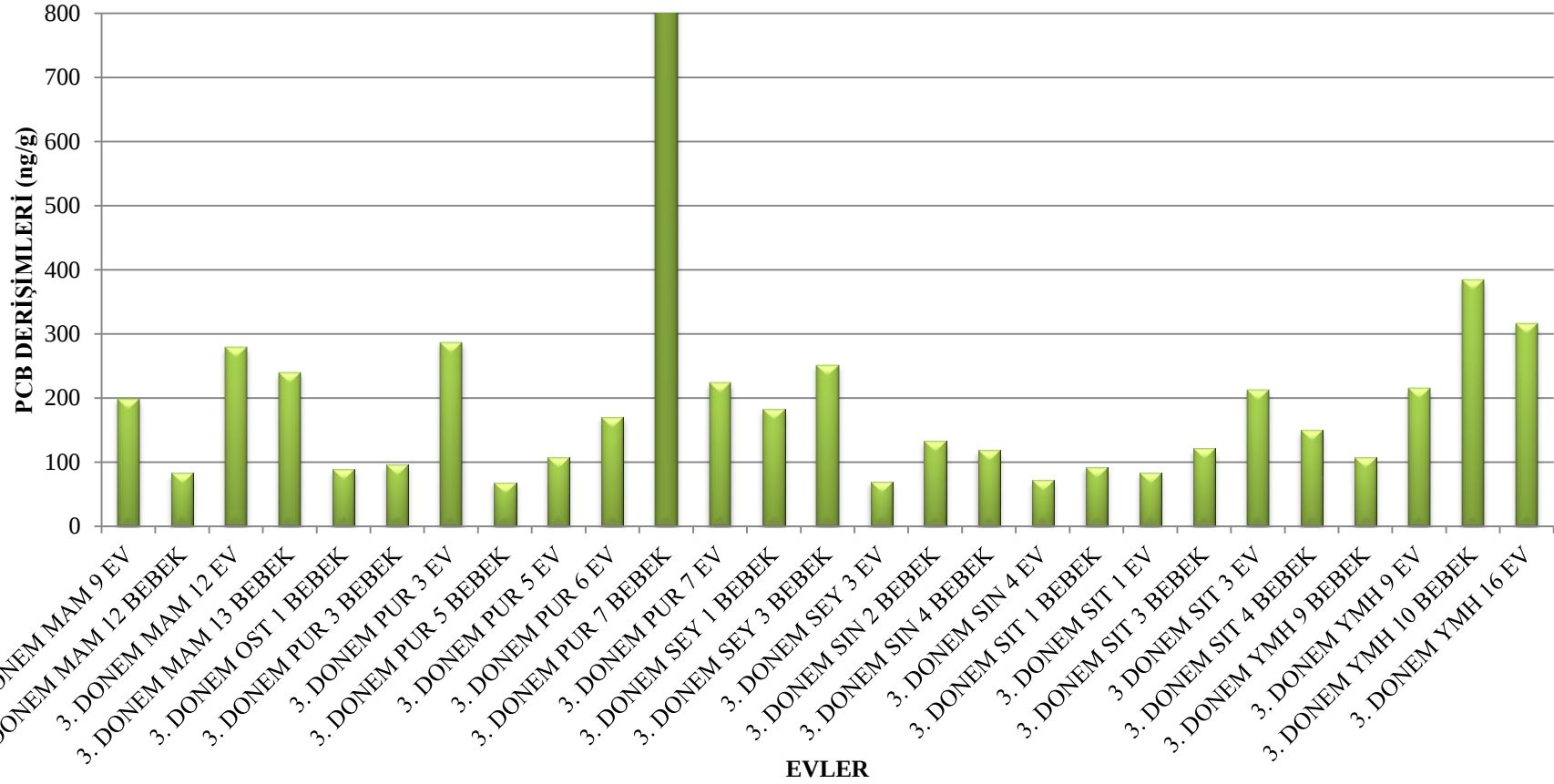


Şekil 5.8: 3. Dönem toplam PCB derişimleri



Şekil 5.9: 3. Dönem toplam PCB derişimleri

3. DÖNEM TOPLAM PCB DERİŞİMLERİ



Şekil 5.10: 3. Dönem toplam PCB derişimleri

5.1.1. I. Dönem PCB Verilerinin Değerlendirmesi

Birinci dönem örnekleme periyodu 2011 yılının Nisan-Temmuz ayları arasında gerçekleştirilmiştir. 1. Dönemde (Yaz 1) 110 gönüllü kişinin evlerinden toz örnekleri toplanmıştır. Bebeklerin uyudukları bebek odasından ve bebeklerin uyku haricinde en çok vakitlerini geçirdiği evlerin salonlarından Rowenta marka 24 V motor gücüyle çalışan şarjlı elektrik süpürgesi ile anlık toz örnekleri toplanmıştır. Ayrıca evlere ait elektrikli süpürge makinelerinin toz haznesinden kümülatif toz örnekleri toplanmıştır.

1. Dönem bebek odasından toplanan anlık toz örneklerine ait ortalama, medyan, standart sapma, minimum, maksimum ve toplam değerleri Çizelge 5.4’ de verilmiştir. 1. dönem bebek odasından toplanan toz örneklerinde bulunan en yüksek toplam PCB derişimi, Mamak’ ta yer alan (MAM 37) bir evde 2112,81 ng/g olarak tespit edilmiştir. 1. dönem bebek odasından toplanan anlık toz örneklerindeki PCB bileşiklerinin derişimlerine göre sıralaması; PCB 153 > PCB 52 > PCB 138 > PCB 180 > PCB 28 > PCB101 > PCB 118 olarak bulunmuştur (Çizelge 5.4).

Çizelge 5.4: 1. Dönem bebek odası analiz sonuçları (ng/g)

PCB	ÖRNEK SAYISI	ORTALAMA	MEDYAN	STANDART SAPMA	MİN.	MAK.	TOPLAM
PCB 28	72	15,46	12,24	12,28	3,83	86,37	1113,39
PCB 52	72	151,73	32,62	271,40	3,89	1025,17	10924,9
PCB 101	72	13,92	13,00	7,97	2,40	52,46	1002,62
PCB 118	45	13,09	7,31	31,29	1,43	213,13	589,20
PCB 138	72	32,65	15,70	39,71	2,69	173,95	2351,27
PCB 153	71	444,88	536,86	309,10	0,06	1101,02	31586,7
PCB 180	72	16,97	14,08	12,91	3,34	84,01	1222,54
ΣPCB	72	677,64	616,67	469,24	74,95	2112,82	48790,6

1. Dönem evlerin salonlarından toplanan anlık toz örneklerine ait ortalama, medyan, standart sapma, minimum, maksimum ve toplam değerleri Çizelge 5.5’ de verilmiştir. 1. dönem salondan toplanan toz örneklerinde bulunan en yüksek toplam PCB derişimi Çankaya’ da (CAN 4) yer alan bir evde 2040,98 ng/g olarak tespit edilmiştir. 1. dönem salondan toplanan anlık toz örneklerindeki PCB bileşiklerinin derişimlerine göre sıralaması; PCB153 > PCB 52 > PCB 138 > PCB 180 > PCB 28 > PCB 101 > PCB 118 olarak bulunmuştur (Çizelge 5.5).

Çizelge 5.5: 1. Dönem salon analiz sonuçları (ng/g)

PCB	ÖRNEK SAYISI	ORTALAMA	MEDYAN	STANDART SAPMA	MİN.	MAK.	TOPLAM
PCB 28	94	15,86	11,15	20,70	3,98	195,44	1491,35
PCB 52	94	157,81	30,03	288,75	14,26	1204,08	14834,2
PCB 101	94	15,29	12,96	11,97	2,51	99,56	1437,78
PCB 118	69	14,49	5,74	26,86	1,56	135,32	999,91
PCB 138	93	32,11	16,42	57,35	3,23	419,10	2986,87
PCB 153	92	528,43	589,27	312,85	0,20	1800,24	48615,9
PCB 180	94	17,23	12,32	18,94	3,12	132,87	1619,67
ΣPCB	94	765,80	734,26	453,68	72,81	2040,99	71985,7

1. Dönem evlerin elektrikli süpürgelerinden alınan kümülatif toz örneklerine ait ortalama, medyan, standart sapma, minimum, maksimum ve toplam değerleri Çizelge 5.6’ da verilmiştir. 1. dönem ev süpürgelerinden toplanan toz örneklerinde bulunan en yüksek toplam PCB derişimi Seyran’ da (SEY 3) yer alan bir evde 2029,38 ng/g olarak tespit edilmiştir. 1. dönem evlerin elektrikli süpürgelerinden alınan kümülatif toz örneklerindeki PCB bileşiklerinin derişimlerine göre sıralaması; PCB 153 > PCB 52 > PCB 138 > PCB 28 > PCB 180 > PCB101 > PCB 118 olarak bulunmuştur (Çizelge 5.6.).

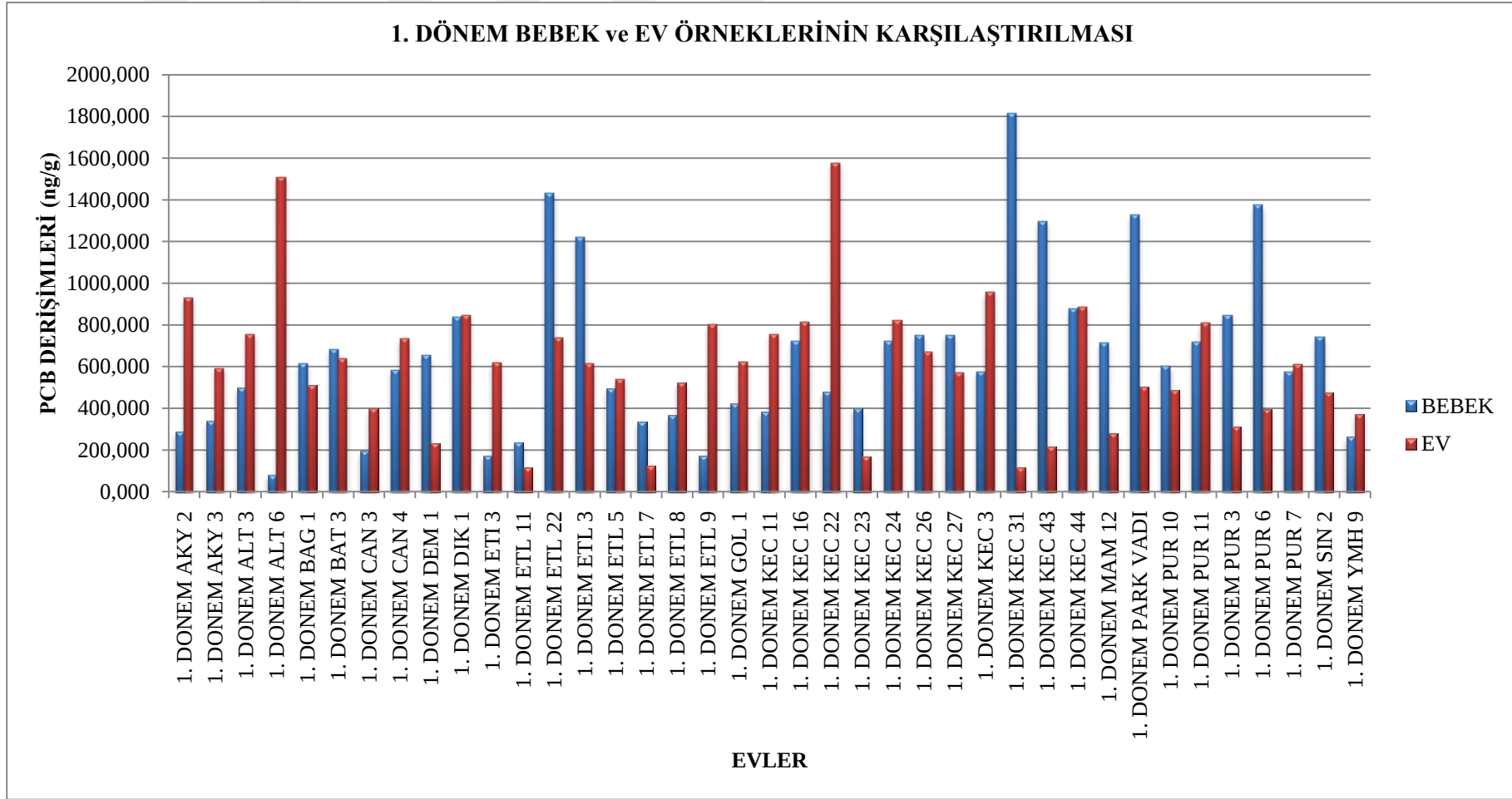
Çizelge 5.6: 1. Dönem ev analiz sonuçları (ng/g)

PCB	ÖRNEK SAYISI	ORTALAMA	MEDYAN	STANDART SAPMA	MİN.	MAK.	TOPLAM
PCB 28	61	24,38	18,76	18,80	4,30	105,37	1487,69
PCB 52	61	60,73	43,17	100,35	12,65	803,90	3704,8
PCB 101	60	19,44	17,38	7,47	7,32	52,73	1166,65
PCB 118	50	19,18	10,96	26,99	1,99	154,25	959,29
PCB 138	60	52,35	24,90	74,35	4,35	499,56	3141,13
PCB 153	58	396,98	414,86	320,89	0,47	1255,31	23025,3
PCB 180	61	24,06	18,86	18,54	4,39	107,73	1468,16
ΣPCB	61	573,00	537,71	363,22	72,82	2029,39	34953,1

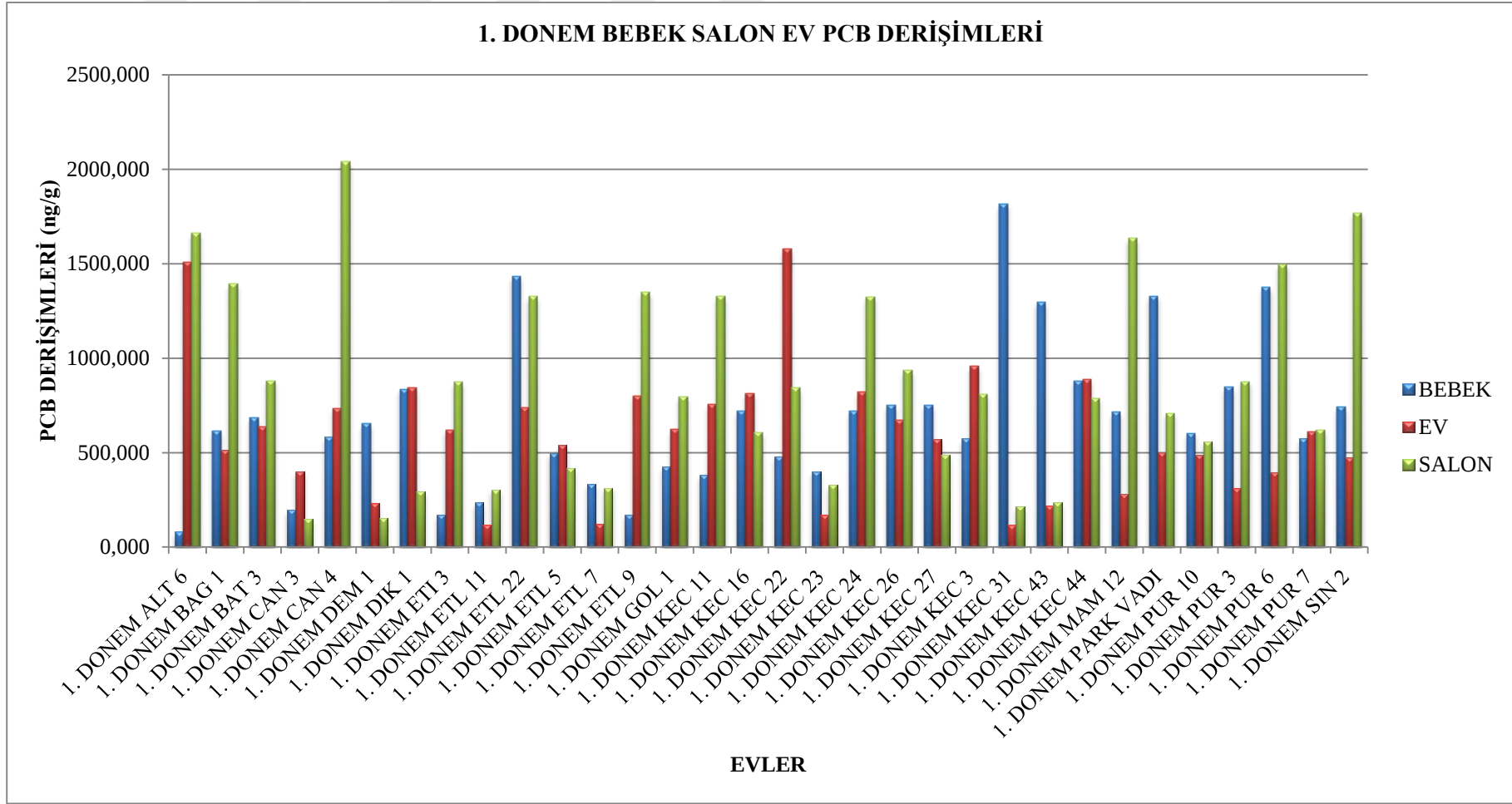
1. döneme ait evlerin elektrikli süpürgelerinden alınan kümülatif toz örnekleri ile bebek odasından toplanan anlık toz örneklerinin toplam PCB konsantrasyonlarının karşılaştırılması Şekil 5.11’ de gösterilmiştir. Bazı evlerin bebek odasından alınan anlık toz örneklerindeki PCB derişimi, evlerin elektrikli süpürgelerinden alınan kümülatif toz örneklerinden fazla olduğu gibi bazı evlerde de bu durumun aksisinin olduğu Şekil 5.11’ de görölmektedir.

1. döneme ait evlerin elektrikli süpürgelerinden alınan kümülatif toz örnekleri ile bebek odasından ve salonlardan toplanan anlık toz örneklerinin karşılaştırılması Şekil 5.12’ de verilmiştir. Şekil 5.12’ de göröldüğü gibi salon ve bebek odasından toplanan anlık toz örneklerindeki $\sum$ PCB derişimleri ile evlerin süpürgelerinden alınan kümülatif toz örneklerindeki $\sum$ PCB derişimleri farklılık göstermektedir.

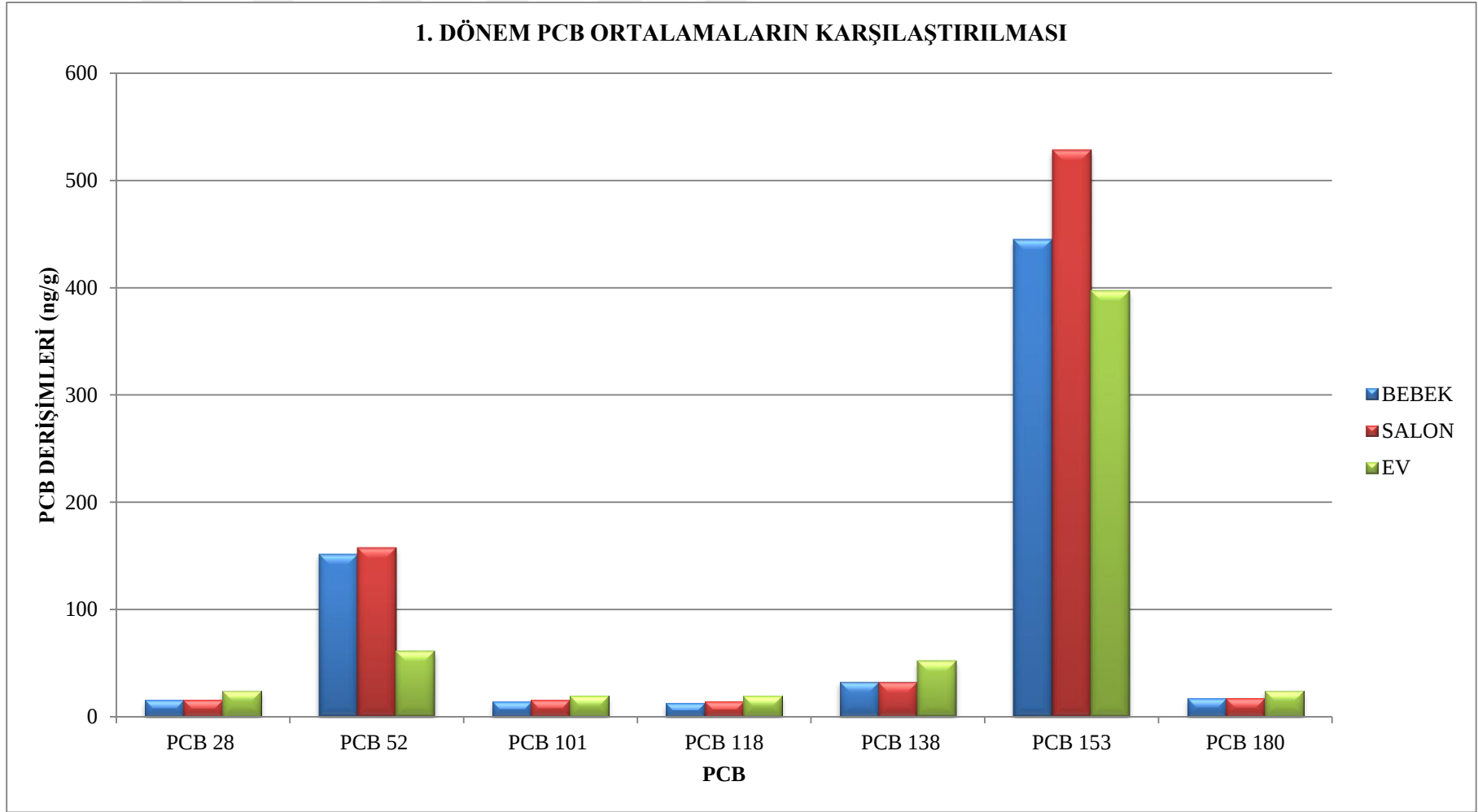
1. dönem evlerin bebek odası ve salonlarından toplanan anlık toz örnekleri ile evlerin elektrikli süpürge makinelerinden alınan kümülatif toz örneklerindeki her bir PCB bileşiminin ortalama değerlerini karşılaştırdığımızda; sırasıyla PCB 153, PCB 52 ve PCB 138’ in konsantrasyonları yüksek çıkmıştır (Şekil 5.13). Ortak kullanım yeri olan evlerin salonundan toplanan anlık toz örneklerindeki ortalama PCB 153 değeri; evlerin bebek odasından toplanan anlık toz örneklerinden yüksek çıkmıştır. Yapı malzemelerinde kullanılan Aroclor 1254, 1248, 1260 gibi ticari karışımlarının içinde belli oranlarda PCB 153, PCB 52 ve PCB 138 PCB bileşikleri vardır. Yaptığımız bu deneysel çalışmada beklediğimiz bir sonuçla karşılaştık.



Şekil 5.11: 1. Dönem bebek ve ev örneklerinin karşılaştırılması



Şekil 5.12: 1. Dönem bebek, ev ve salon PCB derişimlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.13: 1. Dönem örneklerinin PCB bileşiklerinin ortalama değerlerinin karşılaştırılması

5.1.2. II. Dönem PCB Verilerinin Değerlendirmesi

2. dönem (Kış 1) örnekleme periyodu 2011 yılının Ekim-Aralık ayları arasında gerçekleştirilmiştir. 2. Dönemde (Kış 1) 74 gönüllü kişinin evlerinden toz örnekleri toplanmıştır. Bebeklerin uyudukları bebek odasından Rowenta marka 24 V motor gücüyle çalışan şarjlı elektrik süpürgesi ile anlık toz örnekleri toplanmıştır. Ayrıca evlere ait elektrikli süpürge makinelerinin toz haznesinden kümülatif toz örnekleri toplanmıştır.

2. dönem bebek odasından toplanan anlık toz örneklerine ait ortalama, medyan, standart sapma, minimum, maksimum ve toplam değerleri Çizelge 5.7’ de verilmiştir. 2. dönem bebek odasından toplanan anlık toz örneklerinde bulunan en yüksek toplam PCB derişimi Gölbaşı’nda yer alan (GÖL 1) bir evde 1204,26 ng/g olarak tespit edilmiştir. 2. dönem bebek odasından toplanan anlık toz örneklerindeki PCB bileşiklerinin derişimlerine göre sıralanması; PCB 138 > PCB 52 > PCB 180 > PCB 153 > PCB 28 > PCB 118 > PCB 101 olarak bulunmuştur (Çizelge 5.7).

Çizelge 5.7: 2. Dönem bebek odası analiz sonuçları (ng/g)

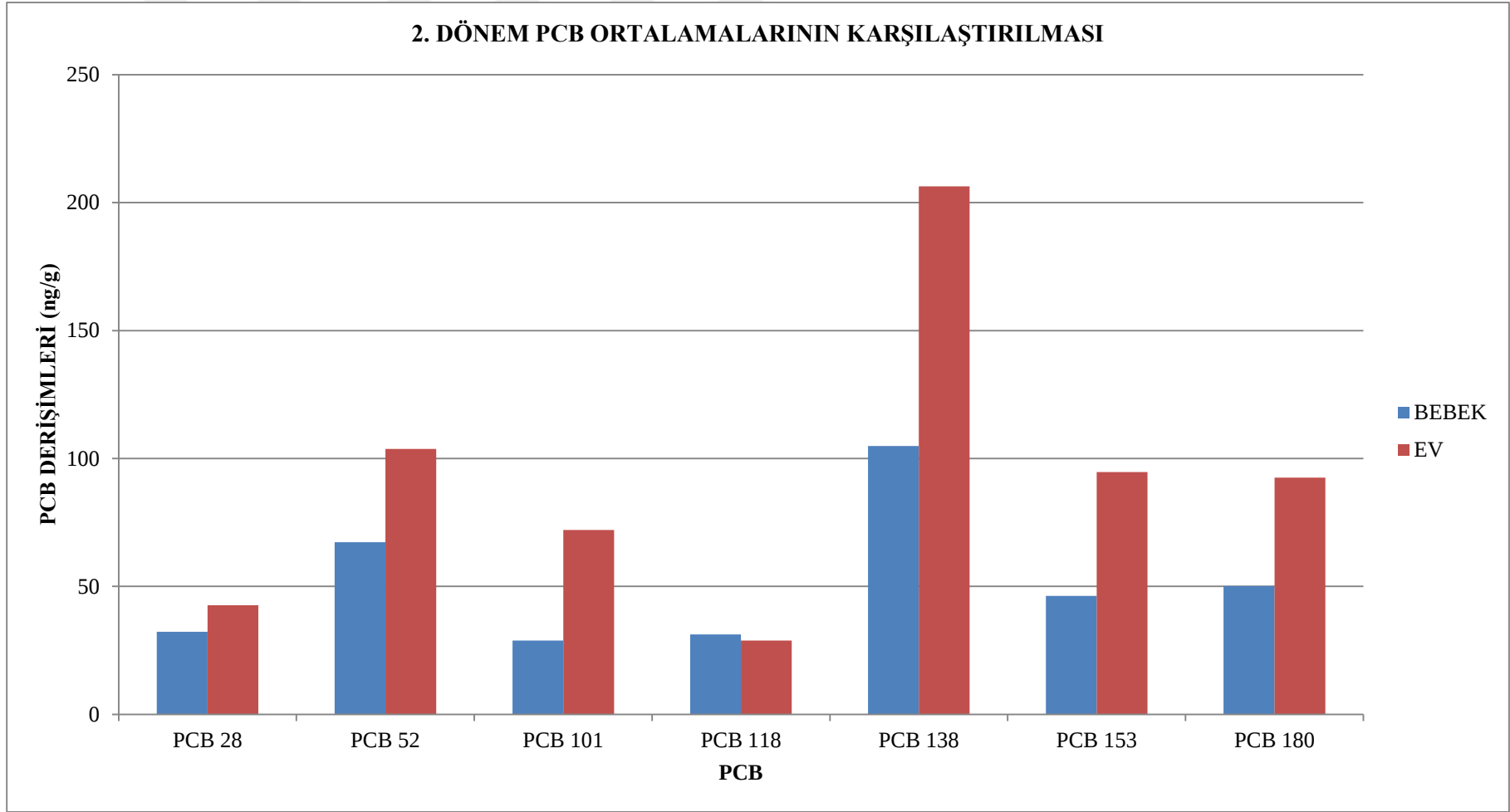
PCB	ÖRNEK SAYISI	ORTALAMA	MEDYAN	STANDART SAPMA	MİN.	MAK.	TOPLAM
PCB 28	52	32,25	23,99	27,21	7,5	187,37	1677,39
PCB 52	52	67,30	55,38	36,56	12,04	154,64	3499,65
PCB 101	52	28,85	26,12	15,59	6,98	92,87	1500,42
PCB 118	37	31,27	14,14	70,93	4,28	435,60	1157,31
PCB 138	52	104,91	60,58	124,81	6,24	643,26	5455,54
PCB 153	38	46,33	19,61	46,80	0,27	140,67	1760,9
PCB 180	52	50,12	36,71	55,13	6,88	341,68	2606,67
ΣPCB	52	339,57	288,65	211,23	57,15	1204,27	17657,9

2. dönem evlerin elektrikli süpürge makinelerinden alınan kümülatif toz örneklerine ait ortalama, medyan, standart sapma, minimum, maksimum ve toplam değerleri Çizelge 5.8’ de verilmiştir. 2. dönem evlerin süpürgelerinden alınan toz örneklerinde bulunan en yüksek toplam PCB derişimi Keçiören’de yer alan (KEC 34) bir evde 5372,20 ng/g olarak tespit edilmiştir. 2. dönem evlerin elektrikli süpürgelerinden alınan kümülatif toz örneklerindeki PCB bileşiklerinin derişimlerine göre sıralanması; PCB 138 > PCB 52 > PCB 153 > PCB 180 > PCB 101 > PCB 28 > PCB 118 olarak bulunmuştur (Çizelge 5.8).

Çizelge 5.8: 2. Dönem ev analiz sonuçları (ng/g)

PCB	ÖRNEK SAYISI	ORTALAMA	MEDYAN	STANDART SAPMA	MINİMUM	MAKSİMUM	TOPLAM
PCB 28	26	42,71	33,19	45,14	11,80	224,27	1110,54
PCB 52	26	103,76	60,76	155,86	23,69	830,80	2697,9
PCB 101	25	72,02	28,75	101,49	16,52	403,79	1800,51
PCB 118	19	28,86	19,65	30,23	2,99	124,51	548,34
PCB 138	26	206,39	71,92	490,89	18,77	2560,93	5366,32
PCB 153	20	94,69	43,03	141,86	3,28	597,55	1893,93
PCB 180	26	92,52	38,60	189,34	6,23	854,12	2405,6
ΣPCB	26	608,58	292,53	1014,28	131,52	5372,21	15823,2

2. döneme ait evlerin elektrikli süpürgelerinden alınan kümülatif toz örnekleri ile bebek odasından toplanan anlık toz örneklerinin karşılaştırılması Şekil 5.14’ de gösterilmiştir. Şekil 5.14’ de görüldüğü gibi 2. dönem toz örneklerinde; PCB 138, 52, 138 ve 180 bileşiklerin derişimleri yüksek bulunmuştur. Ayrıca evlerinden elektrikli süpürgelerinden alınan kümülatif toz örneklerinin derişimi daha yüksek bulunmuştur.



Şekil 5.14: 2. Dönem örneklerinin PCB bileşiklerinin ortalama değerlerinin karşılaştırılması

5.1.3. III. Dönem PCB Verilerinin Değerlendirmesi

Üçüncü dönem örnekleme periyodu 2012 yılının Nisan-Haziran ayları arasında gerçekleştirilmiştir. 3. Dönemde (Yaz 2) 75 gönüllü kişinin evlerinden toz örnekleri toplanmıştır. Bebeklerin uyudukları bebek odasından Rowenta marka 24 V motor gücüyle çalışan şarjlı elektrik süpürgesi ile anlık toz örnekleri toplanmıştır. Ayrıca evlere ait elektrikli süpürge makinelerinin toz haznesinden kümülatif toz örnekleri toplanmıştır. Bu deneysel çalışmalarda 3. dönem toplanan toz örneklerinde sadece PCB 28, PCB 52 ve PCB 180 tespit edilmiştir.

3. dönem bebek odasından alınan anlık toz örneklerine ait ortalama, medyan, standart sapma, minimum, maksimum ve toplam değerleri Çizelge 5.9’ da verilmiştir. 3. dönem bebek odasından toplanan anlık toz örneklerinde bulunan en yüksek toplam PCB derişimi Pursaklar’ da yer alan (PUR 7) bir evde 9598,37 ng/g olarak tespit edilmiştir. 3. dönem bebek odasından toplanan anlık toz örneklerindeki PCB bileşiklerinin derişimlerine göre sıralaması; PCB 28 > PCB 52 > PCB 180 olarak bulunmuştur (Çizelge 5.9).

Çizelge 5.9: 3. Dönem bebek analiz sonuçları (ng/g)

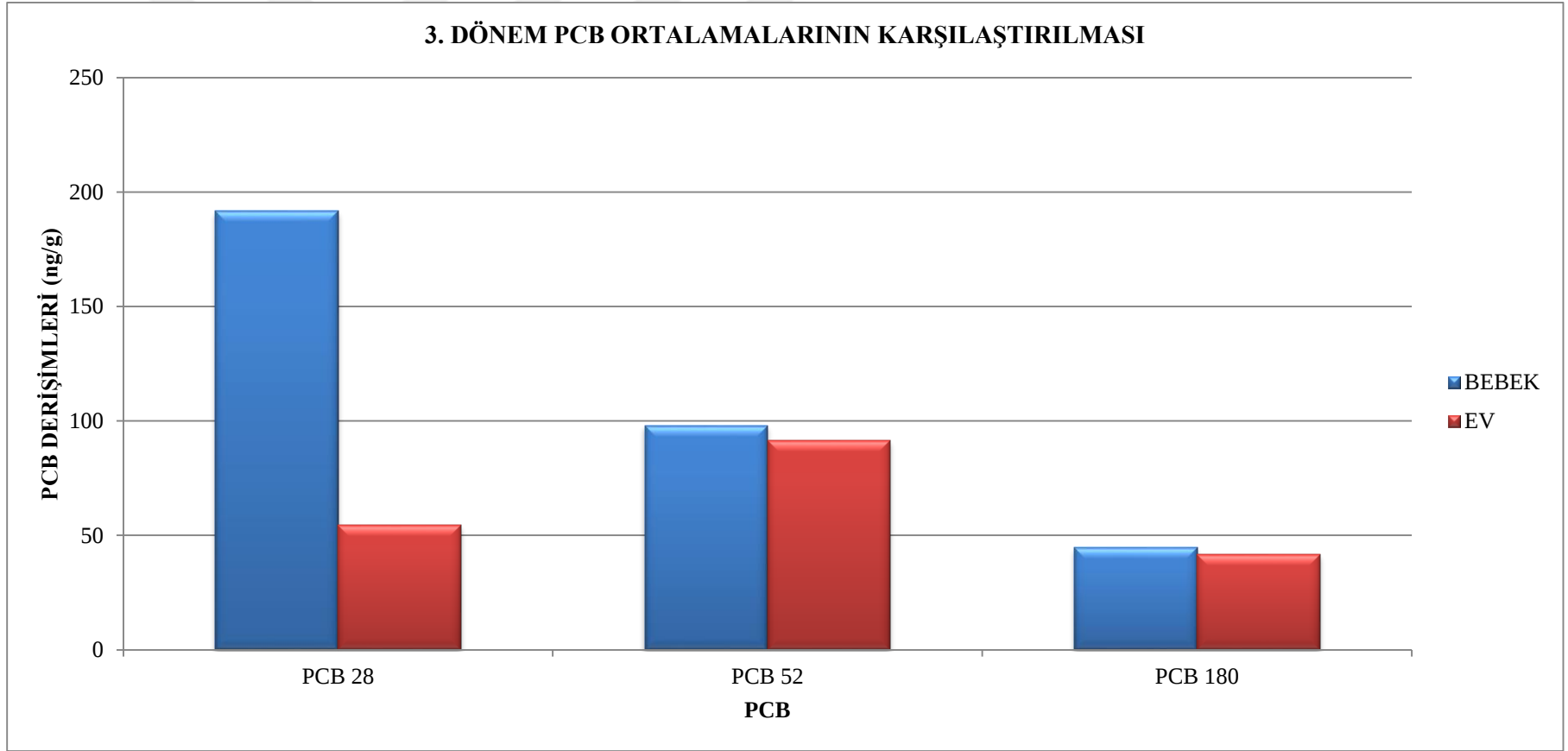
PCB	ÖRNEK SAYISI	ORTALAMA	MEDYAN	STANDART SAPMA	MİNİMUM	MAKSİMUM	TOPLAM
PCB 28	62	191,78	34,29	1204,54	10,55	9521,49	11890,8
PCB 52	62	98,09	66,53	132,44	21,13	1035,94	6081,65
PCB 180	62	44,70	35,57	40,47	8,12	251,94	2771,62
ΣPCB	62	334,58	134,44	1207,54	56,18	9598,38	20744,1

3. dönem evlerin elektrikli süpürgelerinden alınan kümülatif toz örneklerine ait ortalama, medyan, standart sapma, minimum, maksimum ve toplam değerleri Çizelge 5.10’ da verilmiştir. 3. dönem evlerin elektrikli süpürge makinelerinden alınan kümülatif toz örneklerinde bulunan en yüksek toplam PCB derişimi Altındağ’da yer alan (ALT 10) bir evde 1057,28 ng/g olarak tespit edilmiştir. 3. dönem evlerin elektrikli süpürge makinelerinden alınan kümülatif toz örneklerindeki PCB bileşiklerinin derişimlerine göre sıralaması; PCB 28 > PCB 52 > PCB 180 olarak bulunmuştur (Çizelge 5.10).

Çizelge 5.10: 3. Dönem ev analiz sonuçları (ng/g)

PCB	ÖRNEK SAYISI	ORTALAMA	MEDYAN	STANDART SAPMA	MİN.	MAK.	TOPLAM
PCB 28	61	54,45	36,95	91,15	2,92	728,36	3321,47
PCB 52	61	91,32	77,09	50,32	3,37	239,49	5570,68
PCB 180	61	41,53	36,67	25,59	6,23	103,82	2533,37
ΣPCB	61	187,30	158,9	138,28	19,14	1057,29	11425,5

3. Dönem evlerin elektrikli süpürge makinelerinden alınan kümülatif toz örnekleri ile evlerin bebek odasından toplanan anlık toz örneklerindeki PCB bileşiklerinin ortalama değerlerinin karşılaştırılması Şekil 5.15’ de verilmiştir.



Şekil 5.15: 3. Dönem örneklerinin PCB bileşiklerinin ortalama değerlerinin karşılaştırılması

5.2. Verilerin Mevsimsel Olarak Değerlendirmesi

Evlerden toplanan toz örneklerinin mevsimsel kıyaslanmasında; 2011 yılının Nisan-Temmuz ayları arasına toplanan 1. Dönem numuneleri ile 2011 yılının Ekim-Aralık ayları arasına toplanan 2. Dönem toz örnekleri kullanılmıştır. Her iki dönemden de numune aldığımız 30 evin bebek odasından; her iki dönemden de örnek aldığımız 16 eve ait elektrikli süpürge makinelerinden alınan toz örneklerinin mevsimsel olarak PCB derişimleri değerlendirilmiştir (Çizelge 5.11). Yapılan analizler sonucunda; yaz dönemindeki ortalama Σ PCB derişimleri, kış döneminden daha fazla çıkmıştır.

Şekil 5.16' da görüldüğü gibi yaz aylarında evlerin bebek odasından toplanan anlık toz örneklerinde PCB 153 ve PCB 52 bileşiklerinin derişimleri yüksek çıkmıştır. Kış aylarında evlerin bebek odasından toplanan anlık toz örneklerinde ise PCB 52 ve PCB 138 bileşikleri yüksek çıkmıştır.

Şekil 5.17' de ise evlerin bebek odasından toplanan anlık toz örneklerinde toplam PCB derişimlerinin mevsimsel olarak kıyaslaması yapılmıştır. Şekilden anlaşılacağı gibi yaz aylarında evlerin bebek odasından toplanan anlık toz örneklerindeki toplam PCB derişimleri yüksek çıkmıştır.

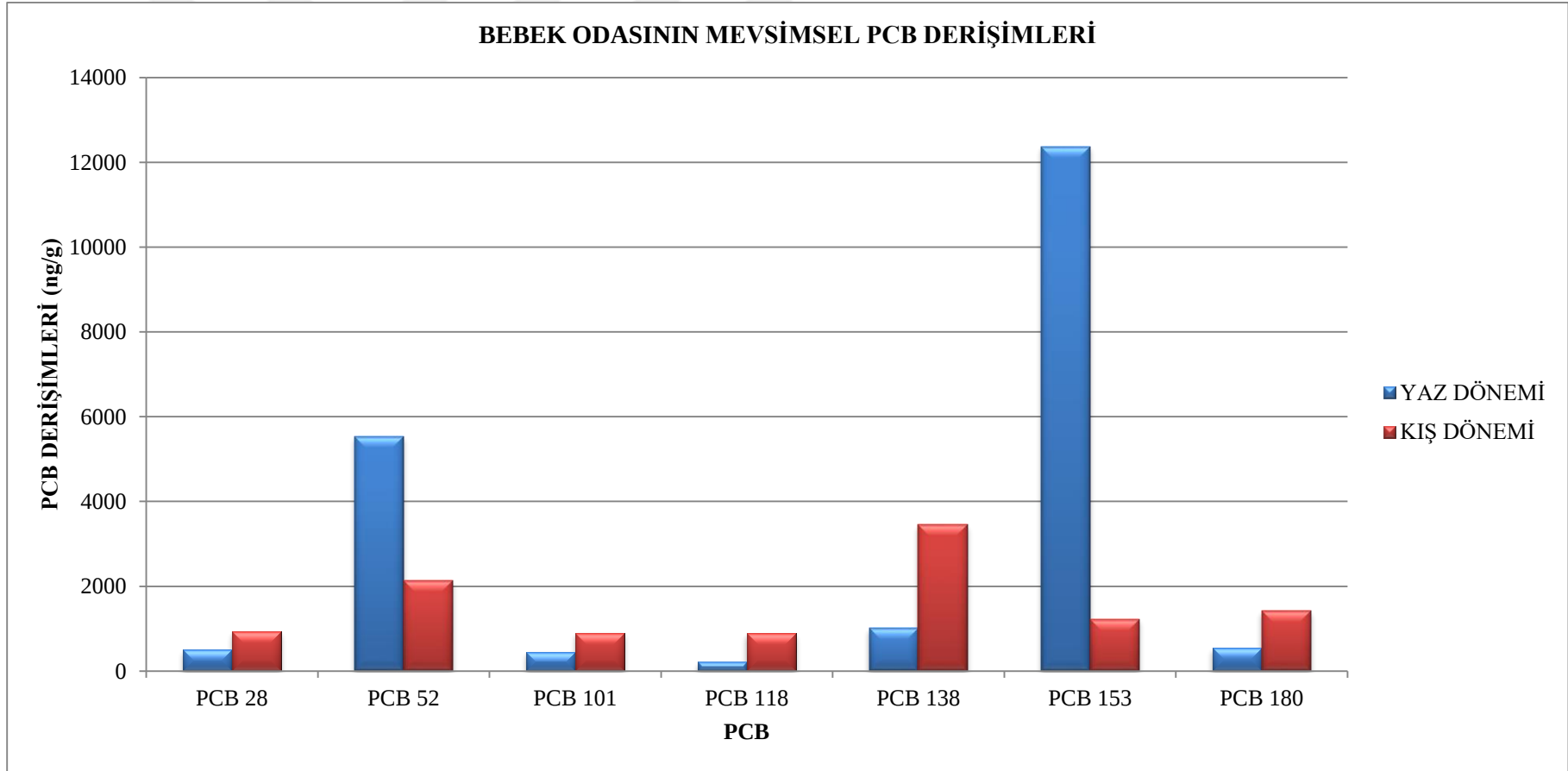
Şekil 5.18' de görüldüğü gibi yaz aylarında evlere ait elektrikli süpürge makinelerinden alınan kümülatif toz örneklerinde PCB 153 ve PCB 52 bileşiklerinin derişimleri yüksek çıkmıştır. Kış aylarında evlerin elektrikli süpürge makinelerinden alınan kümülatif toz örneklerinde ise PCB 52 ve PCB 138 bileşiklerinin derişimleri yüksek çıkmıştır.

Şekil 5.19' da ise evlere ait elektrikli süpürge makinelerinden alınan kümülatif toz örneklerindeki toplam PCB derişimlerinin mevsimsel olarak kıyaslaması yapılmıştır.

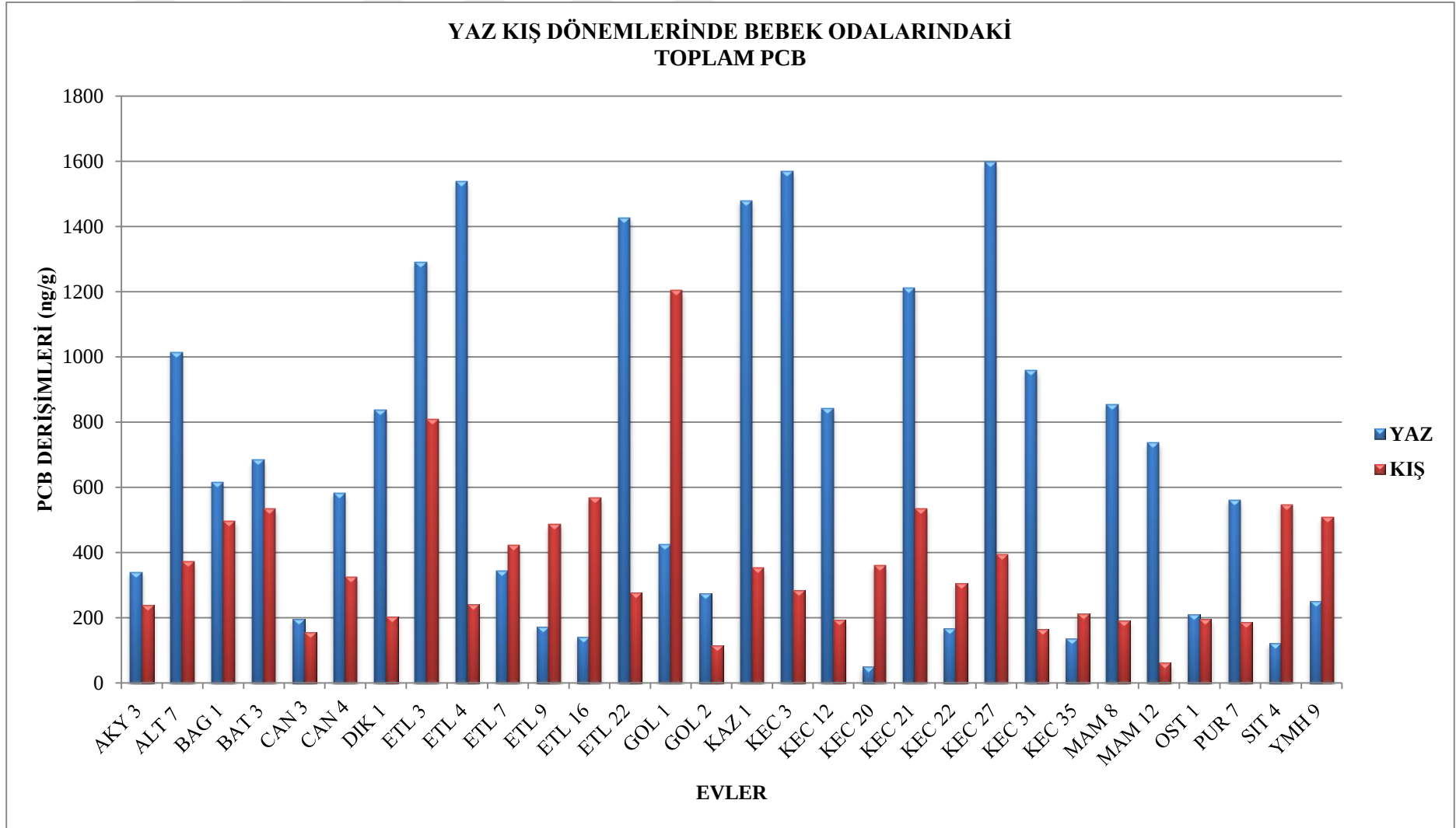
Şekil 5.16 ve Şekil 5.18 karşılaştırdığımızda; yaz ve kış dönemlerinde, evlere ait elektrikli süpürge makinelerinden alınan kümülatif toz örnekleri ile evlerin bebek odasından toplanan anlık toz örneklerinde en yüksek derişime sahip olan PCB bileşikleri aynıdır.

Çizelge 5.11: PCB' lerin mevsimsel değerlendirilmesi (ng/g)

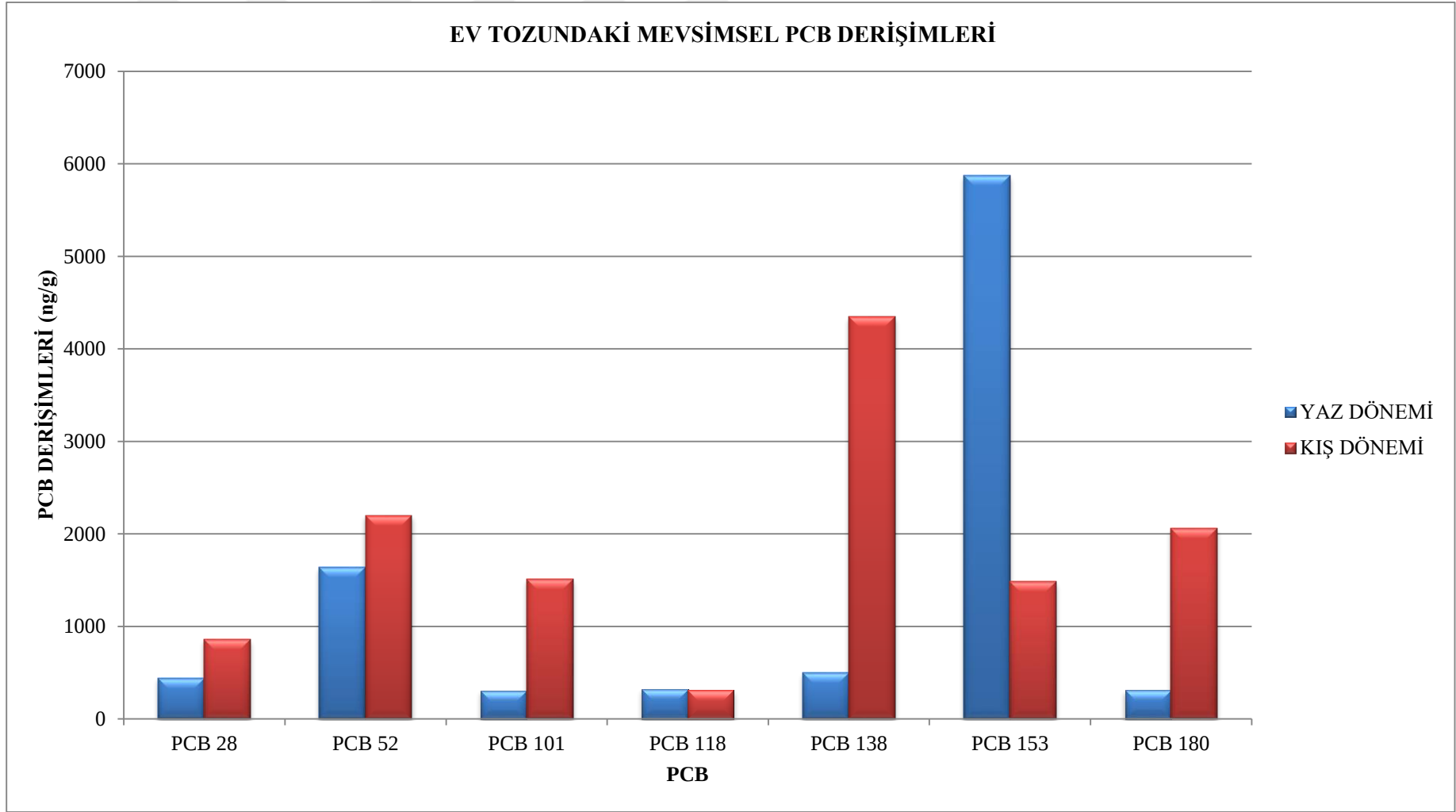
	DÖNEM	ÖRNEK SAYISI	ORTALAMA	MEDYAN	MİNİMUM	MAKSİMUM	TOPLAM
BEBEK	1. DÖNEM YAZ 1	30	687,80±507,43	579,36	106,68	1816,46	20634,3
	2. DÖNEM KIŞ 1	30	364,46±226,85	299,91	62,13	1204,27	10934,1
EV	1. DÖNEM YAZ 1	16	798,27±1267,27	345,55	131,52	5372,21	12772,4
	2. DÖNEM KIŞ 1	16	586,73±469,16	435,64	141,06	2029,39	9387,8



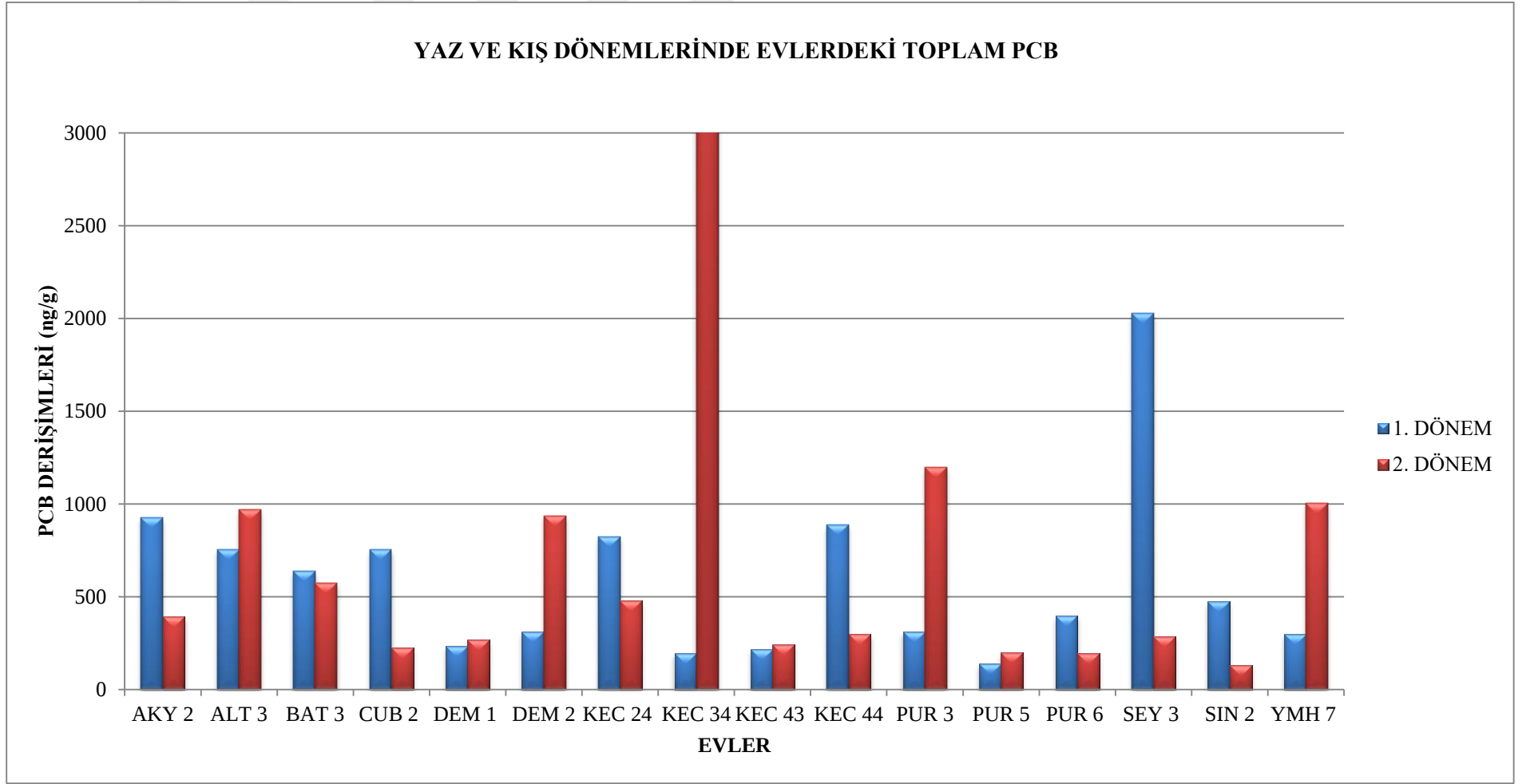
Şekil 5.16: Bebek odalarında mevsimsel PCB dağılımı



Şekil 5.17: Bebek odalarındaki toplam PCB' lerin mevsimsel kıyaslanması



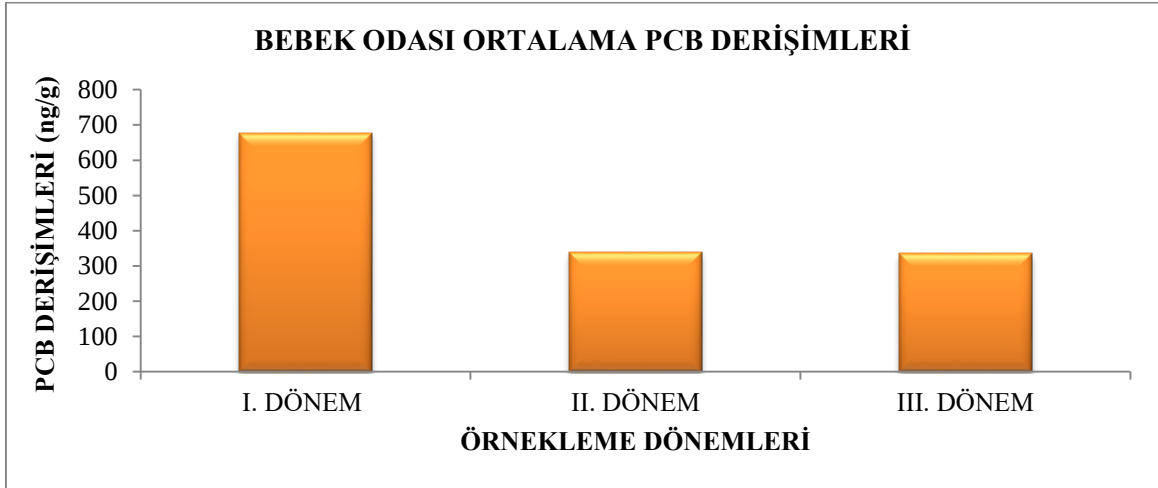
Şekil 5.18: Evlerin elektrik süpürGESİNDEN ALINAN TOZLARIN MEVSİMSEL PCB DAĞLIMI



Şekil 5.19: Evlerin elektrik süpürGESinden alınan tozların toplam PCB' lerin mevsimsel kıyaslanması

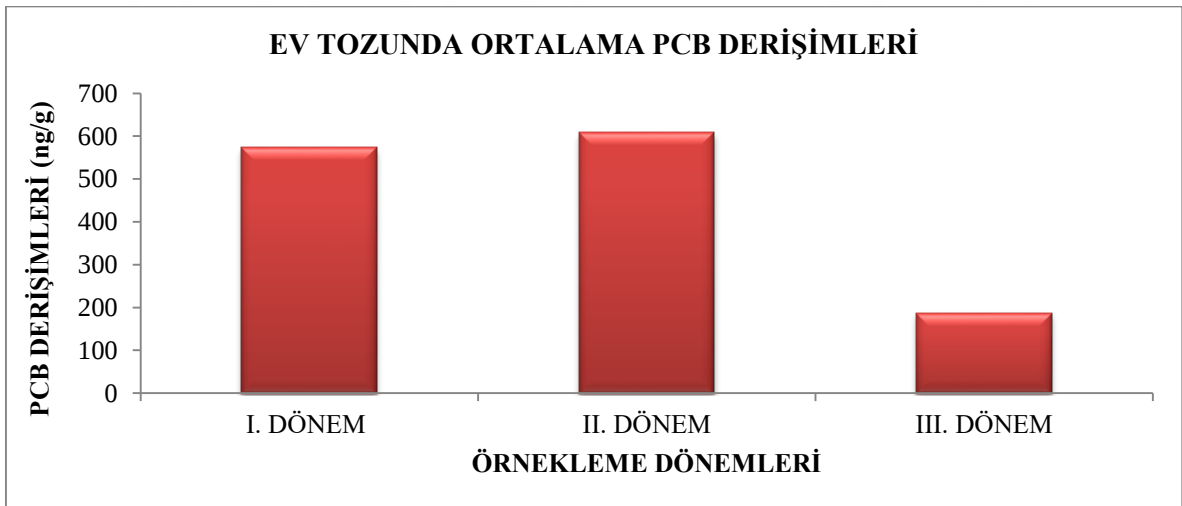
5.3. Dönemlerin Birbiri ile Karşılaştırılması

Şekil 5.20’ de görüldüğü gibi evlerin bebek odasından toplanan anlık toz örneklerinin ortalama toplam PCB derişimlerini dönemsel olarak karşılaştırdığımızda; I. Dönem en yüksek, III. Dönem ise en düşük olduğu görülmüştür (Şekil 5.20).



Şekil 5.20: Her dönemin bebek odasındaki ortalama PCB değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 5.21’ de görüldüğü gibi evlere ait elektrikli süpürge makinelerinden alınan kümülatif toz örneklerinin ortalama toplam PCB derişimini dönemsel olarak karşılaştırdığımızda II. Dönem en yüksek, III. Dönem en düşük olduğu görülmüştür.



Şekil 5.21: Her dönemin ev tozundaki ortalama PCB değerlerinin karşılaştırılması

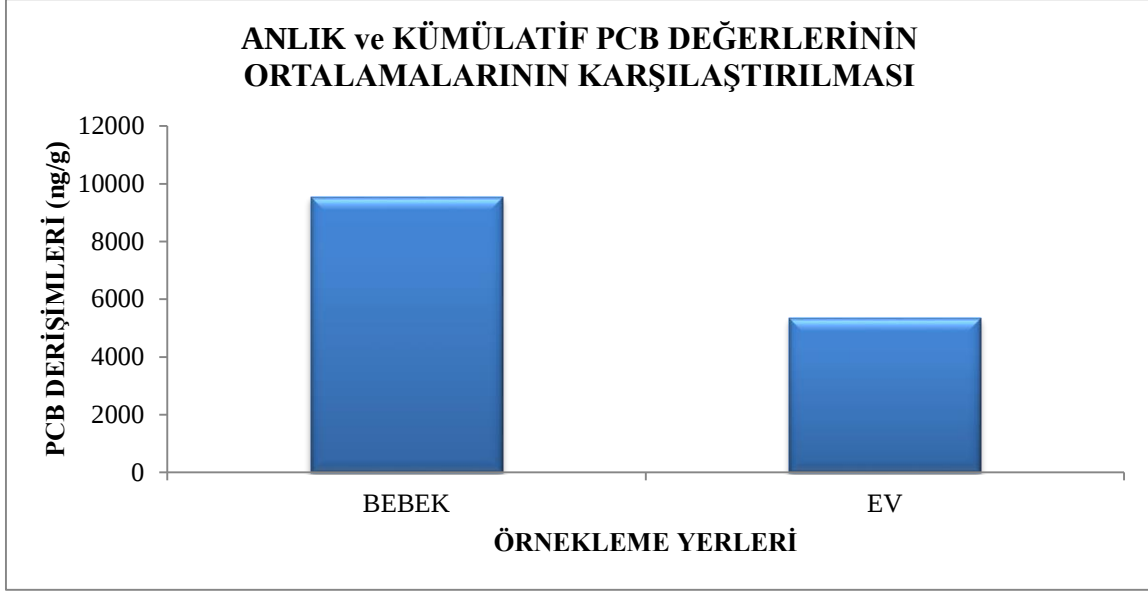
5.4. Kümülatif ve Anlık PCB Derişimlerinin Karşılaştırılması

Evlere ait elektrikli süpürge makinelerinden aldığımız toz örneklerini; kümülatif PCB derişimlerini belirlemek için kullanılmıştır. Bebek odasından Rowenta marka 24 V motor gücüyle çalışan şarjlı elektrik süpürgesi ile topladığımız toz örnekleri ise anlık PCB derişimini hesaplamak için kullanılmıştır. Bu deneysel çalışmada; anlık ve kümülatif PCB derişimlerini karşılaştırmak için tüm dönemlerde evlere ait elektrikli süpürge makinelerinden ve bebek odasından toplanan toz örnekleri kullanılmıştır. Kümülatif ve anlık PCB derişimlerinin karşılaştırılması Çizelge 5.12’ de verilmiştir.

Çizelge 5.12: Kümülatif ve anlık toplam PCB derişimlerinin karşılaştırılması (ng/g)

	ÖRNEK SAYISI	MEDYAN	STANDART SAPMA	MİN.	MAK.	ORT.	TOPLAM
BEBEK	186	267,44	778,01	56,18	9598,38	9542,19	87192,6
EV	148	266,31	524,48	19,14	5372,21	5353,07	62201,8

Yukarıdaki çizelgede görüldüğü gibi 148 örnek kümülatif PCB derişimlerinin, 186 örnek ise anlık PCB derişimlerinin hesaplanmasında kullanıldı. Yapılan analizler sonucunda bebek odasındaki ortalama $\sum$ PCB derişimi (9542 ng/g), evlere ait elektrikli süpürge makinelerinden alınan örneklerin ortalama $\sum$ PCB derişiminden (5353,07 ng/g) yüksek çıkmıştır. Ortalama $\sum$ PCB derişimlerinin kıyaslanması Şekil 5.22’ de gösterilmiştir. Grafikte görüldüğü gibi bebek odasının anlık PCB derişimi, evlere ait elektrikli süpürge makinelerinden alınan kümülatif PCB derişiminden yüksek çıkmıştır.



Şekil 5.22: Kümülatif ve anlık ortalama PCB derişimlerinin karşılaştırılması

5.5. Ev Koşulları ile Analiz Sonuçlarının İstatiksel Değerlendirilmesi

Hastanelerde proje hakkında bilgilendirme yaptığımız ve bu proje kapsamında bizimle beraber çalışmayı kabul eden kadınların evlerine gitmeden önce literatür çalışması yapılmıştır. Diğer araştırmacıların yaptığı çalışmalar doğrultusunda gönüllü kadınlara yönelteceğimiz anket soruları belirlenmiştir (EK-1). Yapılan anket çalışmasında; evin yapısı ile ev koşulları hakkında çeşitli sorular hazırlanarak, evlerdeki PCB ve diğer kirletici (PAH, VOC, PM) kaynaklarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Evin yaşı, evin ana caddeye yakınlığı, konutun türü, evin katı, konutun ısıtma türü, yer kaplama tipi, evin duvar boyası, örnekleme sırasında pencerenin durumu, evin pencere türü, baca temizliği durumu, sigara içen kişi sayısı, evde son zamanlarda yapılan ağaç/yapıştırma/kil/model işi, koku giderici sprej kullanılıp kullanılmadığı, evde temizlik malzemesinin kullanım sıklığı, prize takılan tablet olup olmadığı, evde ilaçlama yapılıp yapılmadığı, bir yıl içinde evde boyamanın yapılıp yapılmadığı, son bir yıl içinde evde tamir yapılıp yapılmadığı, eve yeni eşya alınıp alınmadığı, bebek karyolası cinsi v.b. sorular sorulmuştur (EK-1). Bu sorulara verilen cevaplar ile evlerden toplanan toz örneklerinin derişimleri arasında istatistiksel yönden anlamlı ilişkinin olup olmadığını belirlemek için ANOVA test metodu uygulanmıştır.

ANOVA testi sonucunda; evlerden bulunan PCB derişimleri ile evin yaşı, evin ana caddeye yakınlığı, evin yer kaplama tipi, evin duvar boyası, pencere türü, baca temizliği durumu, sigara içen kişi sayısı, temizlik malzemesi kullanım sıklığı, prize takılan tablet, evin

ilaçlama durumu, evin boyanma durumu, konutun türü ile PCB bileşiklerinin derişimleri arasında istatiksels olarak bir illiyet bağıının olmadığı tespit edilmiştir.

Diğer anket sorularının cevapları ile evlerdeki PCB bileşiklerinin derişimleri arasındaki ilişkinin değerdendirmeş Çizelge 5.13’ da verilmiştir. Ev koşulları ile ilişkili bulunan değışkenlere ait Box-Whisker grafikleri Şekil 5.23 ve Şekil 5.30 arasında verilmiştir.



Çizelge 5.13: Ev koşulları ile toplam PCB derişimlerinin değerdendirilmesi

	EVİN KATI	KONUT ISITMA TÜRÜ	ÖRNEKLEM SİRASINDA PENCERE DURUMU	AĞAÇ/YAPI ŞTİRMA/KİL /MODEL İŞİ	KOKU GİDERİCİ SİPREY	TAMİR SON BİR YILDA	YENİ EŞYA	BEBEK KARYOLASI CİNSİ
	Zemin-4 (1)	Doğal gaz (1)	Açık (1)	Evet (1)	Evet (1)	Evet (1)	Yeni eşya yok (1)	Sunta (1)
	5-8 (2)	Kazan (2)	Kapalı (2)	Hayır (2)	Hayır (2)	Hayır (2)	Oturma Odası (2)	Demir (2)
	>8 (3)	Soba (kömür/odun) (3)					Bebek Odası (3)	Mdf (3)
								Diğr (4)
PCB 28		*****	**					
PCB 52				**				
PCB 101		**	**					***
PCB 118					**			**
PCB 138			**					
PCB 153	**	**	*			***	**	*****
PCB 180			***					

p < 0,1 *

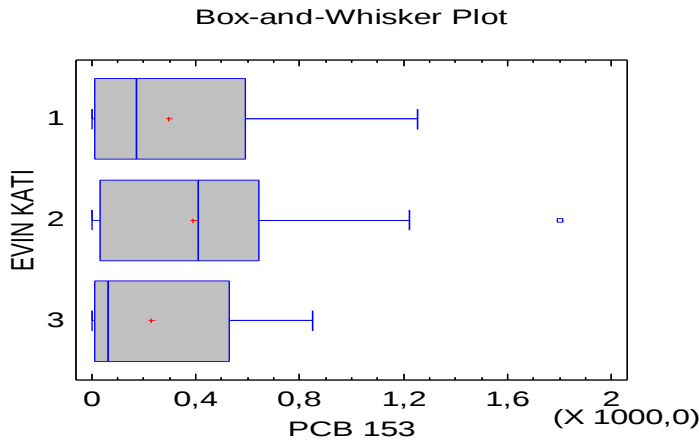
p < 0,5 **

p < 0,01 ***

p < 0, 001 *****

Evin Bulunduğu Kat ile Ev Koşulları Arasındaki İlişki

Evin bulunduğu katlar 1-4 arası, 5-8 arası ve 8. kat üzeri olarak tanımlanmıştır. Evin bulunduğu kat ile analiz sonucunda elde ettiğimiz veriler arasındaki ilişkiyi tespit etmek için ANOVA testi yapılmıştır. Analiz sonucu elde edilen ortalamalara bakıldığında 1-4 ile 8. kat ve üzeri katlarda bulunan evler ile PCB 153 arasında ters orantı vardır. PCB 153 molekül ağırlığı yüksek PCB bileşenlerinden biridir; bu yüzden evlerin kat sayısı arttıkça evlerdeki PCB 153 derişimi azalmaktadır. Şekil 5.23’ de Evin Katı ile PCB 153 arasındaki ilişkiyi gösteren box-whisker diyagramı verilmiştir.

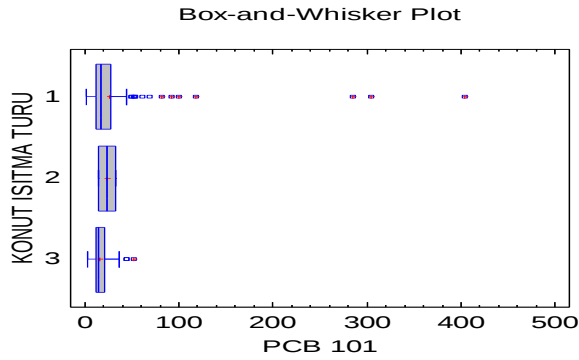
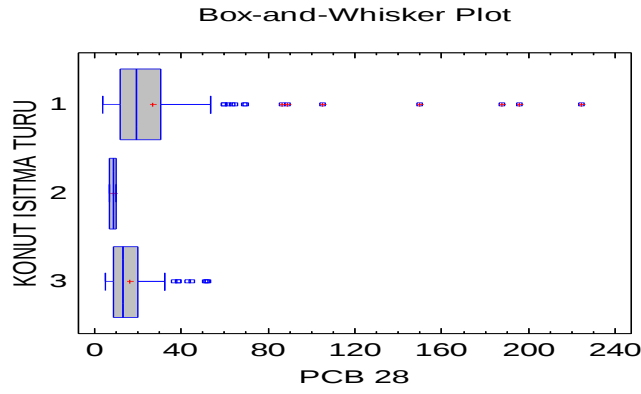


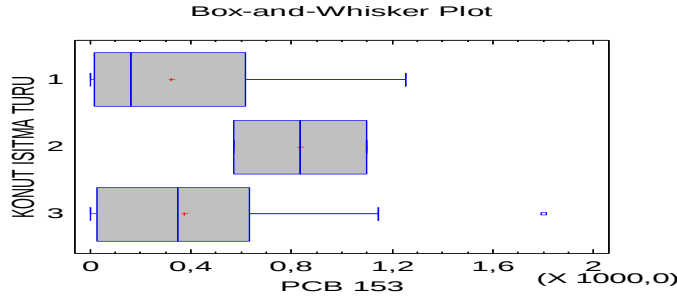
Şekil 5.23: Evin katı ile PCB 153 arasındaki ilişkiyi gösteren Box-Whisker diyagramı

Konut Isıtma Türü ile Ev Koşulları Arasındaki İlişki

Yapılan anketler sonucunda evlerin ısıtma türleri doğal gaz, kazan, soba (kömür/odun) olarak belirlenmiştir. Analiz sonucunda elde ettiğimiz veriler ile konut ısıtma türü arasındaki ilişkiyi tespit etmek için ANOVA test yapılmıştır. ANOVA test sonucunda konut ısıtma türü ile PCB 28, PCB 101 ve PCB 153 arasında ilişki bulunmuştur. PCB 28 ve PCB 101 ile konut ısıtma türü doğal gaz olan evler arasında ilişkisi bulunmuştur. Konut ısıtma türü kazan olan evlerde ise PCB 153 ile ilişkisi bulunmuştur. Doğal gaz kullanılan evlerde PCB 28 ve PCB 101 değeri artmaktadır ve bunun nedeni devletlerarası doğal gaz boru hattı sisteminde doğal gaz iletim borularının, santrifüjlü kompresör ünitelerinde PCB bazlı yağlama yağının kullanılmasından olabilir [71]. PCB’ lerin yüksek parlama noktası, geç yanma ve kimyasal kararlılık gibi özelliklerinden dolayı doğal gaz boru hatlarında

kullanılmıştır. Doğal gaz boru hatlarında kullanılan PCB ürünleri, Aroclor 1242 ve 1248 (gaz kompresörleri için yağlayıcılar) ve Aroclor 1254 (hava kompresörleri için yağlayıcılar), Aroclor 1260 ve Aroclor 1268 (valf sızdırmazlık maddeleri ve yağlayıcılar)' dir [71]. ANOVA testi sonucunda, kazan ile PCB arasında bulunan istatistiksel ilişkiyi; kazanlarda kullanılan yakıt türünün PCB bileşiklerince kontamine olması ihtimali veya kazanlarda kullanılan odunların yapısında PCB bileşiklerini içermesine bağlı olduğunu söyleyebiliriz. Şekil 5.24' de konut ısıtma türü ve PCB bileşikleri arasındaki ilişkiyi gösteren box-whisker diyagramları bulunmaktadır.

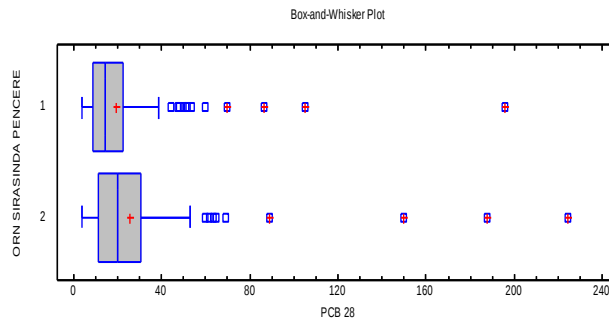


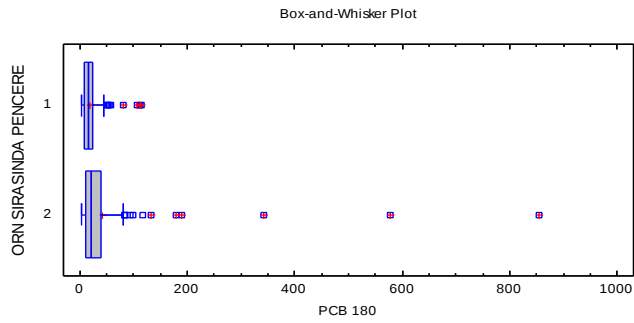
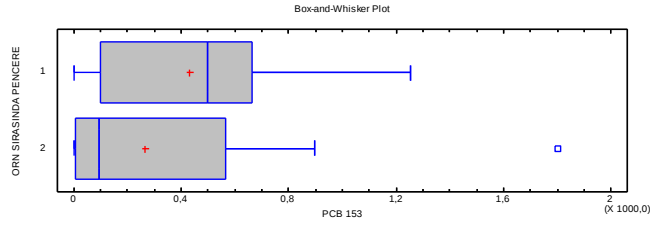
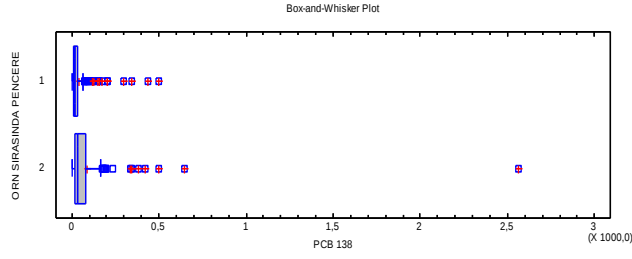
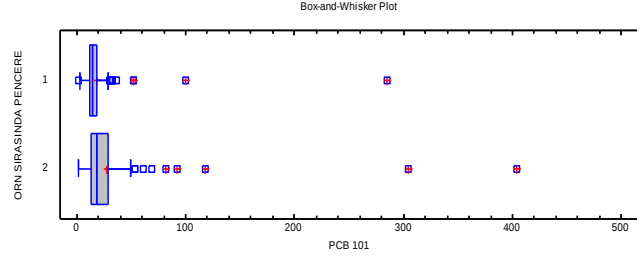


Şekil 5.24: Konut ısıtma türü ve PCB bileşikleri arasındaki ilişkiyi gösteren Box-Whisker diyagramları

Örnekleme Sırasında Pencere Durumu ile Ev Koşulları Arasındaki İlişki

Evlerden, deneysel çalışmalar için gerekli olan tozların toplanması sırasında, evlerin penceresinin açık veya kapalı durumda olması ile deneysel verilerin arasındaki ilişkiyi tespit etmek için ANOVA test yapılmıştır. Yapılan test sonucunda örneklem sırasında pencerenin açık/kapalı durumu ile PCB 28, 101, 138, 153, 180 arasında ilişki bulunmuştur. Örnekleme sırasında pencerenin kapalı olması durumunda PCB 28, 101, 138 ve 180 derişimi daha yüksek çıkmıştır. Bunun sebebi; doğal havalandırma olmayan evlerde, PCB bileşikleri daha kolay şekilde çökerek ev tozunda birikimi sağlandığı düşünülmektedir. Örnekleme sırasında pencerenin açık olması durumunda PCB 153 derişimi daha yüksek çıktığı yapılan test sonucunda ortaya çıkmıştır. Şekil 5.25’ de örneklem sırasında evlerin penceresinin açık veya kapalı olması durumu ile PCB derişimleri arasındaki ilişkiyi gösteren box-whisker diyagramları bulunmaktadır.

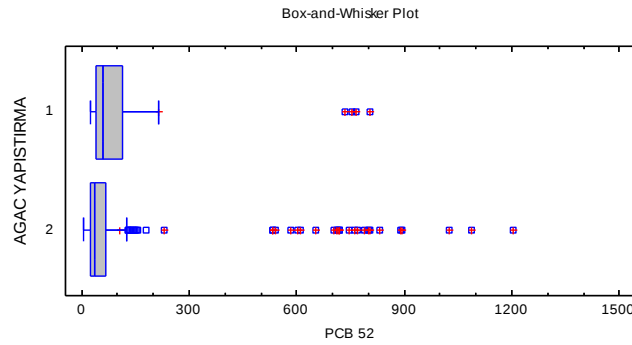




Şekil 5.25: Örneklem sırasında evlerin penceresinin açık veya kapalı olması durumu ile PCB derişimleri arasındaki ilişkiyi gösteren Box-Whisker diyagramları

Ağaç/Yapıştırma/Kil/Model İşi ile Ev Koşulları Arasındaki İlişki

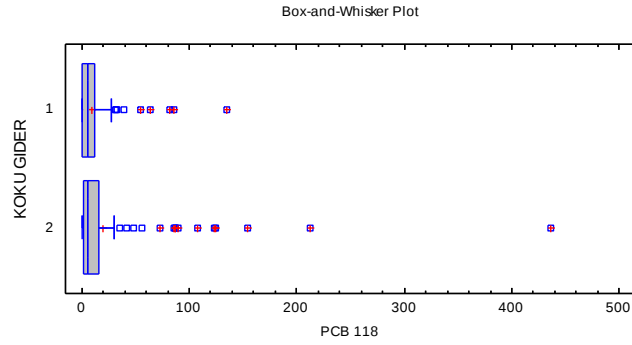
Anketlerde evde ağaç/yapıştırma/kil/model işi yapıp yapılmadığı sorulmuştur. Evlerde son bir yılda yapılan ağaç/yapıştırma/kil/model işi ile deneysel verilerin arasındaki ilişkiyi tespit etmek için ANOVA test yapılmıştır. Yapılan test sonucunda ağaç/yapıştırma/kil/model işi ile PCB 52 arasında ilişki bulunmuştur. Son bir yılda ağaç/yapıştırma/kil/ model işi yapılan evlerde PCB 52' nin derişimi yüksek bulunmuştur. İnşaatlarda ve mobilyalarda kullanılan vernik (Aroclor 1242, 1254, 1268) ve birçok yapıştırıcı malzemelerinin (Aroclor 1221, 1232, 1242, 1248 ve 1254) içinde ticari karışım olan Aroclor eklenmiştir ve bu toksik kimyasal karışımlarının içinde belli oranlarda PCB 52 bileşği bulunmaktadır [32], [20], [69]. ANOVA testinin sonucu beklediğimiz gibi bir sonuç vermiştir. Şekil 5.26' da ağaç/yapıştırma/kil/model işi ile PCB 52 arasındaki ilişkiyi gösteren box-whisker diyagramı bulunmaktadır.



Şekil 5.26: Ağaç/Yapıştırma/Kil/Model İşi ile PCB arasındaki ilişkiyi gösteren Box-Whisker diyagramı

Koku Giderici Sprey ile Ev Koşulları Arasındaki İlişki

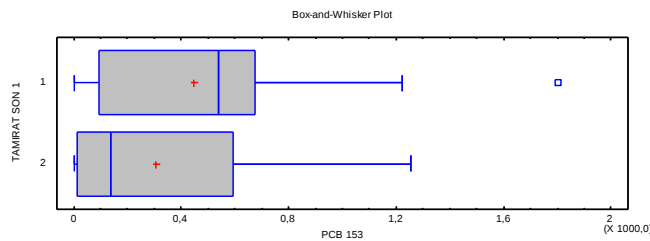
Anketlerde evlerde koku giderici sprej kullanılıp kullanılmadığı sorulmuştur. Evlerde koku giderici sprej kullanılması veya kullanılmaması durumu ile deneysel verilerin karşılaştırılması için ANOVA test uygulanmıştır. Yapılan test sonucunda evlerde sprej kullanılmaması ile PCB 118 arasında ilişki bulunmuştur. Koku giderici sprej kullanılmayan evler ile PCB 118 arasında istatistiksel anlamda bulunan ilişkiyi destekleyecek literatür çalışması bulunamamıştır. Muhtemelen evlerde başka PCB 118 kaynağı bulunmaktadır. Şekil 5.27' de koku giderici sprej ile PCB 118 arasındaki ilişkiyi gösteren box-whisker diyagramı bulunmaktadır.



Şekil 5.27: Koku giderici sprej ile PCB 118 arasındaki ilişkiyi gösteren Box-Whisker diyagramı

Son Bir Yılda Yapılan Tamir ile Ev Koşulları Arasında İlişki

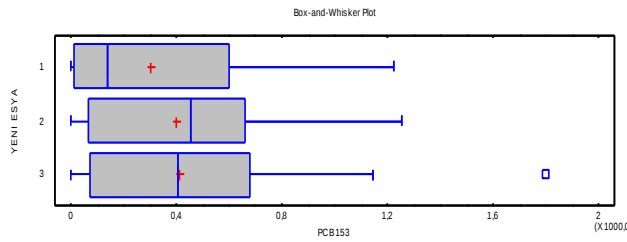
Yapılan anket çalışmasında örnek alınan evlerden son bir yılda içerisinde tamir işi yapıp yapılmadığı sorulmuştur. Tamir yapılan veya yapılmayan evler ile PCB derişimleri arasındaki ilişkiyi bulmak için ANOVA test yapılmıştır. Yapılan test sonucunda tamir yapılan evler ile PCB 153 arasında ilişki bulunmuştur. Kauçuk dolgu macunları (Aroclor 1254, Aroclor 1260), yapıştırıcılar (Aroclor 1221, 1232, 1242, 1248 ve 1254), sızdırmaz dolgu malzemeleri (Aroclor 1254 ve Aroclor 1248), plastik boya (Aroclor 1254 ve Aroclor 1260) ve vernikler (Aroclor 1242, Aroclor 1254 ve Aroclor 1268) gibi birçok üründe Aroclor 1254, 1248, 1260 v.b. ticari karışımlar kullanılmıştır ve bu karışımların içinde belli oranlarda PCB 153 bileşği bulunmaktadır [32], [20], [35], [68], [70]. ANOVA testinde elde edilen test sonucu beklediğimiz gibi çıkmıştır. Şekil 5.28’ de evde tamir yapılması ile PCB 153 arasındaki ilişkiyi gösteren box-whisker diyagramı bulunmaktadır.



Şekil 5.28: Evde tamir yapılması ile PCB arasında ilişkiyi gösteren Box-Whisker diyagramı

Yeni Eşya ile Ev Koşulları Arasındaki İlişki

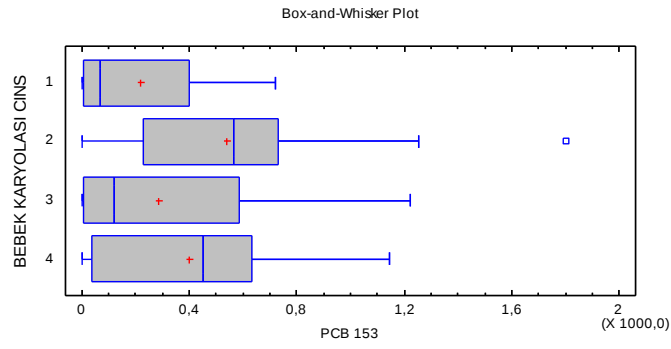
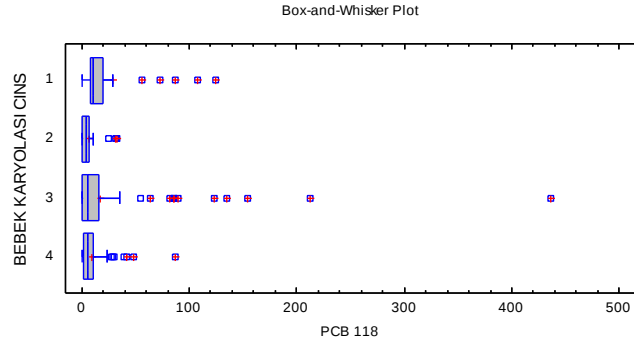
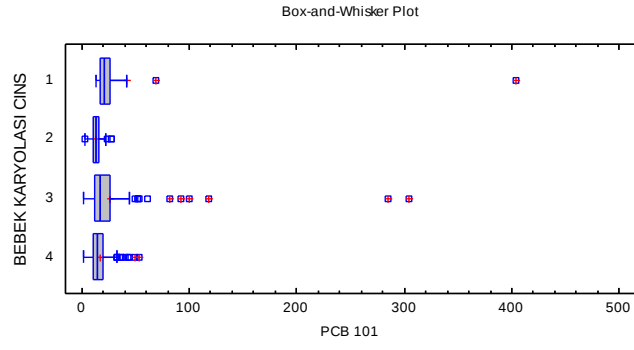
Anketlerde evlerin hangi odalarına yeni eşya alındığı sorulmuştur. Ankette seçenek olarak; yeni eşya yok, bebek odası ve oturma odası olarak belirlenmiştir. Evlere alınan yeni eşya ile PCB derişimleri arasındaki ilişkiyi belirlemek için ANOVA test yapılmıştır. Yapılan test sonucunda bebek odasına alınan yeni eşya ile PCB 153 arasında ilişki bulunmuştur. Muhtemelen yeni eşyada kullanılan yapıştırıcılar, vernikler, boyalar ve mobilya ahşabı PCB 153 içermektedir. Şekil 5.29’ da eve yeni eşya alınması ile PCB 153 arasındaki ilişkiyi gösteren box-whisker diyagramı bulunmaktadır.



Şekil 5.29: Eve yeni eşya alınması ile PCB 153 arasındaki ilişkiyi gösteren Box-Whisker diyagramı

Bebek Karyolası ile Ev Koşulları Arasındaki İlişki

Yapılan anketlerde bebek karyolasının cinsi sorulmuştur. Bebek karyolası cinsi “sunta, metal, mdf ve plastik” şeklinde seçeneklere ayrılmıştır. Bebek karyolasının cinsi ile PCB derişimleri arasında ilişkiyi belirlemek için ANOVA test yapılmıştır. Yapılan test sonucunda bebek karyolası ile PCB 101, 118, 153 arasında ilişki bulunmuştur. Bebek karyolası sunta olan evlerde PCB 101 ile PCB 118; bebek karyola cinsi metal olan evlerde ise PCB 153 arasında ilişki bulunmuştur. İçerisinde belli oranlarda PCB 101, PCB 118 ve PCB 153 bileşikleri bulunan Aroclor 1221, 1232, 1242, 1248, 1254, 1260 gibi ticari karışımların bebek karyolasının boya, yapıştırıcı ve verniklerinin içerisinde olabileceğinden dolayı, ANOVA testinde bebek karyolası cinsi ile PCB 101, 118 ve 153 arasında ilişki bulunmuştur. Aşağıdaki Şekil 5.30’ da bebek karyolası ile PCB arasındaki ilişkiyi gösteren box-whisker diyagramı bulunmaktadır.



Şekil 5.30: Bebek karyolası cinsi ile PCB derişimleri arasındaki ilişkiyi gösteren Box-Whisker diyagramı

5.6. Sonuçların Literatür ile Karşılaştırılması

Bu bölümde; toz örneklerindeki PCB konsantrasyonlarının daha önce yapılan çalışmalarla karşılaştırılması yapılmıştır. Türkiye' nin Ankara ilindeki evlerin tozlarında bulunan PCB derişimleri ile Amerika' nın Austin ve Amarillo, İngiltere' nin Birmingham, Kanada' nın Toronto, Yeni Zelanda' nın Wellington, Çin' in Hong Kong, Çin' in Guangzhou kentleri ve Singapur' daki evlerden toplanan toz örneklerindeki PCB derişimlerinin karşılaştırma yapılmıştır. Bu tez çalışması sonucunda bulunan ortalama toplam PCB değerleri ile diğer ülkelerde yapılan çalışmalarda elde edilen ortalama toplam PCB değerleri Çizelge 5.14' de verilmiştir [60], [62], [72].

Singapur' da bulunan 31 evden toz örneği toplanmıştır. Bu deneysel çalışmada evlerden toplanan tozlarda 41 PCB bileşiğinin derişimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ev tozlarındaki toplam PCB konsantrasyonu LOD-44 ng/g arasında değişmekte olup, ortalama PCB konsantrasyonu 9,2 ng/g bulunmuştur [72].

Amerika' nın Austin ve Amarillo kentlerinde bulunan 20 evden toz örneği toplanmıştır. Ev tozlarındaki toplam PCB konsantrasyonu 47-620 ng/g arasında değişmekte olup, ortalama toplam PCB konsantrasyonu 220 ng/g bulunmuştur. İngiltere' nin Birmingham kentinde bulunan 20 evden toz örneği toplanmıştır. Ev tozlarındaki toplam PCB konsantrasyonu 5,7-860 ng/g arasında değişmekte olup, ortalama toplam PCB konsantrasyonu 110 ng/g bulunmuştur. Kanada' nın Toronto kentinde bulunan 10 evden toz örneği toplanmıştır. Ev tozlarındaki toplam PCB konsantrasyonu 56-820 ng/g arasında değişmekte olup, ortalama toplam PCB konsantrasyonu 290 ng/g bulunmuştur. Yeni Zelanda' nın Wellington kentinde bulunan 20 evden toz örneği toplanmıştır. Ev tozlarındaki toplam PCB konsantrasyonu 11-260 ng/g arasında değişmekte olup, ortalama toplam PCB konsantrasyonu 67 ng/g bulunmuştur [60].

Çin' in Hong Kong kentinde bulunan 20 evden ve Çin' in Guangzhau kentinde bulunan 20 evden toz örnekleri toplanmıştır. Guangzhau kentindeki evlerde toplam PCB konsantrasyonu 51,9-264 ng/g arasında değişmekte olup, ortalama toplam PCB konsantrasyonu 139 ng/g bulunmuştur. Hong Kong kentindeki evlerde toplam PCB konsantrasyonu 17,4-137 ng/g arasında değişmekte olup, ortalama toplam PCB konsantrasyonu 81,8 ng/g bulunmuştur [62].

Tüm deneysel çalışmaları karşılaştırdığımızda; Türkiye' deki evlerin ortalama PCB derişimleri diğer ev tozlarındaki ortalama PCB derişimlerinden çok yüksek çıkmıştır (Çizelge 5.14).

Günümüzde kentsel alanda yaşayan insanlar vakitlerinin çoğunu evlerde, okullarda ve ofislerde geçirmektedir. Yapılan birçok deneysel çalışmada; iç ortam havasında bulunan kirleticilerinin konsantrasyonunun, atmosfer havasında bulunan kirleticilerinin konsantrasyonundan yüksek olduğu belirlenmiştir. Vakitlerinin yaklaşık % 90' ını kapalı ortamda geçiren insanlar iç ortam kirleticilerine yüksek konsantrasyonlarda maruz kalmaktadır. İnsanların bağışıklık, sinir, üreme, endokrin sistemlerini ve tiroit, safra, karaciğer gibi organlarını olumsuz yönde etkileyen PCB bileşikleri; birçok endüstriyel alanda çeşitli ticari isimler adı altında kullanılmışlardır.

1950 yıllarının başlarından, 1970 yıllarının sonlarına kadar bina yapımında kullanılan birçok yapı malzemelerinin içerisinde PCB bileşikleri bulunmaktadır. Başta ülkemiz olmak üzere birçok ülkede; binaların yapımında kullanılan yapı malzemelerinin içerisinde, hangi PCB bileşiklerinin ya da PCB içerikli ticari ürünlerinin kullanıldığı net bir şekilde bilinmemektedir. Evlerin yer ve tavan döşemelerinde, PVC malzemelerinde, kauçuk dolgu malzemelerinde, elastik sızdırmaz dolgu malzemelerinde, elektrik kablolarında, aydınlatma balastlarında, çift camların yapıştırıcılarında, plastik boyalarda, verniklerde PCB bileşiklerinin bulunduğu bilinmektedir. Literatürde bununla ilgili yapılan çalışmaların sayısı çok azdır. Evlerde yapılan araştırmalarda sadece; ev tozunda, iç ortam havasında, camlarda kullanılan kauçuk dolgu malzemelerinde, elastik sızdırmaz dolgu malzemelerinde ve boyalarda PCB derişimleri belirlenmiştir.

“110Y082” nolu, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)' nun desteklediği bu tez çalışmasında; Türkiye' de ilk defa ev tozlarında bulunan PCB bileşiklerinin derişimleri belirlenmiştir.

Ülkemizde hiç PCB içerikli ürün üretilmemesine rağmen; Türkiye' nin Ankara ilinde bulunan evlerden alınan toz örneklerinde PCB bileşiklerinin derişimleri diğer ülkelere nazaran yüksek çıkmıştır. Yapılan tez çalışmasında; Türkiye' nin Ankara ilinde bulunan evlerin yapı malzemelerinin içerisinde PCB bileşiklerinin kullanıldığı açıkça anlaşılmıştır.

Çizelge 5.14: Bu çalışma ile daha önce yapılan çalışmalarda ortalama PCB derişimlerinin kıyaslanması (ng/g)

PCB	Ankara, Türkiye (Bu çalışma)	Amarillo- Austin, Amerika	Birmingham, İngiltere	Toronto, Kanada	Wellington, Yeni Zelanda	Singapur, Japonya	Guangzhou, Çin	Hong Kong, Çin
PCB 28	51,3651	9,5	6,3	10	3,3	0,3	21,9	7,00
PCB 52	109,898	7,9	5,6	12	2,6	-	3,76	0,38
PCB 101	22,789	10	6,1	15	3,1	0,6	7,16	4,18
PCB 118	19,2925	10	4,3	13	1,9	0,7	2,53	3,63
PCB 138	63,6441	8,6	4,1	12	2,8	-	11,5	24,19
PCB 153	381,282	8,4	3,3	11	2,7	0,8	23,7	5,93
PCB 180	34,3932	4,5	1,8	8,5	2,3	0,3	0,72	0,55

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1. Sonuçlar

Bu tez çalışması “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” konulu, 110Y082 nolu TÜBİTAK destekli proje kapsamında hazırlanmıştır. Bu projede 0-2 yaş arasındaki bebeklerin yaşadığı evlerdeki iç ortam hava kirleticilerinin konsantrasyonunun, evlerin genel durumunun, ailenin sosyodemografik özelliğinin, evlerdeki kirletici kaynaklarının, bebeklerin alt solunum yolu enfeksiyonları ve alerji arasındaki ilişkinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu projede kapsamında yapılan çalışmada yeni doğan bebekler 2 yaşına gelinceye kadar belli periyotlarda (2 yaz ve 1 kış olmak üzere 3 dönem) evlerinden örnekler toplanmıştır. 0-2 yaş öncesi çocukların vakitlerinin çoğunu kapalı ortamda geçirmesi, çocukların iç ortamda yer ve birçok yüzeye teması, çocukların ağızına kontamine olmuş ellerini sokma eyleminin fazla olması, iç ortam kirleticilerinin derişimi atmosfer havasına oranla yüksek olması, iç ortam kirleticilerine maruz kalan insanların sağlığını etkileyecek eşik değerlerinin yetişkinlere oranla çocuklarda düşük olması nedeniyle bu çalışmada bebeklerin olduğu evler tercih edilmiştir.

Bu tez çalışmasında; evlerin bebek odasından, salonlarından ve evlere ait elektrikli süpürge makinelerinden toplanan toz örneklerinde Dünya Sağlık Örgütü’ nün (WHO) belirlediği 7 indikatör PCB bileşiminin (PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) konsantrasyonunun belirlenmiştir. Örneklerin ekstraksiyonu ultrasonik ekstraksiyon yöntemiyle yapılmış olup, SIM modunda Gaz Kromatografi-Kütle Spektrometre (GS-MS) ile derişimleri hesaplanmıştır.

Yaz 1 (Nisan-Temmuz 2011) döneminde bebek odasından toplanan tozlardaki (n=72) toplam PCB konsantrasyonu 74,95-2112,82 ng/g arasında değişmekte olup, ortalama toplam PCB konsantrasyonu 677,64 ng/g bulunmuştur. Yaz 1 Döneminde salondan toplanan tozlardaki (n= 94) toplam PCB konsantrasyonu 72,81-2040,99 ng/g arasında değişmekte olup, ortalama toplam PCB konsantrasyonu 765,80 ng/g bulunmuştur. Yaz 1 Döneminde elektrik süpürgelerinden alınan tozlardaki (n=61) toplam PCB konsantrasyonu 72,82-2029,39 ng/g arasında değişmekte olup, ortalama toplam PCB konsantrasyonu 573,00 ng/g bulunmuştur. Bebek odasında, salondan ve evlere ait elektrikli süpürge makinelerinden

alınan toz örneklerindeki toplam PCB derişim aralıkları birbirlerine çok yakındır. Bebek odasından, salondan ve evlere ait elektrikli süpürge makinelerinden alınan toz örneklerinin ortalama PCB derişimlerine göre PCB bileşiklerinin sıralaması PCB 153, 52, 138, 180, 101 ve 118 şeklindedir. Yaz 1 döneminde; bebek odası, salon ve evlere ait elektrikli süpürge makinelerinden alınan toz örneklerinde Hexa-PCB, Tetra-PCB ve Hepta- PCB derişimleri yüksek çıkmıştır.

Kış 1 (Ekim-Aralık 2011) döneminde bebek odasından toplanan anlık toz örneklerindeki (n=52) toplam PCB konsantrasyonu 57,15-1204,27 ng/g arasında değişmekte olup, ortalama toplam PCB konsantrasyonu 339,57 ng/g bulunmuştur. Kış 1 döneminde evlere ait elektrikli süpürge makinelerinden toplanan kümülatif toz örneklerindeki (n=26) toplam PCB konsantrasyonu 131,52-5372,21 ng/g arasında değişmekte olup, ortalama toplam PCB konsantrasyonu 608,58 ng/g bulunmuştur. Bebek odasından toplanan anlık toz örneklerinin ortalama PCB derişimlerine göre PCB bileşiklerinin sıralanması PCB 138, 52, 180, 153, 28, 118, 101; evlere ait elektrikli süpürge makinelerinden alınan kümülatif toz örneklerindeki ortalama PCB derişimlerine göre PCB bileşiklerinin sıralaması PCB 138, 52, 153, 180, 101, 28, 118 şeklindedir. Kış 1 Döneminde bebek odasından ve evlere ait elektrikli süpürge makinelerinden alınan toz örneklerinde Hexa-PCB, Tetra-PCB ve Hepta- PCB derişimleri yüksek çıkmıştır.

Yaz 2 (Nisan-Haziran 2013) döneminde toplanan örneklerde sadece PCB 28, 52 ve 180 bileşikleri tespit edilmiştir. Toplanan örneklerin arasından sadece bu üç bileşiğin tespit edilmesinin nedeni; deneysel çalışmaya başlama sürecine kadarki zamanda diliminde örneklerin içinde bulunan PCB bileşiklerin uçması veya yanlış saklama koşulları ile deneysel çalışma sırasında yapılan hatalardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Yaz 2 bebek odasından toplanan anlık toz örneklerinde (n=62), toplam PCB konsantrasyonu 56,18-9598,38 ng/g arasında değişmekte olup, ortalama toplam PCB konsantrasyonu 334,58 ng/g bulunmuştur. Yaz 2 döneminde evlere ait elektrikli süpürge makinelerinden alınan kümülatif toz örneklerinde toplam PCB konsantrasyonu 19,14-1057,29 ng/g arasında değişmekte olup, ortalama değer 187,30 ng/g bulunmuştur. Bebek odası ve evlere ait elektrikli süpürge makinelerinden alınan toz örneklerin PCB derişimlerinin sıralanması PCB 28, 52, 180 şeklindedir.

Toplanan tüm örneklerin analiz sonucunda; en yüksek derişime sahip PCB bileşiklerini sırasıyla; PCB 28, 138, 153 ve 52' dir. PCB bileşiklerinin ortalama değerlerini karşılaştırdığımızda ise ortalama değeri en yüksek olan PCB bileşiklerini; PCB 153, 52, 138,

28' dir. Tüm dönemlerde toplanan toz örneklerinde Hexa-PCB, Tetra-PCB, Tri-PCB bileşiklerinin ortalama değerleri yüksek çıkmıştır. PCB bileşiklerinin ortalama değerlerine bakıldığında, ev tozunda hem yüksek klorlu PCB bileşiklerinin hem de düşük klorlu PCB bileşiklerinin derişimleri yüksek çıkmıştır. Yüksek klorlu PCB' lerin kaynama noktaları yüksek olduğundan, buharlaşıp iç ortam havasına karışma oranları düşüktür. Yüksek klorlu PCB' ler çevrede daha çok sedimentlerde toprakta ve tozda absorbe olurlar. Bu deneysel çalışmada da beklenildiği gibi ev tozuna absorbe olan yüksek klorlu PCB' lerin derişimleri fazla çıkmıştır. Yapılan analizler sonucunda; bazı evlerde PCB 28 bileşiğinin derişiminin yüksek olduğu görülmüştür. Harrad ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada iç ortam havasında PCB 28' in konsantrasyonu yüksek bulmuştur [60]. Aynı benzer çalışmayı yapan Federiksen ve arkadaşları da iç ortam havasında PCB 28' in konsantrasyonunu yüksek bulmuşlardır. Düşük klorlu bifenil olan PCB 28' in molekül ağırlığı ve kaynama noktası düşüktür. Diğer PCB bileşiklerine kıyasla PCB 28' in uçuculuğunun yüksek olmasında dolayı, PCB 28' in iç ortam havasında ve ev tozu arasında döngüsü hızlı olmaktadır. Bu sebepten dolayı bu deneysel çalışmada PCB 28' in konsantrasyonunun yüksek olması beklenen bir durumdur.

Bu deneysel çalışmada; 3 dönemin bebek odası, salonu ve evlere ait elektrikli süpürge makinelerinden toplanan toz örneklerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Fakat 2. dönem ve 3. dönemlerde evlerin salonlarından toz örnekleri toplanmadığı için, sadece 3 döneme ait bebek odasından ve evlere ait elektrikli süpürge makinelerinden alınan toz örneklerinin derişimleri karşılaştırılmıştır. Yaz dönemlerinde evlerin bebek odasından toplanan anlık toz örneklerinde $\sum$ PCB derişimi yüksek bulunmuştur. Kışın ise evlere ait elektrikli süpürge makinelerinden alınan kümülatif toz örneklerinde $\sum$ PCB derişimi yüksek bulunmuştur. Yaz aylarında toprakta ve yeryüzünde başka yüzeylere absorbe olmuş PCB bileşikleri havanın ısınmasıyla buharlaşırlar ve atmosfer havasındaki PCB konsantrasyonunu arttıırırlar. Doğal havalandırma yöntemiyle dış ortamdaki PCB bileşikleri iç ortam havasına karışır ve iç ortamdaki PCB konsantrasyonunu arttıırırlar. Yaz aylarında ev tozundaki PCB derişimlerinin yüksek çıkması beklenen bir durumdur. Yaz aylarında buhar basınçları yüksek olan düşük klorlu PCB' ler, evlerdeki iç ortam havası ile toz gibi yüzey tutucuları arasında döngü halindedirler. Sıcaklık ve havalandırmanın etkisiyle iç ortam havasındaki ve tozdaki PCB konsantrasyonları değişebilir. Kış döneminde ise sıcaklığın düşük olması ve toza tutulan PCB bileşiklerinin konsantrasyonlarının daha fazla olmasından dolayı; evlere ait elektrikli süpürge makinelerinden alınan kümülatif toz örneklerinde $\sum$ PCB derişimleri yüksek bulunmuştur.

Yapılan bu deneysel çalışmada; hexa-CB, tetra-CB, ve tri-CB PCB bileşiklerinin konsantrasyonları daha yüksek bulunmuştur. PCB bileşikleri birçok endüstriyel alanda kullanıldığı gibi yapı malzemelerinde de kullanılmıştır. Evlerdeki plastik boyalara Aroclor 1254, Aroclor 1260 ve Clophen A60; kauçuk dolgu malzemelerine Clophen A50, Aroclor 1254 ve Aroclor 1248; pencere dolgu macunlarında Aroclor 1254 ve Aroclor 1260; verniklerde Aroclor 1242, Aroclor 1254 ve Aroclor 1268; yapıştırıcılarda Aroclor 1221, 1232, 1242, 1248 ve 1254 ticari karışımları eklenmiştir [6], [67] [32], [20], [35], [68], [70]. Bu ticari karışımların içinde çeşitli oranlarda hexa-CB, tetra-CB, ve tri-CB PCB bileşikleri bulunmaktadır. Bu deneysel çalışmada beklenildiği gibi; evlerdeki toz örneklerinde bulunan PCB bileşikleri ile yapı malzemelerin içinde bulunan PCB bileşikleri aynı bulunmuştur.

Aynı evden Yaz 1 ve Kış 1 dönemlerinde, bebek odasından (n=30) ve evlere ait elektrikli süpürge makinelerinden (n=16) alınan toz örnekleri; mevsimsel olarak PCB derişimlerinin değerlendirmesinde kullanılmıştır. Yaz 1 döneminde bebek odasından alınan anlık toz örneklerinin $\sum$ PCB derişimleri 106,68-1816,46 ng/g arasında değişmekte olup, ortalama $\sum$ PCB derişimi $687,80 \pm 507,43$ ng/g bulunmuştur. Kış 1 döneminde bebek odasından alınan anlık toz örneklerinin $\sum$ PCB derişimleri 62,13-1204,27 ng/g arasında değişmekte olup, ortalama $\sum$ PCB derişimi $364,46 \pm 226,85$ ng/g bulunmuştur. Yaz 1 döneminde evlere ait elektrikli süpürge makinelerinden alınan kümülatif toz örneklerinin $\sum$ PCB derişimleri 131,52-5372,21 ng/g arasında değişmekte olup, ortalama değer $798,27 \pm 1267,27$ ng/g bulunmuştur. Kış 1 döneminde evlere ait elektrikli süpürge makinelerinden alınan kümülatif toz örneklerinin $\sum$ PCB derişimleri 141,06-2029,39 ng/g arasında değişmekte olup ortalama $\sum$ PCB derişimi $586,73 \pm 469,16$ ng/g bulunmuştur. Yaz döneminde bebek odasından ve evlere ait elektrikli süpürge makinelerinden alınan toz örneklerinde PCB 153 ve PCB 52 bileşiklerinin konsantrasyonu yüksek çıkmıştır. Kışın ise PCB 138 ve PCB 52 bileşiklerinin konsantrasyonu yüksek çıkmıştır. Yaz dönemindeki toplam PCB derişimi, kış döneminkinden daha yüksek bulunmuştur. Yaz döneminde; toprak ve başka sorbentlerde bulunan PCB bileşikleri buharlaşma yoluyla atmosfer havasına karışmakta ve atmosfer havasındaki PCB konsantrasyonunu arttırmaktadırlar [31]. Havalandırma yoluyla, atmosfer havasındaki PCB bileşikleri kapalı ortam havasına taşınır ve kapalı ortam havasındaki PCB derişimini artırır. Bu sebepten dolayı ev tozundaki PCB konsantrasyon değerleri yazın yüksek çıkmıştır.

Analiz sonuçlarında elde edilen veriler ile ev koşulları arasındaki ilişkiyi istatistiksel olarak değerlendirilmek için ANOVA testi uygulanmıştır. “Evin yaşı, ana cadde, konutun

türü, evin katı, konut ısıtma türü, yer kaplama tipi, duvar boyası türü, pencere türü, baca temizliği durumu, sigara içen kişi sayısı, örnekleme sırasında pencere durumu, ağaç/yapıştırma/kil/model işi, koku giderici sprey, temizlik malzemeleri (sıklık), prize takılan tablet, fare/hamamböceği vb., evin boyanma durumu, son bir yılda tamirat, yeni eşya, bebek karyolası cinsi, ilaçlama durumu” ile PCB bileşiklerindeki ilişki incelenmiştir. ANOVA testi sonucunda “evin katı, konut ısıtma türü, örneklem sırasında pencere durumu, ağaç/yapıştırma/kil/model işi, koku giderici sprey, tamir son bir yılda, yeni eşya, bebek karyolası cinsi” ile PCB arasında istatistiksel yönden anlamlı ilişki bulunmuştur.

Bu tez çalışmasında; aynı evlerden toplanan evlere ait elektrikli süpürge makinelerinden ve bebek odasından alınan toz örnekleri ile kümülatif (evlere ait elektrikli süpürge makinelerinden alınan kümülatif tozlar örnekleri ile) ve anlık (bebek odasından toplanan anlık toz örnekleri ile) PCB derişimlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Bebek odasından toplanan anlık toz örneklerinde ortalama $\sum$ PCB konsantrasyonu daha yüksek bulunmuştur.

Bu tez çalışmasında; toz örneklerinden elde edilen PCB bileşiklerinin ortalama konsantrasyonları daha önce yapılan literatür çalışmalarla karşılaştırılması yapılmıştır. Türkiye’ nin Ankara ilindeki evlerin tozlarında bulunan PCB bileşiklerinin ortalama derişimleri ile Amerika’ nın Austin ve Amarillo, İngiltere’ nin Birmingham, Kanada’ nın Toronto, Yeni Zelanda’ nın Wellington, Çin’ in Hong Kong, Çin’ in Guangzhou kentleri ve Singapur’ daki evlerden toplanan toz örneklerindeki PCB bileşiklerinin ortalama derişimlerini karşılaştırdığımızda; Türkiye’nin Ankara ilindeki evlerin tozlarında bulunan PCB bileşiklerinin derişimleri daha yüksek bulunmuştur.

6.2. Öneriler

Ankara ilinde bulunan evlerin toz örneklerindeki PCB bileşiklerinin derişimlerinin belirlenmesi, Türkiye’ de yapılan ilk çalışma olmuştur. Bundan sonraki yapılacak olan çalışmalarda yapılmasında yararlı olabilecek bazı öneriler aşağıda verilmiştir;

- Evlerdeki PCB kaynaklarını daha iyi belirlemek amacıyla; aktif veya pasif örnekleyicileri kullanarak iç ortam havasındaki ve atmosfer havasındaki PCB konsantrasyonları bulunabilir. Elde edilen değerlerle hava ile toz arasındaki geçişler hesaplanabilir. Evlerin bulunduğu alanlardan toprak örnekleri alınarak ev tozu, atmosfer havası, iç ortam havası ve toprak arasındaki PCB döngüsü araştırılabilir.

- Evlerdeki PCB kaynaklarını daha iyi belirlemek amacıyla; çeşitli bölgelerde bulunan evlerden toz örnekleri alınmalıdır. Endüstriyel alanın çevresinde bulunan evler, kırsal alanda bulunan evler, şehir merkezinde bulunan evler, ana yollara yakın evler, atık sahasına ve geri dönüşüm tesislerine yakın olan evler, atıkların yakıldığı tesislerin yakınında bulunan evler, geri dönüşümden elde edilen metallerin depolama ve ergitme işlemlerinin yapıldığı tesislere yakın olan evler öncelikli tercih olmalıdır.

- Evlerdeki PCB derişimlerinin ve evlerde tespit edilen PCB bileşiklerinin evin katı ile ilişkili olup olmadığını daha net anlamak için; aynı apartmanın farklı katlarından, hatta aynı bölgede bulunan apartmanların farklı katlarından örnek alınabilir.

- Avrupa ve Amerika’ da 1950-1970 yılları arasında inşa edilen evlerde PCB içerikli yapı malzemeleri kullanılmıştır. Bu yıllar arasında Türkiye’ de inşa edilen evlerde PCB içerikli yapı malzemelerinin kullanılıp kullanılmadığı hakkında veri yoktur. Bunun tespiti için eski binaların, okulların, devlet dairelerinin pencerelerinde bulunan kauçuk dolgu malzemelerinden, binaların çeşitli yerlerinde bulunan izolasyon ve sızdırmayı önleyici yapı malzemelerinden, duvar boyasından, verniklerden örnekler alınıp analiz edilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] UNEP, “Guidelines for the Identification of PCBs and Materials Containing PCBs”, *United Nations Environ. Program.*, sayı August, s. 40, **1999**.
- [2] A. Bozlaker, M. Odabasi, ve A. Muezzinoglu, “Dry deposition and soil-air gas exchange of polychlorinated biphenyls (PCBs) in an industrial area”, *Environ. Pollut.*, c. 156, sayı 3, ss. 784–793, **2008**.
- [3] A. ACARA, “Kalıcı Organik Kirleticilere İlişkin Stockholm Sözleşmesi, Ulusal Uygulama Planı”, ANKARA, **2008**.
- [4] N. Lyng, “Emission of PCBs in Contaminated Buildings: Field investigation of the impact of ventilation and temperature and development of an emission test cell for in situ measurements”, Aalborg Universitetsforlag, **2016**.
- [5] K. Breivik, A. Sweetman, J. M. Pacyna, ve K. C. Jones, “Towards a global historical emission inventory for selected PCB congeners - A mass balance approach: 1. Global production and consumption”, *Sci. Total Environ.*, c. 290, sayı 1–3, ss. 181–198, **2002**.
- [6] M. Zennegg vd., “Joint Sealants: An Overlooked Diffuse Source of Polychlorinated Biphenyls in Buildings”, ss. 1967–1973, **2005**.
- [7] P. J. Franklin, “Indoor air quality and respiratory health of children”, *Paediatr. Respir. Rev.*, c. 8, sayı 4, ss. 281–286, **2007**.
- [8] I. US EPA, OAR,ORIA, “Indoor Pollutants and Sources”. [Çevrimiçi]. Available at: <https://www.epa.gov/mold/indoor-pollutants-and-sources>. [Erişim: 25-May-2018].
- [9] I. US EPA, OAR,ORIA, “Asbestos’ Impact on Indoor Air Quality”. [Çevrimiçi]. Available at: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/asbestos-impact-indoor-air-quality>. [Erişim: 25-May-2018].
- [10] I. US EPA, OAR,ORIA, “Carbon Monoxide’s Impact on Indoor Air Quality”. [Çevrimiçi]. Available at: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/carbon-monoxides-impact-indoor-air-quality>. [Erişim: 25-May-2018].
- [11] “What can employees do to help prevent CO poisoning? What are the OSHA standards for CO exposure?” [Çevrimiçi]. Available at: https://www.osha.gov/OshDoc/data_General_Facts/carbonmonoxide-factsheet.pdf. [Erişim: 25-May-2018].
- [12] I. US EPA, OAR,ORIA, “Nitrogen Dioxide’s Impact on Indoor Air Quality”. [Çevrimiçi]. Available at: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/nitrogen-dioxides-impact-indoor-air-quality>. [Erişim: 25-May-2018].
- [13] I. US EPA, OAR,ORIA, “Volatile Organic Compounds’ Impact on Indoor Air Quality”. [Çevrimiçi]. Available at: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/volatile-organic-compounds-impact-indoor-air-quality>. [Erişim: 25-May-2018].
- [14] I. US EPA, OAR,ORIA, “Formaldehyde’s Impact on Indoor Air Quality”. [Çevrimiçi]. Available at: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/formaldehydes-impact-indoor-air-quality>. [Erişim: 25-May-2018].
- [15] “ATSDR - ToxFAQs™: Formaldehyde”. [Çevrimiçi]. Available at: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tf.asp?id=219&tid=39#bookmark02>. [Erişim: 25-May-2018].

- [16] I. US EPA, OAR,ORIA, “Lead’s Impact on Indoor Air Quality”. [Çevrimiçi]. Available at: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/leads-impact-indoor-air-quality>. [Erişim: 25-May-2018].
- [17] I. US EPA, OAR,ORIA, “Indoor Particulate Matter”. [Çevrimiçi]. Available at: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/indoor-particulate-matter>. [Erişim: 25-May-2018].
- [18] A. M. Pope, R. Patterson, H. Burge, ve Institute of Medicine (U.S.). Committee on the Health Effects of Indoor Allergens., “Indoor allergens : assessing and controlling adverse health effects”, 1993. [Çevrimiçi]. Available at: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/biological-pollutants-impact-indoor-air-quality>. [Erişim: 25-May-2018].
- [19] I. US EPA, OAR,ORIA, “Building a New Home, Have You Considered Radon?” .
- [20] S. J. Hellman, O. Lindroos, T. Palukka, E. Priha, T. Rantio, ve T. Tuhkanen, “PCB contamination in indoor buildings”, *WIT Trans. Ecol. Environ.*, c. 116, ss. 491–498, **2008**.
- [21] Ö. Kuzu, “PCB Biyodegradasyonu İçin Yeni Bir Biyosorbentin Kullanım Potansiyelinin Araştırılması”, Gazi Üniversitesi, **2013**.
- [22] J. P. Giesy ve K. Kannan, “Dioxin-like and non-dioxin-like toxic effects of polychlorinated biphenyls (PCBs): implications for risk assessment.”, *Crit. Rev. Toxicol.* 28, 511–569.No Title, c. 28, ss. 511–569, **1998**.
- [23] X. Liu vd., “Laboratory study of PCB transport from primary sources to settled dust”, *Chemosphere*, c. 149, ss. 62–69, **2016**.
- [24] B. G. DÖNMEZ, “Toprak Örneklerinde PCB Kirliliğinin Araştırılması ve Yasal Sınır Değerlerinin Uygulanabilirliğinin Değerlendirilmesi”, İstanbul Teknik Üniversitesi, **2012**.
- [25] M. Scott ve R. Snyder, “PCBS in construction materials: Old chemical, new context”, *Environ. Claims J.*, c. 27, sayı 3, ss. 244–263, **2015**.
- [26] K. Gedik ve I. Imamoğlu, “An assessment of the spatial distribution of polychlorinated biphenyl contamination in Turkey”, *Clean - Soil, Air, Water*, c. 38, sayı 2, ss. 117–128, **2010**.
- [27] R. Oğulmuş, “Bursa Topraklarındaki PoliklorBifenillerin (PCB’ ler) Bölgesel ve Mevsimsel Değişimleri”, Uludağ Üniversitesi, **2012**.
- [28] M. TERZİ, “İzmit Körfezinde Biyota ve Sediment Örneklerinde Pah ve PCB Düzeylerinin Araştırılması”, Kocaeli Üniversitesi, **2011**.
- [29] M. D. ERİCKSON, *Analytical Chemistry of PCBs*, Second. Washington, D.C.: Lewis Publishers, **1997**.
- [30] “Polychlorinated Biphenyl Molecule Photograph by Dr Tim Evans”. [Çevrimiçi]. Available at: <https://fineartamerica.com/featured/polychlorinated-biphenyl-molecule-dr-tim-evans.html>. [Erişim: 25-May-2018].
- [31] S. S. CİNDORUK, “Poliklorlu Bifenillerin (PCB’ler) Konsantrasyonlarının, Kuru Çökelme ve Hava-Su Arakesit Akıllarının Belirlenmesi”, Uludağ Üniversitesi, **2007**.
- [32] ASTDR, “Toxicological Profile for Polychlorinated Biphenyls (PCBs)”, **2000**.
- [33] H. G. Yeo, M. Choi, M. Y. Chun, T. W. Kim, K. C. Cho, ve Y. Sunwoo,

- “Concentration characteristics of atmospheric PCBs for urban and rural area, Korea”, *Sci. Total Environ.*, c. 324, sayı 1–3, ss. 261–270, **2004**.
- [34] S. SARI, “Konya Kanalizasyon Sistemlerinde Poliklorlu Bifenillerin (PCBs) İncelenmesi”. s. 63, **2003**.
- [35] U. Epa ve N. Exposure Research Laboratory, “Polychlorinated Biphenyls (PCBs) in School Buildings: Sources, Environmental Levels, and Exposures”.
- [36] T. G. on I. of the P. E. Network, “Polychlorinated Biphenyls (PCB) Inventory Guidance”, **2016**.
- [37] L. Manodori, A. Gambaro, I. Moret, G. Capodaglio, W. R. L. Cairns, ve P. Cescon, “Seasonal evolution of gas-phase PCB concentrations in the Venice Lagoon area”, *Chemosphere*, c. 62, sayı 3, ss. 449–458, **2006**.
- [38] D. L. Carlson ve R. A. Hites, “Temperature dependence of atmospheric PCB concentrations”, *Environ. Sci. Technol.*, c. 39, sayı 3, ss. 740–747, **2005**.
- [39] Y. Tasdemir, N. Vardar, M. Odabasi, ve T. M. Holsen, “Concentrations and gas/particle partitioning of PCBs in Chicago”, *Environ. Pollut.*, c. 131, sayı 1, ss. 35–44, **2004**.
- [40] W. L. Wu vd., “Levels, congener profiles, and dietary intake assessment of polychlorinated dibenzo-p-dioxins/dibenzofurans and dioxin-like polychlorinated biphenyls in beef, freshwater fish, and pork marketed in Guangdong Province, China”, *Sci. Total Environ.*, c. 615, ss. 412–421, **2018**.
- [41] J. C. Larsen, E. Nielsen, J. Boberg, ve M. A. Petersen, *Evaluation of health hazards by exposure to Polychlorinated biphenyls (PCB) and proposal of a health-based quality criterion for soil.*, sayı 1485. **2014**.
- [42] A. Fromberg, K. Granby, A. Højgård, S. Fagt, ve J. C. Larsen, “Estimation of dietary intake of PCB and organochlorine pesticides for children and adults”, *Food Chem.*, c. 125, sayı 4, ss. 1179–1187, **2011**.
- [43] M. Kraft, K. Rauchfuss, S. Sievering, M. Wöckner, F. Neugebauer, ve H. Fromme, “Quantification of all 209 PCB congeners in blood—Can indicators be used to calculate the total PCB blood load?”, *Int. J. Hyg. Environ. Health*, c. 220, sayı 2, ss. 201–208, **2017**.
- [44] “Polychlorinated biphenyls (PCBs)(Arochlors)”. [Çevrimiçi]. Available at: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-09/documents/polychlorinated-biphenyls.pdf>. [Erişim: 26-May-2018].
- [45] O. US EPA, OSWER, “Learn about Polychlorinated Biphenyls (PCBs)”. [Çevrimiçi]. Available at: <https://www.epa.gov/pcbs/learn-about-polychlorinated-biphenyls-pcbs#healtheffects>. [Erişim: 26-May-2018].
- [46] U. S. P. H. Service ve The Agency for Toxic Substances and Disease Registry U.S. Department of Health and Human Services, “Public Health Implications Of Exposure To Polychlorinated Biphenyls (PCBs) U . S . Public Health Service The Agency for Toxic Substances and Disease Registry U . S . Department of Health and Human Services and The U . S . Environmental Protection Agency”.
- [47] G. G. Fein, J. L. Jacobson, S. W. Jacobson, P. M. Schwartz, ve J. K. Dowler, “Prenatal exposure to polychlorinated biphenyls: effects on birth size and gestational age.”, *J. Pediatr.*, c. 105, sayı 2, ss. 315–20, Ağu. **1984**.

- [48] W. J. Rogan ve B. C. Gladen, "Study of human lactation for effects of environmental contaminants: the North Carolina Breast Milk and Formula Project and some other ideas.", *Environ. Health Perspect.*, c. 60, ss. 215–21, May. **1985**.
- [49] K. Gedik, F. Demircioğlu, ve İpek Imamoğlu, "Spatial distribution and source apportionment of PCBs in sediments around izmit industrial complexes, Turkey", *Chemosphere*, c. 81, sayı 8, ss. 992–999, **2010**.
- [50] G. Dai vd., "Distribution of organochlorine pesticides (OCPs) and poly chlorinated biphenyls (PCBs) in surface water and sediments from Baiyangdian Lake in North China", *J. Environ. Sci.*, c. 23, sayı 10, ss. 1640–1649, **2011**.
- [51] C. Neira, M. Vales, G. Mendoza, E. Hoh, ve L. A. Levin, "Polychlorinated biphenyls (PCBs) in recreational marina sediments of San Diego Bay, southern California", *Mar. Pollut. Bull.*, c. 126, sayı July 2017, ss. 204–214, **2018**.
- [52] D. G. Wang, M. Yang, H. L. Jia, L. Zhou, ve Y. F. Li, "Levels, distributions and profiles of polychlorinated biphenyls in surface soils of Dalian, China", *Chemosphere*, c. 73, sayı 1, ss. 38–42, **2008**.
- [53] R. Fuoco vd., "A snow/firn four-century record of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and polychlorobiphenyls (PCBs) at Talos Dome (Antarctica)", *Microchem. J.*, c. 105, ss. 133–141, **2012**.
- [54] G. Carrera, P. Fernah Ndez, R. M. Vilanova, ve J. O. Grimalt, "Persistent organic pollutants in snow from European high mountain areas", *Atmos. Environ.*, c. 35, ss. 245–254, **2001**.
- [55] S. S. Cindoruk, F. Esen, ve Y. Tasdemir, "Concentration and gas/particle partitioning of polychlorinated biphenyls (PCBs) at an industrial site at Bursa, Turkey", *Atmos. Res.*, c. 85, sayı 3–4, ss. 338–350, **2007**.
- [56] C. Te Fu ve S. C. Wu, "Bioaccumulation of polychlorinated biphenyls in mullet fish in a former ship dismantling harbour, a contaminated estuary, and nearby coastal fish farms", *Mar. Pollut. Bull.*, c. 51, sayı 8–12, ss. 932–939, **2005**.
- [57] H. Shen vd., "Polychlorinated dibenzo-p-dioxins/furans (PCDD/Fs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) in Zhejiang foods (2006–2015): Market basket and polluted areas", *Sci. Total Environ.*, c. 574, ss. 120–127, **2017**.
- [58] E. M. Oziolor, J. N. Apell, Z. C. Winfield, J. A. Back, S. Usenko, ve C. W. Matson, "Polychlorinated biphenyl (PCB) contamination in Galveston Bay, Texas: Comparing concentrations and profiles in sediments, passive samplers, and fish", *Environ. Pollut.*, c. 236, ss. 609–618, **2018**.
- [59] M. Frederiksen, H. W. Meyer, N. E. Ebbenhøj, ve L. Gunnarsen, "Polychlorinated biphenyls (PCBs) in indoor air originating from sealants in contaminated and uncontaminated apartments within the same housing estate", *Chemosphere*, c. 89, sayı 4, ss. 473–479, **2012**.
- [60] S. Harrad vd., "Polychlorinated biphenyls in domestic dust from Canada, New Zealand, United Kingdom and United States: Implications for human exposure", *Chemosphere*, c. 76, sayı 2, ss. 232–238, **2009**.
- [61] R. A. Rudel, L. M. Seryak, ve J. G. Brody, "PCB-containing wood floor finish is a likely source of elevated PCBs in residents' blood, household air and dust: A case study of exposure", *Environ. Heal. A Glob. Access Sci. Source*, c. 7, ss. 1–8, **2008**.

- [62] W. Wang, M. J. Huang, J. S. Zheng, K. C. Cheung, ve M. H. Wong, “Exposure assessment and distribution of polychlorinated biphenyls (PCBs) contained in indoor and outdoor dusts and the impacts of particle size and bioaccessibility”, *Sci. Total Environ.*, c. 463–464, ss. 1201–1209, **2013**.
- [63] O. Audy vd., “PCBs and organochlorine pesticides in indoor environments - A comparison of indoor contamination in Canada and Czech Republic”, *Chemosphere*, c. 206, ss. 622–631, Eyl. **2018**.
- [64] T. Schulz, “Comparison of PCBs in East Chicago, Indiana and Columbus Junction, Iowa in indoor and outdoor air”, The University of Iowa, **2012**.
- [65] E. G. Barbounis vd., “Assessment of PCBs exposure in human hair using double focusing high resolution mass spectrometry and single quadrupole mass spectrometry”, *Toxicol. Lett.*, c. 210, sayı 2, ss. 225–231, **2012**.
- [66] C. Zhang, *Fundamentals of environmental sampling and analysis*. Wiley-Interscience, **2007**.
- [67] M. Jartun, R. T. Ottesen, E. Steinnes, ve T. Volden, “Painted surfaces - Important sources of polychlorinated biphenyls (PCBs) contamination to the urban and marine environment”, *Environ. Pollut.*, c. 157, sayı 1, ss. 295–302, **2009**.
- [68] K. Thomas, “PCBs in Schools (USEPA)”, 2014. [Çevrimiçi]. Available at: http://www.schoolclearinghouse.org/pubs/CGHS_PCBs_in_Schools_Research_USEPA.pdf. [Erişim: 16-Haz-**2018**].
- [69] M. D. Erickson ve R. G. Kaley, “Applications of polychlorinated biphenyls”, *Environ. Sci. Pollut. Res.*, c. 18, sayı 2, ss. 135–151, **2011**.
- [70] U. Epa, O. of Research, A. Pollution Prevention, ve C. Division, “LITERATURE REVIEW OF REMEDIATION METHODS FOR PCBS IN BUILDINGS January 2012”, **2012**.
- [71] I. Padadopoulos & Associates, “PCBs in the Interstate Natural Gas Transmission System – Status and Trends”, **2010**.
- [72] J. Tan, S. M. Cheng, A. Loganath, Y. S. Chong, ve J. P. Obbard, “Selected organochlorine pesticide and polychlorinated biphenyl residues in house dust in Singapore”, *Chemosphere*, c. 68, sayı 9, ss. 1675–1682, **2007**.

EKLER

Ek-1: Kapalı Ortam Havası Değerlendirme Formu

Ev Kodu:

Adı Soyadı:

Adresi:

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. Pencereğiniz 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. Pencere 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 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: Gamze YAĞCI

Doğum Yeri: Erzincan

Medeni Hali: Evli

E-posta: gamzeyagci06@gmail.com

Adresi: Yenimahalle/ ANKARA

Eğitim

Lisans: Anadolu Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans: Hacettepe Üniversitesi Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yabancı Dil Düzeyi

İyi

İş Deneyimi

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, 2011-Halen Çalışıyor

Deneyim Alanları:

İş Sağlığı ve İş Güvenliği

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

“Prenatal Dönemden Başlayarak 2 Yaşına Ginceye Kadar Çocukların Evlerindeki İç Ortam Kirleticilerinin ve Bu Kirleticilerle Alt Solunum Yolu Enfeksiyonları ve Alerjik Yakınmalar Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi” konulu, 110Y082 nolu TÜBİTAK destekli proje

Tezden Üretilmiş Yayınlar

-

Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar

-



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 26/06/2018

Tez Başlığı / Konusu: Ev Tozlarında PCB Seviyelerinin İncelenmesi

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 140... sayfalık kısmına ilişkin, 14./06/2018 tarihinde ~~şahsım~~/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 4. 'tür.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar ~~hariç~~/dâhil
- 3- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orjinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.


26/06/2018

Adı Soyadı: Gamze YAĞCI

Öğrenci No: NO9128166

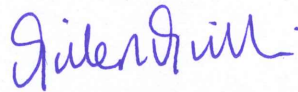
Anabilim Dalı: Çevre mühendisliği

Programı:

Statüsü: ☒ Y.Lisans ☐ Doktora ☐ Bütünleşik Dr.

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.



Prof. Dr. Güler Güllü