

**BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ❖ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ARAÇ İÇİ TOZ ÖRNEKLERİNDE ÇOK BROMLU DİFENİL ETER (PBDEs)  
SEVİYELERİ VE İNSAN MARUZİYETİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Selçuk BALCI**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**MAYIS 2019**



**BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ❖ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ARAÇ İÇİ TOZ ÖRNEKLERİNDE ÇOK BROMLU DİFENİL ETER (PBDEs)  
SEVİYELERİ VE İNSAN MARUZİYETİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Selçuk BALCI  
(162082109)**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Perihan KURT KARAKUŞ**

**MAYIS 2019**

BTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 162082109 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Selçuk BALCI, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "ARAÇ İÇİ TOZ ÖRNEKLERİNDE ÇOK BROMLU DİFENİL ETER (PBDEs) SEVİYELERİ VE İNSAN MARUZİYETİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :** **Doç. Dr. Perihan KURT-KARAKUŞ** .....  
Bursa Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :** **Doç. Dr. Nezh Kamil SALİHOĞLU** .....  
Uludağ Üniversitesi

**Dr. Öğr. Üyesi Aşkın BİRGÜL** .....  
Bursa Teknik Üniversitesi

**Savunma Tarihi :** 24 Mayıs 2019

**FBE Müdürü :** **Doç. Dr. Murat ERTAŞ** .....  
Bursa Teknik Üniversitesi ...../...../.....

## İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Selçuk BALCI

İmzası :

X X X X



***Değerli aileme...***

## ÖNSÖZ

Yüksek Lisans tezimin hazırlanması sürecinde her türlü yardım ve fedakarlığı gösteren, değerli fikirleriyle beni destekleyen, bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım hocam Sayın Doç. Dr. Perihan KURT-KARAKUŞ'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışması kapsamında laboratuvar çalışmasında yardımlarını esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Aşkın Birgül'e ve doktora öğrencisi Merve Özkaleli'ye teşekkür ederim.

Bu tez çalışması Bursa Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 172L11 no'lu (Araç içi toz örneklerinde çok bromlu difenil eter (PBDEs) seviyeleri ve insan maruziyetinin değerlendirilmesi) Lisansüstü Tez Projesi kapsamında desteklenmiştir. Çalışma kapsamında araçlarından toz örneği alınmasına izin veren gönüllü katılımcılara teşekkür ederiz.

Aileme desteklerinden ve sabırlarından dolayı sonsuz teşekkür ediyorum.

Mayıs 2019

Selçuk BALCI

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>v</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>vi</b>
<b>KISALTMALAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>SEMBOLLER</b> .....	<b>ix</b>
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....	<b>x</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>xi</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>xii</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>xiii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Tezin Amacı .....	3
1.2 Hipotez .....	4
<b>2. LİTERATÜR ÖZETİ</b> .....	<b>5</b>
2.1 Ateş Mukavemeti Arttırıcı Kimyasallar .....	5
2.2 Çok Bromlu Difenil Eterler (PBDEler).....	7
2.2.1 PBDE'lerin Kaynakları ve İnsan Maruziyet Yolları .....	9
2.2.2 PBDE'lerin Çevre ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri .....	11
2.2.3 PBDElerin Kullanımına İlişkin Kısıtlamalar .....	12
2.2.4 İç Ortamlarda PBDElerin Mevcudiyetine Yönelik Türkiye'de Yapılan Çalışmalar .....	14
<b>3. MATERYAL VE METOD</b> .....	<b>16</b>
3.1 Örnekleme Bölgesi ve Araçlar .....	16
3.2 Analizlerde Kullanılan Kimyasallar .....	20
3.3 Araç İçi Toz Örneklerin Toplanması.....	20
3.3.1 Araç İçi Toz Örneklerinin Toplanması İçin Örnekleyici Aparat Modifikasyonu .....	20
3.3.2 Toz Örneklerinin Toplanacağı Filtrelerin Hazırlanması .....	22
3.3.3 Toz Örneklerinin Toplanması .....	22
3.3.4 Toz Örneklerinin Ekstraksiyonu ve Analize Hazır Hale Getirilmesi .....	24
3.3.5 Enstrümental Analiz ve Cihaz İşletim Parametreleri .....	25
3.3.5.1 Kalibrasyon eğrisi hazırlanması .....	27
3.3.5.2 İnsan Maruziyetinin Değerlendirilmesi.....	28
3.3.6 Kalite kontrol/kalite güvencesi (KK/KG) .....	29
3.3.7 İstatistiksel Analizler.....	33
<b>4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA</b> .....	<b>34</b>
4.1. Toz Örneklerinde Belirlenen Konsantrasyonlar .....	34
4.2. PBDE Kongener Profilleri ve Teknik Karışım Profilleri ile Karşılaştırma.....	36
4.3. Literatürde Bildirilen PBDE Seviyeleri ile Karşılaştırma.....	45
4.4. Kongener Teşhis Oranları .....	46



4.5. Sonuçların Araç markası, yaşı, i özellikleri, üretildiği ülke/kıta bazında değerlendirilmesi .....	47
4.6. İnsan Maruziyeti Değerlendirmesi.....	50
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>62</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>63</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>75</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>85</b>



## KISALTMALAR

<b>AB</b>	: Avrupa Birliği
<b>ABD</b>	: Amerika Birleşik Devletleri
<b>ATSDR</b>	: Agency for Toxic Substances and Disease Registry-Toksik Maddeler ve Hastalık Kayıt Ajansı
<b>BFR</b>	: Kimyasal Yapılarına Göre Brom
<b>BFRlar</b>	: Bromlu Alev Geciktiriciler
<b>c-dekaBDE</b>	: Ve ticari-dekaBDE
<b>CFR</b>	: Klor
<b>c-oktaBDE</b>	: Ticari-oktaBDE
<b>c-pentaBDE</b>	: Ticari penta-BDE
<b>DCM</b>	: Diklorometan
<b>EEE</b>	: Elektrikli ve Elektronik Eşya
<b>EFRA</b>	: European Federation of Radio Operated Model Automobiles
<b>EPA</b>	: United States Environmental Protection Agency-Amerikan Ulusal Çevresel Koruma Ajansı
<b>FRLar</b>	: Ateş Mukavemeti Arttırıcı Kimyasallar
<b>IDL</b>	: Cihaz Belirleme Limiti
<b>JAMA</b>	: Japan Automobile Manufacturers Association-Japon Otomobil Üreticileri Birliği
<b>KOK</b>	: Kalıcı Organik Kirletici
<b>KOK-UUP</b>	: Yönetimi Ulusal Uygulama Planı
<b>LRAT</b>	: Uzun Mesafeli Atmosferik Taşınım
<b>MDL</b>	: Metod Belirleme Limiti
<b>OPFR</b>	: Fosfat
<b>PBDE</b>	: Çokbromlu Difenil Eter
<b>PUR</b>	: Esnek Poliüretan
<b>SNUR</b>	: Önemli Yeni Kullanım Kuralları
<b>S:N</b>	: Signal:Gürültü
<b>UNEP</b>	: United Nations Environment Programme-Birleşmiş Milletler Çevre Programı
<b>UOB</b>	: Uçucu Organik Bileşik
<b>USEPA</b>	: United States Environmental Protection Agency-Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
<b>UV</b>	: Ultraviyole Işınları
<b>WEEE</b>	: Atık Elektrikli ve Elektronik Cihazlar

## SEMBOLLER

<b>atm-m<sup>3</sup>/mol</b>	: Atmosfer-metreküp/mol
<b>°C</b>	: Santigrad derece
<b>°C/dk</b>	: Santigrad derece/dakika
<b>dk</b>	: Dakika
<b>km</b>	: Kilometre
<b>LogKow</b>	: Log oktanol-su dağılım katsayısı
<b>LogKoc</b>	: Log oktanol-karbon dağılım katsayısı
<b>mmHg</b>	: Milimetre civa
<b>mL/dk</b>	: Mililitre/dakika
<b>ng/g</b>	: Nanogram/gram
<b>ng/m<sup>3</sup></b>	: Nanogram/metreküp
<b>ng/mL</b>	: Nanogram/mililitre
<b>ng/kg/gün</b>	: Nanogram/kilogram/gün
<b>pg/m<sup>3</sup></b>	: Pikogram/metreküp
<b>R<sup>2</sup></b>	: Korelasyon katsayısı
<b>pg/µL</b>	: Pikogram/mikrolitre
<b>µg/kg</b>	: Mikrogram/kilogram

## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

<b>Çizelge 2.1</b> : PBDE karışımlarının fiziko-kimyasal özellikleri (ATSDR, 2015) ve kullanım alanları. ....	<b>9</b>
<b>Çizelge 2.2</b> : Çevresel Ortamlarda PBDE'ler ile ilgili Türkiye'de yapılan çalışmalar .....	<b>15</b>
<b>Çizelge 3.1</b> : Toz Örneklerinin toplandığı araçlara dair bilgiler.....	<b>18</b>
<b>Çizelge 3.2</b> : PBDE kongenerleri, geri kazanım verimi kimyasalları ve hacim düzeltme standartının kromatografik alıkonma süresi, hedef ve doğrulayıcı iyonlar .....	<b>26</b>
<b>Çizelge 3.3</b> : Eşitlik [3.1], [3.2] ve [3.3]'te kullanılan parametreler ve literatürde önerilen sabit değerleri.....	<b>28</b>
<b>Çizelge 3.4</b> : IDL ve MDL değerleri (ng/g toz) .....	<b>30</b>
<b>Çizelge 3.5</b> : Rectemsil değeri sonuçları (%) .....	<b>31</b>
<b>Çizelge 3.6</b> : Rechedef değeri sonuçları (%) .....	<b>31</b>
<b>Çizelge 3.7</b> : RecCRM değerleri.....	<b>32</b>
<b>Çizelge 3.8</b> : Tekrarlı analiz (n=10) RSD değerleri (%).....	<b>32</b>
<b>Çizelge 4.1</b> : Ticari PBDE karışımlarının içerisinde bulunan PBDE kongener % değerleri .....	<b>36</b>
<b>Çizelge 4.2</b> : Tez çalışmasında incelenen kongenerlerin La Guardia ve diğ. (2006) tarafından bildirilen ticari karışımlarda bulunan % değerleri .....	<b>37</b>
<b>Çizelge 4.3</b> : Kongener teşhis oranları.....	<b>47</b>
<b>Çizelge 4.4</b> : Eğrilik, diklik analizi ve dağılım durumu istatistik sonuçları .....	<b>48</b>
<b>Çizelge 4.5</b> : Markalar bazında ΣPBDE konsantrasyonunun medyan değerlerinin varyans analizi (ANOVA) ile karşılaştırılması .....	<b>49</b>
<b>Çizelge 4.6</b> : Araçlarda mevcut ses/görüntü düzeneklerine göre varyans analizi .....	<b>50</b>
<b>Çizelge 4.7</b> : Yutma yoluyla maruziyet değerleri (Cyutma) .....	<b>51</b>
<b>Çizelge 4.8</b> : Cilt yoluyla maruziyet değerleri (Ccilt) .....	<b>52</b>
<b>Çizelge 4.9</b> : Yutma ve cilt yoluyla oluşan toplam maruziyet değerleri .....	<b>53</b>
<b>Çizelge 4.10</b> : Cyutma sonucu oluşan HQ değerleri.....	<b>54</b>
<b>Çizelge 4.11</b> : Ccilt sonucu oluşan HQ değerleri .....	<b>57</b>
<b>Çizelge 4.12</b> : ΣHQ (HQyutma+HQcilt) değerleri .....	<b>58</b>
<b>Çizelge 4.13</b> : Literatürde bildirilen konsantrasyon değerleri baz alınarak insan maruziyetinin değerlendirilmesi .....	<b>59</b>
<b>Çizelge 4.14</b> : Literatürde bildirilen konsantrasyon değerleri baz alınarak hesaplanan insan maruziyet değerlerine göre hesaplanan HQ değerleri .....	<b>61</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1 : 2016 yılı itibari ile kimyasal yapılarına göre küresel bazda satılan FR miktarlarının yüzdelik dağılımları .....	5
Şekil 2.2 : 2016 yılı itibari ile bölgelere göre küresel FR tüketiminin yüzdelik dağılımı .....	6
Şekil 2.3 : PBDE kimyasal yapısı.....	7
Şekil 2.4 : PBDElere maruziyet yolları .....	10
Şekil 3.1 : Araç örneği-1.....	16
Şekil 3.2 : Araç örneği-2.....	16
Şekil 3.3 : Araç örneği-3.....	17
Şekil 3.4 : Araç örneği-4.....	17
Şekil 3.5 : Araç örneği-5.....	17
Şekil 3.6 : Araç örneği-6.....	18
Şekil 3.7 : Örnekleme aparatı modifikasyonu .....	21
Şekil 3.8 : Filtrelerin hazırlanması.....	23
Şekil 3.9 : Araç içi toz örneği toplanması.....	23
Şekil 3.10 : Filtrelerin ultrasonik ekstraksiyonu.....	24
Şekil 3.11 : Ekstraktların yuvarlak dipli balonda birleştirilmesi ve döner buharlaştırıcıda hacim azaltılması.....	25
Şekil 3.12 : Ekstraktların sodyum sülfat kolonundan geçirilmesi .....	25
Şekil 3.13. Kalibrasyon grafikleri.....	27
Şekil 4.1 : Kongenerlar bazında $\Sigma$ 13PBDE konsantrasyonları.....	35
Şekil 4.2: Homolog grupların Araç Markalarına ve PBDE ticari karışımlarında göre $\Sigma$ PBDE içerisindeki % değerleri-1.....	39
Şekil 4.3: Homolog grupların Araç Markalarına ve PBDE ticari karışımlarında göre $\Sigma$ PBDE içerisindeki % değerleri-2.....	40
Şekil 4.4: Homolog grupların Araç Markalarına ve PBDE ticari karışımlarında göre $\Sigma$ PBDE içerisindeki % değerleri-3.....	41
Şekil 4.5: Homolog grupların Araç Markalarına ve PBDE ticari karışımlarında göre $\Sigma$ PBDE içerisindeki % değerleri-4.....	42
Şekil 4.6: Homolog grupların Araç Markalarına ve PBDE ticari karışımlarında göre $\Sigma$ PBDE içerisindeki % değerleri-5.....	43
Şekil 4.7: Homolog grupların Araç Markalarına ve PBDE ticari karışımlarında göre $\Sigma$ PBDE içerisindeki % değerleri-6.....	44
Şekil 4.8: Çalışma kapsamında belirlenen $\Sigma$ PBDE seviyesinin literatürde bildirilen konsantrasyonlar karşılaştırılması.....	45
Şekil 4.9: Bu çalışmada ve diğer ülkelerde yapılan çalışmalardabelirlenen ortalama konsantrasyonlar baz alınarak hesaplanan maruziyet değerlerinin yetişkin ve çocuklar için karşılaştırılması .....	57

## ARAÇ İÇİ TOZ ÖRNEKLERİNDE ÇOK BROMLU DİFENİL ETER (PBDEs) SEVİYELERİ VE İNSAN MARUZİYETİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

### ÖZET

Bu tez çalışmasında, Bursa ilinde bulunan 63 adet araçtan (genel olarak farklı marka ve modeller) iç ortam tozu (taban tozu hariç) toplanmış ve 13 adet PBDE kongeneri (PBDE-17, -28, -71, -47, -66, -100, -99, -85, -154, -153, -138, -183, ve -209) incelenmiştir.

Çalışmanın temel hedefi 13 PBDE kongenerinin araç için tozlarında bulunan seviyelerinin belirlemek, diğer ülkelerde belirlenen seviyelerle karşılaştırmak ve kazara toz yutma/deri ile temas yolları ile insan maruziyetinin değerlendirilmesidir.

Ülkemizde iç ortamlarda PBDE seviyelerinin incelenmesine dair çalışmalar, dünyanın diğer bölgeleri ile karşılaştırıldığında oldukça sınırlı sayıda olup, ülkemizde araç içi ortamlar gibi mikro-çevreler için yapılan çalışmalara ise henüz literatürde rastlanmamaktadır. BU sebeple yapılan çalışmanın sonuçları, bu tür çalışmalara bir altlık oluşturması açısından oldukça önemlidir.

Çalışma kapsamında kongener konsantrasyonlarının <MDL-39657 ng/g (PBDE-209) aralığında belirlenmiştir. Dekap-BPDE ticari karışımının temel bileşeni olan PBDE 209'un genel olarak en yüksek konsantrasyonda bulunduğu tespit edilmiştir.

Araç özelliklerinden bağımsız olarak sonuçlar değerlendirildiğinde en yüksek ve en düşük  $\sum_{13}$  PBDE konsantrasyonu sırasıyla 40198,1 (Renault) ve 0,6 ng/g (Fiat) olarak tespit edilmiştir.

Kazara toz yutma ve cilt yoluyla maruziyet durumu değerlendirildiğinde,  $\sum_{13}$  PBDE baz alındığında çocuklar yetişkinlere oranla yaklaşık 10 kat daha yüksek maruziyete uğramaktadır.

Yutma ya da cilt yoluyla oluşan maruziyetler baz alınarak hesaplanan HQ değerlerinin tamamı <1 değeri göstermiştir. İlave olarak, toplam maruziyet baz alınarak hesaplanan HQ değerleri de hem yetişkinler hem de çocuklar için <1 olarak belirlenmiştir. Bu sebeple araç içi tozlara yutma ve cilt yoluyla maruziyet herhangi bir sağlık riski oluşturmamaktadır.

Yapılan çalışma ülkemizde araç içi PBDE mevcudiyetinin değerlendirilmesine yönelik ilk çalışma olup, gelecekte yapılacak çalışmalara altlık oluşturması açısından önem arz etmektedir.

**Anahtar kelimeler:** PBDEler, araç içi toz örneği, diyet yoluyla olmayan maruziyet, Bursa.

# LEVELS OF POLYBROMINATED DIPHENYL ETHERS (PBDEs) IN CAR DUST AND AN ASSESSMENT OF HUMAN EXPOSURE

## SUMMARY

In this thesis, dust samples (except from floor) was collected from 63 vehicles (generally different brands and models) in Bursa province and 13 PBDE congeners (PBDE-17, -28, -71, -47, -66, -100, -99, -85, -154, -153, -138, -183, and -209) were investigated in collected samples.

The main objectives of the present study were to determine the levels of PBDE congeners in car dust, to compare these levels with the levels determined in car dust from other countries and to assess human exposure by accidental dust ingestion / skin contact pathways.

Number of studies on the investigation of PBDE levels in indoor environments in our country are very limited compared to other regions of the world and studies for micro-environments such as in-car environments conducted in our country have not appeared in the scientific literature yet. For this reason, the results of current the study are very important in terms of providing a baseline information for such studies.

Results of the study showed that congener concentrations were within the range of <MDL-39657 ng / g (PBDE-209). It has been determined that PBDE 209, the main congener of the commercial deca-PBDE products, has the highest concentration.

Regardless of the vehicle characteristics, the highest and lowest  $\Sigma_{13}$ PBDE concentrations were determined to be 40198.1 ng/g (Renault) and 0.6 ng/g (Fiat), respectively.

When exposure through accidental dust ingestion and skin contact, it was found that children are exposed to PBDEs approx. 10 times higher compared to exposure rate of adults.

The HQ values calculated based on ingestion or skin contact exposure were <1. In addition, HQ values calculated based on total exposure (ingestion+skin contact) were determined to be <1 for both adults and children. For this reason, exposure to car dust-bound PBDEs through ingestion and skin contact do not pose any health risks for human.

This study is the first study to assess the presence of PBDEs in car dust in our country, and therefore it is important to provide a base line information for any future studies.

**Keywords:** PBDEs, car dust samples, non-dietary exposure, Bursa.

## 1. GİRİŞ

Çokbromlu difenil eterler (PBDEler) bromlu alev geciktiricilerden (BFRlar) olup biyobirikim, zehirlilik ve çevresel problemlere yol açmalarından dolayı bilimsel çalışmalarda oldukça yoğun bir şekilde incelenmektedirler. Beslenmenin yanı sıra, insanların bu kirleticilere maruz kalmasının en temel yolu tozlar ile olan temasıdır. PBDE maruziyetinin ana sebepleri arasında ev tozlarının solunması, yutulması yada deri ile teması gösterilmektedir (Allen ve diğ, 2007, 2008; Harrad ve diğ, 2006; Jones- Otazo ve diğ, 2005; Karlsson ve diğ, 2007; Schecter ve diğ, 2005; Stapleton ve diğ, 2008; Wu ve diğ, 2007).

PBDE içeren tozlar genellikle ofis ve evlerde bulunurken son zamanlarda otomobillerde de tespit edilmektedir. Literatürde araç içi konsantrasyon seviyelerini gösteren çeşitli çalışmalar mevcut olup (Cunha ve diğ, 2010; Harrad and Abdallah, 2011; Harrad ve diğ, 2008a; Hazrati ve diğ, 2010; Lagalante ve diğ, 2009; Mandalakis ve diğ, 2008) yapılan çalışmalarda uçak kabinlerinin de potansiyel bir PBDE kaynağı olduğu tespit edilmiştir (Christiansson ve diğ, 2008; Schechter ve diğ, 2010). Ayrıca, trenler yada otobüsler gibi toplu taşıma araçlarında maruz kalınan PBDE seviyelerine ilişkin literatürde bilgi eksikliği bulunmaktadır. (United States Environmental Protection Agency [Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı-USEPA], 1997).

İnsanların en fazla zaman geçirdiği kapalı ortamlar sırasıyla ev, işyeri ve otomobillerdir. Amerika'da yapılan bir araştırmada, araştırmaya katılanların büyük çoğunluğunun günde yaklaşık 100 dakikalarını otomobillerinde geçirdikleri belirlenmiştir (USEPA, 2007). Türkiye'de özellikle büyük şehirlerde, işe gidiş ve dönüş saatlerinde otomobillerde geçirilen süre çok daha uzun olabilmektedir.

Günümüzde şoförlerin ve yolcuların farkında olmadığı bazı tehlikeler vardır örneğin; koltuklar, döşemeler, kol ve baş yastıkları, araç yer döşemesi, aksesuarlar, otomobil parfümleri ve plastikten yapılmış pek çok parça bunlar arasında yer almaktadır. Bu



tehlikeler otomobile girer girmez daha kontağı çalıştırmadan insanları etkileyebilmektedir (USEPA, 2007).

Otomobiller kendilerine has özellikleri olan mikro çevrelerdir. Yapılan çeşitli çalışmalarda otomobil i ortamında çok sayıda toksik kimyasalın konsantrasyon seviyelerinin evlerde ve işyerlerinde ölçülenlerden daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Amerika'da yapılan bir çalışmada kimyasallardan etkilenme açısından otomobillerde geçirilen 80 dk'lık sürenin evlerde geçirilen 16,5 saatlik süreye denk olduğu bulunmuştur (Mandalakis ve Stephanou, 2008). Bu da otomobillerde geçirilen zaman kısa da olsa, buradaki kirletici konsantrasyonlarının yüksek olması nedeni ile yol açacağı sağlık sorunlarının özellikle profesyonel sürücülerde (taksi ve otobüs şoförü vb) göz ardı edilemeyeceğini göstermektedir (Gearhart ve Possett, 2006; Schupp ve diğ, 2005; Yoshida ve Matsunaga, 2006; Yoshida ve diğ, 2006).

Otomobillerin içlerinde 85-120°C'ye varan sıcaklık değerleri llmştir. Oysa evlerde ve işyerlerinde ölçülen sıcaklık değerleri yaz döneminde 23-26°C, kiş döneminde ise 20-24°C arasında değişmektedir. Otomobillerde tüm alanın %90-100' cam iken evlerde bu %12-17 arasında değişmektedir. Cam, kısa dalga boylu ultraviyole işınlarının (UV) (280-315 nm) filtre edilmesini sağlarken, daha uzun dalga boylu UV (315-440 nm) geçişine izin verir. Camın laminatlı olup olmamasına göre geçirgenlik %9,7 ile %62,8 arasında değişmektedir. Camların zelliklerine bağlı olarak otomobil içindeki kirletici konsantrasyonları da farklılaşabilmektedir (Gearhart ve Possett, 2006).

Otomobillerin içlerinde bazı kimyasalların çok yüksek düzeylere ulaştığının belirlenmesi otomobil endüstrisini harekete geçirmiştir. Bir Japon firması yeni üretilmiş otomobillerin içinde 160'tan fazla Uçucu Organik Bileşik (UOB) saptamıştır. Firma yaz aylarında otomobillerin üretiminden 3 yıl sonra bile toplam UOB konsantrasyonunun önerilen sınır değerleri aştığını belirlemiştir. Özellikle yeni otomobil kokusuna neden olan 13 UOB'in azaltılmasına yönelik alışmalar Japon Otomobil reticileri Birliği (Japan Automobile Manufacturers Association- JAMA) tarafından başlatılmıştır. Otomobillerde saptanan kirleticiler arasında fitalatlar, formaldehit, toluen, ksilen, etil benzen, styren ve PBDE'lerdir (Yoshida ve Matsunaga, 2006).

PBDE'ler de güneşte parçalanmaktadır. Diğer çevrelerle karşılaştırıldığında güneş altında kalmış bir otomobilde PBDE konsantrasyonu çok yüksek düzeylere ulaşabilmektedir (Gearhart ve Posselt, 2006). Araç içerisinde geçirilen zaman iç ortamda geçirilen zamana nispeten daha az olsa da, BDE-209 gibi güneş ışığı etkisi ile hızla bozunabilen PBDE türleri için araç içerisinde tespit edilen konsantrasyon seviyeleri evlerde tespit edilen seviyelere oranla 20 kat daha fazla olmaktadır (Abdallah ve diğ., 2009; Harrad ve diğ., 2008a; Lagalante ve diğ., 2009).

Bu bağlamda, ülkemizde konu ile ilgili literatürde herhangi bir araştırmanın mevcut olmaması nedeni ile, bu çalışma kapsamında ülkemizde mevcut olan bazı araba modellerinden araç içi toz örnekleri toplanarak PBDE'lerin mevcudiyetinin belirlenmesi, mevcut olmaları durumunda insan maruziyetinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

## **1.1 Tezin Amacı**

PBDE'ler bromlu alev geciktiricilerdendir. Özellikle plastik ve tekstil ürünlerinde kullanılmaktadır. Döşemecilikte kullanılan köpük, otomobillerde bulunan diğer plastik malzemeler ve bazı halılarda da PBDE 1970'lerden beri alev geciktirici olarak kullanılmaktadır. PBDE'ler çevreye çeşitli kaynaklardan sürekli yayılmaktadır. PBDE'ler önemli bir çevre sorunudur çünkü toksiktirler, biyolojik birikim söz konusudur, kalıcıdır. Bu nedenle doğada ve insan vücudundaki düzeyleri sürekli artmaktadır. PBDE'ler 1970'li yıllardan itibaren üretilmeye başlanmıştır. c-oktaBDE, c-dekaBDE ve c-pentaBDE 'ler halen üretilmektedir. Deka BDE'ler, güneşten etkilenen ortamlarda hızla daha zararlı, biyolojik olarak birikebilen formlara parçalanmaktadır. Bu durum özellikle ev ve işyerlerinden çok daha fazla güneş aldıklarından otomobillerde daha da önem kazanmaktadır.

Araç içinde PBDE'lerin mevcudiyeti araç ön konsolu, plastik aksamalar, koltuk ve tavan döşemeleri ve yalıtımlı kablolar ve elektronik devrelerde "yanmayı geciktirici katkı maddesi" olarak kullanılmalarından dolayıdır. Kullanıldıkları polimerlere katkı maddesi olarak, polimerler herhangi bir bağ yapmayan bu kimyasallar zamanla buldukları polimerden kopmakta ve ticari ürünün bulunduğu ortama karışmakta, özellikle toz partikülleri tarafından absorplanmaktadır. Kazara toz yutma veya deri yoluyla temas, insanların kimyasallara maruziyetinde önemli bir yol olarak

değerlendirilmekte, bu bağlamda insanların PBDE'lere maruziyetinde iç ortamda tozu ve özellikle araç içi tozların önemli rol oynayacağı düşünülmektedir. Bu bağlamda çalışmanın amacı ülkemizde değişik yaş, marka ve model araçlardan toplanacak toz örneklerinde PBDE kirleticilerinin belirlenmesi ve insan maruziyetinin değerlendirilmesidir.

## **1.2 Hipotez**

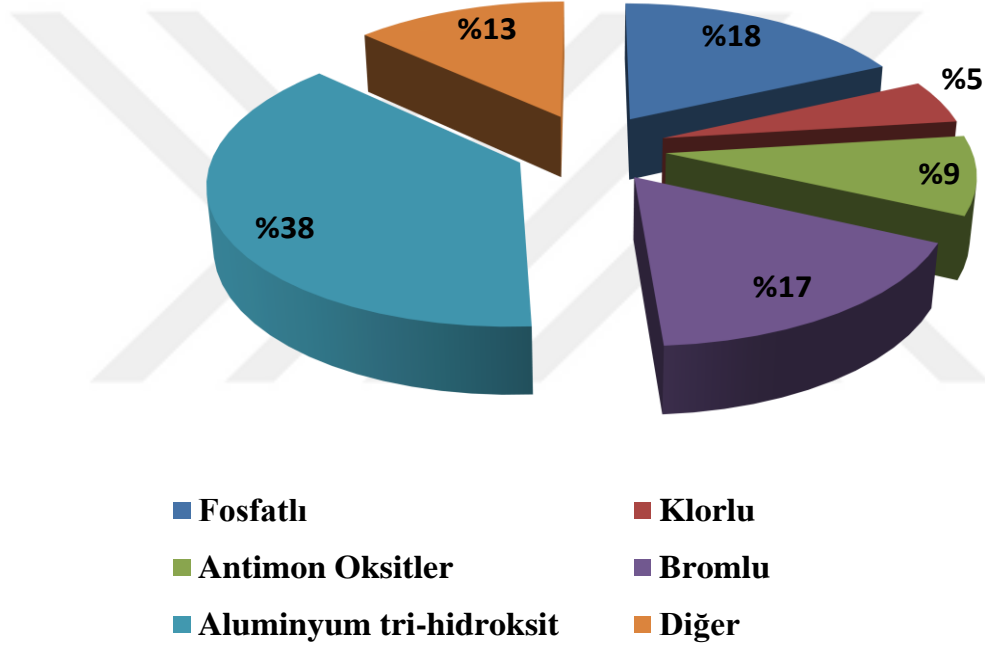
Son dönemlerde yapılan çalışmalarda araç içi toz örneklerinde ev ve ofis ortamı toz örneklerinden çok daha yüksek konsantrasyonda PBDE bulunduğu bildirilmektedir. Araçların kimyasallara maruziyet durumunda bir mikro-ortam gibi görev yapabilmekte, günümüz insanının yaşam tarsi düşünüldüğünde, araç içinde geçirilen zaman göz önüne alındığında araç içi toz vasıtasıyla kimyasallara maruziyetin önemli boyutlara ulaşabileceği dünyanın diğer bölgelerinde yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur. Ancak, proje önericisinin mevcut bilgisine göre ülkemizde konu ile ilgili herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu bağlamda araştırmanın amaçları;

- Araç içi toz örneklerinin (sade plastic aksam üzerinde ve koltuklarda toplanan çok küçük partikül boyutunda olan ve insan solunum yolunda ilerleyebilen tozlar) ierdiği PBDE seviyelerinin belirlenmesi,
- Araçların yaş, model ve marka gibi faktörlerin PBDE içeriğinde etkisinin olup olmadığının değerlendirilmesi,
- Elde edilen sonuçların araştırmacı tarafından ev ve ofis ortamlarında gerçekleştirilen çalışma sonuçları ile karşılaştırılarak hangi ortamdaki toz vasıtasıyla PBDE'lere maruziyetinin daha yüksek olduğunun ortaya konulmasıdır.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

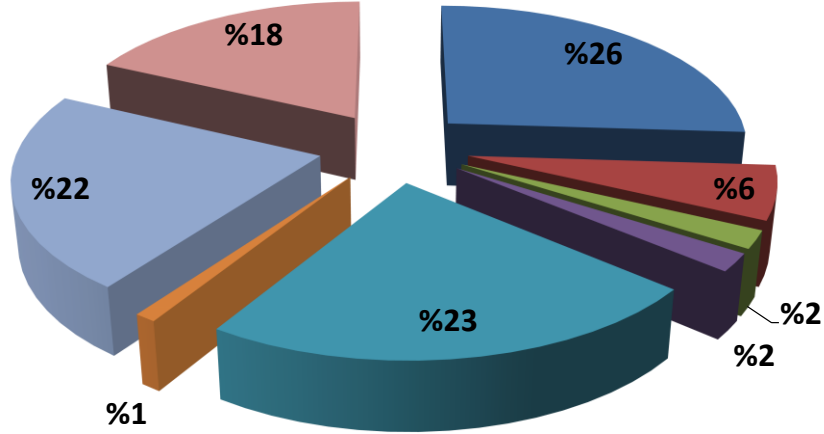
### 2.1 Ateşe Mukavemeti Arttırıcı Kimyasallar

Ateşe mukavemeti arttırıcı kimyasallar (FRLar) kimyasal yapılarına göre bromlu (BFR), klorlu (CFR), fosfatlı (OPFR), azotlu ve inorganik olmak üzere beş ana grupta toplanabilir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 : 2016 yılı itibari ile kimyasal yapılarına göre küresel bazda satılan FR miktarlarının yüzdelik dağılımları (<https://www.flameretardants-online.com/flame-retardants/market>).

FRLar, dünyanın değişik bölgelerinde (Şekil 2.2) mobilya kumaşları ve süngerleri, yatak süngerleri, perdeler, araç içi plastik ve kumaş kaplamaları, araç koltukları kumaşları ve süngerleri, plastik aksamlar, televizyon ve bilgisayarlar gibi elektronik eşyaların da arasında olduğu pekçok tüketici ürünü bünyesine alevlenmeye ve tutuşmaya direnci arttırmak/geciktirmek amacı ile bilinçli olarak eklenmektedirler (Ali ve diğ, 2012).

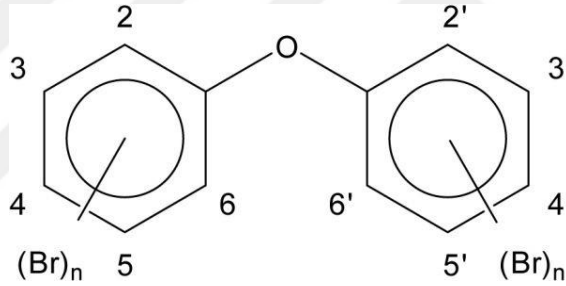


**Şekil 2.2** : 2016 yılı itibari ile bölgelere göre küresel FR tüketiminin yüzdeleri dağılımı (<https://www.flameretardants-online.com/flame-retardants/market>).

Brom, ateşe mukavemeti artırıcı kimyasalların üretilmesinde en fazla kullanılan halojen madde olup, Br kullanılan ateşe muvazemeti artırıcı kimyasallara genel olarak bromlu ateşe mukavim kimyasallar (BFRlar) denmektedir. Ateşe mukavemeti artırıcı kimyasal maddeler ürünlerin bünyesine eklenme şekillerine göre üç alt gruba ayrılmaktadır: Katkı olarak eklenen kimyasallar, reaktif olarak eklenen kimyasallar, polimerik kimyasallar. Reaktif ve polimer olarak eklenen kimyasallar, eklendikleri ürün bünyesinde kimyasal bağ oluşturduğundan daha kararlı durumda bulunurken, katkı kimyasalları bağ oluşturmadıklarından, zamanla eklendikleri ticari ürünün bünyesinden kopabilmekte ve çeşitli çevresel ortamlara karışabilmektedirler. Uygulamanın ucuz olması sebebi ile katkı yoluyla ateşe mukavemeti artırıcı kimyasal eklenmesi en çok tercih edilen yöntemdir. BFRlar, ağırlıklı olarak elektronik ve elektrikli eşyaların bünyesinde kullanılmaktadır. (European Federation of Radio Operated Model Automobiles (EFRA), 2019).

## 2.2 Çok Bromlu Difenil Eterler (PBDEler)

Çok bromlu difenil eterler (PBDEler) ticari olarak üretilmiş bromlu ateşe mukavemeti arttırıcı kimyasallardır (United States Environmental Protection Agency [EPA], 2012). PBDEler, yapısına Br eklenmiş hidrokarbonlar olup (Agency for Toxic Substances and Disease Registry [ATSDR], 2015), yapısındaki Br sayısı 2-10 arasında olabilmektedir (Şekil 2.3). PBDElerin ateşe mukavemet özelliği, yapısındaki Br sayısı arttıkça artmaktadır. Br iyonlarının sayısına ve molekül üzerinde dizilimine göre PBDElerin teorik olarak 209 adet muhtemel türdeş yapısı (kongener) mevcuttur. Ticari amaçla üretilen ürünlerin ağırlıklarının %5-35 kadarını PBDEler oluşturmaktadır. PBDE kongenerleri, bünyesine eklendikleri ticari tüketici ürünlerinin yapısından zamanla buhar fazına geçme, küçük parçalar halinde kopma ve ayrışma yolları ile ayrılarak çevresel ortamlara karışabilmektedirler (Kimmlein ve diğ, 2003; Marklund ve diğ, 2003).



Şekil 2.3 : PBDE kimyasal yapısı

PBDElerin üç adet ticari karışımı bulunmaktadır: Ticari penta-BDE (c-pentaBDE), ticari-oktaBDE (c-oktaBDE) ve ticari-dekaBDE (c-dekaBDE) (Çizelge 2.1). DE-71, Bromkal 70-5DE c-pentaBDE karışımının en çok satılan ticari isimleri olup, söz konusu karışım %38,2-%42,8 PBDE-47, %48,6-%44,8 BDE-99, %2,16-%2,96 BDE-85, %2,68-%4,54 BDE-154, %5,32-%5,44 BDE-153 kongenerlerinden oluşmaktadır (La Guardia ve diğ, 2006). C-oktaBDE ticari karışımının piyasada rastlanan ticari isimleri DE-79 ve Bromkal 79-8DE olup, içerisinde bulunan en genel kongenerler: %0,04-%1,07 BDE-154, %0,15-%8,66 BDE-153, %12,6-%42 BDE-183, %10,5-%22,2 BDE-197, %4,4-%8,14 BDE-203, %3,12-%10,5 BDE-196, %11,2-%11,5 BDE-207, %1,38-%7,66 BDE-206, %1,31-%49,6 BDE-209 (La Guardia ve diğ, 2006). C-dekaBDE kimyasalının piyasada bulunan ticari ürünlerinin isimleri ise Saytex 102E ve Bromkal 82-0DE olup, %91,6-%96,8 BDE-209, %2,19-%5,13

BDE206 ve %0,24-%4,1 BDE-207 kongenerlerinden oluşmaktadır (La Guardia ve diğ., 2006).

c-PentaBDE'nin büyük bir kısmı ulaşım sektöründe kullanılmış olup özellikle esnek poliüretan köpüklerin (PÜK) işlenmesinde (araba koltukları, baş dayama yerleri, araba tavanları, ses yönetim sistemleri, vb.) ve daha az bir kısmı da araba koltuklarında kullanılan tekstil malzemelerin arka yüzlerinin kaplanmasında uygulanmıştır (UUP, 2014). c-OktaBDE de belli bir oranda bazı araçların plastik kısımlarında kullanılmaktadır (direksiyonlarda, ön panelde ve kapı panelleri vb.). Tahminlere göre üretilen 100.000 ton c-pentaBDE kimyasalının %35'i ulaşım sektöründe kullanılmıştır (Alcock ve diğ., 2003; United Nations Environment Programme [UNEP], 2010a; 2010b). Dünyada, 1975 ve 2005 yılları arasında üretilen arabalar c-PentaBDE ile muamele edilmiştir. Böylece, ulaşım sektörü en büyük PBDE akışına sahip öncelikli alan haline gelmektedir. (Vermeulen ve diğ., 2011).

Deka-BDE karışımının en yaygın kullanım alanı televizyon kasaları gibi elektronik aksamlardır. C-oktaBDE ticari ekipmanların plastik kısımlarında kullanılırken, penta-BDE ise döşeme süngerlerinde kullanılmıştır (ATSDR, 2015)

PBDEler sahip oldukları fiziko-kimyasal özellikleri nedeni ile küresel anlamda endişe uyandırmaktadır zira bu kimyasallar çevresel ortamlarda oldukça uzun süreler kalabilmekte, canlı organizmaların yapısında biyo-birikim ve biyo-artış proseslerine uğramakta ve böylece yaşayan organizmalar için toksik özellikler göstermektedir (Wu ve diğ., 2008; Voorspoels ve diğ., 2007a; Burreau ve diğ., 2006; Shen ve diğ., 2006; Hites, 2004; Law ve diğ., 2003; Darnerud, 2003; de Wit, 2002; Darnerud ve diğ., 2001). İlaveten, PBDEler, uzun mesafeli atmosferik taşınım (LRAT) potansiyeline sahip olup, kullanıldıkları alanlardan (kaynak alanlar) kutup bölgeleri gibi uzak mesafelere “çekirge etkisi” denilen bir dizi çökelme ve buharlaşma prosesleri ile taşınabilirler (Hale ve diğ., 2008, 2003; Wang ve diğ., 2007; Cheng ve diğ., 2007, de Wit ve diğ., 2006; Wurl ve diğ., 2006; Gouin ve diğ., 2004). PBDEler endokrin sistemi, tiroid hormonları ve sinir sistemi gelişimi üzerine yaptıkları olumsuz etkilerle insan sağlığını etkilemekte ve muhtemelen kanserojen oldukları düşünülmektedir (ATSDR, 2004; Darnerud, 2003; Branchi ve diğ., 2003; McDonald, 2002).

**Çizelge 2.1 : PBDE karışımlarının fiziko-kimyasal özellikleri (ATSDR, 2015) ve kullanım alanları**

Özellik	PBDEler		
	c-PentaBDE	c-OktaBDE	c-DekaBDE
CAS (Chemical Abstracts Systems) Numarası	32534-81-9	32536-52-0	1163-19-5
Oda Sıcaklığında Fiziksel Durum	Renksiz, koyu sarı-açık/solgun sarı sıvı	Kirli beyaz toz	Kirli beyaz toz
Moleküler Ağırlık (g/mol)	Karışım	Karışım	959,22
Suda Çözünürlük (25 °C) (µg/L)	13,3 (ticari karışım)	<1 (ticari karışım)	<1
Kaynama Noktası (°C)	>300	>330 (bozunur)	>320 (bozunur)
Erime Noktası (°C)	-7 ila -3 (ticari karışım)	85-89 (ticari karışım)	290-306 (ticari karışım)
Buhar Basıncı (25 °C) (mm Hg)	$2,2 \times 10^{-7}$ - $5,5 \times 10^{-7}$	$9,0 \times 10^{-10}$ - $1,7 \times 10^{-9}$	$3,2 \times 10^{-8}$
Oktanöl-Su dağılım katsayısı ( $\log K_{ow}$ )	6,64-6,97	6,29 (ticari karışım)	6,265
Toprak organik karbon-su dağılım katsayısı ( $\log K_{oc}$ )	4,89-5,10	5,92-6,22	6,80
Henry Sabiti (25 °C) (atm-m <sup>3</sup> /mol)	$1,2 \times 10^{-5}$	$7,5 \times 10^{-8}$	$1,62 \times 10^{-6}$
En genel kullanım alanları*	Poliüretan köpük (sandalyeler, koltuklar, kanepeler ve araç koltuklarında kullanılan dolgu malzemeleri ve süngerler)	Plastikler (küçük elektrikli aletler, elektronik devreler), tel ve kablo kaplamaları	Sert plastikler (TV ve bilgisayar kasaları), tekstil arka yüzey kaplamaları (perdeler, halılar)
Kullanım oranı**	% 11	% 6**	% 83**

\*McDonald, 2005; \*\*BSEF, 2009

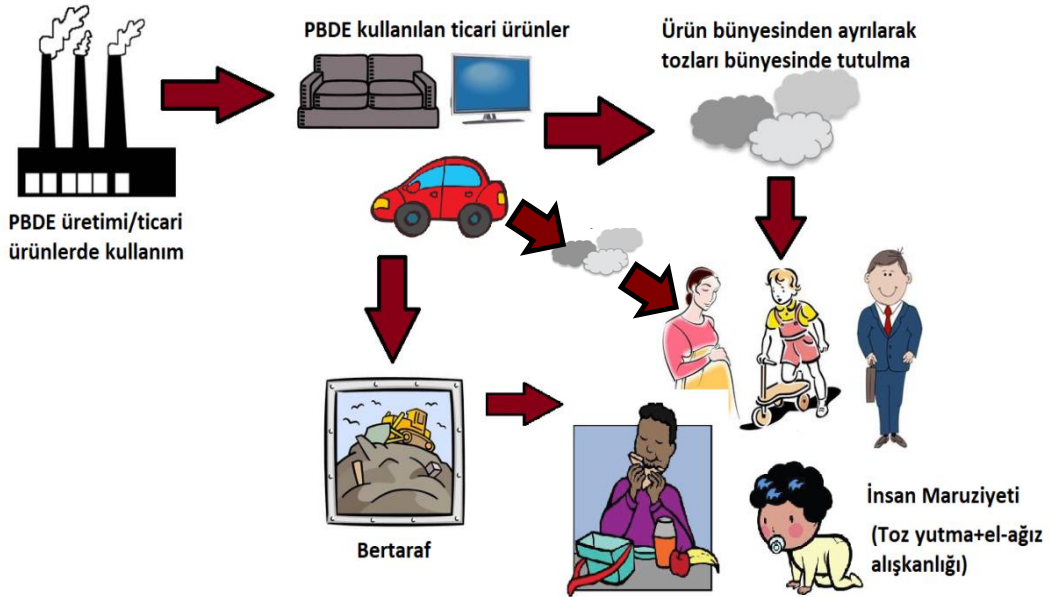
### 2.2.1 PBDE'lerin Kaynakları ve İnsan Maruziyet Yolları

PBDE'ler 1970 yılından beri yangın geciktirici olarak iç ortamda bulunan plastikler, tekstil ürünleri, televizyon setleri, yalıtım malzemeleri, mobilya ve süngerler ve bilgisayar kasaları gibi birçok tüketim malzemelerine ilave edilmektedir (Besis ve Samara, 2012). Malzemeye ilave edildiğinden ve malzeme ile kimsayal bir bağ



oluşturmadığından dolayı bu kirleticiler zaman içinde malzemeden ortama salınıp ortamda birikmeye başlarlar.

PBDE'ler çevresel ortama; üretimleri sırasında oluşan atmosferik emisyonlar, PBDE içeren atıkların geri dönüşümü, tüketici ürünlerinden meydana gelen buharlaşma ve katı atık depolama sahalarında meydana gelen sızıntılar gibi birçok değişik yolla dahil olurlar (Watanabe ve Sakai, 2003). Atık imha işlemi sırasında yapısında PBDE bulunan ürünler evsel atık adı altında katı atık sahalarına ya da atık yakma ünitelerine bırakılırlar. Katı atık alanlarında ve yakma ünitelerinde bulunan atıklarda katkı malzemesi olarak kullanılmış PBDE bileşikleri hava ortamına geçerek çevre kirliliğine neden olmaktadır. Doğada kaybolmaları yarılanma ömürlerinin uzunluğundan dolayı çok zordur. PBDE'ler kalıcılıkları, biyolojik birikime neden olmaları ve vahşi yaşam ve insan hayatı için potansiyel tehdit oluşturdukları için dikkat edilmesi gereken kirletici türleridir (Çelik, 2015; Hites 2004; Rahman ve diğ, 2001).



Şekil 2.4 : PBDElere maruziyet yolları

PBDElere maruz kalma yolları farklılık göstermekle birlikte son veriler beslenme ve soluma maruziyetinin baskın yollar olduğunu göstermektedir (Allen ve diğ, 2007) (Şekil 2.4). İnsanlarda PBDE'lere maruz kalmanın ana yollarından biri beslenmedir, besin zincirinde dokularda birikim gösteren PBDE, en üst tüketiciye ulaşabilmektedir (Hooper ve McDonald, 2000; Bakker ve diğ, 2008; Domingo ve diğ, 2008).

### 2.2.2 PBDE'lerin Çevre ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

PBDE'ler çevrede kalıcı ve biyolojik birikim özelliğine sahip çevresel kirleticilerdir. PBDE'lerin sudaki çözünürlükleri ve buhar basınçları oldukça düşüktür ve bundan dolayı çevresel ortama girdiklerinde çoğunlukla katı partiküllere tutunurlar (sediman, toprak, atmosferik partiküller). PBDE'ler yüksek lipofilik özellikleri ve bozunmaya karşı olan yüksek dirençlerinden dolayı kolayca biyolojik birikime uğrarlar (D'Silva, 2004). Biyolojik birikime uğramalarının yanı sıra PBDE'ler organik kirletici olup kanserojen etkiye sahiptir ve sinir sistemi, üreme sistemi ve salgı bezlerine zarar verebilmektedir (Brouwer ve diğ, 1999; Cogliano, 1998; Darnerud, 2003; Langer ve diğ, 2003; Çelik, 2015).

Yapılan çalışmalarda kanda, anne sütünde, kordon kanında ölçülen PBDE seviyeleri ile çocuklarda bir çok gelişimsel ve nörogelişimsel problemlerle ilişkisi olduğunu göstermektedir (Herbstman ve diğ, 2010; Lee ve diğ, 2007; Vizcanio ve diğ, 2011). Ayrıca literatürde bu kirleticilere maruz kalmanın karaciğer ve böbrek bozukluklarına sebep olabileceği vurgulanmıştır (Albina ve diğ, 2010; Costa ve diğ, 2008). Bu olumsuz sonucun temelinde PBDE kirleticilerin tiroid bezlerinin çalışmasını etkilemesi yatmaktadır. Tiroid hormonlarının düzeninin bozulmasından dolayı vücuttaki hemen hemen bütün dokuların fonksiyonlarının farklılaşmakta ve dokuların zarar görmesi sonucunda vücutta bütün sistemlerin çalışmaları farklılaşmaktadır (Talsness, 2008). Bu sebeple PBDE grubu kirleticiler "lipofilik endokrin bozucular" olarak tanımlanmaktadır (Chao ve diğ, 2014; Civan ve Kara, 2015; Yılmaz Civan, 2016).

PBDE'ler toprak, hava ve biyolojik ortamlarda yarılanma ömürlerinin uzun olması nedeniyle birikime uğrarlar. Atmosferik PBDE'ler genellikle gaz ve partikül olarak atmosferde dağılım gösterirler. PBDE'lerin akıbeti, taşınımı ve hareket halinde olması, atmosferdeki kuru ve yaş birikim ve gaz-partikül oranıyla çok yakından ilgilidir. Atmosferik birikim, topraktaki PBDE'ler için en büyük ve önemli kaynaktır (Odabaşı ve diğ, 1999). PBDE'lerin toprak ortamında uzun süreli kalma eğilimleri, bozunma hızları, taşınım süreçleri, fiziksel-kimyasal özellikleri ve mikrobiyolojik bozunmalarına bağlıdır (Park ve diğ, 2001). KOK'lar lipofilik özelliklerinden dolayı besin zincirinde biyolojik birikime neden olmaktadır. Bu birikim özellikle de sucul ortamlarda daha üst seviyelerde olmakta ve sucul ortam canlıları için daha fazla tehdit oluşturmaktadır (Boon ve diğ, 2002, Falandysz ve diğ, 2002, Fisk ve diğ,

2001). Biyolojik sistemlerde PCB, OCP ve PBDE gibi kimyasallar kanserojen etkiye sahiptir ve sinir sistemi, üreme sistemi ve salgı bezlerine zarar verebilmektedir (Çelik, 2015; Brouwer ve diğ, 1999; Cogliano, 1998; Darnerud, 2003; Langer ve diğ, 2003). Balıklar, sudan almış oldukları kirleticileri dokularında depoladıkları için çevresel kirlilik izlemelerine uygun indikatörlerdir. Veri olması ve balıklarda PBDE türünde kirleticilerin incelenmesi, özellikle de yenebilir balıklarda bu kirleticilere bakılması hem ekolojik açıdan hem de insan sağlığı açısından önem taşımaktadır. İnsanlar KOK'lara kasıtlı olmayan birçok yolla maruz kalabilmektedir. KOK'lar tarafından kirliliğe uğramış balık tüketimi de bu maruziyet yollarından en önemlisidir (Çelik, 2015; Fürst, 1993).

### **2.2.3 PBDElerin Kullanımına İlişkin Kısıtlamalar**

Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada tarafından polibromlu bifenillerin (PBB) üretiminin durdurulmasından sonra 1970'lerin son dönemlerinden bu yana kuzey Amerika'da büyük oranda PBDE bileşikleri kullanılmıştır. 2005 yılına kadar ticari olarak üç PBDE türü, pentabromodifenileter (c-pentaBDE), oktabromodifenileter (c-octaBDE), dekabromodifenileter'in (c-decaBDE) yaygın olarak kullanıldığı bilinmektedir.

Hemen hemen tüm çevresel ortamlarda belirlenebilir düzeyde bulunan PBDElere dair endişeler, bu kimyasalların biyobirikim, zehirlilik ve çevresel ortamlarda uzak mesafeli taşınma potansiyellerinin farkedilmesi ile daha da artmış, bilimsel çalışmalar sonucuna elde edilen veriler ışığında ticari PBDE karışımlarının tüketici ürünleri bünyesinde kullanımının yasaklanması gündeme gelmiştir. C-PentaBDE ve c-oktaBDE karışımları Amerika Birleşik Devletleri'nde (A.B.D.) 2004 yılında piyasalardan gönüllü olarak çekilerek kullanımı sonlandırılırken, Aralık 2013 tarihinden itibaren c-decaBDE'nin A.B.D.'ye ithalatı veya bu ülkede üretimine son verilmiştir. Amerikan Ulusal Çevresel Koruma Ajansı (EPA) Ağustos 2006 da yürürlüğe giren Önemli Yeni Kullanım Kuralları (SNUR) altında bu kimyasalların üretimini, kullanımını ve ithal edilmesini düzenlemeye başlamıştır (Binici, 2014). Bu kurala göre insanlar ve iş sahası bu kimyasalları üretmeden, kullanmadan veya ithal etmeden 90 gün önce EPA'yı bilgilendirmelidirler. Daha sonra EPA değerlendirme yapıp uygun olmayan durumları tespit ederse bu kimyasalların kullanımını yasaklayabilir veya sınırlama getirebilir.

Bu işlemlere rağmen federal düzenlemelerin zayıf olduğu düşünülerek birçok eyalet kendi yasalarını yürürlüğe sokmuştur. C-pentaBDE ve c-oktaBDE yi yasaklayan eyaletler Kaliforniya, Hawaii, Illinois, Maine, Maryland, Michigan, Minnesota, New York, Oregon, Rhode Island ve Washington'dur (Binici, 2014).

Kanada'da da uluslararası bir düzenleme yürürlüğe sokulmuştur. Buna göre Kanada'da c-pentaBDe ve c-oktaBDE nin kullanımı ve satışı 2006 yılında yasaklanmıştır. 2008 Temmuzda ise dekaBDE nin üretimi yasaklanmış fakat ithal edilmesi ve kullanılması serbest bırakılmıştır.

Avrupa'da ise c-pentaBDE Almanya, İsviçre ve Hollanda'da 1980'lerin sonunda ve 1990'ların başında yasaklanmıştır. 2004 yılından itibaren penta ve c-oktaBDE karışımlarının Avrupa Birliği'nde (AB) satılması ve kullanılmasını yasaklayan bir yönetmelik kapsamında ağırlıkça %0.1 veya daha fazla c-pentaBDE ve c-oktaBDE içeren ürünlerin satışı ve kullanımı yasaklanmıştır. 2008 yılında ise c-dekaBDE, AB'de yürürlükte olan RoHS (2002/95/EC) (Zehirli Maddelerin Kullanımının Kısıtlandırılması) yönetmeliği kapsamına alınarak kısıtlanmıştır. Aynı sınırlama Atık Elektrikli ve Elektronik Cihazlar Direktifi (WEEE 2002/96/EC) ile de desteklenmiştir (ASTDR, 2015). Bu uygulama Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından da yürürlüğe sokulmuş ve alınan kararlar 30 Mayıs 2008 tarihinde yayınlanan Resmi Gazetede EEE "Elektrikli ve Elektronik Eşyalarda Bazı Zararlı Maddelerin Kullanımının Sınırlandırılmasına Dair Yönetmelik" ile sunulmuştur (RoHS, 2003; Atık elektrikli ve elektronik cihazlar [WEEE], 2003; Elektrikli ve elektronik eşyalarda bazı zararlı maddelerin kullanımının sınırlandırılmasına dair yönetmelik [EEE], 2008; Binici, 2014).

Ticari PBDE karışımlarının üretilmesi ve kullanılması küresel anlamda yürürlükte olan uluslararası Stockholm Sözleşmesi kapsamına da alınmıştır. C-pentaBDE ve (SC, 2009a) c-oktaBDE (SC; 2009b) 2008 yılında, c-dekaBDE (SC, 2017) ise 2016 yılında, ülkemizde taraf olduğu uluslararası Stockholm Sözleşmesine eklenerek kullanılması dünya genelinde yasaklanmıştır (www.pops.int). Ancak, küresel ölçekli yasaklamaya rağmen, kalıcı organik kirletici (KOK) özelliği taşıyan PBDElerin çevresel ortamlarda uzun yıllar varlığını sürdürmesi ve insan ve çevre sağlığı açısından bir tehdit oluşturacağı öngörülmektedir (Toms ve diğ, 2009).

## 2.2.4 İç Ortamlarda PBDElerin Mevcudiyetine Yönelik Türkiye’de Yapılan Çalışmalar

Son yıllarda, Japonya’da (Takigami ve diğ, 2009), İngiltere’de (Harrad ve diğ, 2008a), Çin’de (Yu ve diğ, 2012), İsviçre’de (De Wit ve diğ, 2012), Bulgaristan’da (D’Hollander ve diğ, 2010), Filipinler’de (Fulong ve Espino, 2013), ABD’de, Almanya’da (Fromme ve diğ, 2014; Sjodin ve diğ, 2008), Pakistan ve Kuveyt’te (Ali ve diğ, 2013) gibi bir çok ülkede iç ortam tozunda PBDE’lerin seviyeleri incelenmiştir. Ülkemizde ise iç ortam tozunda PBDE’lerin seviyeleri ile ilgili sınırlı çalışma mevcuttur. Literatür verileri incelendiğinde Türkiye’de iç ortam tozunda PBDE seviyelerini ölçen iki adet çalışmanın mevcut olduğu belirlenmiştir.

İlk çalışma 2012 yılında Çetin ve Odabaşı (2012) tarafından gerçekleştirilmiş olup, çalışma kapsamında İzmir’in farklı bölgelerinde bulunan ofis, ev ve laboratuvar camlarının iç ve dış filminde topladıkları tozlarda PBDE kirleticilerini ölçmüş ve bu kirleticilerin havadan tutulma mekanizmalarını incelemiştir. Çalışma sonuçlarına göre belirlenen PBDE kongenerleri, c-pentaBDE ve c-dekaBDE teknik karışımlarında bulunan kongenerleri ağırlıklı olarak işaret etmektedir.

PBDE’lerin iç ortam tozu seviyeleri ile ilgili yapılan bir diğer çalışma da Kurt-Karakuş ve diğerleri (2017) tarafından yapılan çalışmada ise eve ve işyerlerinden toplanan süprüntü tozlarında PBDElerin mevcudiyeti incelenmiş,  $\Sigma_{12}$ PBDE kongenerinin ortalama konsantrasyonunun 32000 ng/g seviyesine kadar çıktığı bildirilmiştir.

Dünya literatüründe PBDE’ler ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmışken, diğer çevresel ortamlar için de Türkiye’de bu konu ile ilgili sınırlı sayıda çalışma olduğu belirlenmiştir. Literatür verilerine göre Türkiye’de PBDE’ler üzerine gerçekleştirilen çalışmalara ilişkin sonuçlar Çizelge 2.2’de özetlenmiştir.

Türkiye’de Kalıcı Organik Kirleticilerin (KOK’lar) Yönetimi Ulusal Uygulama Planı’na (KOK-UUP) (2014) göre ülkemizde PBDEler üretilmemiştir. KOK-UUP’ye göre PBDElerin ülkemizde başlıca giriş yolu ulaşım sektörü kapsamında ithal edilen araçlar ve elektrikli ve elektronik tüketici ürünleridir. Stockholm Sözleşmesi Sekreteryası PBDEler için envanter hazırlama rehber dökümanına göre (SCS, 2012), dünyanın çeşitli bölgelerinde sadece 1975 ve 2005 yılları arasında üretilen arabalar c-pentaBDE ile muamele edilmiştir. Söz konusu rehber döküman baz alınarak

hazırlanan envanter çalışmasına göre ülkemize 1975 ve 2005 yılları arasında ithal edilen veya ülkemizde üretilen ve halihazırda kullanımda olan halihazırda kullanımda olan araçlarda 59012 kg PBDE bulunmaktadır. Öte yandan, ülkemize ithal edilen araçlarda ise 40.956 PBDE bulunduğu bildirilmiştir (KOK-UUP, 2014). KOK-UUP (2014) envanter çalışmasına göre ülkemizde ulaştırma sektöründen salınan toplam PBDE miktarı 200 ton olarak tahmin edilmektedir.

**Çizelge 2.2.** Çevresel Ortamlarda PBDE’ler ile ilgili Türkiye’de yapılan çalışmalar

Örnekleme Yılı	Örnek Sayısı	Örnekleme Matrisi	ΣPBDE (ort.)	Referans
2003	37	Anne Sütü	Σ7 0,005-0,014 <sup>a</sup>	Erdoğan ve diğ., 2004
2003	4	Balık	Σ5 67,3 <sup>a</sup>	Erdoğan ve diğ., 2004
2004-2005	60	Hava	Σ7 24 <sup>b</sup> (yarı kentsel alan) (yaz) 21 <sup>b</sup> (yarı kentsel alan) (kış) 32 <sup>b</sup> (kentsel alan-1) (yaz) 40 <sup>b</sup> (kentsel alan-1) (kış) 82 <sup>b</sup> (kentsel alan-2) (yaz) 43 <sup>b</sup> (kentsel alan-2) (kış) 117 <sup>b</sup> (endüstriyel alan) (yaz) 53 <sup>b</sup> (endüstriyel alan) (kış)	Çetin ve Odabaşı, 2008
2005	15	Hava	Σ7 189 <sup>b</sup> (yaz mevsimi) (gaz) 76 <sup>b</sup> (kış mevsimi) (gaz) 83 <sup>b</sup> (yaz mevsimi) (partikül) 68 <sup>b</sup> (kış mevsimi) (partikül)	Çetin ve Odabaşı, 2007
2005	7	Pekmez	Σ8	Erdoğan, 2008
2009	16	Hava	Σ7 33 <sup>c</sup>	Odabaşı ve diğ., 2009
2010	45	Anne Sütü	Σ5 42,9 <sup>a</sup>	Özcan ve diğ., 2011
2011	38	Pencere Toz Filmi	Σ7 43,5 <sup>e</sup> (yarı kentsel) 45,5 <sup>e</sup> (kentsel) 206 <sup>e</sup> (endüstriyel)	Çetin ve Odabaşı, 2011
2014	49	Toprak	Σ7 26,3 <sup>d</sup>	Çetin, 2014
2015	2	Hava	Σ5	Lammel ve diğ., 2015

<sup>a</sup>.ng/g; <sup>b</sup>.pg/m<sup>3</sup>; <sup>c</sup>.ng/m<sup>3</sup>; <sup>d</sup>.µg/kg; <sup>e</sup>.ng/m<sup>2</sup>

### 3. MATERYAL VE METOD

#### 3.1 Örnekleme Bölgesi ve Araçlar

Araç içi toz örneklerinin toplanması için çalışma alanı Bursa ili belirlenmiştir. Bu projede araç örneklemelerinin gerçekleştirilebilmesi için Bursa ilinin kent merkezinde bulunan, hurda halde ve satış yapılmak için bekletilen araçların bulunduğu bir otopark belirlenerek, gerekli izinler alındıktan sonra örnekleme çalışması gerçekleştirilmiştir. Söz konusu otoparkta bulunan ve farklı ülkelerde ve yıllarda üretilmiş, farklı marka ve modelde 63 araç belirlenmiş ve bu araçlardan toz örnekleri toplanmıştır.



Şekil 3.1 : Araç örneği-1



Şekil 3.2 : Araç örneği-2



**Şekil 3.3 : Araç örneği-3**



**Şekil 3.4 : Araç örneği-4**



**Şekil 3.5 : Araç örneği-5**





Şekil 3.6 : Araç örneği-6

Belirlenen araçların listesi, üretildiği ülke/kıta, Marka/Model ve Üretim yılı bilgileri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 : Toz Örneklerinin toplandığı araçlara dair bilgiler.

Araç No	Üretildiği Ülke/Kıta	Marka/Model	Üretim Yılı	Yakıt	Koltuk Kaplama	Klima Var/Yok	Hoparlör/ Radio/Cd Player/Gps/Led Ekran	Km
1	Türkiye	Renault Fluence	2013	Dizel	Kumaş	Var	Hoparlör, Radio, Cd Player	138000
2	Avrupa	Opel Mokka	2017	Dizel	Kumaş	Var	Hoparlör, Radio, Cd Player/Gps/Led Ekran	15000
3	Fransa	Peugeot 301	2016	Dizel	Kumaş	Var	Hoparlör, Radio, Cd Player	94000
4	Türkiye	Fiat Linea	2016	Dizel	Kumaş	Var	Hoparlör, Radio, Cd Player	54761
5	Asya	Hyundai Matrix	2002	Dizel	Kumaş	Var	Hoparlör, Radio	102000
6	Avrupa	Renault Spring	1994	Benzin	Kumaş	Yok	Hoparlör, Radio	88000
7	Türkiye	Fiat Doblo	2015	Dizel	Kumaş	Var	Hoparlör, Radio, Cd Player	66000
8	Fransa	Opel Corsa	2015	Dizel	Kumaş	Var	Hoparlör, Radio, Cd Player	45000
9	Avrupa	Renault Kango	2000	Dizel	Kumaş	Yok	Radio	228690
10	Türkiye	Fiat Uno	1996	Benzin - Tüp	Kumaş	Yok	Radio	165000
11	Avrupa	Mini Cooper	2004	Benzin	Deri-Kumaş	Var	Hoparlör, Radio, Cd Player	133696
12	Avrupa	Porche - Cayanne	2015	Dizel	Deri-Kumaş	Var	Hoparlör, Radio, Cd Player/Gps/Led Ekran	45050
13	Türkiye	Tofaş-Şahin	1992	Benzin	Kumaş	Yok	Radio	67780
14	Avrupa	Renault 9 Broadway	1991	Benzin	Kumaş	Yok	Radio	207915
15	Avrupa	Citroen Xoota	2004	Benzin	Kumaş	Var	Hoparlör, Radio, Cd Player	147658
16	Türkiye	Tofaş - Doğan	1993	Benzin-Lpg	Kumaş	Yok	Radio	62880
17	Asya	Faw-Ca5024	2011	Benzin-Lpg	Kumaş	Yok	Radio	150000
18	Avrupa	Peugeot - Partner	2009	Dizel	Kumaş	Var	Hoparlör, Radio, Cd Player	155831
19	Avrupa	Renault Kango	2005	Dizel	Kumaş	Var	Hoparlör, Radio, Cd Player	159913
20	Rusya	Lada-Samara	1991	Benzin-Lpg	Kumaş	Yok	Radio	208978

SBY: Yıl bilgisi yok; YBY: Yakıt bilgisi yok

**Çizelge 3.1 : Toz Örneklerinin toplandığı araçlara dair bilgiler (devam)**

Araç No	Üretildiği Ülke/Kıta	Marka/Model	Üretim Yılı	Yakıt	Koltuk Kaplama	Klima Var/Yok	Hoparlör/ Radio/Cd Player/Gps/Led Ekran	Km
21	Türkiye	Tofaş - Kartal S	1991	Benzin-Lpg	Kumaş	Yok	Radio	90071
22	Türkiye	Fiat Palio	2006	Dizel	Kumaş	Var	Hoparlör, Radio, Cd Player	137412
23	Avrupa	Ford Fiesta	2005	Dizel	Kumaş	Var	Hoparlör, Radio, Cd Player	257000
24	Asya	Hyundai H100	2006	Dizel	Kumaş	Var	Hoparlör, Radio, Cd Player	129754
25	Avrupa	Renault-R9 Spring	1993	Benzin-Lpg	Kumaş	Yok	Radio	264000
26	Avrupa	BMW 5 Serisi	2001	Benzin	Deri	Var	Hoparlör, Radio, Cd Player	399000
27	Avrupa	Renault Broadway	1997	Benzin	Kumaş	Yok	Radio	250801
28	Avrupa	Skoda Pick Up	SBY	Benzin-Lpg	Kumaş	Yok	Yok	248833
29	Avrupa	Mercedes C180	2010	Dizel	Kumaş-Deri	Var	Hoparlör, Radio, Cd Player	210000
30	Asya	Honda Civic	2008	Benzin-Lpg	Kumaş	Var	Hoparlör, Radio, Cd Player	55000
31	Avrupa	Renault Master	2011	Dizel	Kumaş	Var	Hoparlör, Radio, Cd Player	156000
32	Türkiye	Karsan J9	2006	Dizel	Kumaş	Var	Hoparlör, Radio, Cd Player	124351
33	Asya	Hyundai H100	1996	Dizel	Kumaş	Yok	Hoparlör, Radio	400475
34	Asya	Mitsubishi L300	1999	Dizel	Kumaş	Var	Hoparlör, Radio, Cd Player	257345
35	Avrupa	Ford Transit	1992	Dizel	Kumaş	Yok	Hoparlör	166000
36	Türkiye	Fiat	2001	Benzin	Kumaş	Var	Hoparlör, Radio	169000
37	Asya	Hyundai Starex	2005	Dizel	Kumaş	Var	Hoparlör, Radio	136572
38	Türkiye	Tofaş Doğan	1992	Benzin	Kumaş	Yok	Hoparlör, Radio	51621
39	Türkiye	Tofaş Kartal L	1991	Benzin - Lpg	Kumaş	Yok	Hoparlör, Radio	90071
40	Türkiye	Fiat Tempra Sx	1992	Benzin+ Lpg	Kumaş	Var	Hoparlör, Radio	287915
41	Asya	Kia Rio	2013	Dizel	Kumaş	Var	Hoparlör, Radio, Cd Player/Gps/Led Ekran	88439
42	Avrupa	Renoult Toros	1985	Benzin	Kumaş	Yok	Yok	16736
43	Avrupa	WV Polo	2005	YBY	Kumaş	Var	Hoparlör, Radio, Cd Player, Led Ekran	115645
44	Avrupa	WVCaddy	1998	Dizel	Kumaş	Var	Hoparlör, Radio, Cd Player	240674
45	Asya	Mazda 323	1987	Benzin+ Lpg	Kumaş	Var	Hoparlör, Radio, Cd Player	448621
46	Türkiye	Fiat Tempra Slx	1993	Benzin	Kumaş	Var	Hoparlör, Radio	202956
47	Avrupa	Renaoult Clo	2015	Dizel	Kumaş	Var	Hoparlör, Radio, Cd Player, Led Ekran	72415
48	Asya	Honda Civic	1992	Benzin	Kumaş	Yok	Hoparlör	119898
49	Asya	Kia Sorento	2005	YBY	Deri	Var	Hoparlör, Radio, Cd Player, Led Ekran	126954
50	Asya	Toyota Corolla	2003	YBY	Kumaş	Var	Hoparlör, Radio, Cd Player	114569
51	Türkiye	Fiat Doblo	2005	Dizel	Kumaş	Var	Hoparlör, Radio	155438
52	Avrupa	Renaoult Megane	2007	Dizel	Kumaş	Var	Hoparlör, Radio	192301
53	Asya	Chery	2009	YBY	Kumaş - Deri	Var	Hoparlör, Radio, Cd Player	99451
54	Avrupa	Renoult Kango	2011	Dizel	Kumaş	Var	Hoparlör, Radio, Cd Player	67617

SBY: Yıl bilgisi yok; YBY: Yakıt bilgisi yok

**Çizelge 3.1 : Toz Örneklerinin toplandığı araçlara dair bilgiler (devam)**

Araç No	Üretildiği Ülke/Kıta	Marka/Model	Üretim Yılı	Yakıt	Koltuk Kaplama	Klima Var/Yok	Hoparlör/ Radio/Cd Player/Gps/Led Ekran	Km
55	Avrupa	Renault Scenic	2004	Benzin	Kumaş	Var	Hoparlör, Radio, Cd Player	172590
56	Avrupa	Ford Connect	2010	Dizel	Kumaş	Var	Hoparlör, Radio, Cd Player	91000
57	Avrupa	Volvo S40	2011	YBY	Deri	Var	Hoparlör, Radio, Cd Player, Led Ekran	74376
58	Avrupa	Renault Symbol	2013	Dizel	Kumaş	Var	Hoparlör, Radio, Cd Player, Led Ekran	102563
59	Avrupa	Ford Taunus	1993	Benzin+Lpg	Deri	Yok	Hoparlör, Radio	200003
60	Türkiye	Fiat Fiorino	2012	Dizel	Kumaş	Var	Hoparlör, Radio, Cd Player, Led Ekran	72514
61	Asya	Toyota Corolla	1996	Benzin+Lpg	Deri	Var	Hoparlör, Radio, Cd Player	431997
62	Avrupa	Renault Symbol	2009	Benzin+Lpg	Kumaş	Var	Hoparlör, Radio, Cd Player	223050

SBY: Yıl bilgisi yok; YBY: Yakıt bilgisi yok

### 3.2 Analizlerde Kullanılan Kimyasallar

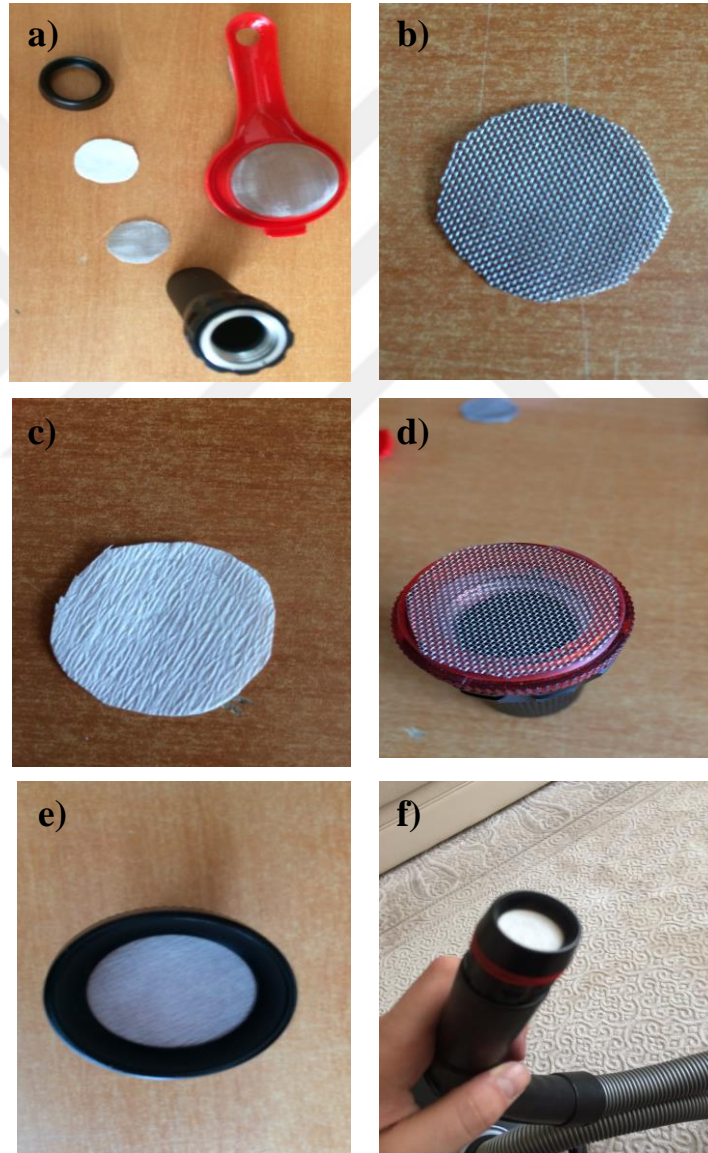
Analizlerde kullanılan tüm organik çözücüler GC veya HPLC analizlerine uygun saflıkta olacak şekilde seçilmiştir. Çözücüler ve anhidroz sodyum sülfat Sigma Aldrich (St. Louis, Missouri, ABD) firmasının Türkiye temsilciliğinden temin edilmiştir. Çözücülerin katalog numaraları şu şekildedir; Diklorometan (DCM): 34856-2,5L; Hekzan: S 34859-2,5L; Aseton: 34850-2,5L; izooktan: 32291-2,5L; anhidros sodyum sülfat: 13464. Kullanılan analitik standartların marka ve katalog numaraları şu şekildedir: Hedef PBDE kongener standartları (BDE-17, -28, -71, -47, -66, -100, -99, -85, -154, -153, -138, -183, -209) Accustandard firmasından (50 ng/µL, izooktan çözücüsü içerisinde) (New Haven, CT, USA); BDE-77: Accustandard (50 ng/µL, izooktan çözücüsü içerisinde) (NewHaven, CT, USA), BDE-181: Wellington Laboratories (50 ng/µL, nonane çözücüsü içerisinde) (Guelph, Ontario); 13C<sub>12</sub>PBDE-209: Wellington Laboratories (Guelph, Ontario, Canada) (25 ng/µL, toluen çözücüsü içerisinde), 13C<sub>12</sub>PCB-105 (Guelph, Ontario, Canada) (50 ng/µL, nonane çözücüsü içerisinde).

### 3.3 Araç İçi Toz Örneklerin Toplanması

#### 3.3.1 Araç İçi Toz Örneklerinin Toplanması İçin Örnekleyici Aparat Modifikasyonu

Dünyanın diğer bölgelerinde yapılan çalışmalarda, araç içi toz örnekleri aktif örnekleme tekniği ile genelde elektrikli süpürge kullanılarak naylon çorap torba

örnekleyiciler içerisinde tozun toplanması yoluyla yapılmıştır (Ali ve diğ, 2013; Harrad ve diğ, 2016a,b). Mevcut tez çalışmasında, literatürde belirtilen çorap torba örnekleyici yerine filtre kağıtları üzerine tozun toplanmasını sağlayan modifiye bir örnekleme sistemi kullanılmıştır (Şekil 3.7). Bu amaçla, metal bir el fenerinin cam kısmı çıkarılmış, buraya tel bir süzgeç yerleştirilmiş, üzerine de filtre kağıdı yerleştirilerek söz konusu aparat elektrikli süpürge hortumu ucuna takılarak örnekleme gerçekleştirilmiştir. Metal el feneri haznesi kullanılması ve aparatın süpürge hortumunun uç kısmına takılması ile araç içi tozun süpürge hortumundaki poli vinil korür malzeme ile temas etmemesi sağlanmıştır.



**Şekil 3.7 :** Örnekleme aparatı modifikasyonu (a: Düzenek parçaları, b: Filtre destek teli, c: Filtre, d: filte desteğinin düzenek üzerine yerleştirilmesi; e: Düzenek içerisine yerleştirilmiş filtre, f: Örneklemeye hazır aparat)

### 3.3.2 Toz Örneklerinin Toplanacağı Filtrelerin Hazırlanması

Toz örneklerinin toplandığı filtreler 29 mm çapında olup, filtreler 30ar dakika süreyle sırasıyla aseton, metanol ve hekzan organik çözücüleri içerisinde ultrasonik ekstraksiyona tabi tutulmuşlardır. Ekstraksiyonla temizleme işlemi sonrası desikatör içerisinde vakum altında kurutulan filtreler tartılarak ağırlığı kaydedilmiş, alüminyum folyo içerisinde sarılarak her bir filtreye numara kodu verilip kayıt altına alınmıştır. Örnekler toplanana dek filtreler kilitli poşet içerisinde -18°C’de saklanmıştır.

### 3.3.3 Toz Örneklerinin Toplanması

Ölçüm için belirlenen araca dair bilgiler Çizelge 3.1’de gösterildiği şekilde kaydedildikten sonra örnekleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Toz örnekleri araç ön gövde kısmı, koltuklar ve tavan döşemesi süpürülerek toplanmıştır. Araç tabanındaki tozların araç kullanıcısı ve yolcuların ayakkabıları ile de taşınmış olma ihtimali ve bu nedenle bu tozların araç içi tozu temsil etmeyebileceği gerçeğinden hareketle örnekleme dahil edilmemiştir. Örnekler araç içlerinden yaklaşık 15 dk süre ile toplanmıştır. Her bir araç içerisinden toplanan toz miktarı Çizelge 3.1’de verilmiştir. Tüm örnekler göz önünde bulundurulduğunda filtreler üzerinde 0,0002-0,2408 g (ortanca: ortalama: 0,038 g) toz örneği toplanmıştır.

Her bir araç içerisinden toplanan toz miktarı Çizelge 3.1’de verilmiştir. Tüm örnekler göz önünde bulundurulduğunda filtreler üzerinde 0,0002-0,2408 g (ortanca: ortalama: 0,038 g) toz örneği toplanmıştır. Toplanan numuneler tekrar alüminyum folyo içerisine yerleştirilmiş, kilitli plastik poşetler içerisinde analize dek -18°C’de saklanmıştır. Her yeni filtrenin takılması esnasında hazırlanan aparatın toz ile temas eden kısımları aseton ile temizlenerek yeniden kullanıma hazır hale getirilmiştir.



**Şekil 3.8 :** Filtrelerin hazırlanması (a: Filtrelerin boş halde tartımı, b: Örneklemeye hazır filtrelerin saklanması)



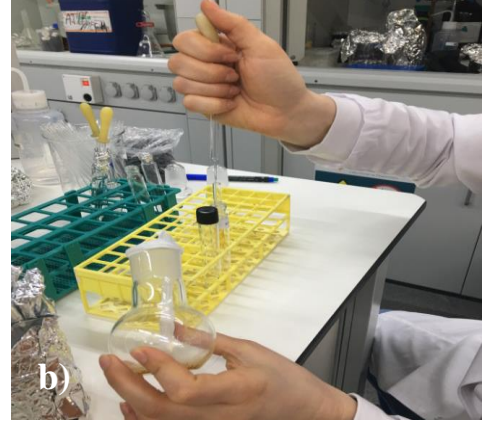
**Şekil 3.9 :** Araç içi toz örneği toplanması

### 3.3.4 Toz Örneklerinin Ekstraksiyonu ve Analize Hazır Hale Getirilmesi

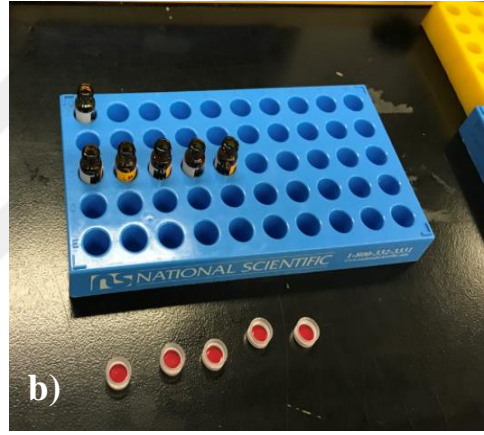
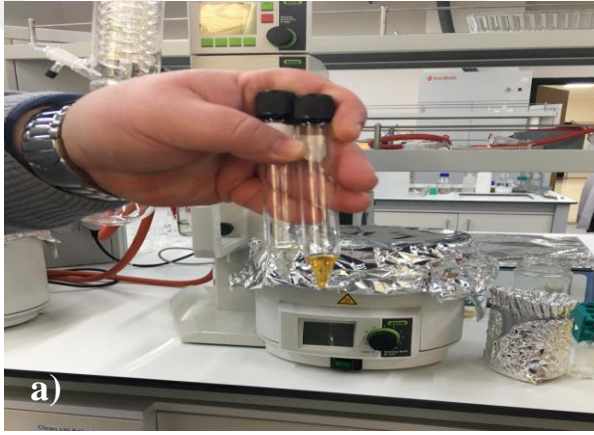
Toz örneklerinin ekstraksiyonunda Kurt-Karakus ve diğ. (2017) tarafından uygulanan özütleme işlemi takip edilmiştir. Ancak, mevcut çalışmada, ekstraksiyon çözücüsü olarak yalnızca diklorometan (DCM) değil, aseton da kullanılmıştır. Filtre kağıtları ağırlıkları belirlendikten sonra 40 mL hacimli amber renkli şişelere alınarak üzerine 20 mL 1:1 DCM:aseton karışımı eklenmiştir. Örnekler üzerine geri kazanım verimi kimyasalı olarak 15 ng BDE-77, 10 ng BDE-181 eklendikten sonra şişelerin kapağı kapatılarak, filtreler çözücü içerisinde 1 gece bekletilmiştir. Bekleme süresi sonunda, şişelerin kapağı gevşetilerek, şişeler 30 dk süre ile ultrasonik ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur (Şekil 3.10). Süre sonunda çözücü kısım pastör pipet kullanılarak yuvarlak dipli balona alınıp, ekstraksiyon işlemi 30ar mL 1:1 DCM:aseton karışımı ile 30ar dakika süre ile 2 kez daha tekrarlanarak sıvı kısımlar yuvarlak dipli balonda birleştirilmiştir (Şekil 3.11). Ekstraktların hacmi döner buharlaştırıcıda yaklaşık 1 mLye indirilerek izo-oktan çözücüsü içerisinde alınmış, daha sonra içerisinde bulunabilecek suyun tamamen giderilmesi için içerisinde yaklaşık 0,5 cm yüksekliğinde anhidroz sodyum sülfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) koyularak 450 °C'de 4 saat fırınlanmış kolonlardan geçirilerek konik dipli santrifüj tüpü içerisinde toplanmıştır (Şekil 3.11).



Şekil 3.10 : Filtrelerin ultrasonik ekstraksiyonu



**Şekil 3.11** : Örneklerin analizi (a: Ekstraktların yuvarlak dipli balonda birleştirilmesi ve döner buharlaştırıcıda hacim azaltılması, b: sodyum sülfat kolonundan geçirilmesi)



**Şekil 3.12** : a) Ekstraktların sodyum sülfat kolonundan geçirilmesi sonrası, b) GC-MS analize hazır hale getirilmiş analitler

Örnekler 4000 rpm'de 5 dakika süre ile santrifüjlendikten sonra nihai hacim 1 mL izo-oktan içerisinde amber renkli GC numune şişelerinde toplanmış (Şekil 3.12), hacim düzeltme standardı (internal standard) olarak 24 ng PCB121 eklenerek GC-MS analize tabi tutulmuştur. Örneklerin başka kimyasal grupları (örneğin fosfatlı FRLar, klorlu Frlar, PBDE-olmayan bromlu alternatif FRLar gibi) için de analiz edilme olanağı sebebi ile örneklerle katı adsorbant ile kolon temizleme (clean-up) işlemi uygulanmamıştır.

### 3.3.5 Enstrümental Analiz ve Cihaz İşletim Parametreleri

Enstrümental analiz Bursa Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında bulunan Agilent 7890B GC-5977A MS (gaz kromatografi-kütle spektrometresi kullanılarak yapılmıştır. Cihaz elektron yakalama negatif iyonlaşma



(EC-NI) modunda çalıştırılmış, reaksiyon gazı olarak metan (1,1 mL/dk), taşıyıcı gaz olarak ise helyum (1,1 mL/dk) kullanılmıştır. Enjektör bloğu, transfer hattı, quadropole ve iyon kaynağı sıcaklığı sırasıyla 280 °C, 250 °C, 150 °C ve 150 °C olarak ayarlanmıştır. Kongener ayrıştırması DB-5 (J&W, 15 m, 0.25 mm iç çap, 0.1 µm film kalınlığı) kapiler kolon kullanılarak yapılmıştır. 2 µL örnek splitless olarak enjekte edilmiştir. Fırın sıcaklık programı: 80°C'de 2 dk bekleme, 10 °C/dk ile 285°C ve sonrasında 5 dk bekleme, 25°C/dk ile 315 °C ve sonrasında 5 dakika bekleme (toplam program süresi 33,7 dk). PBDE kongenerleri, geri kazanım verimi kimyasalları ve hacim düzeltme standartının kromatografik alıkonma süresi, hedef ve doğrulayıcı iyonlar Çizelge 3.2'de verilmiştir.

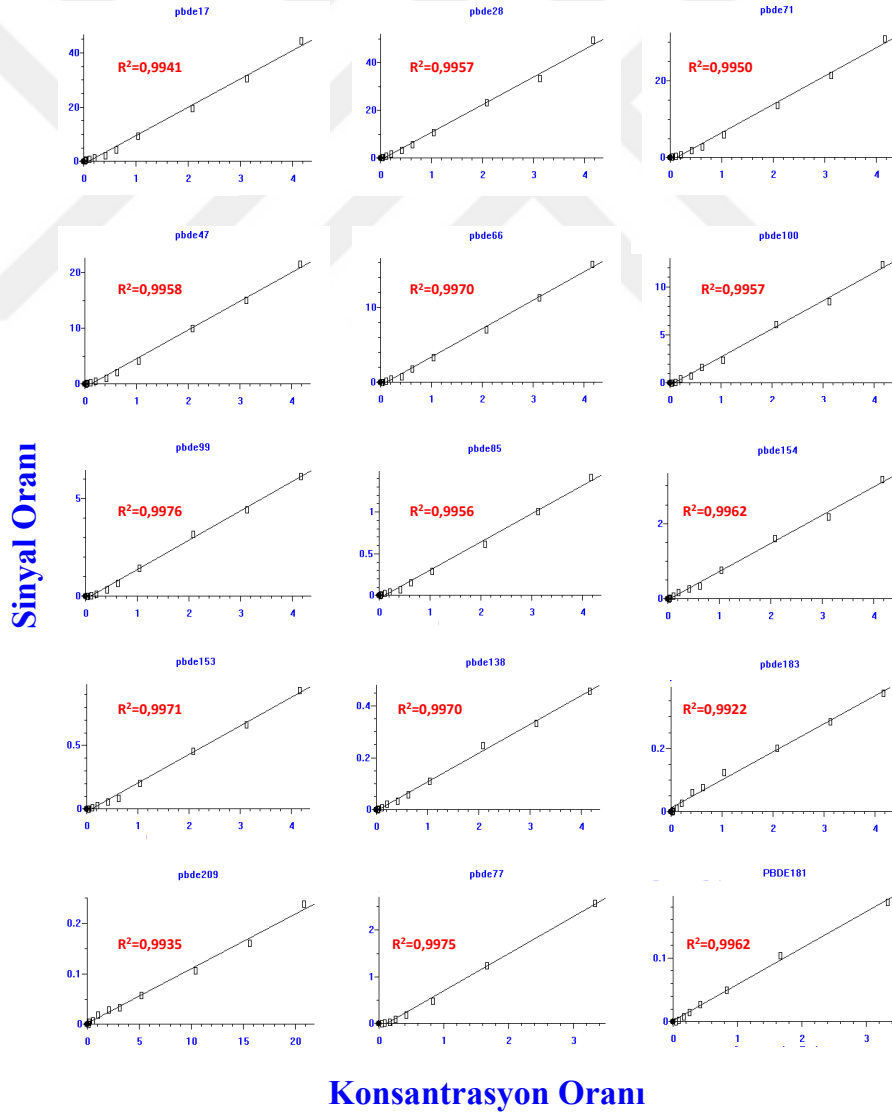
**Çizelge 3.2:** PBDE kongenerleri, geri kazanım verimi kimyasalları ve hacim düzeltme standartının kromatografik alıkonma süresi, hedef ve doğrulayıcı iyonlar.

Kongener (Kısaltma)	Kongener (Tam İsim)	CAS Numarası	Çalışmada Hedef Kullanım	T/Q	Alıkonma süresi (dk)
BDE-17	2,2',4-Tribromodiphenyl ether	147217-75-2	H	79/81	13,517
BDE-28	2,4,4'-Tribromodiphenyl ether	41318-75-6	H	79/81	13,823
BDE-71	2,3',4',6-Tetrabromodiphenyl ether	189084-62-6	H	79/81	15,599
BDE-47	2,2',4,4'-Tetrabromodiphenyl ether	5436-43-1	H	79/81	15,862
BDE-66	2,3',4,4'-Tetrabromodiphenyl ether	189084-61-5	H	79/81	16,132
BDE-100	2,2',4,4',6-Pentabromodiphenyl ether	189084-64-8	H	79/81	17,325
BDE-99	2,2',4,4',5-Pentabromodiphenyl ether	60348-60-9	H	79/81	17,752
BDE-85	2,2',3,4,4'-Pentabromodiphenyl ether	182346-21-0	H	79/81	18,476
BDE-154	2,2',4,4',5,6'-Hexabromodiphenyl ether	207122-15-4	H	79/81	18,903
BDE-153	2,2',4,4',5,5'-Hexabromodiphenyl ether	68631-49-2	H	79/81	19,464
BDE-138	2,2',3,4,4',5'-Hexabromodiphenyl ether	182677-30-1	H	79/81	20,181
BDE-183	2,2',3,4,4',5',6-Heptabromodiphenyl ether	207122-16-5	H	79/81	21,055
BDE-209	Decabromodiphenyl ether	1163-19-5	H	486,5/488,5	29,480
BDE-77	3,3',4,4'-Tetrabromodiphenyl ether	93703-48-1	Rec <sub>temsil</sub>	79/81	16,565
BDE-181	2,2',3,4,4',5,6-Heptabromodiphenyl ether	189084-67-1	Rec <sub>temsil</sub>	79/81	21,383
PCB-121	2,3',4,5',6-Pentachlorobiphenyl	56558-18-0	Int	324/326	12,389

**H:** Hedef Kirleticisi, **Rec<sub>temsil</sub>:** Geri Kazanım Verimi Kimyasalı, **Int:** Hacim Düzeltme Kimyasalı; **T:** Hedef İyon, **Q:** Doğrulayıcı İyon

### 3.2.5.1 Kalibrasyon eğrisi hazırlanması

Tüm kalibrasyon standartları izo-oktan içerisinde hazırlanmıştır. PBDE kongenerleri için 10 seviyeli kalibrasyon standart serisi hazırlanmıştır. BDE-17, -28, -71, -47, -66, -100, -99, -85, -154, -153, -138 ve -183 için kalibrasyon aralıkları 0,5; 1,0; 2,5; 5; 10; 15; 25; 50; 75 ve 100 pg/μL konsantrasyonlarda, BDE-209 için ise 2,5; 5; 12,5; 25; 50; 75; 125; 250 ve 375 pg/μL konsantrasyonlarda hazırlanmıştır. BDE-77 ve BDE-181 geri kazanım verimi kimyasalları için ise kalibrasyon seti konsantrasyon aralığı 1; 2; 4; 6; 10; 20; 40; 80 pg/μL olarak seçilmiştir. Tüm standartlara ve örneklere 24 ng PCB-121 hacim düzeltme kimyasalı eklenmiştir. Elde edilen kalibrasyon grafikleri lineer regreasyon katsayıları ( $R^2$ ) değerleri Şekil 3.13’de verilmiştir.



Şekil 3.13. Kalibrasyon eğrileri

### 3.2.5.2. İnsan Maruziyeti Değerlendirmesi

Araç içi tozların kazara yutulması ( $C_{yutma}$ ) ve tozların insan cildine yapışması ( $C_{cilt}$ ) sonucunda oluşabilecek günlük ortamala PBDE maruziyeti miktarı aşağıdaki eşitlikler (Kurt-Karakus ve diğ. 2017; Zhu ve diğ. 2015) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$C_{yutma} = [C_{dust} \times F_h \times IngR] / [BW] \quad [3.1]$$

$$C_{cilt} = [C_{dust} \times F_h \times BSA \times SAS \times AF] / [BW \times 1000] \quad [3.2]$$

PBDElerden kaynaklanabilecek kanserojen olmayan sağlık etkilerinin değerlendirilmesinde Tehlike Dönüşümü (HQ) katsayısı (hesaplanan maruziyet miktarı ve ağız yoluyla alım için referans doz (RfD, ng/kg/gün) hesaplanmıştır.

Eşitliklerde kullanılan parametreler, açıklamaları ve önerilen sabit değerleri aşağıdaki Çizelge 3.3’de özetlenmiştir.

$$HQ = [C_{yutma} \text{ veya } C_{cilt}] / RfD \quad [3.3]$$

**Çizelge 3.3 :** Eşitlik [1], [2] ve [3]’te kullanılan parametreler ve literatürde önerilen sabit değerleri

Parametre	Açıklama	Literatürde önerilen değer	Referans
$C_{yutma}$	Yutma yoluyla maruziyet		Mevcut çalışma kapsamında ng/kg.gün olarak hesaplanmıştır
$C_{cilt}$	Cilt yoluyla maruziyet		Mevcut çalışma kapsamında ng/kg.gün hesaplanmıştır
HQ	Kanserojen olmayan etkiler için Tehlike Dönüşümü Amerikan Çevre Ajansı tarafından HQ>1 olması durumunda risk oluşacağı öngörülmektedir (Lyu ve diğ., 2016)		Mevcut çalışma kapsamında hesaplanmıştır (birsiz)
$C_{dust}$	Hedef kirleticinin toz örneklerindeki (ortalama medyan değer) konsantrasyonu		Mevcut çalışma kapsamında elde edilen konsantrasyon değeri (ng/g toz)
IngR	Günlük kazara yutulan toz miktarı	0.05 g/gün (yetişkinler), 0.06 g/gün (çocuklar)	Besis ve diğ. 2017; De Wit ve ark., 2012; USEPA 2008; USEPA 2009
$F_h$	Araçta geçirilen sürenin 1 günlük süreye oranı (%)	59 dakika (%4,1) (yetişkinler ve çocuklar)	Besis ve diğ. 2017; De Wit ve diğ., 2012; Harrad ve Abdallah, 2011)
	Türk insanı için Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) veri tabanında veya literatürde bu konuda herhangi bir veri bulunamamıştır. Dünya literatüründe bu oran %4.1 olarak verilmektedir.		

**Çizelge 3.3 :** Eşitlik [1], [2] ve [3]'te kullanılan parametreler ve literatürde önerilen sabit değerleri (devam)

Parametre	Açıklama	Literatürde önerilen değer	Referans
<b>BW</b>	Vücut ağırlığı	70 kg (yetişkinler), 12 kg (çocuklar), Ülkemizdeki yetişkin ve çocuklar için bu değerler 73 kg ve 12,7 kg olarak bildirilmiştir	Besis ve diğ. 2017; De Wit ve ark., 2012; USEPA 2008; USEPA 2009 Neyzi ve diğ. 2008; Gungormus ve diğ. 2014
<b>BSA</b>	Maruz kalan vücut alanı	4615 cm <sup>2</sup> (yetişkinler), 2564 cm <sup>2</sup> (çocuklar)	Besis ve diğ. 2017; Abdallah ve diğ. 2009
<b>SAS</b>	Cilde yapışan toz miktarı	0,01 mg/cm <sup>2</sup> .gün (yetişkin), 0,04 mg/cm <sup>2</sup> (çocuklar)	Besis ve diğ. 2017; Abdallah ve diğ. 2009
<b>AF</b>	Cilt tarafından absorplanan kirletici miktarı (fraksiyon)	AF değerinin literatürde bildirilmediği kirleticiler için %100 olarak alınabilir. BDE-47, -99, -154, -183 ve -209 için sırasıyla %33, %34, %37, %13 ve %8	Besis ve diğ. 2017; Abdallah ve diğ. 2015a,b
<b>1000</b>	dönüşüm katsayısı	(1 g= 1000 mg)	
<b>RfD</b>	Referans doz	BDE-47, -99, -153 ve -209 için sırasıyla 100, 100, 200 ve 7000 ng/kg.gün Mevcut çalışmada RfD verilmeyen kongenerler için Br sayısı açısından kendisine en yakın RfD değeri bilinen kongener baz alınmıştır. Σ13PBDE için literatürde bildirilen 100, 200 ve 7000 ng/kg RfD değerlerinin ortalaması alınmıştır	Besis ve diğ. 2017; IRIS, 2008a, 2008b, 2008c, 2008d

### 3.3.6 Kalite kontrol/kalite güvencesi (KK/KG)

Analitik yöntemlerin çeşitli aşamalarında yer alan numune, ekipman ve kimyasal gibi her türlü ekipman, deneylerin yapılması esnasında sıkı kalite kontrolü önlemleriyle denetlenmiştir. PBDElerin analizinde kullanılan malzemeler mümkün olan her aşamada cam, metal, alüminyum veya teflon olarak tercih edilmiştir. Tüm cam malzemeler (hassas hacim ölçümlerinde kullanılan balon joje ve cam şırınga hariç) Alconox deterjan içerisinde 1 gece bekletilmiş, sonrasında musluk suyu ve saf su ile durulandıktan sonra 450 °C'de en az 4 saat fırınlanmıştır. Malzemeler kullanılmadan önce aseton veya hekzan ile yıkanmıştır.

Analizler esnasında takip edilen KK/KG uygulamaları aşağıda özetlenmiş ve elde edilen sonuçlar sunulmuştur

- Örnek toplama esnasında şahit numune hazırlanması (Arazi şahit numunesi):  
Bu amaçla boş filtre kağıdı (n=3) toz örneği toplama aparatına takılmış, yaklaşık 5 dakika bekledikten sonra filtre kağıdı alüminyum folyo içerisinde sarılarak lanoratuvara getirilmiştir. Arazi şahit numuneleri diğer numunelerle

aynı işlemlere tabi tutularak analiz edilmiştir. Arazi şahit numunelerinde hedef kirleticilerin belirlenebilir bir konsantrasyon düzeyine rastlanmamıştır.

- b) Laboratuvar ortamında örneklerin analize hazırlanması esnasında boş filtre ve çözücü şahit numune hazırlanması (Laboratuvar şahit numunesi): Bu amaçla boş filtre kağıdı (n=3), ekstraksiyonda kullanılan organik çözücüler (n=3) diğer numunelerle aynı işlemlere tabi tutulup analiz edilmiştir. Laboratuvar şahit numunelerinde hedef kirleticilerin belirlenebilir bir konsantrasyon düzeyine rastlanmamıştır.
- c) Cihaz belirleme limiti (IDL) şahit numune kromatogramı ile karşılaştırıldığında 3:1 signal:gürültü (S:N) oranında pik oluşturan en düşük konsantrasyona tekabül eden kalibrasyon eğrisi seviyesidir. Mevcut çalışmada en düşük konsantrasyona tekabül eden kalibrasyon eğrisi seviyesi, ortalama numune hacmi (1 mL), örneklenen toz miktarlarının ortanca değeri (0,241 g) kullanılarak hesaplanan IDL değerleri (ng/g toz) Çizelge 3.4’de verilmiştir.

Literatürde pekçok tayin sınır değeri tanımlaması ve uygulaması mevcut olmakla birlikte, Metod tayin limiti (MDL), analizlerin gerçekleştirildiği laboratuvar ortamındaki kimyasallar, ekipmanlar ve analizleri gerçekleştiren araştırmacılar baz alınarak tasarlanan tek tayin sınırı ifadesidir. Mevcut çalışmada Metod tayin limiti (MDL) şu şekilde hesaplanmıştır:  $MDL = \text{hedef PBDE kongenerinin şahit numunelerdeki ortalama konsantrasyonu} \pm 3x \text{ standart sapma}$ . Eğer hedef PBDE şahit numune içerisinde mevcut değilse,  $MDL = IDL$  olarak kabul edilmiştir (Wisconsin Department of Natural Resources Laboratory [WDNRL], 1996). MDL (ng/g) değerleri Çizelge 3.4’de verilmiştir.

**Çizelge 3.4:** IDL ve MDL değerleri (ng/g toz)

<b>Kongener</b>	<b>IDL (ng/g toz)</b>	<b>MDL (ng/g toz)</b>
BDE-17	0,30	0,30
BDE-28	0,30	0,30
BDE-71	0,30	0,30
BDE-47	0,30	0,30
BDE-66	0,30	0,30
BDE-100	0,30	0,30
BDE-99	0,30	0,30
BDE-85	0,30	0,30
BDE-154	0,60	0,60
BDE-153	0,60	0,60
BDE-138	0,60	0,60
BDE-183	0,60	0,60
BDE-209	4,8	4,8

d) Analizlerin güvenilirliği açısından hedef kirleticilerin analizler esnasında geri kazanılabilirlik oranının (Rec) tespit edilmesi gerekmektedir. Geri kazanım veriminin kabul edilebilir aralığı ile ilgili olarak literatürde herhangi bir sabit aralık bulunmamaktadır. Bununla birlikte EPA Metod 8270-D’de (EPA (1998)) geri kazanım veriminin beklenen konsantrasyonun (test konsantrasyonu, geri kazanım verimi bileşiklerinin örneklere eklenen miktarları) %30 aralığında olması (%70-%130) analizin güvenilirliğini sağladığı belirtilmektedir.

Geri kazanılabilirlik oranının analizi 1) Hedef kirleticileri temsil niteliği olan geri kazanım verimi test kimyasallarının gerçek numunelere eklenerek Rec oranının tespiti ( $Rec_{\text{temsil}}$ ), 2) bilinen miktarda hedef kirletici içeren solüsyon/temsili örnek ile geri kazanım verimi ( $Rec_{\text{hedef}}$ ), 3) sertifikalı referans maddelerin analizi ( $Rec_{\text{CRM}}$ ) yolları ile tespit edilmiştir.

1)  $Rec_{\text{temsil}}$  analizi: Bu bağlamda geri kazanım verimi bileşikleri olarak numunelere (n=67) BDE-77 (15 ng) ve BDE-181 (10 ng) eklenmiştir. Sonuçlar aşağıdaki Çizelge 3.5’de özetlenmiştir.

**Çizelge 3.5:**  $Rec_{\text{temsil}}$  değeri sonuçları (%).

$Rec_{\text{temsil}}$ bileşiği	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
BDE-77	95,5	11,1	69,3	121,7
BDE-181	87,8	9,0	72,3	109,2

2)  $Rec_{\text{hedef}}$  analizi: Bu amaçla her bir PBDE kongeneri filtre kağıdı üzerine 50 ng eklenmiştir (BDE-209 hariç, bu kongener 250 ng eklenmiştir) (n=6). Bu numuneler analize tabi tutularak  $Rec_{\text{hedef}}$  (%) değerleri hesaplanmıştır. Sonuçlar aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

**Çizelge 3.6:**  $Rec_{\text{hedef}}$  değeri sonuçları (%).

Kongener	$Rec_{\text{hedef}}$			
	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
BDE-17	92,3	13,2	76,0	110,0
BDE-28	88,0	14,0	70,0	104,0
BDE-71	87,0	14,0	67,3	103,9
BDE-47	83,0	14,0	63,3	99,9
BDE-66	89,0	14,0	69,3	105,9
BDE-100	88,7	13,2	72,4	106,4
BDE-99	95,2	13,2	78,9	112,9
BDE-85	81,5	14,0	63,5	97,5
BDE-154	87,6	13,2	71,3	105,3
BDE-153	86,8	14,0	67,1	103,7
BDE-138	84,7	14,0	65,0	101,6
BDE-183	85,2	14,0	65,5	102,1
BDE-209	97,9	3,96	92,2	102,6

3) Rec<sub>CRM</sub> analizi: Bu amaçla NIST SRM 2583 (National Institute of Standards Technology, MD, USA) toz örneği tekrarlı analiz yapılmış (n=4) ve elde edilen sonuçlar Stapleton ve diğ. (2006) tarafından bildirilen konsantrasyon değerlerine göre % bağıl sapma değerleri hesaplanmıştır. Sonuçlar Çizelge 3.7’de özetlenmiştir.

**Çizelge 3.7: Rec<sub>CRM</sub> değerleri.**

Rec <sub>CRM</sub> bileşiği	C <sub>ort</sub> (Stapleton ve diğ. 2006)	C <sub>ort</sub> (Mevcut Çalışma)	Standart Sapma (SD) (Mevcut Çalışma)	Bağıl Sapma (RSD) (Stapleton ve diğ. (2006) Sonuçlarına göre)	Minimum (Mevcut Çalışma)	Maksimum (Mevcut Çalışma)	Tekrarlı Analizlerin Bağıl Sapma Değeri (RSD, %) (Mevcut Çalışma)
BDE-17	1.89±0.32	1,74	0,15	8,46	1,56	1,91	8,85
BDE-28	14.60±1.30	12,93	1,56	12,94	10,69	14,32	12,11
BDE47	323.00±17	292,08	32,29	10,59	248,25	319,25	11,06
BDE-66	13.90±3.80	14,41	2,83	3,56	10,25	16,54	19,62
BDE-85	35.70±3.30	40,32	8,53	13,93	32,54	52,38	21,17
BDE-99	741.00±37	611,12	139,88	21,25	485,78	760,46	22,89
BDE-100	111.00±10	93,49	15,89	18,73	75,26	110,55	17,00
BDE138	8.80±0.40	8,02	1,16	9,73	7,12	9,65	14,48
BDE153	89.40±2.70	82,82	9,12	7,94	70,94	92,56	11,01
BDE-154	98.50±9.40	83,60	16,06	17,83	65,52	102,54	19,21
BDE-183	22.30±2.10	26,08	4,79	14,49	21,45	32,45	18,38
BDE-209	2420.00±120	2916,26	447,11	17,02	2546,52	3451,02	15,33

e) Araçlardan toplanan toz örneklerinin tekrarlı analizi: 10 adet araçtan toz örnekleri tekrarlı olarak toplanmış ve örnekler analiz edilmiştir. Tekrarlı analizler neticesinde elde edilen konsantrasyon değerleri arasındaki bağıl sapma (RSD) hesaplanmıştır. Detaylar Çizelge 3.8’de verilmiştir.

**Çizelge 3.8 : Tekrarlı analiz (n=10) RSD değerleri (%).**

Hedef Kongener	Tekrarlı Analiz Sonucu Ortalama RSD	Tekrarlı Analiz Sonucu Minimum RSD	Tekrarlı Analiz Sonucu Maksimum RSD
BDE-17	11,90	0,49	22,78
BDE-28	5,78	0,38	13,86
BDE-71	9,11	4,04	14,18
BDE-47	13,38	9,43	19,13
BDE-66	11,41	11,41	11,41
BDE-100	10,31	4,15	17,39
BDE-99	9,01	4,37	15,63
BDE-85	21,50	20,78	22,22
BDE-154	9,39	9,39	9,39
BDE-153	7,33	4,83	10,99
BDE-138	8,24	7,15	9,32
BDE-183	16,98	11,24	22,73
BDE-209	6,47	2,48	9,87

### 3.3.7 İstatistiksel Analizler

İstatistiksel analizler için numunelerde belirlenmeyen kongenerlerin konsantrasyonu, ilgili kongenerin MDL değerinin yarısı olarak kabul edilmiştir. PBDE kongener konsantrasyonlarında şahit numune konsantrasyonuna göre düzeltme işlemi yapılmamış, sadece konsantrasyon değerlerinin MDL ve IDL değerlerinden düşük olup olmadığı kontrol edilmiştir. İstatiksel analizler Microsoft Excel yazılımı, Systat yazılımı (Systat Software, Inc, USA) (Versiyon 12) kullanılarak yapılmıştır.

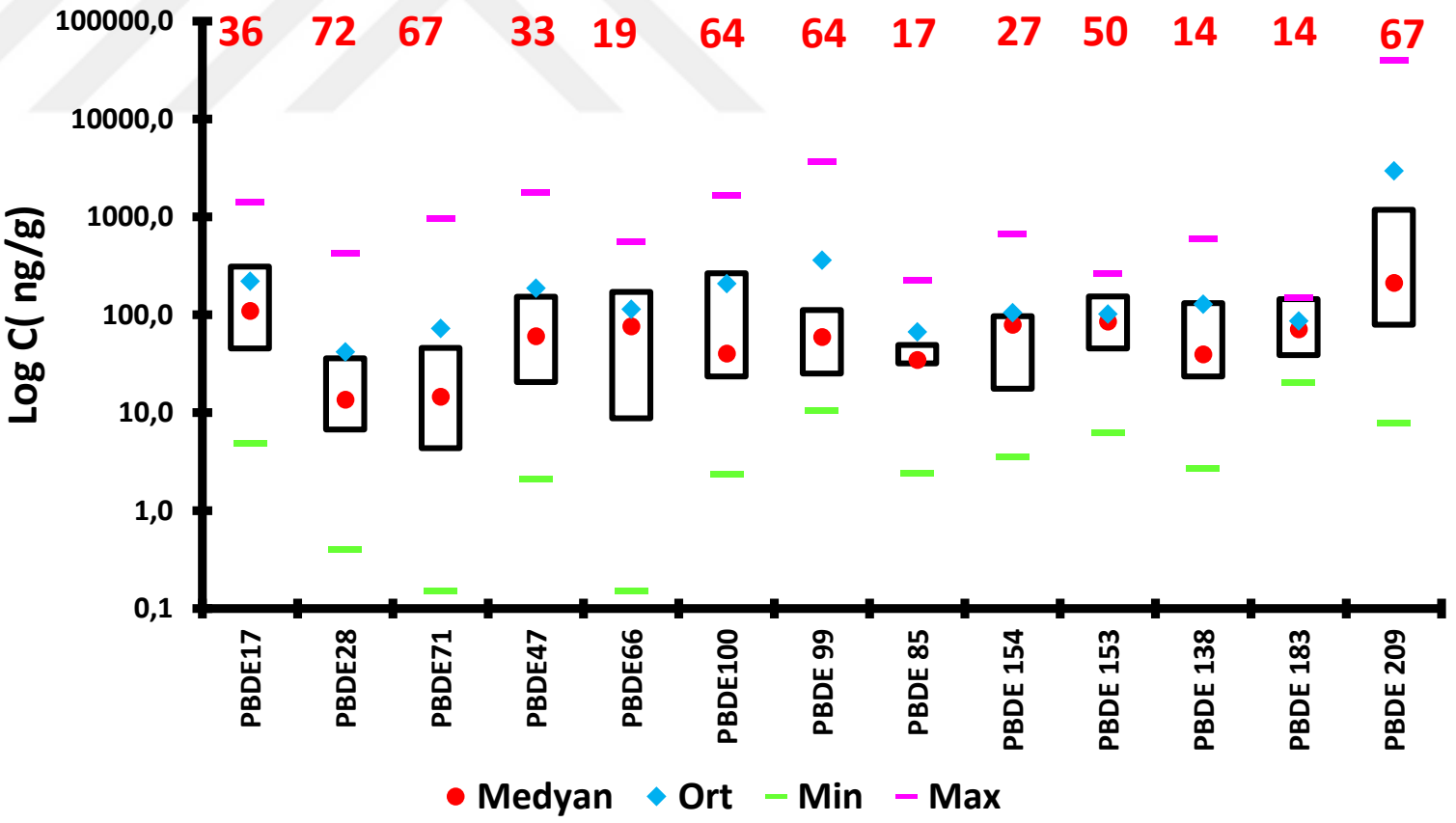




## 4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

### 4.1 Toz Örneklerinde Belirlenen Konsantrasyonlar

Tez çalışması kapsamında toplamda 61 adet araçtan toz örneği toplanmış ve analiz edilmiştir. 13 adet PBDE türdeşinin analizlerinden elde edilen konsantrasyon değerleri örnek toplanan her bir araç için Ek Tablo A'da verilmiştir. Şekil 4.1'de araç içlerinden toplanan tozlardan elde edilen analiz sonuçlarının PBDE kongenerleri bazında değerlendirilmesi verilmektedir. PBDE 209'un genel olarak en yüksek konsantrasyonda bulunduğu tespit edilmiştir (39657 ng/g). En düşük konsantrasyonda ise PBDE 66 ve 71 kongenerleri 0,150 ng/g olarak tespit edilmiştir. Araç özelliklerinden bağımsız olarak sonuçlar değerlendirildiğinde en yüksek ve en düşük  $\sum_{13}$  PBDE konsantrasyonu sırasıyla 40198,1 (Renault) ve 0,6 ng/g (Fiat) olarak tespit edilmiştir. Tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlar literatürde farklı PBDE türleri ve farklı sayıda bileşiklerinin analiz edildiği çalışmalar ile benzerlik göstermektedir. Literatür örneklerine ait detaylı sonuçlar Tablo 1.2 de verilmiştir. Yapılan analizlerde araçlardan toplanan toz örneklerinde, PBDE-17 en sık belirlenen kongener (belirlenme sıklığı, DF=%72) iken, bunu PBDE-209 ve PBDE-71 (her ikisi için de belirlenme sıklığı, DF=%67) ve PBDE-99 ve PBDE-100 (Her ikisi için de DF değeri %64) takip etmiştir. Bununla birlikte, PBDE-99 ve -209 kongenerlerinin konsantrasyonları diğer bileşiklere göre daha yüksek değerler göstermiştir. Araç içlerinde PBDE 209 konsantrasyonunun araçlarda bulunan Hoparlör/ Radio/CD Player/GPS/Led Ekran ve konsol döşemelerinde alev geciktirici özelliğinden dolayı kullanıldığı ve konsantrasyonları bu aksamardan kaynaklanması olası görülmektedir (Harrad vd. 2008). Lagalante ve diğ. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada ise PBDE 99 konsantrasyonunun ise PBDE 209 bileşiğinin bozunması sonucu tespit edildiği rapor edilmiştir.



Şekil 4.1 : Kongenerler bazında  $\Sigma_{13}$ PBDE konsantrasyonları (kutuların üst ve alt sınırları 25. ve 75. yüzdelikleri, kırmızı renkli rakamlar belirleme sıklığını (DF) (%) göstermektedir)

#### 4.2 PBDE Kongener Profilleri ve Teknik Karışım Profilleri ile karşılaştırma

Tez çalışması kapsamında araç içi tozlarından elde edilen sonuçların PBDE bileşiklerine ve ticari karışım profillerine göre karşılaştırmaları Şekil 4.2-4.5'te verilmiştir. En bilinen ticari karışımlar ve isimleri şu şekildedir:

- penta-BDE: DE-71 ve Bromkal 70-5DE
- octa-BDE: DE-79 ve Bromkal 79-8DE
- deca-BDE: Saytex 102E ve Bromkal 82-0DE

Bu ticari karışımların detaylı kongener bilgileri La Guardia ve diğ. (2006) tarafından verilmiş olup Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.1 :** Ticari PBDE karışımlarının içerisinde bulunan PBDE kongener % değerleri (La Guardia ve diğ., 2006)

PBDE Kongener	Penta-BDE		Okta-BDE		Deka-BDE	
	DE-71	Bromkal 70-5DE	DE-79	Bromkal 79-8DE	Saytex 102E	Bromkal 82-0DE
-17	0,07	0,05	-	-	-	-
-28/33	0,25	0,1	-	-	-	-
-75	<0,02	-	-	-	-	-
-51	<0,02	-	-	-	-	-
-49	0,74	0,36	-	-	-	-
-48/71	<0,02	-	-	-	-	-
-47 <sup>a</sup> /74	38,2	42,8	-	-	-	-
-66/42	0,53	0,21	-	-	-	-
-102	0,15	-	-	-	-	-
-100	13,1	7,82	-	-	-	-
-99	48,6	44,8	-	-	-	-
-97/118	<0,02	0,12	-	-	-	-
-85	2,96	2,16	-	-	-	-
-126/155 <sup>a</sup>	0,21	0,67	-	-	-	-
-154	4,54	2,68	1,07	0,04	-	-
-144	-	-	0,1	0,12	-	-
-153	5,44	5,32	8,66	0,15	-	-
-139	0,8	0,38	-	-	-	-
-140	0,17	0,1	<0,02	-	-	-
-138	0,73	0,53	0,62	-	-	-
-184	<0,02	-	<0,02	<0,02	-	-
-175/183 <sup>a</sup>	0,1	0,33	42	12,6	-	-
-191	-	-	<0,02	-	-	-
-180	-	-	1,7	-	-	-
-171	-	-	1,81	0,17	-	-
-201	-	-	0,78	<0,02	-	-
-197	-	-	22,2	10,5	-	0,03
-203	-	-	4,4	8,14	-	0,07
-196	-	-	10,5	3,12	-	0,46
-194	-	-	<0,02	-	-	-
-208	-	-	0,19	<0,02	0,06	0,07
-207	-	-	11,5	11,2	0,24	4,1
-206	-	-	1,38	7,66	2,19	5,13
-209	-	-	1,31	49,6	96,8	91,6

<sup>a</sup> kromatografik ayırimda birlikte gelen piklerden büyük olanı

Tez çalışması kapsamında incelenen ve Br sayısına göre gruplanan kongenerlerin, La Guardia ve diğ. (2006) tarafından verilen ticari karışım kongener içerikleri baz alınarak hesaplanan % değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Buna göre ticari penta-PBDE karışımları olan DE-71 ve Bromkal 70-5DE kimyasalları ağırlıklı olarak 4Br (sırasıyla %33,2 ve %39,7) ve 5Br (sırasıyla %55,4 ve %50,5) kongenerlerinden oluşurken, daha düşük oranlarda 6Br kongenerler (sırasıyla %9,2 ve %7,9) içermektedir. Ticari okta-PBDE karışımı olan DE-79 %38,8 7Br kongener içerirken %9,6 6 Br kongener içermektedir. Bir diğer ticari okta-PBDE karışımı olan Bromkal 79-8DE ise %49,6 oranında 10Br kongener içerirken %12,2 oranında 7 Br kongener içermektedir. Ticari deka-PBDE karışımları olan Saytex 102E ve Bromkal 82-0DE ise hemen hemen yalnızca 10Br kongener içermekte ve bu içerik sırasıyla %96,8 ve %91,6 olarak belirlenmiştir.

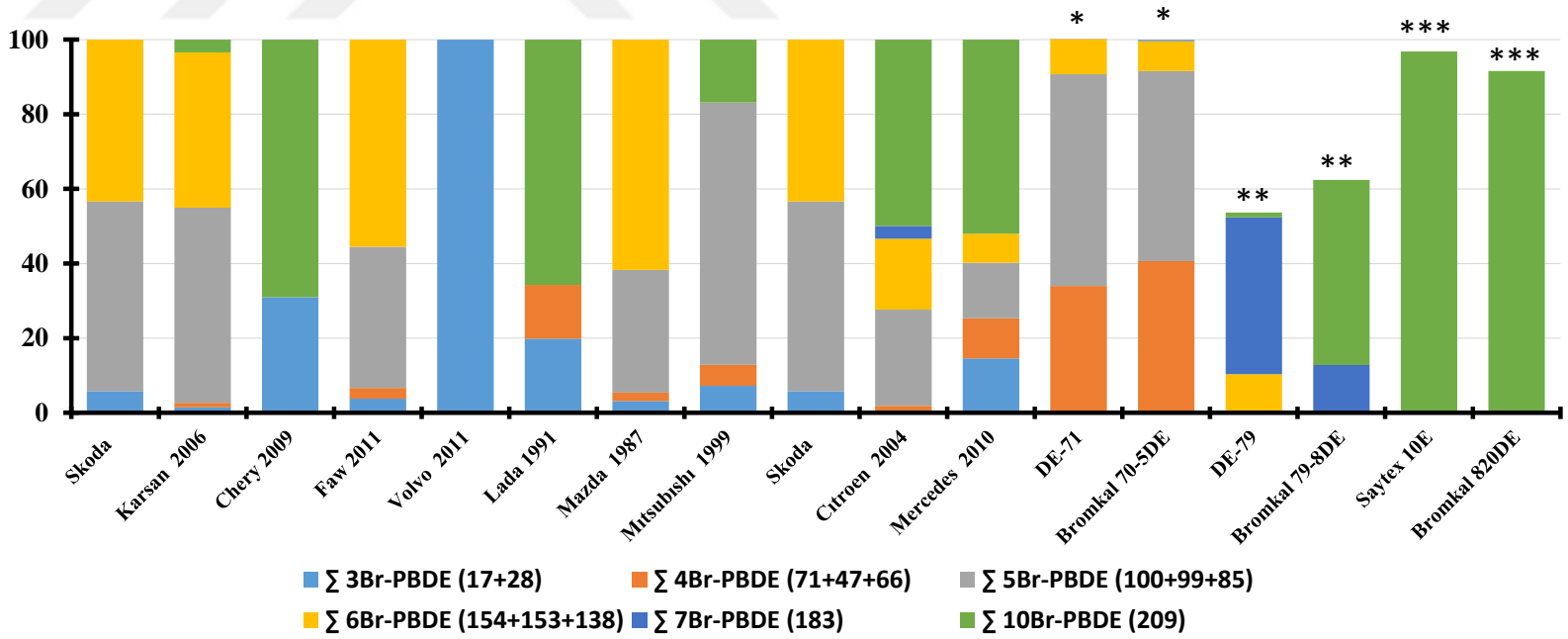
**Çizelge 4.2 :** Tez çalışmasında incelenen kongenerlerin La Guardia ve diğ. (2006) tarafından bildirilen ticari karışımlarda bulunan % değerleri

	Kongenerler*	DE-71	ΣPBDE** içerisindeki % değerleri				
			Bromkal 70-5DE	DE-79	Bromkal 79-8DE	Saytex 102E	Bromkal 82-0DE
<b>3Br</b>	17+28	0.3	0.1				
<b>4Br</b>	71+47+66	33.2	39.7				
<b>5Br</b>	100+99+85	55.4	50.5				
<b>6Br</b>	154+153+138	9.2	7.9	9.6	0.2		
<b>7Br</b>	183	0.1	0.3	38.8	12.2		
<b>10Br</b>	209			1.3	49.6	96.8	91.6

\*Tez çalışması kapsamında incelenen kongenerler; \*\*La Guardia ve diğ. (2006) tarafından bildirilen kongener toplamı

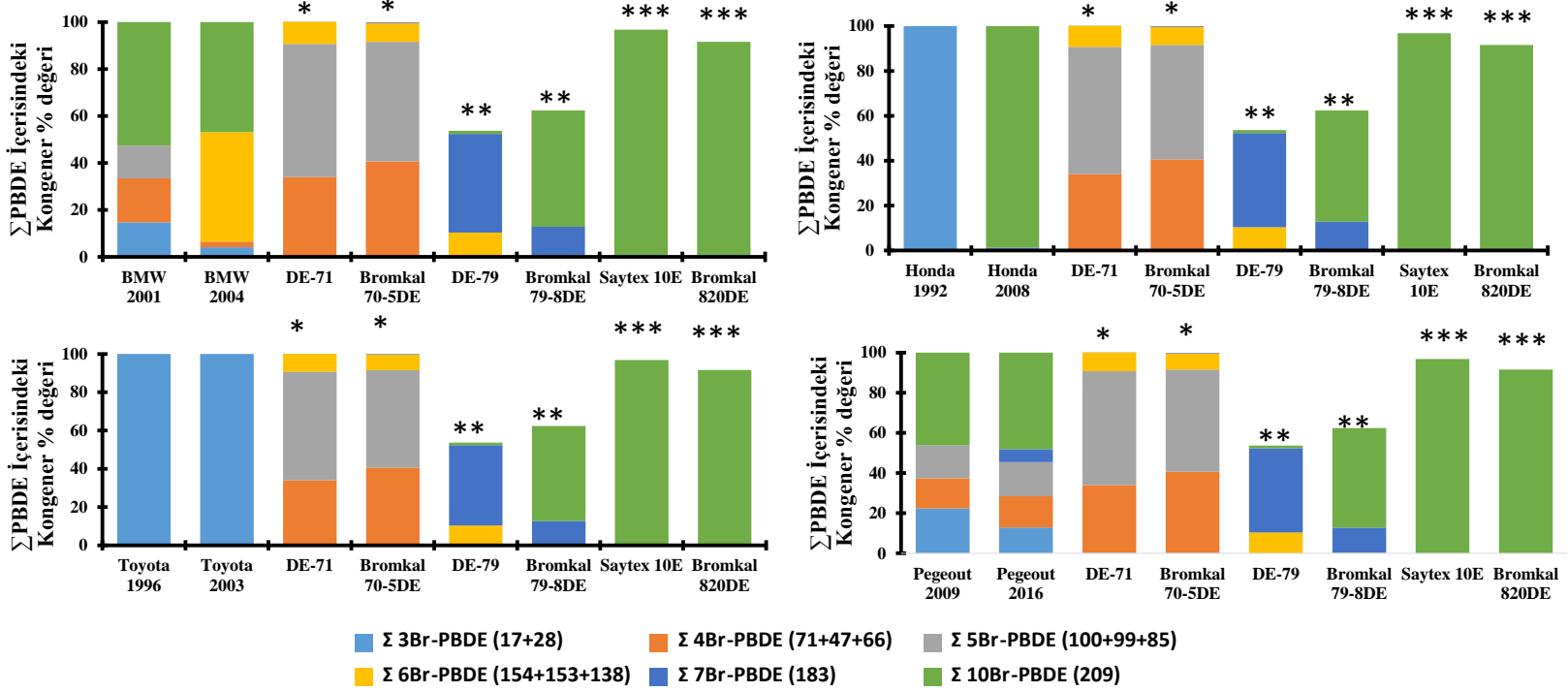
Tez çalışması kapsamında modeller bazın araçlar incelendiğinde, genel olarak spesifik bir araç modelinin belli bir ticari karışımında belirlenen % kongener değerlerini birebir yansıttığı söylenemez. Ancak, belirgin benzerlikler de gözden kaçmamaktadır. Örneğin, Şekil 4.2. incelendiğinde, Skoda, Karsan, Faw, Mazda, Mitsubishi gibi markalarda ticari penta-PBDE karışımlarının içerisinde ağırlıklı olarak bulunan 5Br kongenerler mevcut iken, Chery, Lada, Citroen, Mercedes gibi markalardan toplanan toz örneklerinde ağırlıklı olarak 10Br kongener (PBDE-209) mevcut olduğu yani ticari-dekaPBDE karışımı ile bezerlik gösterdiği görülmektedir. Şekil 4.3 incelendiğinde BMW, Honda (2008 model), Peugeot gibi markalardan toplanan toz örnekleri de ağırlıklı olarak deka-PBDE ticari karışım kongenerlerini

içermekle birlikte, diğer kongenerler de gözlemlenmektedir. Bu durum deka-PBDE bileşeni olan PBDE-209'un fotolitik degradasyonunun sonucunda olabileceği gibi diğer ticari karışımların kullanılmış olduğuna da işaret edebilir. Toyota (1996 ve 2003) model ve Honda (1992 model) araçlarda ise diğer markalarda çok az rastlanan 3Br kongener içeriği en yüksek düzeyde olup, ticari karışımlardan sadece DE-71 ve Bromkal 70-5DE içerisinde bu kongenerler %0,1-0,3 gibi düşük bir aralıkta mevcut olduğundan, gözlemlenen bu 3Br kongener mevcudiyeti yüksek Br içerikli kongenerlerin debromşnasyon yoluyla düşük Br içerikli kongenerlere dönüşmesi olarak yorumlanabilir. Renault marka araçlardan toplanan tozlar (Şekil 4.4.) ağırlıklı olarak 10Br kongenerler(ticari deka-PBDE), 4Br ve 5Br kongenerler (ticari penta-PBDE) içermektedir. Fiat marka araçlarda ise (Şekil 4.5) ticari deka-PBDE karışımları olan Saytex 10E ve Bromkal 82-0DE içerisindeki kongener olan 10Br kongenerlerin yanısıra ticari penta-PBDE kongenerlei olan 4Br ve 5Br kongenerler gözlemlenmiştir (Şekil 4.5). Ülkemizde üretilmekte olan Tofaş marka araçlarda ise 10Br (Saytex 10E ve Bromkal 82-0DE) ve 5 Br (DE-71 ve Bromkal 70-5DE) kongenerler ağırlıklı iken az miktarda 6 Br ve 7Br (ticari okta-PBDE karışımları olan DE-79 ve Bromkal 79-8DE kongenerleri) mevcuttur. Hyundai (Şekil 4.5), Kia (2013 model, Şekil 4.6) ve Opel (2017 model, Şekil 4.6) gibi markalarda da ağırlıklı olarak deka-PBDE kongeneri gözlemlenmektedir. Bu durum 2017 model gibi oldukça yeni bir araç için ilginç olup, gözlemlenen bu 10Br kongener araçlarda geri dönüştürülmüş plastiklerde yapılmış akamlarım kullanılıp kullanılmadığı sorusunu akla getirmektedir.

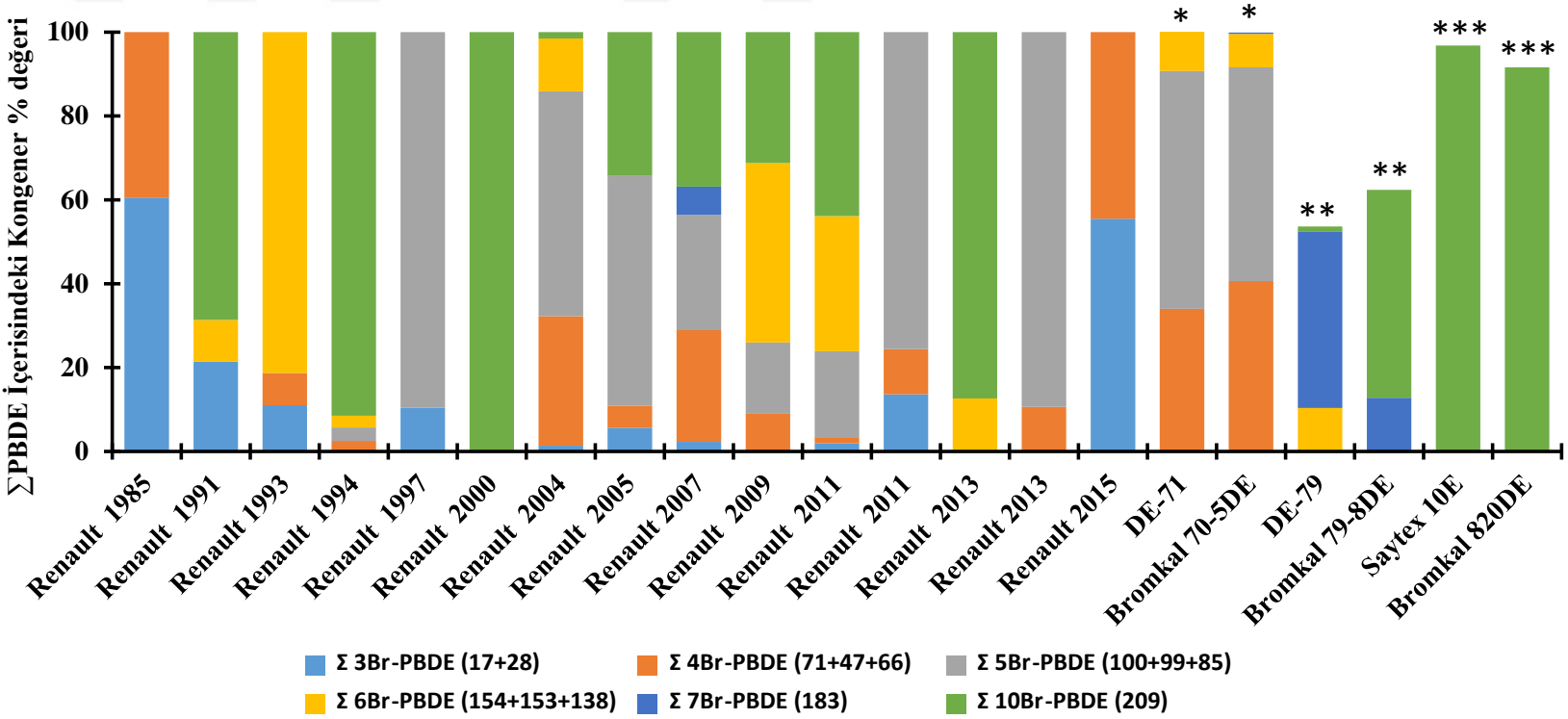


**Şekil 4.2.** Homolog grupların Araç Markalarına ve PBDE ticari karışımlarında göre  $\Sigma$  PBDE içerisindeki % değerleri-1 (\*: Ticari penta-BDE karışımı; \*\*: Ticari okta-BDE karışımı; \*\*\*: Ticari deka-BDE karışımı)

**Şekil 4.3.** Homolog grupların Araç Markalarına ve PBDE ticari karışımlarında göre  $\Sigma$  PBDE içerisindeki % değerleri-2 (\*: Ticari penta-BDE karışımı; \*\*: Ticari okta-BDE karışımı; \*\*\*: Ticari deka-BDE karışımı)

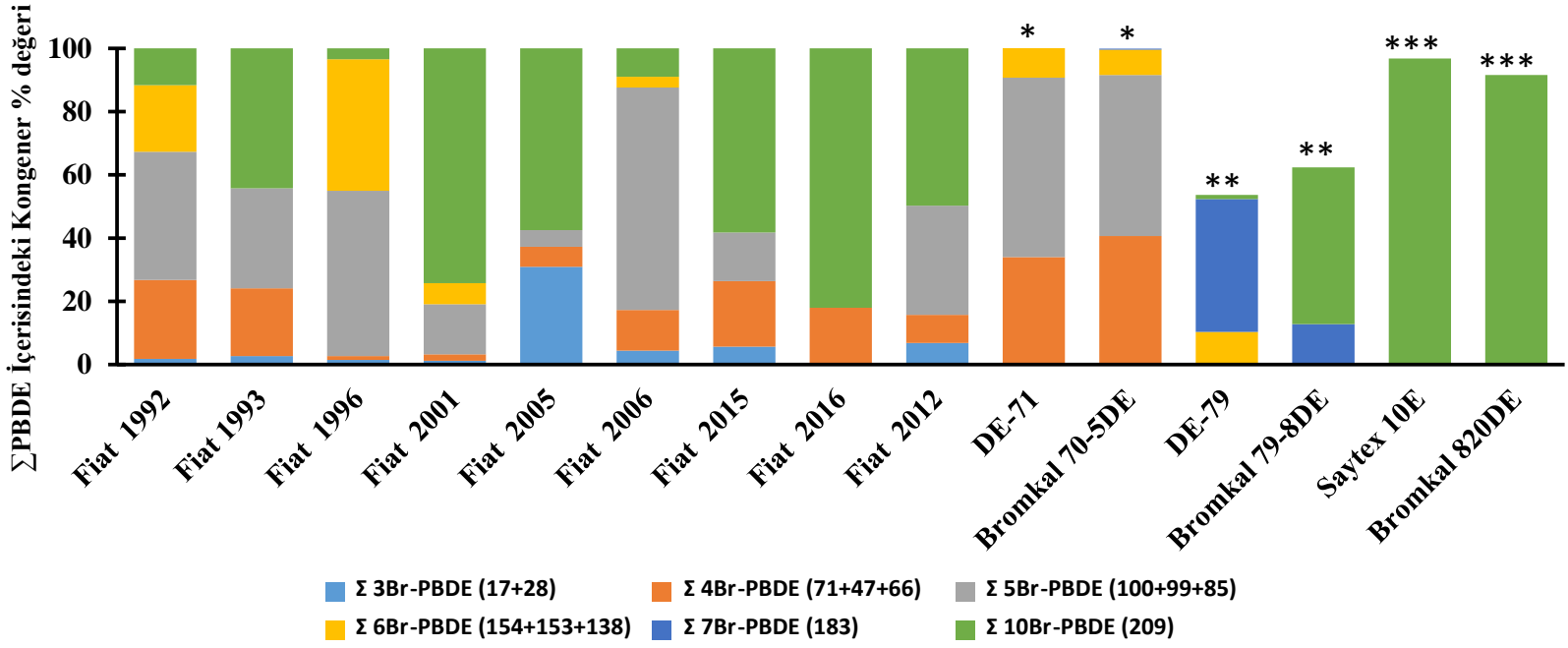


**Şekil 4.4.** Homolog grupların Araç Markalarına ve PBDE ticari karışımlarında göre  $\Sigma$  PBDE içerisindeki % değerleri-3 (\*: Ticari penta-BDE karışımı; \*\*: Ticari okta-BDE karışımı; \*\*\*: Ticari deka-BDE karışımı)

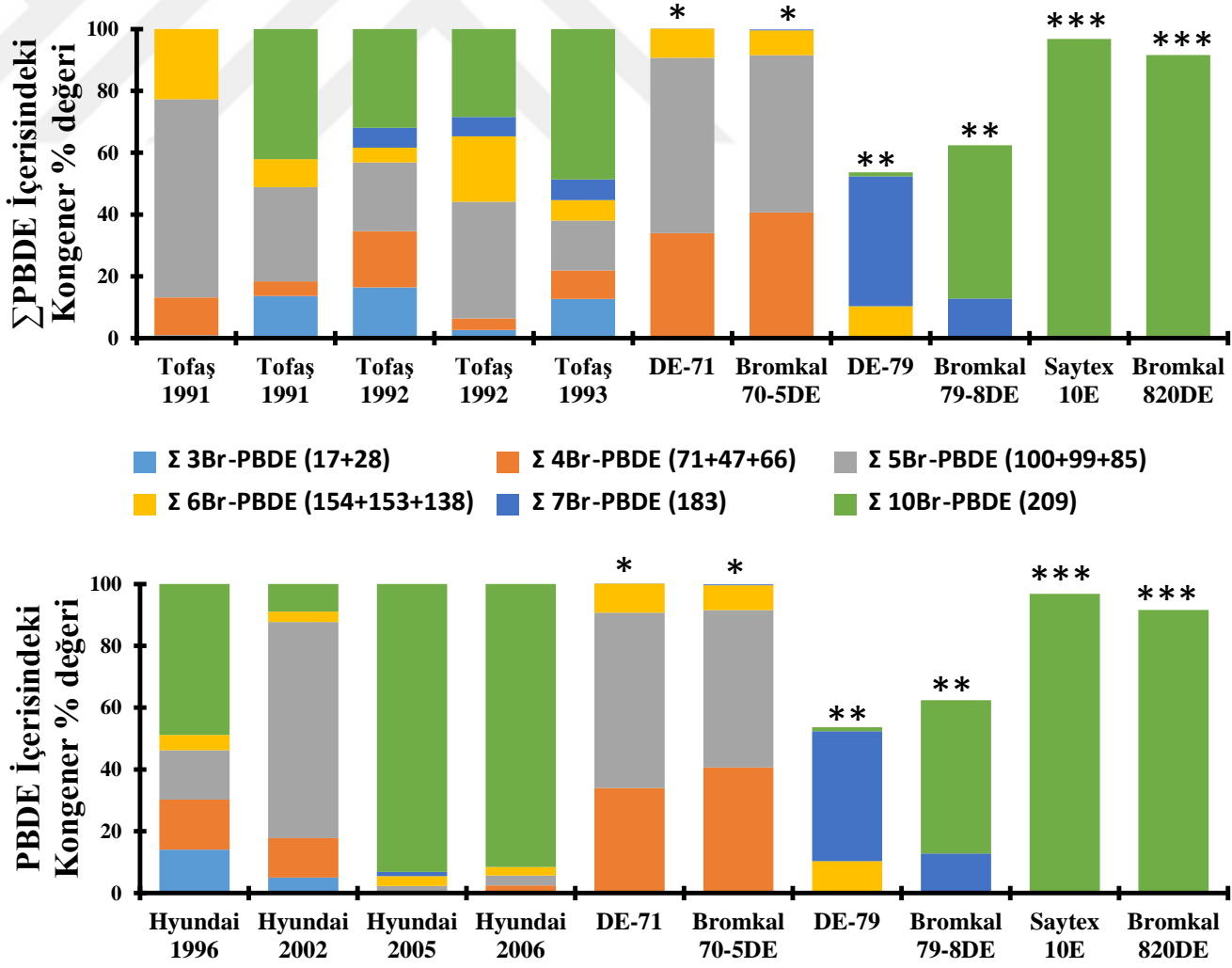




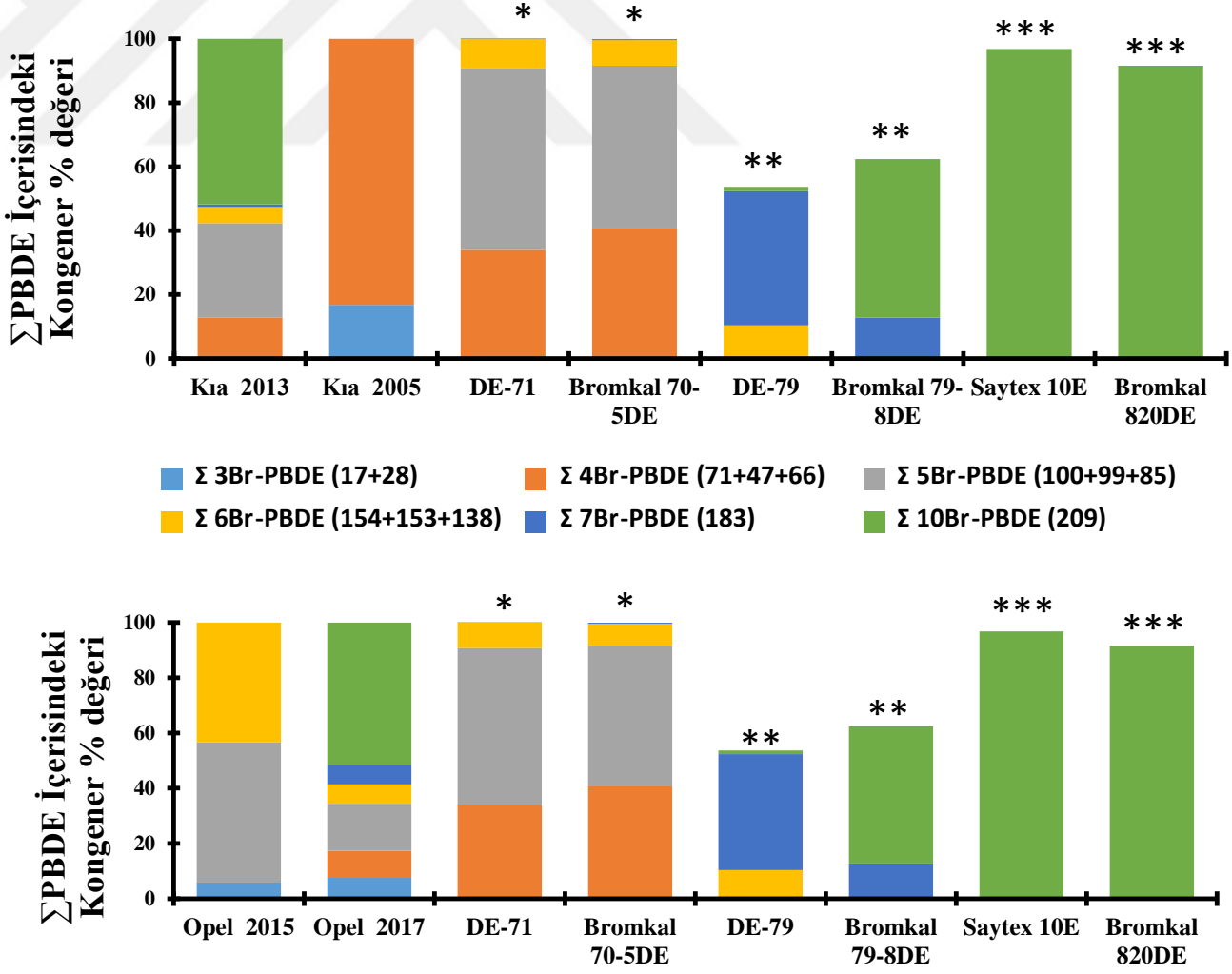
**Şekil 4.5.** Homolog grupların Araç Markalarına ve PBDE ticari karışımlarında göre  $\Sigma$  PBDE içerisindeki % değerleri-4 (\*: Ticari penta-BDE karışımı; \*\*: Ticari okta-BDE karışımı; \*\*\*: Ticari deka-BDE karışımı)



**Şekil 4.6.** Homolog grupların Araç Markalarına ve PBDE ticari karışımlarında göre  $\Sigma$  PBDE içerisindeki % değerleri-5 (\*: Ticari penta-BDE karışımı; \*\*: Ticari okta-BDE karışımı; \*\*\*: Ticari deka-BDE karışımı)

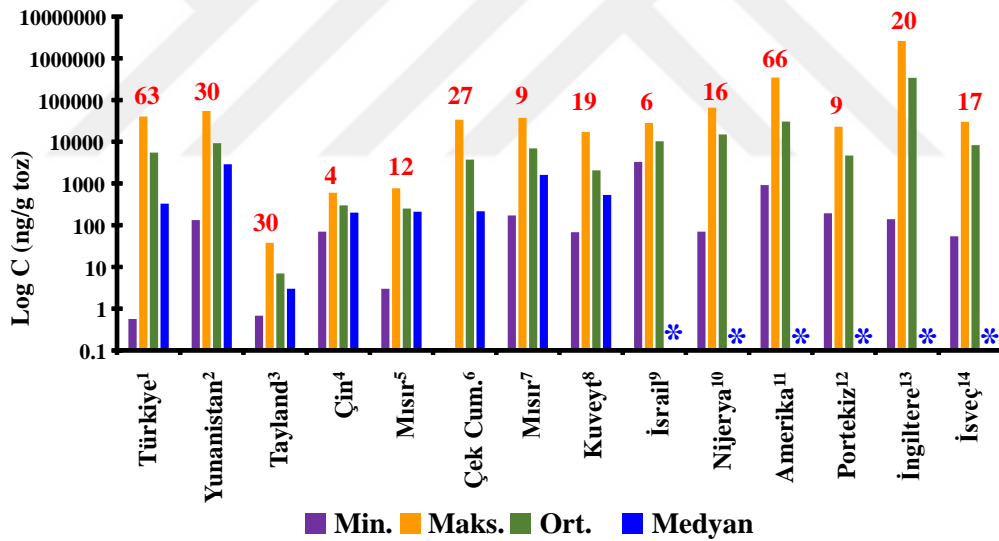


**Şekil 4.7.** Homolog grupların Araç Markalarına ve PBDE ticari karışımlarında göre  $\Sigma$  PBDE içerisindeki % değerleri-6 (\*: Ticari penta-BDE karışımı; \*\*: Ticari okta-BDE karışımı; \*\*\*: Ticari deka-BDE karışımı)



### 4.3. Literatürde Bildirilen PBDE Seviyeleri ile Karşılaştırma

Elde edilen verilerin literatür verileri ile karşılaştırması Şekil 4.6'da (çalışmalarda analiz edilen  $\Sigma$ PBDE konsantrasyonları baz alınarak) verilmiş olup, daha detaylı karşılaştırma tablosu ise Ek Tablo 2'de verilmiştir. Şekil 4.8'den da görüldüğü üzere mevcut tez çalışmasında belirlenen medyan konsantrasyonlar Çin, Mısır, Çek Cumhuriyeti, Kuveyt gibi ülkelerde belirlenen konsantrasyonlar ile benzerlik gösterirken, Tayland'da yapılan çalışmada bulunan konsantrasyonlardan daha yüksek, Yunanistan ve Mısır'da yapılan diğer bir çalışmada belirlenen konsantrasyonlardan ise daha düşük değerler sergilemiştir. Ortalama konsantrasyonlar bazında mevcut çalışmada belirlenen  $\Sigma$ PBDE konsantrasyonu Tayland, Çin, Mısır gibi ülkelerde belirlenen değerlerden yüksek, Yunanistan, Çek Cumhuriyeti, Mısır, Portekiz ve Kuveyt gibi ülkelerde belirlenen konsantrasyonlarla benzer seviyede, İsrail, Nijerya, Amerika, İngiltere ve İsveç gibi ülkelerde belirlenen konsantrasyonlara göre daha düşük bir konsantrasyon değeri göstermiştir.



**Şekil 4.8 :** Çalışma kapsamında belirlenen  $\Sigma$ PBDE seviyesinin literatürde bildirilen konsantrasyonlar karşılaştırılması (\* İlgili çalışmada medyan değeri verilmemiştir; grafik üzerindeki kırmızı renkle gösterilen rakamlar örnek toplanan araç sayısını göstermektedir (<sup>1</sup>Bu çalışma ( $\Sigma$  13 PBDE); <sup>2</sup>Besis ve diğ. 2007 ( $\Sigma$ 20PBDE); <sup>3</sup>Muenhor ve Harrad ( $\Sigma$ 10PBDE), 2018; <sup>4</sup>Peng ve diğ.,2017 ( $\Sigma$ 20PBDE); <sup>5</sup>Khairy ve Lohmann,2018 ( $\Sigma$ 12PBDE); <sup>6</sup>Kalachova ve diğ.,2012 ( $\Sigma$ 16PBDE); <sup>7</sup>Hassan ve Shoeib, 2015 ( $\Sigma$ 15PBDE); <sup>8</sup>Gevao ve diğ., 2016 ( $\Sigma$ 14PBDE); <sup>9</sup>Dubowski ve diğ., 2018 ( $\Sigma$ 3PBDE); <sup>10</sup>Harrad ve diğ.,2016 ( $\Sigma$ 5PBDE); <sup>11</sup>Lagalante ve diğ., 2011 ( $\Sigma$ 21PBDE); <sup>12</sup>Cunha ve diğ., 2010 ( $\Sigma$ 16PBDE); <sup>13</sup>Harrad ve diğ., 2008 ( $\Sigma$ 13PBDE); <sup>14</sup>Thureson ve diğ., 2012 ( $\Sigma$ 10PBDE))

#### 4.4 Kongener Teşhis Oranları

PBDE-47 kongenerinin PBDE-99 kongenerine oranı daha yüksek Br içerikli PBDE kongenerlerinin fotoliz yoluyla bozunmasının değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (Hassan ve Shoeib, 2015; Muenhor ve Harrad, 2018). Tez çalışmasında belirlenen PBDE-47/PBDE-99 oranlarının araç markaları bazında minimum ve maksimum değerleri Çizelge 4.3'de verilmiştir. Artaçlar bazında belirlenen en düşük PBDE-47/PBDE-99 kongener teşhis oranı 0,08, en yüksek oran ise 14,04 olarak bulunmuştur. Ticari penta-BDE formülasyonları olan DE-71 ve Bromkal 70-5DE içerisinde bu oranlar 0,78-0,95 aralığında bulunmaktadır. Ancak, literatürde PBDE47/PBDE-99 oranının daha yüksek belirlendiği çalışmalar da mevcuttur. Örneğin, Mandalakis ve diğ. (2008) bu oranı 1,5-12,6 aralığında bildirmişlerdir. Mevcut çalışmada, Renault, Hyundai, Tofaş gibi markalarda belirlenen teşhis oranları ticari penta-PBDE karışımlarında belirlenen teşhis oranları ile benzerlik göstermektedir. Ford, Opel, Fiat, Kia gibi markalarda belirlenen teşhis oranı ise daha düşük olarak belirlenmiştir. PBDE-99'a göre uçuculuk özelliği daha yüksek olan PBDE-47'nin yüksek sıcaklıklarda buharlaşma ihtimali göz önüne alındığında bu tür düşük oranların gözlemlenmesi normaldir. İlaveten, PBDE-209'un de-brominasyon yoluyla daha düşük Br sayılı kongenerlere bozunması ihtimali de unutulmamalıdır (Bezares-Cruz ve diğ., 2004; Söderström ve diğ., 2004).

PBDE209/(PBDE-207+PBDE-206+PBDE-208) oranı PBDE-209 kongeneri üzerine fotoliz işleminin etkisini belirlemede kullanılan bir teşhis oranıdır (Hassan ve Shoeib, 2015). Ancak, mevcut çalışmada PBDE-207, -206 ve -208 kongenerleri incelenmediğinden bu oran yoluya PBDE-209 kongenerinin debrominasyonunun değerlendirilmesi mümkün olmamıştır.

**Çizelge 4.3 : Kongener teşhis oranları**

<b>Araç markası</b>	<b>PBDE 47/PBDE 99*</b>	<b>PBDE 99/PBDE 100*</b>
<b>Renault</b>	0,45-0,50	1,90-7,04
<b>WV</b>	8,04-14,04	0,05-0,06
<b>Peugeot</b>	1,5	0,27
<b>Hyundai</b>	0,10-0,82	0,85-6,91
<b>Faw</b>	-	2,66
<b>Mazda</b>	-	2,44
<b>Karsan</b>	-	1,84
<b>Ford</b>	0,16	1,78-2,86
<b>Opel</b>	0,064	0,35-2,01
<b>Fiat</b>	0,06-1,19	1,84-5,08
<b>Tofaş</b>	0,59-1,03	0,34-10,8
<b>Kia</b>	0,08	1,87
<b>Skoda</b>	-	2,01
<b>Mitsubishi</b>	-	1,84
<b>Citroen</b>	-	0,13
<b>DE-71<sup>a</sup></b>	0,78	3,70
<b>Bromkal 70-5DE<sup>a</sup></b>	0,95	5,72
<b>DE-79<sup>a</sup></b>	nd	nd
<b>Bromkal 79-8DE<sup>a</sup></b>	nd	nd
<b>Saytex 102-E<sup>a</sup></b>	nd	nd
<b>Bromkal 82-0DE<sup>a</sup></b>	nd	nd

nd: İlgili kongenerler ticari karışımda bulunmamaktadır;\* sadece her iki kongenerin de >MDL olduğu örnekler için hesaplanmıştır; <sup>a</sup> La Guradia ve diğ. (2006) tarafından bildirilen kongener % değerleri baz alınarak hesaplanan oranlar

#### **4.5 Sonuçların Araç markası, yaşı, iç özellikleri, üretildiği ülke/kıta bazında değerlendirilmesi**

Bu bölümde yapılan değerlendirme için kullanılan istatistiksel analizler Systat (versiyon 12) yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla veri setinin normal veya normal-olmayan dağılım türlerinden hangisini gösterdiği incelenmiştir. Parametrik testler normal dağılım gösteren veriler için uygulanırken, normal olmayan dağılım gösteren veri setlerine parametrik olmayan istatistiksel test yöntemleri uygulanır. Systat yazılımında dağılım türü Kolmogorov-Smirnov, Andersen-Darling, Shapiro-Wilk gibi testlerle yapılabilir. Bunlar arasında en çok tercih edileni Shapiro-Wilk normallik testi olup, test sonucuna göre p değerinin 0,001'den büyük olması durumunda “%99 güven aralığında veriler normal dağılım göstermektedir” denilebilir. Eğrilik (SE, skewness) ve basıklık (K, Kurtosis) ile onların standart hataları olan SES (standart error of skewness) ve SEK (standard error of kurtosis) gibi parametreler de veri seti analizi kapsamında incelenmektedir.

Ortalamanın etrafındaki dağılımın asimetrikliğini SE parametresi, Eğrilik olup olmadığını, normal dağılımla karşılaştırıldığında belirlenen doğrunun düz veya diklik durumunu ise K parametresi ifade eder. S/SES ve K/KES oranlarının mutlak değerinin >2 olması durumunda istatistiksel olarak önemli derecede pozitif eğrilik ve basıklık söz konusudur denebilir. Analizin pratikleştirilmesi açısından söz konusu istatistiksel analizler araçlardan toplanan tozlarda belirlenen ve MDL değerinden yüksek değerler gösteren  $\Sigma 3\text{-Br}$ ,  $\Sigma 4\text{-Br}$ ,  $\Sigma 5\text{-Br}$ ,  $\Sigma 6\text{-Br}$ ,  $\Sigma 7\text{-Br}$ ,  $\Sigma 10\text{-Br}$  (PBDE-209) ve  $\Sigma_{13}\text{PBDE}$  konsantrasyonu için gerçekleştirilmiştir. Elde edilen S, K, S/SES ve K/SEK değerleri ve Shapiro-Wilk normalite testi p değerleri Çizelge 4.4’de verilmiştir.

**Çizelge 4.4 :** Eğrilik, diklik analizi ve dağılım durumu istatistik sonuçları.

	$\Sigma 3\text{-Br}$	$\Sigma 4\text{-Br}$	$\Sigma 5\text{-Br}$	$\Sigma 6\text{-Br}$	$\Sigma 7\text{-Br}$	$\Sigma 10\text{-Br}$	$\Sigma 13\text{-PBDE}$
<b>S</b>	3,603	5,079	4,634	2,570	3,649	6,883	6,006
<b>SES</b>	0,299	0,299	0,299	0,304	0,299	0,299	0,299
<b>K</b>	16,251	29,245	22,312	7,004	13,981	50,789	41,335
<b>SEK</b>	0,590	0,590	0,590	0,599	0,590	0,590	0,590
<b>S/SES</b>	12	17	15,4	8,56	12,55	22,7	20
<b>K/SEK</b>	27,4	49,5	38	11,6	23,5	86	70
<b>p</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

**p:** Shapiro-Wilk normalite testi p değeri, S: eğrilik, K: diklik, SES: eğriliğin standart sapması, K: diklik, SEK: dikliğin standart sapması, S/SES: eğrilik/eğriliğin standart sapması, K/SEK: diklik/dikliğin standart sapması, kırmızı renkli sayılar <2 karşılaştırmasını vermektedir.

S/SES ve K/SEK oranlarına bakıldığında, veri setinin çoğunluğunda önemli derecede pozitif eğrilik ve basıklık söz konusudur. p değerleri ise 0,001’den küçüktür. Bu durum, veri setinin normal olmayan dağılım gösterdiğine işaret etmektedir. Bu nedenle veri setinin karşılaştırılmasında, tek yönlü varyans analizinin (ANOVA) parametrik olmayan karşılığı olan Kruskal-Wallis tek yönlü analiz yöntemi uygulanmıştır. Bu test iki ya da daha çok örnekleme ortalamasının birbirinden manidar bir farklılık gösterip göstermediğinin test edilmesinde kullanılır. Sonuçlar Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Markalar bazında belirlenen  $\Sigma\text{PBDE}$  konsantrasyonların medyan değerlerinin birbirinden farklı olup olmadığının değerlendirilmesi için Kruskal-Wallis varyans analizi (ANOVA) yapılmış olup sonuçlar Çizelge 4.5’de verilmiştir. Varyans analizi

sonucuna göre Tofaş x Ford, Tofaş x Fiat karşılaştırmalarının medyan değerleri istatistiksel olarak birbirinden farklı değil iken ( $p>0,05$ ), diğer marka araçlarda belirlenen  $\Sigma$ PBDE konsantrasyonlarının medyan değerleri istatistiksel olarak %95-%99 güven aralığında birbirinden farklılık göstermektedir.

**Çizelge 4.5:** Markalar bazında  $\Sigma$ PBDE konsantrasyonunun medyan değerlerinin varyans analizi (ANOVA) ile karşılaştırılması.

	<b>Tofaş (325)</b>	<b>Renault (190)</b>	<b>Hyundai (5775)</b>	<b>Ford (274)</b>
<b>Renault (190)</b>	<0,001	-	-	-
<b>Hyundai (5775)</b>	<0,001	<0,0001	-	-
<b>Ford (274)</b>	0,366	<0,0001	<0,001	-
<b>Fiat (329)</b>	0,386	<0,05	<0,05	0,486

Kırmızı renkle belirtilen rakamlar %95 veya %99 güven aralığından istatistiksel farklılığı, mavi renkli rakamlar ng/g olarak medyan toz konsantrasyonunu göstermektedir.

Araçların üretildiği kıtalar ve ülkemizde üretilen araçlar baz alınarak yapılan karşılaştırmaya göre, Asya (medyan: 181) x Avrupa (medyan: 424) ve Avrupa (medyan: 424) x Türkiye (medyan: 327) menşeli araçlarda belirlenen  $\Sigma$ PBDE konsantrasyonlarının medyan değerleri istatistiksel olarak %99 güven aralığında birbirinden farklı iken ( $p<0,0001$ ), Asya (medyan: 181) x Türkiye (medyan: 327) karşılaştırmasında herhangi bir farklılık görülmemiştir.

Araçların yaşına göre karşılaştırma yapılabilmesi için araçlar 2005 yılı ve öncesinde üretilenler (Grup A) ve 2005 yılı sonrası üretilenler (Grup B) olma üzere iki temel gruba ayrılmışlar ve ANOVA varyans analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar  $\Sigma$ PBDE konsantrasyonu bazında, Grup A ve Grup B'nin %99 güven aralığında ( $p<0,001$ ) medyan konsantrasyonlarının birbirinden istatistiksel farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur.

Yakıt türlerine göre araçlar Benzin+LPG (Grup 1) (medyan:172), Benzin (Grup 2) (medyan:327) ve Dizel (Grup 3) (medyan: 424) şeklinde sınıflandırılarak varyans analizi gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel olarak Grup 1 ve Grup 2 birbirinden farklılık göstermezken ( $p=0,945$ ), Grup 2 x Grup 3 ve Grup 1 x Grup 3 %99 güven aralığında birbirinden farklı medyan değerler ( $p<0,001$ ) göstermiştir.

Araçlarda klima mevcut olup olmadığına göre yapılan karşılaştırma neticesinde, klima mevcudiyeti (klimalı grup medyan değeri: 450 ng/g, klimasız grup medyan değeri 251 ng/g) iki grubun medyan değerlerine dair herhangi bir farklılık göstermemiştir ( $p=0,153$ ). Bununla birlikte, örneklemin tüm araçlarda klima kapalı



iken yapıldığı, klimanın çalışır durumda olması halinde durumun farklılık gösterme ihtimali olduğu unutulmamalıdır.

Son olarak, araçlarda mevcut ses/görüntü düzeneklerine göre varyans analizi gerçekleştirilmiş olup sonuçlar Çizelge 4.6'de verilmiştir.

**Çizelge 4.6:** Araçlarda mevcut ses/görüntü düzeneklerine göre varyans analizi.

	H,R	H,R,CD	H,R,CD,GPS,LED	H,R,CD,LED
	(311)	(451)	(1415)	(124)
<b>H,R,CD</b>	<0,001			
<b>H,R,CD,GPS,LED</b>	<0,001	<0,001		
<b>H,R,CD,LED</b>	<0,001	<0,001	0,137	
<b>R (258)</b>	0,501	<0,001	<0,001	<0,001

**H:** Hoparlör; **R:** radyo; **CD:** CD çalar; **GPS:** Navigasyon cihazı; **LED:** LED ekran; Kırmızı renkle belirtilen rakamlar %99 güven aralığından istatistiksel farklılığı, mavi renkli rakamlar ng/g olarak medyan toz konsantrasyonunu göstermektedir.

#### 4.6. İnsan Maruziyeti Değerlendirmesi

Eşitlik [3.1], [3.2] ve Çizelge 4.6'da verilen parametreler kullanılarak yutma ( $C_{yutma}$ ) ve cilt yoluyla ( $C_{cilt}$ ) maruziyet ve eşitlik [3] kullanılarak  $C_{yutma}$  ve  $C_{cilt}$  maruziyetlerine bağlı olarak oluşan HQ değerleri Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8'da verilmiştir. İlgili tablodan da görüleceği üzere  $\Sigma 13PBDE$  baz alındığında çocuklar yetişkinlere oranla yaklaşık 10 kat daha yüksek maruziyete uğramaktadır. Bunun temel sebebi çocukların gündelik aktivitelerinde daha yüksek oranda toz yutması ve vücut ağırlıklarının daha düşük olmasıdır. Yutma ya da cilt yoluyla oluşan maruziyetler baz alınarak hesaplanan HQ değerlerinin tamamı <1 değeri göstermiştir. İlaveeten, toplam maruziyet baz alınarak hesaplanan HQ değerleri de hem yetişkinler hem de çocuklar için <1 olarak belirlenmiştir. Bu sebeple araç içi tozlara yutma ve cilt yoluyla maruziyet herhangi bir sağlık riski oluşturmamaktadır.

**Çizelge 4.7:** Yutma yoluyla maruziyet değerleri ( $C_{yutma}$ ).

	Min.	Maks.	Ort	G. Ort	Medyan	5. Yüzdellik	95. Yüzdellik
<b>Yetişkin, <math>C_{yutma}</math>, ng/kg.gün</b>							
PBDE-17	0,0001	0,040	0,006	0,003	0,003	0,0003	0,016
PBDE-28	0,00001	0,012	0,001	0,0005	0,0005	0,0001	0,005
<b>Σ3-Br</b>	0,00001	0,040	0,007	0,001	0,001	0,0001	0,015
PBDE-71	0,00001	0,027	0,002	0,0005	0,0004	0,0001	0,008
PBDE-47	0,00006	0,049	0,005	0,002	0,002	0,0001	0,014
PBDE-66	0,0001	0,016	0,003	0,002	0,002	0,0002	0,010
<b>Σ4-Br</b>	0,00004	0,065	0,011	0,001	0,001	0,0001	0,025
PBDE-100	0,00007	0,047	0,005	0,002	0,001	0,0002	0,023
PBDE-99	0,0003	0,102	0,008	0,002	0,002	0,0004	0,048
PBDE-85	0,00001	0,006	0,001	0,001	0,001	0,0000	0,004
<b>Σ5-Br</b>	0,0004	0,150	0,029	0,004	0,003	0,001	0,064
PBDE-154	0,00010	0,019	0,003	0,001	0,001	0,0002	0,010
PBDE-153	0,0002	0,013	0,003	0,002	0,003	0,0003	0,008
PBDE-138	0,00008	0,017	0,005	0,002	0,002	0,0003	0,014
<b>Σ6-Br</b>	0,0003	0,026	0,007	0,003	0,004	0,0003	0,021
PBDE-183	0,00002	0,007	0,002	0,001	0,002	0,0001	0,005
<b>Σ7-Br</b>	0,00002	0,007	0,002	0,001	0,002	0,0001	0,005
<b>Σ10-Br</b>							
(PBDE-209)	0,00003	1,113	0,052	0,006	0,006	0,0002	0,225
<b>Σ13-PBDE</b>	0,00002	1,128	0,154	0,010	0,009	0,001	0,247
<b>Çocuk, <math>C_{yutma}</math>, ng/kg.gün</b>							
PBDE-17	0,001	0,274	0,060	0,019	0,021	0,002	0,107
PBDE-28	0,0001	0,082	0,015	0,003	0,003	0,0004	0,034
<b>Σ3-Br</b>	0,0001	0,274	0,024	0,006	0,004	0,0004	0,105
PBDE-71	0,0001	0,188	0,033	0,003	0,003	0,0004	0,055
PBDE-47	0,0004	0,339	0,075	0,011	0,012	0,001	0,096
PBDE-66	0,001	0,108	0,030	0,011	0,016	0,001	0,072
<b>Σ4-Br</b>	0,0003	0,448	0,033	0,007	0,005	0,001	0,173
PBDE-100	0,0005	0,324	0,061	0,010	0,008	0,001	0,158
PBDE-99	0,002	0,703	0,154	0,013	0,012	0,003	0,329
PBDE-85	0,00004	0,044	0,013	0,004	0,007	0,0002	0,030
<b>Σ5-Br</b>	0,003	1,033	0,083	0,025	0,024	0,004	0,440
PBDE-154	0,001	0,131	0,033	0,009	0,010	0,001	0,069
PBDE-153	0,001	0,090	0,019	0,015	0,018	0,002	0,053
PBDE-138	0,001	0,117	0,038	0,014	0,011	0,002	0,096
<b>Σ6-Br</b>	0,002	0,183	0,041	0,022	0,025	0,002	0,144
PBDE-183	0,0001	0,046	0,014	0,007	0,013	0,0003	0,037
<b>Σ7-Br</b>	0,0001	0,046	0,016	0,007	0,013	0,0003	0,037
<b>Σ10-Br</b>							
(PBDE-209)	0,0002	7,676	1,220	0,042	0,041	0,002	1,550
<b>Σ13-PBDE</b>	0,0001	7,781	0,374	0,069	0,063	0,004	1,701

**Çizelge 4.8 : Cilt yoluyla maruziyet değerleri (C<sub>cilt</sub>).**

	Min.	Maks.	Ort	G. Ort	Medyan	5. Yüzdelik	95. Yüzdelik
<b>Yetişkin, C<sub>cilt</sub>, ng/kg.gün</b>							
PBDE-17	0,0001	0,040	0,006	0,003	0,003	0,0003	0,016
PBDE-28	0,00001	0,012	0,001	0,0005	0,0005	0,0001	0,005
<b>Σ3-Br</b>	0,00001	0,040	0,007	0,001	0,001	0,0001	0,015
PBDE-71	0,00001	0,027	0,002	0,0005	0,0004	0,0001	0,008
PBDE-47	0,00002	0,049	0,005	0,002	0,002	0,0001	0,014
PBDE-66	0,0001	0,016	0,003	0,002	0,002	0,0002	0,010
<b>Σ4-Br</b>	0,00004	0,065	0,011	0,001	0,001	0,0001	0,025
PBDE-100	0,0001	0,047	0,005	0,002	0,001	0,0002	0,023
PBDE-99	0,0001	0,102	0,008	0,002	0,002	0,0004	0,048
PBDE-85	0,00001	0,006	0,001	0,001	0,001	0,0000	0,004
<b>Σ5-Br</b>	0,0004	0,150	0,029	0,004	0,003	0,001	0,064
PBDE-154	0,00003	0,019	0,003	0,001	0,001	0,0002	0,010
PBDE-153	0,0002	0,013	0,003	0,002	0,003	0,0003	0,008
PBDE-138	0,0001	0,017	0,005	0,002	0,002	0,0003	0,014
<b>Σ6-Br</b>	0,0003	0,026	0,007	0,003	0,004	0,0003	0,021
PBDE-183	0,000002	0,007	0,002	0,001	0,002	0,0001	0,005
<b>Σ7-Br</b>	0,000002	0,007	0,002	0,001	0,002	0,0001	0,005
<b>Σ10-Br</b> (PBDE-209)		1,113	0,052	0,006	0,006	0,0002	0,225
<b>Σ13-PBDE</b>	0,000003	1,128	0,154	0,010	0,009	0,001	0,247
<b>Çocuk, C<sub>cilt</sub>, ng/kg.gün</b>							
PBDE-17	0,002	0,468	0,103	0,032	0,036	0,003	0,183
PBDE-28	0,0001	0,141	0,025	0,006	0,005	0,001	0,059
<b>Σ3-Br</b>	0,0001	0,468	0,041	0,010	0,007	0,001	0,179
PBDE-71	0,0001	0,321	0,056	0,005	0,004	0,001	0,093
PBDE-47	0,0002	0,191	0,042	0,006	0,007	0,0004	0,054
PBDE-66	0,002	0,185	0,052	0,019	0,028	0,002	0,123
<b>Σ4-Br</b>	0,0005	0,765	0,056	0,011	0,009	0,001	0,295
PBDE-100	0,001	0,554	0,104	0,018	0,014	0,002	0,270
PBDE-99	0,001	0,408	0,090	0,008	0,007	0,002	0,191
PBDE-85	0,0001	0,075	0,022	0,007	0,011	0,0004	0,052
<b>Σ5-Br</b>	0,005	1,767	0,142	0,043	0,041	0,006	0,752
PBDE-154	0,0004	0,083	0,021	0,006	0,007	0,001	0,043
PBDE-153	0,002	0,155	0,033	0,025	0,030	0,004	0,090
PBDE-138	0,001	0,199	0,065	0,023	0,019	0,004	0,165
<b>Σ6-Br</b>	0,003	0,312	0,070	0,038	0,042	0,004	0,247
PBDE-183	0,00002	0,010	0,003	0,002	0,003	0,0001	0,008
<b>Σ7-Br</b>	0,00002	0,010	0,003	0,002	0,003	0,0001	0,008
<b>Σ10-Br</b> (PBDE-209)							
<b>Σ13-PBDE</b>	0,00003	1,050	0,167	0,006	0,006	0,0002	0,212

**Çizelge 4.9** : Yutma ve cilt yoluyla oluşan **Toplam** maruziyet değerleri.

	Min.	Maks.	Ort	G. Ort	Medyan	5. Yüzdellik	95. Yüzdellik
<b>Yetişkin, C<sub>toplam</sub>, ng/kg.gün</b>							
PBDE-17	0.0003	0.0764	0.0167	0.0053	0.0059	0.0006	0.0298
PBDE-28	0.0000	0.0230	0.0041	0.0009	0.0009	0.0001	0.0096
<b>Σ3-Br</b>	0.00002	0.0764	0.0067	0.0016	0.0011	0.0001	0.0293
PBDE-71	0.00002	0.0524	0.0091	0.0009	0.0007	0.0001	0.0152
PBDE-47	0.0001	0.0642	0.0141	0.0020	0.0022	0.0001	0.0182
PBDE-66	0.0003	0.0302	0.0085	0.0031	0.0046	0.0003	0.0200
<b>Σ4-Br</b>	0.0001	0.1248	0.0092	0.0019	0.0015	0.0002	0.0482
PBDE-100	0.0001	0.0904	0.0170	0.0029	0.0022	0.0003	0.0440
PBDE-99	0.0004	0.1338	0.0294	0.0025	0.0022	0.0005	0.0627
PBDE-85	0.00001	0.0122	0.0035	0.0011	0.0019	0.0001	0.0085
<b>Σ5-Br</b>	0.0009	0.2881	0.0231	0.0070	0.0066	0.0011	0.1226
PBDE-154	0.0001	0.0255	0.0065	0.0018	0.0020	0.0002	0.0133
PBDE-153	0.0003	0.0252	0.0053	0.0041	0.0050	0.0006	0.0147
PBDE-138	0.0001	0.0325	0.0106	0.0038	0.0030	0.0006	0.0269
<b>Σ6-Br</b>	0.0005	0.0509	0.0114	0.0061	0.0069	0.0006	0.0403
PBDE-183	0.00002	0.0074	0.0023	0.0011	0.0021	0.0001	0.0061
<b>Σ7-Br</b>	0.00002	0.0074	0.0025	0.0011	0.0021	0.0001	0.0061
<b>Σ10-Br</b>							
(PBDE-209)	0.00004	1.2054	0.0665	0.0066	0.0064	0.0002	0.2434
<b>Σ13-PBDE</b>	0.00003	2.1693	0.1042	0.0192	0.0177	0.0011	0.4742
<b>Çocuk, C<sub>toplam</sub>, ng/kg.gün</b>							
PBDE-17	0.003	0.742	0.163	0.115	0.051	0.058	0.006
PBDE-28	0.0002	0.223	0.040	0.024	0.009	0.009	0.001
<b>Σ3-Br</b>	0.0002	0.742	0.066	0.125	0.016	0.010	0.001
PBDE-71	0.0002	0.509	0.088	0.036	0.009	0.007	0.001
PBDE-47	0.001	0.531	0.117	0.053	0.016	0.018	0.001
PBDE-66	0.003	0.294	0.083	0.064	0.030	0.045	0.003
<b>Σ4-Br</b>	0.001	1.213	0.089	0.210	0.018	0.015	0.002
PBDE-100	0.001	0.878	0.165	0.087	0.028	0.022	0.003
PBDE-99	0.003	1.111	0.244	0.089	0.021	0.018	0.004
PBDE-85	0.0001	0.119	0.034	0.027	0.010	0.018	0.001
<b>Σ5-Br</b>	0.008	2.800	0.225	0.536	0.068	0.064	0.010
PBDE-154	0.001	0.214	0.054	0.033	0.015	0.017	0.002
PBDE-153	0.003	0.245	0.052	0.061	0.040	0.048	0.006
PBDE-138	0.001	0.316	0.103	0.088	0.037	0.029	0.006
<b>Σ6-Br</b>	0.005	0.495	0.110	0.123	0.060	0.067	0.006
PBDE-183	0.0001	0.056	0.018	0.019	0.009	0.016	0.0004
<b>Σ7-Br</b>	0.0001	0.056	0.019	0.018	0.009	0.016	0.0004
<b>Σ10-Br</b>							
(PBDE-209)	0.0003	8.726	0.524	1.269	0.048	0.046	0.002
<b>Σ13-PBDE</b>	0.0003	21.082	1.013	2.874	0.187	0.172	0.011

Çizelge 4.10 : C<sub>yutma</sub> sonucu oluşan HQ değerleri.

	Min.	Maks.	Ort	G. Ort	Medyan	5. Yüzdellik	95. Yüzdellik
<b>Yetişkin, HQ</b>							
PBDE-17	1,35x10 <sup>-6</sup>	3,97x10 <sup>-4</sup>	8,70x10 <sup>-5</sup>	2,74x10 <sup>-5</sup>	3,08x10 <sup>-5</sup>	2,95x10 <sup>-6</sup>	1,55x10 <sup>-4</sup>
PBDE-28	1,11x10 <sup>-7</sup>	1,20x10 <sup>-4</sup>	2,15x10 <sup>-5</sup>	4,89x10 <sup>-6</sup>	4,61x10 <sup>-6</sup>	5,87x10 <sup>-7</sup>	4,98x10 <sup>-5</sup>
<b>Σ3-Br</b>	1,11x10 <sup>-7</sup>	3,97x10 <sup>-4</sup>	3,51x10 <sup>-5</sup>	8,30x10 <sup>-6</sup>	5,60x10 <sup>-6</sup>	6,24x10 <sup>-7</sup>	1,52x10 <sup>-4</sup>
PBDE-71	1,23x10 <sup>-7</sup>	2,72x10 <sup>-4</sup>	4,73x10 <sup>-5</sup>	4,63x10 <sup>-6</sup>	3,73x10 <sup>-6</sup>	5,30x10 <sup>-7</sup>	7,91x10 <sup>-5</sup>
PBDE-47	5,90x10 <sup>-7</sup>	4,92x10 <sup>-4</sup>	1,08x10 <sup>-4</sup>	1,52x10 <sup>-5</sup>	1,68x10 <sup>-5</sup>	1,06x10 <sup>-6</sup>	1,39x10 <sup>-4</sup>
PBDE-66	1,36x10 <sup>-6</sup>	1,57x10 <sup>-4</sup>	4,42x10 <sup>-5</sup>	1,61x10 <sup>-5</sup>	2,39x10 <sup>-5</sup>	1,65x10 <sup>-6</sup>	1,04x10 <sup>-4</sup>
<b>Σ4-Br</b>	4,01x10 <sup>-7</sup>	6,49x10 <sup>-4</sup>	4,77x10 <sup>-5</sup>	9,74x10 <sup>-6</sup>	7,79x10 <sup>-6</sup>	1,03x10 <sup>-6</sup>	2,51x10 <sup>-4</sup>
PBDE-100	6,59x10 <sup>-7</sup>	4,70x10 <sup>-4</sup>	8,85x10 <sup>-5</sup>	1,51x10 <sup>-5</sup>	1,17x10 <sup>-5</sup>	1,68x10 <sup>-6</sup>	2,29x10 <sup>-4</sup>
PBDE-99	2,92x10 <sup>-6</sup>	1,02x10 <sup>-3</sup>	2,24x10 <sup>-4</sup>	1,93x10 <sup>-5</sup>	1,67x10 <sup>-5</sup>	4,12x10 <sup>-6</sup>	4,77x10 <sup>-4</sup>
PBDE-85	5,45x10 <sup>-8</sup>	6,37x10 <sup>-5</sup>	1,84x10 <sup>-5</sup>	5,55x10 <sup>-6</sup>	9,69x10 <sup>-6</sup>	3,31x10 <sup>-7</sup>	4,42x10 <sup>-5</sup>
<b>Σ5-Br</b>	4,42x10 <sup>-6</sup>	1,50x10 <sup>-3</sup>	1,20x10 <sup>-4</sup>	3,64x10 <sup>-5</sup>	3,44x10 <sup>-5</sup>	5,47x10 <sup>-6</sup>	6,38x10 <sup>-4</sup>
PBDE-154	4,99x10 <sup>-7</sup>	9,52x10 <sup>-5</sup>	2,41x10 <sup>-5</sup>	6,54x10 <sup>-6</sup>	7,46x10 <sup>-6</sup>	7,70x10 <sup>-7</sup>	4,97x10 <sup>-5</sup>
PBDE-153	8,77x10 <sup>-7</sup>	6,56x10 <sup>-5</sup>	1,39x10 <sup>-5</sup>	1,07x10 <sup>-5</sup>	1,29x10 <sup>-5</sup>	1,50x10 <sup>-6</sup>	3,82x10 <sup>-5</sup>
PBDE-138	3,78x10 <sup>-7</sup>	8,46x10 <sup>-5</sup>	2,74x10 <sup>-5</sup>	9,83x10 <sup>-6</sup>	7,86x10 <sup>-6</sup>	1,56x10 <sup>-6</sup>	6,99x10 <sup>-5</sup>
<b>Σ6-Br</b>	1,38x10 <sup>-6</sup>	1,32x10 <sup>-4</sup>	2,96x10 <sup>-5</sup>	1,60x10 <sup>-5</sup>	1,79x10 <sup>-5</sup>	1,62x10 <sup>-6</sup>	1,05x10 <sup>-4</sup>
PBDE-183	7,90x10 <sup>-8</sup>	3,31x10 <sup>-5</sup>	1,04x10 <sup>-5</sup>	5,05x10 <sup>-6</sup>	9,52x10 <sup>-6</sup>	2,51x10 <sup>-7</sup>	2,70x10 <sup>-5</sup>
<b>Σ7-Br</b>	7,90x10 <sup>-8</sup>	3,31x10 <sup>-5</sup>	1,04x10 <sup>-5</sup>	5,05x10 <sup>-6</sup>	9,52x10 <sup>-6</sup>	2,51x10 <sup>-7</sup>	2,70x10 <sup>-5</sup>
<b>Σ10-Br</b>							
(PBDE-209)	4,91E-09	1,59x10 <sup>-4</sup>	7,41x10 <sup>-6</sup>	8,71x10 <sup>-7</sup>	8,43x10 <sup>-7</sup>	3,29x10 <sup>-8</sup>	3,21x10 <sup>-5</sup>
<b>Σ13-PBDE</b>	6,54E-09	4,64x10 <sup>-4</sup>	2,23x10 <sup>-5</sup>	4,11x10 <sup>-6</sup>	3,77x10 <sup>-6</sup>	2,34x10 <sup>-7</sup>	1,01x10 <sup>-4</sup>
<b>Çocuk, HQ</b>							
PBDE-17	9,31x10 <sup>-6</sup>	2,74x10 <sup>-3</sup>	6,00x10 <sup>-4</sup>	1,89x10 <sup>-4</sup>	2,13x10 <sup>-4</sup>	2,03x10 <sup>-5</sup>	1,07x10 <sup>-3</sup>
PBDE-28	7,66x10 <sup>-7</sup>	8,25x10 <sup>-4</sup>	1,49x10 <sup>-4</sup>	3,37x10 <sup>-5</sup>	3,18x10 <sup>-5</sup>	4,05x10 <sup>-6</sup>	3,43x10 <sup>-4</sup>
<b>Σ3-Br</b>	7,66x10 <sup>-7</sup>	2,74x10 <sup>-3</sup>	2,42x10 <sup>-4</sup>	5,72x10 <sup>-5</sup>	3,86x10 <sup>-5</sup>	4,31x10 <sup>-6</sup>	1,05x10 <sup>-3</sup>
PBDE-71	8,47x10 <sup>-7</sup>	1,88x10 <sup>-3</sup>	3,27x10 <sup>-4</sup>	3,19x10 <sup>-5</sup>	2,57x10 <sup>-5</sup>	3,66x10 <sup>-6</sup>	5,46x10 <sup>-4</sup>
PBDE-47	4,07x10 <sup>-6</sup>	3,39x10 <sup>-3</sup>	7,46x10 <sup>-4</sup>	1,05x10 <sup>-4</sup>	1,16x10 <sup>-4</sup>	7,32x10 <sup>-6</sup>	9,60x10 <sup>-4</sup>
PBDE-66	9,41x10 <sup>-6</sup>	1,08x10 <sup>-3</sup>	3,05x10 <sup>-4</sup>	1,11x10 <sup>-4</sup>	1,65x10 <sup>-4</sup>	1,14x10 <sup>-5</sup>	7,18x10 <sup>-4</sup>
<b>Σ4-Br</b>	2,77x10 <sup>-6</sup>	4,48x10 <sup>-3</sup>	3,29x10 <sup>-4</sup>	6,72x10 <sup>-5</sup>	5,37x10 <sup>-5</sup>	7,09x10 <sup>-6</sup>	1,73x10 <sup>-3</sup>
PBDE-100	4,54x10 <sup>-6</sup>	3,24x10 <sup>-3</sup>	6,11x10 <sup>-4</sup>	1,04x10 <sup>-4</sup>	8,05x10 <sup>-5</sup>	1,16x10 <sup>-5</sup>	1,58x10 <sup>-3</sup>
PBDE-99	2,01x10 <sup>-5</sup>	7,03x10 <sup>-3</sup>	1,54x10 <sup>-3</sup>	1,33x10 <sup>-4</sup>	1,15x10 <sup>-4</sup>	2,84x10 <sup>-5</sup>	3,29x10 <sup>-3</sup>
PBDE-85	3,76x10 <sup>-7</sup>	4,39x10 <sup>-4</sup>	1,27x10 <sup>-4</sup>	3,83x10 <sup>-5</sup>	6,69x10 <sup>-5</sup>	2,28x10 <sup>-6</sup>	3,05x10 <sup>-4</sup>
<b>Σ5-Br</b>	3,05x10 <sup>-5</sup>	1,03x10 <sup>-2</sup>	8,29x10 <sup>-4</sup>	2,51x10 <sup>-4</sup>	2,38x10 <sup>-4</sup>	3,77x10 <sup>-5</sup>	4,40x10 <sup>-3</sup>
PBDE-154	3,44x10 <sup>-6</sup>	6,56x10 <sup>-4</sup>	1,67x10 <sup>-4</sup>	4,51x10 <sup>-5</sup>	5,15x10 <sup>-5</sup>	5,31x10 <sup>-6</sup>	3,43x10 <sup>-4</sup>
PBDE-153	6,05x10 <sup>-6</sup>	4,52x10 <sup>-4</sup>	9,58x10 <sup>-5</sup>	7,36x10 <sup>-5</sup>	8,89x10 <sup>-5</sup>	1,03x10 <sup>-5</sup>	2,63x10 <sup>-4</sup>
PBDE-138	2,61x10 <sup>-6</sup>	5,83x10 <sup>-4</sup>	1,89x10 <sup>-4</sup>	6,78x10 <sup>-5</sup>	5,42x10 <sup>-5</sup>	1,08x10 <sup>-5</sup>	4,82x10 <sup>-4</sup>
<b>Σ6-Br</b>	9,49x10 <sup>-6</sup>	9,13x10 <sup>-4</sup>	2,04x10 <sup>-4</sup>	1,10x10 <sup>-4</sup>	1,24x10 <sup>-4</sup>	1,12x10 <sup>-5</sup>	7,22x10 <sup>-4</sup>
PBDE-183	5,45x10 <sup>-7</sup>	2,28x10 <sup>-4</sup>	7,18x10 <sup>-5</sup>	3,48x10 <sup>-5</sup>	6,57x10 <sup>-5</sup>	1,73x10 <sup>-6</sup>	1,86x10 <sup>-4</sup>
<b>Σ7-Br</b>	5,45x10 <sup>-7</sup>	2,28x10 <sup>-4</sup>	7,18x10 <sup>-5</sup>	3,48x10 <sup>-5</sup>	6,57x10 <sup>-5</sup>	1,73x10 <sup>-6</sup>	1,86x10 <sup>-4</sup>
<b>Σ10-Br</b>							
(PBDE-209)	3,39x10 <sup>-8</sup>	1,10x10 <sup>-3</sup>	5,11x10 <sup>-5</sup>	6,01x10 <sup>-6</sup>	5,81x10 <sup>-6</sup>	2,27x10 <sup>-7</sup>	2,21x10 <sup>-4</sup>
<b>Σ13-PBDE</b>	4,51x10 <sup>-8</sup>	3,20x10 <sup>-3</sup>	1,54x10 <sup>-4</sup>	2,84x10 <sup>-5</sup>	2,60x10 <sup>-5</sup>	1,61x10 <sup>-6</sup>	6,99x10 <sup>-4</sup>

**Çizelge 4.11 : C<sub>cilt</sub> sonucu oluşan HQ değerleri.**

	<b>Min.</b>	<b>Maks.</b>	<b>Ort</b>	<b>G. Ort</b>	<b>Medyan</b>	<b>5.</b> <b>Yüzdelerik</b>	<b>95.</b> <b>Yüzdelerik</b>
<b>Yetişkin, HQ</b>							
PBDE-17	1,25x10 <sup>-6</sup>	3,67x10 <sup>-4</sup>	8,03x10 <sup>-5</sup>	2,53x10 <sup>-5</sup>	2,84x10 <sup>-5</sup>	2,72x10 <sup>-6</sup>	1,43x10 <sup>-4</sup>
PBDE-28	1,03x10 <sup>-7</sup>	1,10x10 <sup>-4</sup>	1,99x10 <sup>-5</sup>	4,52x10 <sup>-6</sup>	4,25x10 <sup>-6</sup>	5,42x10 <sup>-7</sup>	4,59x10 <sup>-5</sup>
<b>Σ3-Br</b>	1,03x10 <sup>-7</sup>	3,67x10 <sup>-4</sup>	3,24x10 <sup>-5</sup>	7,66x10 <sup>-6</sup>	5,17x10 <sup>-6</sup>	5,76x10 <sup>-7</sup>	1,40x10 <sup>-4</sup>
PBDE-71	1,13x10 <sup>-7</sup>	2,51x10 <sup>-4</sup>	4,37x10 <sup>-5</sup>	4,27x10 <sup>-6</sup>	3,44x10 <sup>-6</sup>	4,90x10 <sup>-7</sup>	7,30x10 <sup>-5</sup>
PBDE-47	1,80x10 <sup>-7</sup>	1,50x10 <sup>-4</sup>	3,29x10 <sup>-5</sup>	4,64x10 <sup>-6</sup>	5,13x10 <sup>-6</sup>	3,23x10 <sup>-7</sup>	4,24x10 <sup>-5</sup>
PBDE-66	1,26x10 <sup>-6</sup>	1,45x10 <sup>-4</sup>	4,08x10 <sup>-5</sup>	1,48x10 <sup>-5</sup>	2,20x10 <sup>-5</sup>	1,53x10 <sup>-6</sup>	9,61x10 <sup>-5</sup>
<b>Σ4-Br</b>	3,70x10 <sup>-7</sup>	5,99x10 <sup>-4</sup>	4,40x10 <sup>-5</sup>	8,99x10 <sup>-6</sup>	7,19x10 <sup>-6</sup>	9,49x10 <sup>-7</sup>	2,31x10 <sup>-4</sup>
PBDE-100	6,08x10 <sup>-7</sup>	4,34x10 <sup>-4</sup>	8,17x10 <sup>-5</sup>	1,39x10 <sup>-5</sup>	1,08x10 <sup>-5</sup>	1,55x10 <sup>-6</sup>	2,11x10 <sup>-4</sup>
PBDE-99	9,15x10 <sup>-7</sup>	3,20x10 <sup>-4</sup>	7,02x10 <sup>-5</sup>	6,06x10 <sup>-6</sup>	5,25x10 <sup>-6</sup>	1,29x10 <sup>-6</sup>	1,50x10 <sup>-4</sup>
PBDE-85	5,03x10 <sup>-8</sup>	5,88x10 <sup>-5</sup>	1,70x10 <sup>-5</sup>	5,12x10 <sup>-6</sup>	8,95x10 <sup>-6</sup>	3,05x10 <sup>-7</sup>	4,08x10 <sup>-5</sup>
<b>Σ5-Br</b>	4,08x10 <sup>-6</sup>	1,38x10 <sup>-3</sup>	1,11x10 <sup>-4</sup>	3,36x10 <sup>-5</sup>	3,18x10 <sup>-5</sup>	5,05x10 <sup>-6</sup>	5,89x10 <sup>-4</sup>
PBDE-154	1,70x10 <sup>-7</sup>	3,25x10 <sup>-5</sup>	8,25x10 <sup>-6</sup>	2,24x10 <sup>-6</sup>	2,55x10 <sup>-6</sup>	2,63x10 <sup>-7</sup>	1,70x10 <sup>-5</sup>
PBDE-153	8,10x10 <sup>-7</sup>	6,05x10 <sup>-5</sup>	1,28x10 <sup>-5</sup>	9,85x10 <sup>-6</sup>	1,19x10 <sup>-5</sup>	1,38x10 <sup>-6</sup>	3,53x10 <sup>-5</sup>
PBDE-138	3,49x10 <sup>-7</sup>	7,81x10 <sup>-5</sup>	2,53x10 <sup>-5</sup>	9,07x10 <sup>-6</sup>	7,25x10 <sup>-6</sup>	1,44x10 <sup>-6</sup>	6,45x10 <sup>-5</sup>
<b>Σ6-Br</b>	1,27x10 <sup>-6</sup>	1,22x10 <sup>-4</sup>	2,73x10 <sup>-5</sup>	1,48x10 <sup>-5</sup>	1,66x10 <sup>-5</sup>	1,49x10 <sup>-6</sup>	9,66x10 <sup>-5</sup>
PBDE-183	9,48E-09	3,97x10 <sup>-6</sup>	1,25x10 <sup>-6</sup>	6,06x10 <sup>-7</sup>	1,14x10 <sup>-6</sup>	3,01x10 <sup>-8</sup>	3,24x10 <sup>-6</sup>
<b>Σ7-Br</b>	9,48E-09	3,97x10 <sup>-6</sup>	1,25x10 <sup>-6</sup>	6,06x10 <sup>-7</sup>	1,14x10 <sup>-6</sup>	3,01x10 <sup>-8</sup>	3,24x10 <sup>-6</sup>
<b>Σ10-Br</b>							
(PBDE-209)	4,53E-09	1,47x10 <sup>-4</sup>	6,84x10 <sup>-6</sup>	8,04x10 <sup>-7</sup>	7,78x10 <sup>-7</sup>	3,03x10 <sup>-8</sup>	2,96x10 <sup>-5</sup>
<b>Σ13-PBDE</b>	6,03E-09	4,28x10 <sup>-4</sup>	2,06x10 <sup>-5</sup>	3,79x10 <sup>-6</sup>	3,48x10 <sup>-6</sup>	2,16x10 <sup>-7</sup>	9,35x10 <sup>-5</sup>
<b>Çocuk, HQ</b>							
PBDE-17	1,59x10 <sup>-5</sup>	4,68x10 <sup>-3</sup>	1,03x10 <sup>-3</sup>	3,23x10 <sup>-4</sup>	3,63x10 <sup>-4</sup>	3,48x10 <sup>-5</sup>	1,83x10 <sup>-3</sup>
PBDE-28	1,31x10 <sup>-6</sup>	1,41x10 <sup>-3</sup>	2,54x10 <sup>-4</sup>	5,77x10 <sup>-5</sup>	5,43x10 <sup>-5</sup>	6,92x10 <sup>-6</sup>	5,87x10 <sup>-4</sup>
<b>Σ3-Br</b>	1,31x10 <sup>-6</sup>	4,68x10 <sup>-3</sup>	4,14x10 <sup>-4</sup>	9,78x10 <sup>-5</sup>	6,60x10 <sup>-5</sup>	7,36x10 <sup>-6</sup>	1,79x10 <sup>-3</sup>
PBDE-71	1,45x10 <sup>-6</sup>	3,21x10 <sup>-3</sup>	5,58x10 <sup>-4</sup>	5,45x10 <sup>-5</sup>	4,40x10 <sup>-5</sup>	6,25x10 <sup>-6</sup>	9,33x10 <sup>-4</sup>
PBDE-47	2,29x10 <sup>-6</sup>	1,91x10 <sup>-3</sup>	4,21x10 <sup>-4</sup>	5,93x10 <sup>-5</sup>	6,55x10 <sup>-5</sup>	4,13x10 <sup>-6</sup>	5,42x10 <sup>-4</sup>
PBDE-66	1,61x10 <sup>-5</sup>	1,85x10 <sup>-3</sup>	5,21x10 <sup>-4</sup>	1,90x10 <sup>-4</sup>	2,82x10 <sup>-4</sup>	1,95x10 <sup>-5</sup>	1,23x10 <sup>-3</sup>
<b>Σ4-Br</b>	4,73x10 <sup>-6</sup>	7,65x10 <sup>-3</sup>	5,62x10 <sup>-4</sup>	1,15x10 <sup>-4</sup>	9,19x10 <sup>-5</sup>	1,21x10 <sup>-5</sup>	2,95x10 <sup>-3</sup>
PBDE-100	7,77x10 <sup>-6</sup>	5,54x10 <sup>-3</sup>	1,04x10 <sup>-3</sup>	1,78x10 <sup>-4</sup>	1,38x10 <sup>-4</sup>	1,98x10 <sup>-5</sup>	2,70x10 <sup>-3</sup>
PBDE-99	1,17x10 <sup>-5</sup>	4,08x10 <sup>-3</sup>	8,96x10 <sup>-4</sup>	7,73x10 <sup>-5</sup>	6,71x10 <sup>-5</sup>	1,65x10 <sup>-5</sup>	1,91x10 <sup>-3</sup>
PBDE-85	6,43x10 <sup>-7</sup>	7,51x10 <sup>-4</sup>	2,17x10 <sup>-4</sup>	6,55x10 <sup>-5</sup>	1,14x10 <sup>-4</sup>	3,90x10 <sup>-6</sup>	5,21x10 <sup>-4</sup>
<b>Σ5-Br</b>	5,21x10 <sup>-5</sup>	1,77x10 <sup>-2</sup>	1,42x10 <sup>-3</sup>	4,29x10 <sup>-4</sup>	4,06x10 <sup>-4</sup>	6,45x10 <sup>-5</sup>	7,52x10 <sup>-3</sup>
PBDE-154	2,18x10 <sup>-6</sup>	4,15x10 <sup>-4</sup>	1,05x10 <sup>-4</sup>	2,86x10 <sup>-5</sup>	3,26x10 <sup>-5</sup>	3,36x10 <sup>-6</sup>	2,17x10 <sup>-4</sup>
PBDE-153	1,03x10 <sup>-5</sup>	7,73x10 <sup>-4</sup>	1,64x10 <sup>-4</sup>	1,26x10 <sup>-4</sup>	1,52x10 <sup>-4</sup>	1,77x10 <sup>-5</sup>	4,50x10 <sup>-4</sup>
PBDE-138	4,46x10 <sup>-6</sup>	9,97x10 <sup>-4</sup>	3,23x10 <sup>-4</sup>	1,16x10 <sup>-4</sup>	9,26x10 <sup>-5</sup>	1,84x10 <sup>-5</sup>	8,24x10 <sup>-4</sup>
<b>Σ6-Br</b>	1,62x10 <sup>-5</sup>	1,56x10 <sup>-3</sup>	3,49x10 <sup>-4</sup>	1,89x10 <sup>-4</sup>	2,12x10 <sup>-4</sup>	1,91x10 <sup>-5</sup>	1,23x10 <sup>-3</sup>
PBDE-183	1,21x10 <sup>-7</sup>	5,07x10 <sup>-5</sup>	1,59x10 <sup>-5</sup>	7,74x10 <sup>-6</sup>	1,46x10 <sup>-5</sup>	3,85x10 <sup>-7</sup>	4,14x10 <sup>-5</sup>
<b>Σ7-Br</b>	1,21x10 <sup>-7</sup>	5,07x10 <sup>-5</sup>	1,59x10 <sup>-5</sup>	7,74x10 <sup>-6</sup>	1,46x10 <sup>-5</sup>	3,85x10 <sup>-7</sup>	4,14x10 <sup>-5</sup>
<b>Σ10-Br</b>							
(PBDE-209)	5,79x10 <sup>-8</sup>	1,87x10 <sup>-3</sup>	8,73x10 <sup>-5</sup>	1,03x10 <sup>-5</sup>	9,94x10 <sup>-6</sup>	3,88x10 <sup>-7</sup>	3,79x10 <sup>-4</sup>
<b>Σ13-PBDE</b>	7,71x10 <sup>-8</sup>	5,47x10 <sup>-3</sup>	2,63x10 <sup>-4</sup>	4,85x10 <sup>-5</sup>	4,45x10 <sup>-5</sup>	2,75x10 <sup>-6</sup>	1,19x10 <sup>-3</sup>

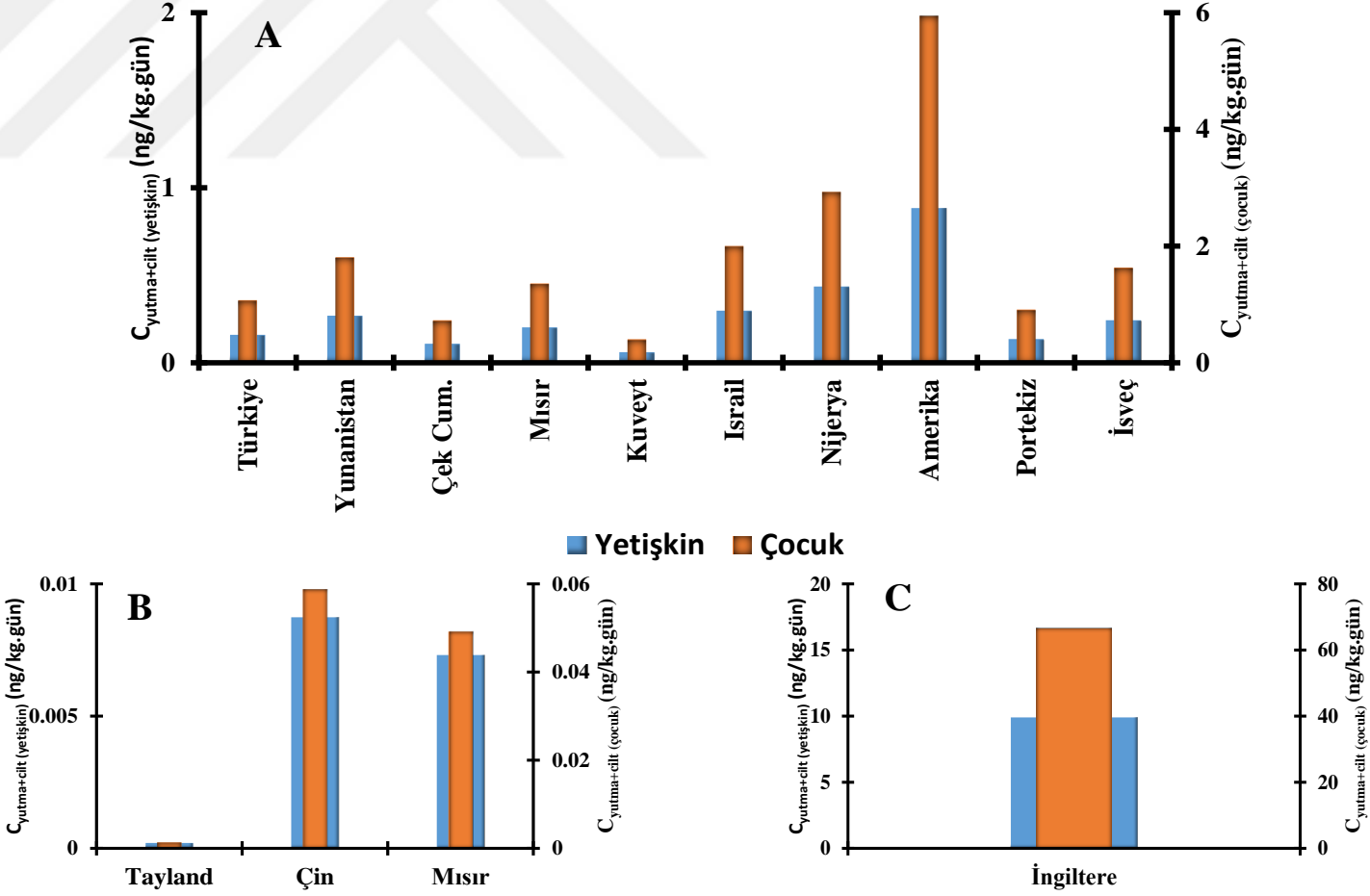
Mevcut çalışmada belirlenen konsantrasyonlar bazında hesaplanan maruziyet ve HQ değerlerinin, dünyanın diğer bölgelerinde belirlenen araç içi tozlara yutma ve cilt yoluyla temas neticesinde ortaya çıkabilecek maruziyet değerleri ile karşılaştırılabilmesi için, bu çalışmalarda belirlenen konsantrasyonlar eşitlik [1], [2] ve [3]'te yerine yazılmış, mevcut çalışmada kullanılan parametre değerleri de kullanarak maruziyet ve HQ değerleri hesaplanmıştır. Sonuçlar Şekil 4.7 ile Çizelge 4.13 ve Çizelge 4.14'de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.12 :  $\Sigma$ HQ (HQ<sub>yutma</sub>+HQ<sub>cilt</sub>) değerleri**

	Min.	Maks.	Ort	G. Ort	Medyan	5. Yüzelik	95. Yüzelik
<b>Yetişkin, HQ</b>							
PBDE-17	2,59x10 <sup>-6</sup>	7,64x10 <sup>-4</sup>	1,67x10 <sup>-4</sup>	5,27x10 <sup>-5</sup>	5,93x10 <sup>-5</sup>	5,67x10 <sup>-6</sup>	2,98x10 <sup>-4</sup>
PBDE-28	2,14x10 <sup>-7</sup>	2,30x10 <sup>-4</sup>	4,14x10 <sup>-5</sup>	9,41x10 <sup>-6</sup>	8,86x10 <sup>-6</sup>	1,13x10 <sup>-6</sup>	9,57x10 <sup>-5</sup>
<b><math>\Sigma</math>3-Br</b>	2,14x10 <sup>-7</sup>	7,64x10 <sup>-4</sup>	6,75x10 <sup>-5</sup>	1,60x10 <sup>-5</sup>	1,08x10 <sup>-5</sup>	1,20x10 <sup>-6</sup>	2,93x10 <sup>-4</sup>
PBDE-71	2,36x10 <sup>-7</sup>	5,24x10 <sup>-4</sup>	9,10x10 <sup>-5</sup>	8,90x10 <sup>-6</sup>	7,17x10 <sup>-6</sup>	1,02x10 <sup>-6</sup>	1,52x10 <sup>-4</sup>
PBDE-47	7,69x10 <sup>-7</sup>	6,42x10 <sup>-4</sup>	1,41x10 <sup>-4</sup>	1,99x10 <sup>-5</sup>	2,20x10 <sup>-5</sup>	1,38x10 <sup>-6</sup>	1,82x10 <sup>-4</sup>
PBDE-66	2,62x10 <sup>-6</sup>	3,02x10 <sup>-4</sup>	8,50x10 <sup>-5</sup>	3,09x10 <sup>-5</sup>	4,59x10 <sup>-5</sup>	3,18x10 <sup>-6</sup>	2,00x10 <sup>-4</sup>
<b><math>\Sigma</math>4-Br</b>	7,71x10 <sup>-7</sup>	1,25x10 <sup>-3</sup>	9,17x10 <sup>-5</sup>	1,87x10 <sup>-5</sup>	1,50x10 <sup>-5</sup>	1,98x10 <sup>-6</sup>	4,82x10 <sup>-4</sup>
PBDE-100	1,27x10 <sup>-6</sup>	9,04x10 <sup>-4</sup>	1,70x10 <sup>-4</sup>	2,91x10 <sup>-5</sup>	2,24x10 <sup>-5</sup>	3,22x10 <sup>-6</sup>	4,40x10 <sup>-4</sup>
PBDE-99	3,83x10 <sup>-6</sup>	1,34x10 <sup>-3</sup>	2,94x10 <sup>-4</sup>	2,54x10 <sup>-5</sup>	2,20x10 <sup>-5</sup>	5,41x10 <sup>-6</sup>	6,27x10 <sup>-4</sup>
PBDE-85	1,05x10 <sup>-7</sup>	1,22x10 <sup>-4</sup>	3,54x10 <sup>-5</sup>	1,07x10 <sup>-5</sup>	1,86x10 <sup>-5</sup>	6,36x10 <sup>-7</sup>	8,50x10 <sup>-5</sup>
<b><math>\Sigma</math>5-Br</b>	8,50x10 <sup>-6</sup>	2,88x10 <sup>-3</sup>	2,31x10 <sup>-4</sup>	7,00x10 <sup>-5</sup>	6,62x10 <sup>-5</sup>	1,05x10 <sup>-5</sup>	1,23x10 <sup>-3</sup>
PBDE-154	6,69x10 <sup>-7</sup>	1,28x10 <sup>-4</sup>	3,24x10 <sup>-5</sup>	8,78x10 <sup>-6</sup>	1,00x10 <sup>-5</sup>	1,03x10 <sup>-6</sup>	6,67x10 <sup>-5</sup>
PBDE-153	1,69x10 <sup>-6</sup>	1,26x10 <sup>-4</sup>	2,67x10 <sup>-5</sup>	2,05x10 <sup>-5</sup>	2,48x10 <sup>-5</sup>	2,89x10 <sup>-6</sup>	7,35x10 <sup>-5</sup>
PBDE-138	7,27x10 <sup>-7</sup>	1,63x10 <sup>-4</sup>	5,28x10 <sup>-5</sup>	1,89x10 <sup>-5</sup>	1,51x10 <sup>-5</sup>	3,00x10 <sup>-6</sup>	1,34x10 <sup>-4</sup>
<b><math>\Sigma</math>6-Br</b>	2,65x10 <sup>-6</sup>	2,54x10 <sup>-4</sup>	5,68x10 <sup>-5</sup>	3,07x10 <sup>-5</sup>	3,45x10 <sup>-5</sup>	3,11x10 <sup>-6</sup>	2,01x10 <sup>-4</sup>
PBDE-183	8,85x10 <sup>-8</sup>	3,70x10 <sup>-5</sup>	1,17x10 <sup>-5</sup>	5,66x10 <sup>-6</sup>	1,07x10 <sup>-5</sup>	2,81x10 <sup>-7</sup>	3,03x10 <sup>-5</sup>
<b><math>\Sigma</math>7-Br</b>	8,85x10 <sup>-8</sup>	3,70x10 <sup>-5</sup>	1,17x10 <sup>-5</sup>	5,66x10 <sup>-6</sup>	1,07x10 <sup>-5</sup>	2,81x10 <sup>-7</sup>	3,03x10 <sup>-5</sup>
<b><math>\Sigma</math>10-Br</b>							
(PBDE-209)	9,44E-09	3,06x10 <sup>-4</sup>	1,42x10 <sup>-5</sup>	1,68x10 <sup>-6</sup>	1,62x10 <sup>-6</sup>	6,32x10 <sup>-8</sup>	6,17x10 <sup>-5</sup>
<b><math>\Sigma</math>13-PBDE</b>	1,26x10 <sup>-8</sup>	8,91x10 <sup>-4</sup>	4,28x10 <sup>-5</sup>	7,91x10 <sup>-6</sup>	7,26x10 <sup>-6</sup>	4,49x10 <sup>-7</sup>	1,95x10 <sup>-4</sup>
<b>Çocuk, HQ</b>							
PBDE-17	2,52x10 <sup>-5</sup>	7,42x10 <sup>-3</sup>	1,63x10 <sup>-3</sup>	5,12x10 <sup>-4</sup>	5,76x10 <sup>-4</sup>	5,51x10 <sup>-5</sup>	2,90x10 <sup>-3</sup>
PBDE-28	2,08x10 <sup>-6</sup>	2,23x10 <sup>-3</sup>	4,02x10 <sup>-4</sup>	9,14x10 <sup>-5</sup>	8,61x10 <sup>-5</sup>	1,10x10 <sup>-5</sup>	9,30x10 <sup>-4</sup>
<b><math>\Sigma</math>3-Br</b>	2,08x10 <sup>-6</sup>	7,42x10 <sup>-3</sup>	6,56x10 <sup>-4</sup>	1,55x10 <sup>-4</sup>	1,05x10 <sup>-4</sup>	1,17x10 <sup>-5</sup>	2,84x10 <sup>-3</sup>
PBDE-71	2,29x10 <sup>-6</sup>	5,09x10 <sup>-3</sup>	8,85x10 <sup>-4</sup>	8,65x10 <sup>-5</sup>	6,97x10 <sup>-5</sup>	9,91x10 <sup>-6</sup>	1,48x10 <sup>-3</sup>
PBDE-47	6,36x10 <sup>-6</sup>	5,31x10 <sup>-3</sup>	1,17x10 <sup>-3</sup>	1,64x10 <sup>-4</sup>	1,82x10 <sup>-4</sup>	1,14x10 <sup>-5</sup>	1,50x10 <sup>-3</sup>
PBDE-66	2,55x10 <sup>-5</sup>	2,94x10 <sup>-3</sup>	8,26x10 <sup>-4</sup>	3,01x10 <sup>-4</sup>	4,46x10 <sup>-4</sup>	3,09x10 <sup>-5</sup>	1,95x10 <sup>-3</sup>
<b><math>\Sigma</math>4-Br</b>	7,49x10 <sup>-6</sup>	1,21x10 <sup>-2</sup>	8,91x10 <sup>-4</sup>	1,82x10 <sup>-4</sup>	1,46x10 <sup>-4</sup>	1,92x10 <sup>-5</sup>	4,68x10 <sup>-3</sup>
PBDE-100	1,23x10 <sup>-5</sup>	8,78x10 <sup>-3</sup>	1,65x10 <sup>-3</sup>	2,82x10 <sup>-4</sup>	2,18x10 <sup>-4</sup>	3,13x10 <sup>-5</sup>	4,28x10 <sup>-3</sup>
PBDE-99	3,18x10 <sup>-5</sup>	1,11x10 <sup>-2</sup>	2,44x10 <sup>-3</sup>	2,10x10 <sup>-4</sup>	1,83x10 <sup>-4</sup>	4,49x10 <sup>-5</sup>	5,20x10 <sup>-3</sup>
PBDE-85	1,02x10 <sup>-6</sup>	1,19x10 <sup>-3</sup>	3,44x10 <sup>-4</sup>	1,04x10 <sup>-4</sup>	1,81x10 <sup>-4</sup>	6,18x10 <sup>-6</sup>	8,26x10 <sup>-4</sup>
<b><math>\Sigma</math>5-Br</b>	8,26x10 <sup>-5</sup>	2,80x10 <sup>-2</sup>	2,25x10 <sup>-3</sup>	6,80x10 <sup>-4</sup>	6,44x10 <sup>-4</sup>	1,02x10 <sup>-4</sup>	1,19x10 <sup>-2</sup>
PBDE-154	5,61x10 <sup>-6</sup>	1,07x10 <sup>-3</sup>	2,72x10 <sup>-4</sup>	7,37x10 <sup>-5</sup>	8,40x10 <sup>-5</sup>	8,67x10 <sup>-6</sup>	5,60x10 <sup>-4</sup>
PBDE-153	1,64x10 <sup>-5</sup>	1,23x10 <sup>-3</sup>	2,59x10 <sup>-4</sup>	1,99x10 <sup>-4</sup>	2,41x10 <sup>-4</sup>	2,80x10 <sup>-5</sup>	7,14x10 <sup>-4</sup>
PBDE-138	7,06x10 <sup>-6</sup>	1,58x10 <sup>-3</sup>	5,13x10 <sup>-4</sup>	1,84x10 <sup>-4</sup>	1,47x10 <sup>-4</sup>	2,91x10 <sup>-5</sup>	1,31x10 <sup>-3</sup>
<b><math>\Sigma</math>6-Br</b>	2,57x10 <sup>-5</sup>	2,47x10 <sup>-3</sup>	5,52x10 <sup>-4</sup>	2,99x10 <sup>-4</sup>	3,35x10 <sup>-4</sup>	3,02x10 <sup>-5</sup>	1,96x10 <sup>-3</sup>
PBDE-183	6,66x10 <sup>-7</sup>	2,79x10 <sup>-4</sup>	8,77x10 <sup>-5</sup>	4,26x10 <sup>-5</sup>	8,02x10 <sup>-5</sup>	2,12x10 <sup>-6</sup>	2,28x10 <sup>-4</sup>
<b><math>\Sigma</math>7-Br</b>	6,66x10 <sup>-7</sup>	2,79x10 <sup>-4</sup>	8,77x10 <sup>-5</sup>	4,26x10 <sup>-5</sup>	8,02x10 <sup>-5</sup>	2,12x10 <sup>-6</sup>	2,28x10 <sup>-4</sup>
<b><math>\Sigma</math>10-Br</b>							
(PBDE-209)	9,17x10 <sup>-8</sup>	2,97x10 <sup>-3</sup>	1,38x10 <sup>-4</sup>	1,63x10 <sup>-5</sup>	1,58x10 <sup>-5</sup>	6,14x10 <sup>-7</sup>	6,00x10 <sup>-4</sup>
<b><math>\Sigma</math>13-PBDE</b>	1,22x10 <sup>-7</sup>	8,66x10 <sup>-3</sup>	4,16x10 <sup>-4</sup>	7,68x10 <sup>-5</sup>	7,05x10 <sup>-5</sup>	4,37x10 <sup>-6</sup>	1,89x10 <sup>-3</sup>

Elde edilen sonuçlara göre mevcut çalışmada belirlenen yetişkin ve çocuk maruziyet değerleri Yunanistan (Besis ve diğ. 2007), Çek Cumhuriyeti (Kalachova ve diğ. 2012), Mısır (Hassan ve Shoeib, 2015), Portekiz (Cunha ve diğ., 2010) ve İsveç'te (Thureson ve diğ., 2012) yapılan çalışma benzerlik gösterirken, İsrail (Dubowski ve diğ., 2018), Nijerya (Harrad ve diğ., 2016b), Amerika (Lagalente ve diğ., 2011) ve İngiltere'ye (Harrad ve diğ., 2008) göre daha düşük, Tayland (Muenhor ve Harrad, 2018), Mısır (Khairy ve Lohmann, 2018) ve Çin'e (Peng ve diğ., 2017) göre daha yüksektir. Ancak, HQ değerleri (Çizelge 4.14) >1 olmayıp, ortaya çıkan maruziyet durumu herhangi bir sağlık riski oluşturmamaktadır.

**Şekil 4.9.** Bu çalışmada ve diğer ülkelerde yapılan çalışmalarda belirlenen ortalama konsantrasyonlar baz alınarak hesaplanan maruziyet değerlerinin yetişkin ve çocuklar için karşılaştırılması (Ülkelere ait referanslar Çizelge 4.13’de verilmiştir) (A: Türkiye ile benzerlik gösteren ülkeler; B: Türkiye’den daha düşük değerler sergileyen ülkeler; C: Türkiye’den daha yüksek değer sergileyen ülkeler)





**Çizelge 4.13 : Literatürde bildirilen konsantrasyon değerleri baz alınarak insan maruziyetinin değerlendirilmesi**

Ülke	N	ΣPBDE	Referans	Yetişkin							
				Konsantrasyon (ng/g toz)				Maruziyet [ $C_{\text{yutma+cilt}}$ (ng/kg.gün)]			
				Min.	Maks.	Ort.	Medyan	Min.	Maks.	Ort.	Medyan
Türkiye	63	Σ13	Bu çalışma	0,57	40198	5480	327,16	$2 \times 10^{-5}$	1,1707	0,1596	0,0095
Yunanistan	30	Σ20	Besis ve diğ. 2007	132	54666	9231	2888	0,0038	1,5921	0,2688	0,0841
Çek Cum.	27	Σ16	Kalachova ve diğ. 2012	0,1	33728	3722,7	214,6	$3 \times 10^{-6}$	0,9823	0,1084	0,0063
Mısır	9	Σ15	Hassan ve Shoeib, 2015	171	37440	6943	1608	0,005	1,0904	0,2022	0,0468
Kuveyt	19	Σ14	Gevao ve diğ. 2016	68	17200	2065	531	0,002	0,5009	0,0601	0,0155
İsrail	16	Σ3	Dubowski ve diğ. 2018	3290	28284	10211	*	0,0958	0,8238	0,2974	*
Nijerya	16	Σ5	Harrad ve diğ., 2016	70	65874	14951	*	0,002	1,9185	0,4354	*
Amerika	66	Σ21	Lagalante ve diğ., 2011	912	345540	30337	*	0,0266	10,064	0,8835	*
Portekiz	9	Σ16	Cunha ve diğ. 2010	193	22955	4660	*	0,0056	0,6686	0,1357	*
İsveç	17	Σ10	Thuresson ve diğ., 2012	54	30000	8324	*	0,0016	0,8737	0,2424	*
					260000						
İngiltere	20	Σ13	Harrad ve diğ., 2008	140	0	340000	*	0,0041	75,724	9,9023	*
Tayland	30	Σ10	Muenhor ve Harrad, 2018	0,68	38	7	3	$2 \times 10^{-5}$	0,0011	0,0002	$9 \times 10^{-5}$
Çin	4	Σ20	Peng ve diğ. 2017	70	600	300	200	0,002	0,0175	0,0087	0,0058
Mısır	12	Σ12	Khairy ve Lohmann, 2018	3	766	251	210	$9 \times 10^{-5}$	0,0223	0,0073	0,0061

\*İlgili referansta konsantrasyon değeri verilmemiştir; \*\* İlgili referansta konsantrasyon değeri verilmediğinden hesaplanamamıştır; kırmızı renkli rakamlar ortalama konsantrasyonlar baz alındığında mevcut çalışma kapsamında belirlenen maruziyet değerlerinden daha yüksek olan maruziyet değerlerini, mavi renkli rakamlar ise daha düşük maruziyet oranlarını göstermektedir.

**Çizelge 4.13 : Literatürde bildirilen konsantrasyon değerleri baz alınarak insan maruziyetinin değerlendirilmesi (devam)**

Ülke	N	ΣPBDE	Referans	Çocuk							
				Konsantrasyon (ng/g toz)				Maruziyet [ $C_{yutma+cilt}$ (ng/kg.gün)]			
				Min.	Maks.	Ort.	Medyan	Min.	Maks.	Ort.	Medyan
Türkiye	63	Σ13	Bu çalışma	0,57	40198	5480	327,16	0,0001	7,8759	1,0737	0,0641
Yunanistan	30	Σ20	Besis ve diğ. 2007	132	54666	9231	2888	0,0259	10,711	1,8086	0,5658
Çek Cum.	27	Σ16	Kalachova ve diğ. 2012	0,1	33728	3722,7	214,6	2X10-5	6,6083	0,7294	0,042
Mısır	9	Σ15	Hassan ve Shoeib, 2015	171	37440	6943	1608	0,0335	7,3355	1,3603	0,3151
Kuveyt	19	Σ14	Gevao ve diğ. 2016	68	17200	2065	531	0,0133	3,37	0,4046	0,104
İsrail	16	Σ3	Dubowski ve diğ. 2018	3290	28284	10211	*	0,6446	5,5416	2,0006	*
Nijerya	16	Σ5	Harrad ve diğ., 2016	70	65874	14951	*	0,0137	12,907	2,9293	*
Amerika	66	Σ21	Lagalante ve diğ., 2011	912	345540	30337	*	0,1787	67,701	5,9439	*
Portekiz	9	Σ16	Cunha ve diğ. 2010	193	22955	4660	*	0,0378	4,4975	0,913	*
İsveç	17	Σ10	Thuresson ve diğ., 2012	54	30000	8324	*	0,0106	5,8778	1,6309	*
					260000						
İngiltere	20	Σ13	Harrad ve diğ., 2008	140	0	340000	*	0,0274	509,41	66,616	*
Tayland	30	Σ10	Muenhor ve Harrad, 2018	0,68	38	7	3	0,0001	0,0074	0,0014	0,0006
Çin	4	Σ20	Peng ve diğ. 2017	70	600	300	200	0,0137	0,1176	0,0588	0,0392
Mısır	12	Σ12	Khairy ve Lohmann, 2018	3	766	251	210	0,0006	0,1501	0,0492	0,0411

\*İlgili referansta konsantrasyon değeri verilmemiştir; \*\* İlgili referansta konsantrasyon değeri verilmediğinden hesaplanamamıştır; kırmızı renkli rakamlar ortalama konsantrasyonlar baz alındığında mevcut çalışma kapsamında belirlenen maruziyet değerlerinden daha yüksek olan maruziyet değerlerini, mavi renkli rakamlar ise daha düşük maruziyet oranlarını göstermektedir.

**Çizelge 4.14 :** Literatürde bildirilen konsantrasyon değerleri baz alınarak hesaplanan insan maruziyet değerlerine göre hesaplanan HQ değerleri

Ülke	N	ΣPBDE	Referans	Konsantrasyon (ng/g toz)				Yetişkin			
				Min.	Maks.	Ort.	Medyan	HQ			
								Min.	Maks.	Ort.	Medyan
Türkiye	63	Σ13	Bu çalışma	0,57	40198	5480	327,16	2x10 <sup>-7</sup>	0.0117	0.0016	1x10 <sup>-4</sup>
Yunanistan	30	Σ20	Besis ve diğ. 2007	132	54666	9231	2888	4x10 <sup>-5</sup>	0.0159	0.0027	0.0008
Çek Cum.	27	Σ16	Kalachova ve diğ. 2012	0,1	33728	3722,7	214,6	3x10 <sup>-8</sup>	0.0098	0.0011	6x10 <sup>-5</sup>
Mısır	9	Σ15	Hassan ve Shoeib, 2015	171	37440	6943	1608	5x10 <sup>-5</sup>	0.0109	0.002	0.0005
Kuveyt	19	Σ14	Gevao ve diğ. 2016	68	17200	2065	531	2x10 <sup>-5</sup>	0.005	0.0006	0.0002
İsrail	16	Σ3	Dubowski ve diğ. 2018	3290	28284	10211	*	0.001	0.0082	0.003	
Nijerya	16	Σ5	Harrad ve diğ., 2016	70	65874	14951	*	2x10 <sup>-5</sup>	0.0192	0.0044	
Amerika	66	Σ21	Lagalante ve diğ., 2011	912	345540	30337	*	0.0003	0.1006	0.0088	
Portekiz	9	Σ16	Cunha ve diğ. 2010	193	22955	4660	*	6x10 <sup>-5</sup>	0.0067	0.0014	
İsveç	17	Σ10	Thuesson ve diğ., 2012	54	30000	8324	*	2x10 <sup>-5</sup>	0.0087	0.0024	
					260000						
İngiltere	20	Σ13	Harrad ve diğ., 2008	140	0	340000	*	4x10 <sup>-5</sup>	0.7572	0.099	
Tayland	30	Σ10	Muenhor ve Harrad, 2018	0,68	38	7	3	2x10 <sup>-7</sup>	1x10 <sup>-5</sup>	2x10 <sup>-6</sup>	9x10 <sup>-7</sup>
Çin	4	Σ20	Peng ve diğ. 2017	70	600	300	200	2x10 <sup>-5</sup>	0.0002	9x10 <sup>-5</sup>	6x10 <sup>-5</sup>
Mısır	12	Σ12	Khairy ve Lohmann, 2018	3	766	251	210	9x10 <sup>-7</sup>	0.0002	7x10 <sup>-5</sup>	6x10 <sup>-5</sup>

\*İlgili referansta konsantrasyon değeri verilmemiştir; \*\* İlgili referansta konsantrasyon değeri verilmediğinden hesaplanamamıştır

**Çizelge 4.14 :** Literatürde bildirilen konsantrasyon değerleri baz alınarak hesaplanan insan maruziyet değerlerine göre hesaplanan HQ değerleri (devam)

Ülke	N	ΣPBDE	Referans	Konsantrasyon (ng/g toz)							
								Çocuk			
				Min.	Maks.	Ort.	Medyan	Min.	Maks.	Ort.	Medyan
Türkiye	63	Σ13	Bu çalışma	0,57	40198	5480	327,16	1x10 <sup>-6</sup>	0.0788	0.0107	0.0006
Yunanistan	30	Σ20	Besis ve diğ. 2007	132	54666	9231	2888	0.0003	0.1071	0.0181	0.0057
Çek Cum.	27	Σ16	Kalachova ve diğ. 2012	0,1	33728	3722,7	214,6	2x10 <sup>-7</sup>	0.0661	0.0073	0.0004
Mısır	9	Σ15	Hassan ve Shoeib, 2015	171	37440	6943	1608	0.0003	0.0734	0.0136	0.0032
Kuveyt	19	Σ14	Gevao ve diğ. 2016	68	17200	2065	531	0.0001	0.0337	0.004	0.001
İsrail	16	Σ3	Dubowski ve diğ. 2018	3290	28284	10211	*	0.0064	0.0554	0.02	
Nijerya	16	Σ5	Harrad ve diğ., 2016	70	65874	14951	*	0.0001	0.1291	0.0293	
Amerika	66	Σ21	Lagalante ve diğ., 2011	912	345540	30337	*	0.0018	0.677	0.0594	
Portekiz	9	Σ16	Cunha ve diğ. 2010	193	22955	4660	*	0.0004	0.045	0.0091	
İsveç	17	Σ10	Thuresson ve diğ., 2012	54	30000	8324	*	0.0001	0.0588	0.0163	
					260000						
İngiltere	20	Σ13	Harrad ve diğ., 2008	140	0	340000	*	0.0003	5.0941	0.6662	
Tayland	30	Σ10	Muenhor ve Harrad, 2018	0,68	38	7	3	1x10 <sup>-6</sup>	7x10 <sup>-5</sup>	1x10 <sup>-5</sup>	6x10 <sup>-6</sup>
Çin	4	Σ20	Peng ve diğ, 2017	70	600	300	200	0.0001	0.0012	0.0006	0.0004
Mısır	12	Σ12	Khairy ve Lohmann, 2018	3	766	251	210	6x10 <sup>-6</sup>	0.0015	0.0005	0.0004

\*İlgili referansta konsantrasyon değeri verilmemiştir; \*\* İlgili referansta konsantrasyon değeri verilmediğinden hesaplanamamıştır

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tez çalışmasını tamamlayan lisanüstü öğrencinin ve danışmanının mevcut bilgisine göre bu çalışma, ülkemizde kullanılan araçlardan toplanan tozlardaki (dolaylı olarak araç içerisinde mevcut olabilecek) PBDE kongener türleri ve seviyelerini inceleyen ilk çalışmadır. Çalışma kapsamında toplam 13 adet kongener incelenmiş olup, elde edilen değerler literatürde bildirilen diğer çalışmaların sonuçları ile karşılaştırılmış, ticari karışım kongener % değerleri ve kongener teşhis oranları kullanılarak PBDElerin muhtemel kaynaklar incelenmiştir. İlaveten, belirlenen toz konsantrasyonları baz alınarak, diyet yoluyla olmayan maruziyet değerlendirmesi yetişkin ve çocuklar için hesaplanmıştır.

Çalışma kapsamında belirlenen konsantrasyonlar incelendiğinde, deka-PBDE ticari karışımının temel bileşeni olan PBDE 209'un genel olarak en yüksek konsantrasyonda bulunduğu tespit edilmiştir (39657 ng/g). En düşük konsantrasyonda ise PBDE 66 ve 71 kongenerleri 0,150 ng/g olarak tespit edilmiştir. Araç özelliklerinden bağımsız olarak sonuçlar değerlendirildiğinde en yüksek ve en düşük  $\sum_{13}$  PBDE konsantrasyonu sırasıyla 40198,1 (Renault) ve 0,6 ng/g (Fiat) olarak tespit edilmiştir. Yapılan analizlerde araçlardan toplanan toz örneklerinde, PBDE-17 en sık belirlenen kongener (belirlenme sıklığı, DF=%72) iken, bunu PBDE-209 ve PBDE-71 (her ikisi için de belirlenme sıklığı, DF=%67) ve PBDE-99 ve PBDE-100 (Her ikisi için de DF değeri %64) takip etmiştir. Bununla birlikte, PBDE-99 ve -209 kongenerlerinin konsantrasyonları diğer bileşiklere göre daha yüksek değerler göstermiştir.

PBDE ticari karışımlarında bulunan kongener % katkı değerleri ile karşılaştırıldığında, farklı araç markalarında ve hatta aynı markanın farklı yıllara ait modellerinde farklı teknik karışımlara ait kongener % değerleri segilediği gözlemlenmiştir.

Literatürde bildirilen konsantrasyonlar ile karşılaştırıldığında, ortalama konsantrasyonlar bazında mevcut çalışmada belirlenen  $\Sigma$ PBDE konsantrasyonu Tayland, Çin, Mısır gibi ülkelerde belirlenen değerlerden yüksek, Yunanistan, Çek Cumhuriyeti, Mısır, Portekiz ve Kuveyt gibi ülkelerde belirlenen konsantrasyonlarla

benzer seviyede, İsrail, Nijerya, Amerika, İngiltere ve İsveç gibi ülkelerde belirlenen konsantrasyonlara göre daha düşük bir konsantrasyon değeri göstermiştir.

Kazara toz yutma ve cilt yoluyla maruziyet durumu değerlendirildiğinde,  $\Sigma 13$ PBDE baz alındığında çocuklar yetişkinlere oranla yaklaşık 10 kat daha yüksek maruziyete uğramaktadır. Bunun temel sebebi çocukların gündelik aktivitelerinde daha yüksek oranda toz yutması ve vücut ağırlıklarının daha düşük olmasıdır. Yutma ya da cilt yoluyla oluşan maruziyetler baz alınarak hesaplanan HQ değerlerinin tamamı  $<1$  değeri göstermiştir. İlâveten, toplam maruziyet baz alınarak hesaplanan HQ değerleri de hem yetişkinler hem de çocuklar için  $<1$  olarak belirlenmiştir. Bu sebeple araç içi tozlara yutma ve cilt yoluyla maruziyet herhangi bir sağlık riski oluşturmamaktadır. Elde edilen sonuçlara göre mevcut çalışmada belirlenen yetişkin ve çocuk maruziyet değerleri Yunanistan (Besis ve diğ. 2007), Çek Cumhuriyeti (Kalachova ve diğ. 2012), Mısır (Hassan ve Shoeib, 2015), Portekiz (Cunha ve diğ., 2010) ve İsveç'te (Thuresson ve diğ., 2012) yapılan çalışmalar neticesinde elde edilen maruziyet değerleri ile benzerlik gösterirken, İsrail (Dubowski ve diğ., 2018), Nijerya (Harrad ve diğ., 2016), Amerika (Lagalente ve diğ., 2011) ve İngiltere'ye (Harrad ve diğ., 2008) göre daha düşük, Tayland (Muenhor ve Harrad, 2018), Mısır (Khairy ve Lohmann, 2018) ve Çin'e (Peng ve diğ., 2017) göre daha yüksek değerler göstermektedir.

Tez çalışması sonucunda oldukça kapsamlı sonuçlar elde edilmiş olmakla birlikte, gelecekte yapılacak benzer çalışmalar için aşağıdaki hususlar göz önünde bulundurulmalıdır

- Çalışma kapsamında araçların farklı çalışma şartları göz önünde bulundurulmamıştır, örneğin klimanın açık/kapalı olması, aracın seyir halinde olup/olmadığı gibi. Bu durumların konsantrasyonlara etkisi göz önünde bulundurulmalıdır
- Araç içerisinden sadece toz örnekleri alınmış olup, araç içi aksamlardan parça örneği (örneğin plastik, sünger, kumaş vs) alınmamıştır
- Araç içi tozlar genel olarak toplanmış olup, aksamlar bazında toz örnekleri alınması PBDElerin kaynakları üzerinde daha detaylı bilgi edinmemizi sağlayabilir

- Örnekleme tek sezonda yapılmış olup, aynı araçlarda mevsimsel değişimlerin olup olmadığının değerlendirilmesi önemlidir.
- Araç içinden sadece toz örneği toplanmış olup, hava örnekleri alınmamıştır. Aktif veya pasif yolla hava örneklerinin alınması, solunum yoluyla maruziyetin değerlendirilmesinin yanısıra partikül-hava dağılımının da ortaya konması açısından faydalı olacaktır.
- Elde edilen sonuçlar, yorumların ülke genelinde değerlendirilmesi açısından yeterli değildir zira örnek sayısı ülke geneli değerlendirme için oldukça sınırlıdır.
- Örnekleme yapılan araçlarda kullanılan komponentlerin fabrika üretimini sonucunda kullanılan orijinal parçaları olup olmadığı bilinmediğinden, şahsi kullanım sonucunda modifiye edilmiş olabileceği gözönünde bulundurulmalıdır. Bu sebeple marka bazında yapılacak değerlendirmelerde, analizi yapılacak araçların fabrika çıkışlı orijinal parçalarının bulunduğu halinin değerlendirilmesi ile daha gerçekçi sonuçlar elde edilebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Acısu, T.C., Erişir, M.** (2016). Polibromlu Difenil Eterlerin Sağlık Üzerine Etkileri, *F.Ü.Sağ.Bil.Vet.Derg.* 30 (2),157-163
- Aksakal, N., Vaizoğlu, S. & Güler, Ç.** (2005). Mobilyalardaki Kimyasallar ve Sağlık Etkileri, *Türk Tabipleri Birliği Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi (Sted)*, 14, (12), 268-272.
- Albina, M.L., Alonso, V., Linares, V., Bellés, M., Sirvent, J.J., Domingo, J.L. & Sánchez, D.J.** (2010). Effects of Exposure to BDE-99 on Oxidative Status of Liver and Kidney in Adult Rats, *Toxicology*, 271, 51-56.
- Alcock, R.E., Sweetman, A. J., Prevedouros ,K. & Jones, K.C.** (2003). Understanding Levels and Trends of BDE-47 in the UK and North America: An Assessment of Principal Reservoirs and Source Inputs, *Environ Internat*, 29, 691-698.
- Ali N., Covaci A., Goosey E., Harrad S. & Neels H.** (2011). Novel Brominated Flame Retardants in Belgian and UK indoor Dust: Implications for Human Exposure, *Chemosphere*, 83, 1360–1365.
- Ali, N., Dirtu, A.C., Eede, N. Van den, Goosey, E., Harrad, S., Neels, H., 't Mannetje, A., Coakley, J., Douwes, J. & Covaci, A.** (2012). Occurrence Of Alternative Flame Retardants In Indoor Dust From New Zealand: Indoor Sources And Human Exposure Assessment. *Chemosphere*, 88, 1276–1282.
- Ali, N., Ali, L., Mehdi, T., Dirtu, A.C., Al-Shammari, F., Neels, H., Covaci, A.** (2013). Levels and profiles of organochlorines and flame retardants in car and house dust from Kuwait and Pakistan: Implication for human exposure via dust ingestion. *Environ. Int.* 55, 62–70.
- Ali, N., Eqani, S.A.M. A.S., Ismail, I.M. I., Malarvannan, G., Kadi, M.W., Albar, H.M.S., Rehan, M., Covaci, A.** (2016). Brominated and organophosphate flame retardants in indoor dust of Jeddah, Kingdom of Saudi Arabia: Implications for human exposure. *Sci. Total Environ.* 569 (570), 269–277
- Allen, J.G., McClean, M.D., Stapleton, H.M., Nelson, J.W. & Webster, T.F.** (2007). Personal Exposure To Polybrominated Diphenyl Ethers (Pbdes) In Residential In Door Air. *Environ. Sci. Technol*, 41 (13) 4574-4579.
- Alonso, V., Linares, V., Bellés, M., Albina, M.L., Pujol, A., Domingo, J.L. & Sánchez, D.J.** (2010). Effects of BDE-99 on Hormone Homeostasis And Biochemical Parameters In Adult Male Rats, *Food and Chemical Toxicology*, 48, 2206-2211
- Athanasiadou, M., Cuadra, S.N., Marsh, G., Bergman, A. & Jakobsson, K.** (2008). Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) and Bioaccumulative Hydroxylated PBDE Metabolites in Young Humans From Managua, *Nicaragua. Environ Health Perspect*, 116, 400-408.
- Athanasios, B., Christina, C., Giulia P. & Adrian C.** (2017). Legacy And Novel Brominated Flame Retardants In Interior Car Dust E Implications For Human Exposure, *Constantini Samara a Environmental Pollution*, 230, 871-881
- ATSDR.** (2004). Toxicological Profile For Polybrominated Biphenyls And Polybrominated Diphenyl Ethers. Agency For Toxic Substances And Disease Registry; Atlanta, The United States, September.



- ATSDR.** (2015). "Draft Toxicological Profile for Polybrominated Diphenyl Ethers." [www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp207.pdf](http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp207.pdf), (erişim: 5 Mart 2019).
- Aydın, B.A.** (2014). *Su Çerçeve Direktifine Göre Sedimanın Kimyasal İzlenmesi ve Türkiye'deki Uygulamaların Değerlendirilmesi*. (Uzmanlık Tezi). Su Yönetimi Genel Müdürlüğü.
- Bakker, M.I., de Winter-Sorkina, R., de Mul, A., Boon, P.E., van Donkersgoed, G., Van Klaveren, J.D., Baumann, B.A., Hijman, W.C., van Leeuwen, S.P., de Boer, J., Zeilmaker, M.J.** (2008). Dietary intake and risk evaluation of polybrominated difenil eterler in The Netherlands, *Mol Nutr Food Res*, 52, 204-216.
- Besis A. & Samara C.** (2012). Review Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in the Indoor and Outdoor Environments e A Review on Occurrence and Human Exposure, *Environmental Pollution*, 169, 217-229
- Besis, A., Christia, C., Poma, G., Covaci, A. & Samara, C.** (2017). Legacy and Novel Brominated Flame Retardants In Interior Car Dust E Implications For Human Exposure, *Environmental Pollution*, 230, 871-881
- Bezares-Cruz J, Jafvert CT, Hua I.** (2004). Solar photodecomposition of decabromodiphenyl ether: products and quantum yield. *Environ Sci Technol*;38:4149–56.
- Binici, B.** (2014). *Plastik Maddeler İçerisinde PBDE ve PBB Bileşiklerinin GC-IDMS Yöntemiyle Tayini*. (Doktora Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Boon, J., Lewis, W., Tjoen-A-Choy, M., Allchin, C., Law, R. & De Boer, J.** (2002). Levels Of Polybrominated Diphenyl Ether (PBDE) Flame Retardants In Animals Representing Different Trophic Levels Of The North Sea Food Web, *Environ Sci Technol*, 36, 4025-4032.
- Branchi, I., Capone, F., Alleva, E. & Costa, L. G.** (2003). Polybrominated Diphenyl Ethers: Neurobehavioral Effects Following Developmental Exposure, *Neuro Toxicology*, 24, 449-62.
- Bromine Science Environmental Forum (BSEF, 2009).** Erişim: 5 Mart 2019, <http://www.bsef.com>.
- Brouwer, A., Longnecker, M., Birnbaum, L., Coghano, J., Kostymak, P., Moore, J.** (1999). Characterization of potential endocrinerelated health effects at Low-Dose Levels of Exposure to PCBs, *Environ Health Perspect*, 107, 639-649.
- Burreau, S., Zebuhr, Y., Broman, D. & Ishaq, R.** (2006). Biomagnification of PBDEs and PCBs in Food Webs From the Baltic Sea and the Northern Atlantic Ocean. *Science of the Total Environment*, 366, 659-72.
- Changfeng, Peng., Hongli, Tan., Ying, Guo., YanWu, B., Da Chen, A.** (2017) Emerging And Legacy Flame Retardants In Indoor Dust From East China, *Chemosphere*, 186, 635-643
- Chao H.R., Chun-Wen L., Ding-Yan L., Huei-Lin H., Kuan-Chung C., Yan-You G., YiChyun H.** (2014). Impact of Brominated POPs on the Neurodevelopment and Thyroid Hormones of Young Children in an Indoor Environment, *A Review, Aerosol and Air Quality Research*, 14, 1320-1332.
- Cheng, H., Zhang, G., Jiang, J.X., Li, X., Liu, X., Li, J. & Zhao, Y.** (2007). Organochlorine Pesticides, Polybrominated Diphenyl Ethers and lead Isotopes During The Spring Time at the Waliguan Baseline Observatory, Northwest China:

- Implication for Long-Range Atmospheric Transport, *Atmospheric Environment*, 41, 4734-47.
- Civan, M., Kara, M.** (2015). İç Ortam Tozu PBDE Seviyelerinin Değerlendirilmesi, 6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu-2015 7-9 Ekim 2015, İzmir.
- Cogliano, V.** (1998). Assessing The Cancer Risk From Environmental PCBs, *Environ Health Perspect*, 106, 317-323.
- Costa, L.G., Giordano, G., Tagliaferri, S., Caglieri, A. & Mutti, A.** (2008). Polybrominated diphenyl ether (PBDE) flame retardants: environmental contamination, human body burden and potential adverse health effects. *Acta Bio Medica*, 79, 172-183.
- Cunha, S.C., Kalachova, K., Pulkrabova, J., Fernandes, J.O., Oliveira, M.B.P.P., Alves, A., Hajslova, J.** (2010). Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) contents in house and car dust of Portugal by pressurized liquid extraction (PLE) and gas chromatography-mass spectrometry, (GC/MS). *Chemosphere*. 78, 1263-1271.
- Cui, J., Forssberg, E.** (2003). Mechanical Recycling of Waste Electric and Electronic Equipment: A review, *J Hazard Mater*, 99, 243-263.
- Çetin, B. & Odabaşı, M.** (2007). Air-Water Exchange and Dry Deposition of Polybrominated Diphenyl Ethers at a Coastal Site in Izmir Bay, Turkey, *Environmental Science And Technology*, 41, 785-791.
- D'Silva, K.** (2004). Brominated Organic Micropollutants-İgniting the Flame Retardant Issue, *CriticalReviews in Environmental Science and Technology*, 34, 141-207.
- Darnerud PO, Eriksen GS, Johannesson T, Larsen PB, Viluksela, M.** (2001). Polybrominated Diphenyl Ethers: Occurrence, Dietary Exposure And Toxicology. *Environ Health Perspect*, 109 (Suppl.1), 49-68.
- Darnerud, P. O., Gunnar, E.S., Johannesson, T., Larsen, P.B. & Viluksela, M.** (2001). Polybrominated Diphenyl Ethers: Occurrence, Dietary Exposure and Toxicology, *Environmental Health Perspectives*, 109, 49-68.
- Darnerud, P.O.** (2003). Toxic Effects of Brominated Flame Retardants in Man and in Wildlife, *Environment International*, 29, 841-53.
- De Wit, C.A.** (2002). An Overview of Brominated Flame Retardants in the Environment, *Chemosphere*, 46, 583-624.
- De Wit, C.A, Alae, M. & Muir, D.C.G.** (2006). Levels and Trends of Brominated Flame Retardants in the Arctic, *Chemosphere*, 64, 209-33.
- Domingo, J.L, Cid, RM Castell, V. & Llobet, J.M.** (2008). Human Exposure To PBDE'ler Through The Diet In Catalonia, Spain: Temporal Trend. Areview Of Recent Literature On Dietary PBDE Intake. *Toksikoloji*, 248, 25-32.
- Dubowski, Y., Inibtawi, M. & David, M.** (2018). Seasonal variations of polybrominated flame retardants bound to car dust under Mediterranean climate Broday, *Journal Ofen Viron Mental Sciences*, 70, 124-132.
- Dudsadee M.** (2018). Stuart Harrad Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in car and house dust from Thailand: Implication for human exposure *Journal Of Environmental Science And Health*, 53(7), 629-642.

- Dunnick, J.K. & Nyska, A.** (2009). Characterization Of Liver Toxicity In F344/N Rats And B6C33f1 Mice After Exposure To A Flame Retardant Containing Lower Molecularweight Polybrominated Difenil Eterler. *Exp. Toxicol. Pathol*, 61, 1-12.
- EEE,** (2008). “Elektrikli ve Elektronik Eşyalarda Bazı Zararlı Maddelerin Kullanımının Sınırlandırılmasına Dair Yönetmelik”,30 Mayıs 2008, Resmi Gazete Sayısı: 26891
- EFRA,** (2019). Erişim tarihi: 29 Mart 2019, The European Flame Retardants Association. Flame Retardants, [http://www.bsef-japan.com/index/files/080909\\_3.pdf](http://www.bsef-japan.com/index/files/080909_3.pdf)
- EPA (Environmental Protection Agency).** (1998). “Method 8270D: Semivolatile organic compounds by gas-chromatography/mass spectrometry (GC/MS).
- EPA (Environmental Protection Agency).** (2012). Technical Fact Sheet, Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) and Polybrominated Biphenyls (PBBs) 1-5
- Erdogrul, O.** (2008). Pesticide Residues in Liquid Pekmez (grape molasses), *Environmental Monitoring and Assessment*, 144, (1-3), 323-328.
- Erdogrul, O., Covacı, A., Kurtul, N. & Schepens, P.** (2004). Levels of Organohalogenated Persistent Pollutants in Human Milk From Kahramanmaraş Region, Turkey, *Environment International*, 30, 659-666.
- European Food Safety Authority.** (2011). Scientific Opinion on Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in Food, *EFSA Journal*, 9,(5), 2156.
- Falandysz, J., Wyrzykowska, B., Strandberg, L., Puzyn, T., Strandberg, B. & Rappe, C.** (2002). Multivariate Analysis Of The Bioaccumulation Of Polychlorinated Biphenyls (Pcbs) In The Marine Pelagic Food Web From The Southern Part Of The Baltic Sea, Poland, *J Environ Monit*, 4, 929-941.
- Fisk, A., Hobson, K. & Norstrom, R.** (2001). Influence of Chemical and Biological Factors on Trophic Transfer of Persistent Organic Pollutants in the Northwater Polynya Marine Food web, *Environ Sci Technol*, 35, 732-738.
- Fürst, P.** (1993). Contribution of Different Pathways to Human Exposure to PCDDs/PCDFs, *Organohalog Compd*, 13, 1-8.
- Gevao, B., Shammari F., & Lulwa N.** (2016). Polybrominated Diphenyl Ether Levels in Dust Collected From Cars In Kuwait: Implications For Human Exposure, *Ali Indoor and Built Environment*, 25(1) 106–113.
- Gouin, T., Mackay, D., Jones, K. C., Harner, T. & Meijer, S.N.** (2004). Evidence For The “Grasshopper” Effect And Fractionation During Long-Range Atmospheric Transport Of Organic Contaminants, *Environmental Pollution*, 128, 139-48.
- Hale, R.C., Alae, M., Manchester-Neesving J. B., Stapleton, H. M. & Ikonomou, M. G.** (2003). Polybrominated Diphenyl Ether Flame Retardants In The North American Environment, *Environment International*, 29, 771-9.
- Hale, R.C., La Guardia, M.J., Harvey, E., Gaylor, M.O. & Mainor, T.M.** (2006). Brominated Flame Retardant Concentrations and Trends in Abiotic Media. *Chemosphere*, 64, 181-6.
- Harner, T. & Shoeb, M.** (2002). Measurements Of Octanol-Air Partition Coefficients (K-Oa) For Polybrominated Diphenyl Ethers (Pbdes): Predicting Partitioning In The Environment, *Journal of Chemical and Engineering Data*, 47 (2), 228-232.

**Harrad, S., Abdallah, M. A. E.** (2001). Brominated Flame Retardants In Dust From Cars-Within-Vehicle Spatial Variability, Evidence For Degradation And Exposure Implications, *Chemosphere*, 82, 9, 1240-5.

**Harrad, S., Ibarra, C., Abdallah, M.A.-E., Boon, R., Neels, H. & Covaci, A.** (2008a). Concentrations Of Brominated Flame Retardants In Dust From United Kingdom Cars, Homes, And Offices: Causes Of Variability And Implications For Human Exposure. *Environ. Int.*, 34, 1170-1175.

**Harrad, S., Ibarra, C., Abdallah, M.A.-E., Boon, R., Neels, H., Covaci, A.** (2008b). Concentrations of brominated flame retardants in dust from United Kingdom cars, homes, and offices: Causes of variability and implications for human exposure. *Environ. Int.* 34, 1170-1175.

**Harrad, S., Brommer, S., Jochen, F.M.** (2016a). Concentrations of organophosphate flame retardants in dust from cars, homes, and offices: An international comparison, *Emerging Contaminants*, 2, 66-72

**Harrad, S., Elwafa Abdallah, M.A.** (2016b). Temilola Oluseyi Polybrominated Diphenyl Ethers And Polychlorinated Biphenyls In Dust From Cars, Homes, And Offices In Lagos, Nigeria, *Chemosphere*, 146, 346-353.

**Hassan, Y., Shoeib, T.** (2015). Levels of polybrominated diphenyl ethers and novel flame retardants in microenvironment dust from Egypt: An assessment of human exposure. *Sci. Total Environ.* 505, 47-55.

**Herbstman, J.B., Sjödin, A., Kurzon, M., Lederman, S.A., Jones, R.S., Rauh, V., Needham, L.L., Tang, D., Niedzwiecki, M., Wang, R.Y. & Perera, F.** (2010). Prenatal exposure to PBDEs and neurodevelopment, *Environmental Health Perspectives*, 118, 712-719.

**Hites, R.A.** (2004). Polybrominated Diphenyl Ethers In The Environment And In People: A Meta Analysis Of Concentrations. *Environ. Sci. Technol.*, 38, 945-956.

**Hooper, K., McDonald, T.A.** (2000). The Pbdes: An Emerging Environmental Challenge And Another Reason For Breast-Milk Monitoring Programs, *Environ. Health Perspect*, 108, 387-392.

**Huwe, J.K., Hakk, H., Smith, D.J., Diliberto, J.J., Richardson, V., Stapleton HM, Birnbaum, LS.** (2006). Comparative Absorption And Bioaccumulation Of Poly-Brominated Diphenyl Ethers Following Ingestion Via Dust And Oil In Male Rats. *Environ. Sci. Technol*, 42, 2694-2700,

**Huwe, J.K., Smith, D.J.** (2007). Accumulation, Whole-Body Depletion, And Debromination Of Decabromodiphenyl Ether In Male Sprague-Dawley Rats Following Dietary Exposure, *Environ Sci Technol*, 41, 2371-2377.

**Hyotylainen, T. & Hartonen, K.** (2002). Determination Of Brominated Flame Retardants In Environmental Samples, *Trends in Analytical Chemistry*, 21, 13-29.

**IPCS (International Program on Chemical Safety)**, (1994). *Brominated Diphenyl Ethers*. Environ. Health Criteria no. 162. WHO, Geneva.

**IRIS, U.** (2008a). 2,2',4,4'-Tetrabromodiphenyl ether (BDE-47) (CASRN 5436-43-1), in: Washington, D.U.E.P.A. (Ed.).

**IRIS, U.** (2008b). 2,2',4,4',5-Pentabromodiphenyl ether (BDE-99) (CASRN 60348-60-9), in: Washington, D.U.E.P.A. (Ed.).

- IRIS, U.** (2008c). 2,2',4,4',5,5'-Hexabromodiphenyl ether (BDE-153) (CASRN 68631-49-2), in: Washington, D.U.E.P.A. (Ed.).
- IRIS, U.** (2008d). 2,2',3,3',4,4',5,5',6,6'-Decabromodiphenyl ether (BDE-209) (CASRN 1163-19-5), in: Washington, D.U.E.P.A. (Ed.).
- Kalachova, K.P., Hradkova, D., Lankova, J. & Hajslova, J.** (2012). Pulkrabova Occurrence Of Brominated Flame Retardants In Household And Car Dust From The Czech, *Republic Science of The Total Environment*, 441, 182-193
- Kemmlin, S., Hahn, O. & Jann, O.,** (2003). Emissions of organophosphate and brominated flame retardants from selected consumer products and building materials. *Atmos. Environ.* 37, 5485–5493.
- KOK-UUP,** (2014). Türkiye’de Kalıcı Organik Kirleticilerin (KOK’lar) Yönetimi Ulusal Uygulama Planı, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ağustos 2014, Erişim tarihi: 1 Nisan 2019 [https://webdosya.csb.gov.tr/db/kok/editordosya/2\\_%20UUP%20M etni\\_Taslak\\_Tr.pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/kok/editordosya/2_%20UUP%20M etni_Taslak_Tr.pdf).
- Kurt-Karakus, P.B., Alegria, H., Jantunen, L., Birgul, A., Topcu, A., Kevin C.J. & Turgut, C.** (2017). Polybrominated Diphenyl Ethers (Pbdes) And Alternative Flame Retardants (Nfrs) In Indoor And Outdoor Air And Indoor Dust From Istanbul-Turkey: Levels And An Assessment Of Human Exposure, *Atmospheric Pollution Research* 8, 801-815.
- Lagalante, A.F., Oswald, T.D., Calvosa, F.C.** (2009). Polybrominated diphenyl ether (PBDE) levels in dust from previously owned automobiles at United States dealerships. *Environ. Int.* 35, 539-544.
- Lagalante, A.F., Shedden, C.S., Greenbacker, P.W.** (2011). Levels of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in dust from personal automobiles in conjunction with studies on the photochemical degradation of decabromodiphenyl ether (BDE-209). *Environ. Int.*, 37, 899-906.
- La Guardia, M.J., Hale RC, Harvey, E.** (2006). Detailed Polybrominated Diphenyl Ether (PBDE) Congener Composition of the Widely Used Penta-, Octa-, and Deca-PBDE Technical Flame-retardant Mixtures, *Environ. Sci. Technol.* 40, 6247-6254
- Lammel, G., Audy, O., Basis, A., Efstathiou, C., Eleftheriadis, K., Kohoutek, J., Kukučka, P., Mulder, M. D., Příbylová, P., Prokeš, R., Rusina, T. P., Samara, C., Sofuoglu, A., Sofuoglu, S. C., Taşdemir, Y., Vassilatou, V., Voutsas, D., Vrana, B.** (2015). Air And Seawater Pollution And Air-Sea Gas Exchange Of Persistent Toxic Substances In The Aegean Sea: Spatial Trends Of Pahs, Pcb, Ocp And Pbdes, *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 11301-11313.
- Law, R. J., Alae, M., Allchin, C.R., Boon, J.P., Lebeuf, M., Lepom, P. & Stern, G. A.** (2003). Levels And Trends Of Polybrominated Diphenyl Ethers And Other Brominated Flame Retardants In Wildlife, *Environment International*, 29, 757-70.
- Lee S.J., Ikonomou M.G., Park H., Baek S.Y., & Chang Y.S.** (2007). Polybrominated diphenyl ethers in Blood From Korean Incinerator Workers And General Population, *Chemosphere*, 67, 489-497.
- Lopez, D., Athanasiadou, M., Athanassiadis, I., Estrade, L.Y., Diaz-Barriga, F., and Bergman, A.** (2004), A preliminary study on PBDEs and HBCDD in blood and milk from Mexican women. Toronto: third International Workshop on Brominated Flame Retardants, *BFR.*, 483-487.

- Lyu, Y., Xu, T., Li, X., Cheng, T., Yang, X., Sun, X., Chen, J.** (2016). Size distribution of particle-associated polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) and their implications for health, *Atmos. Meas. Tech.*, 9, 1025-1037,
- Mandalakis, M., Stephanou, E.G., Horii, Y., Kannan, K.** (2008). Emerging Contaminants In Car Interiors: Evaluating The Impact Of Airborne Pbdes And PBDD/Fs. *Environ. Sci, Technol.*, 42, 6431-6436.
- Marklund, A., Andersson, B., Haglund, P.** (2003). Screening of Organophosphorus Compounds And Their Distribution In Various Indoor Environments, *Chemosphere*, 53, 1137-1146.
- McDonald, T.A.** (2002). A Perspective On The Potential Health Risks Of PBDEs. *Chemosphere*, 46, 745-55
- McDonald, T.A.** (2005). Polybrominated Diphenyl Ether Levels Among United States Residents: Daily Intake And Risk Of Harm To The Developing Brain And Reproductive Organs, *Integrated Environmental Assessment and Management*, 1 (4), 343-54.
- Mohammed A.K. ve Lohmann, R.** (2018). Selected Organohalogenated Flame Retardants In Egyptian Indoor And Outdoor Environments: Levels, Sources And Implications For Human Exposure, *Science of The Total Environment*, 633, 1536-1548
- Muenhor, D., Harrad, S.** (2012). Within-room and within-building temporal and spatial variations in concentrations of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in indoor dust. *Environ. Int.*, 47, 23-27
- Muenhor, D ve Harrad, S.** (2018). Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in car and house dust from Thailand: Implication for human exposure, *J. Environ. Sci. Health, Part A*. 53, 629-642
- Nadeem A., Lulwa ., Toufeer M., Alin C., Dirtu, Fatema Al-Shammari, Hugo N., Adrian C.** (2013). Levels And Profiles Of Organochlorines And Flame Retardants In Car And House Dust From Kuwait And Pakistan: Implication For Human Exposure Via Dust *Ingestion Environment International*, 55 (2013), 62-70
- Odabasi, M., Sofuoglu, A., Vardar, N., Tasdemir, Y., Holsen, T.M.** (1999). Measurement Of Dry Deposition And Air-Water Exchange Of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons With The Water Surface Sampler, *Environ. Sci. Technol*, 33, 426-434.
- Park, J.S., Wade, T.L. & Sweet, S.T.** (2001). Atmospheric Distribution Of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons And Deposition To Galveston Bay, *Atmos. Environ.*, 35, 3241-3249.
- Rahman, F., Langford, K.H., Scrimshaw, M.D., Lester, J.N.** (2001). Polybrominated Diphenyl Ether (PBDE) Flame Retardants, *Science of the Total Environment*, 275 (1-3), 1-17.
- RoHS**, (2003). Restriction of the use of certain hazardous substances in electrical electronic equipment) Directive 2002/95/EC of the European Parliament and of the Council of 27 January 2003.
- SC**, (2009a). Stockholm Convention Decision SC-4/14: Listing of hexabromodiphenyl ether and heptabromodiphenyl ether, Fourth Meeting of the Conference of the Parties to the Stockholm Convention, 4-8 May, Geneva, Switzerland, Erişim: 6 Şubat, 2019) <http://www.pops.int/Portals/0/download.aspx?d=U-NEP-POPS-COP.4-SC-4-14.English.pdf>

SC. (2009b). Stockholm Convention Decision SC-4/18: Listing of tetrabromodiphenyl ether and pentabromodiphenyl ether , Fourth Meeting of the Conference of the Parties to the Stockholm Convention, 4-8 May, Geneva, Switzerland, Erişim: 6 Şubat, 2019 <http://www.pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.4-SC-4-18.English.pdf>

SC. (2012). Stockholm Convention Secretariat Guidance for the inventory of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) listed under the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. (Draft)

SC. (2017). Stockholm Convention Decision SC-8/10: Listing of decabromodiphenyl ether, Eighth Meeting of the Conference of the Parties to the Stockholm Convention, 14 April-5 May, Geneva, Switzerland, Erişim : 6 Şubat, 2019) <http://www.pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.8-SC-8-10.English.pdf>

**Shen, L., Wania, F., Lei, Y.D., Teixeira, C., Muir, D.C.G. & Xiao, H.** (2006). Polychlorinated Biphenyls and Polybrominated Diphenyl Ethers in the North American Atmosphere, *Environmental Pollution*, 144, 434-44.

**Söderström, G., Sellström, U., De Wit, C.A., Tysklind, M.** (2004). Photolytic Debromination Of Decabromodiphenyl Ether (BDE 209). *Environ Sci Technol*, 38, 127-32.

**Staskal, D.F., Diliberto, J.J., Birnbaum, L.S.** (2006). Disposition of BDE 47 in Developing Mice. *Toxicol Sci*, 90, 309-316.

**Strandberg, B., Dodder, N.G., Basu, I. ve Hites, R.A.** (2001). Concentration And Spatial variations Of Polybrominated Diphenylethers And Other Organohalogen Compounds İn Great Lakes Air, *Environmental Science and Technology*, 35, 1078-1083.

**Suping, C., Huang, G., Giordano., L.G. Costa.** (2010). Comparative Cytotoxicity And Intracellular Accumulation Of Five Polybrominated Diphenyl Ether Congeners İn Mouse Cerebellar Granule Neurons, *Toxicological Sciences*, 114 (1), 124-132.

**Sverdrup, L.E., Krogh, P.H., Nielsen, T., Kjaer, C., Stenersen, J.** (2003). Toxicity Of Eight Polycyclic Aromatic Compounds To Red Clover (*Trifolium Pratense*), Ryegrass (*Lolium Perenne*), And Mustard (*Sinapis Alba*), *Chemosphere*, 53 (8), 993-1003.

**Talsness, C.E.** (2008). Overview Of Toxicological Aspects Of Polybrominated Diphenyl Ethers: A Flame-Retardant Additive İn Several Consumer Products, *Environmental Research*, 108, 158-167.

**Thuresson, K., Awasum, Björklund J., de Wit, C.A.** (2012). Tri-Decabrominated Diphenyl Ethers And Hexabromocyclododecane İn Indoor Air And Dust From Stockholm Microenvironments 1: Levels And Profiles. *Sci. Total Environ*, 414, 713-721.

**Toms, L-M.L., Harden, F.A., Symons, R.K., Symons, K., Burniston, D., Fürst, P., Müller, J.F.** (2007). Polybrominated Diphenyl Ethers (Pbdes) İn Human Milk From Australia, *Chemosphere*, 68, 797-803.

**Toms, L.M.L., Hearn, L., Kennedy, K., Harden, F., Bartkow, M., Temme, C., Mueller, J.F.** (2009). Concentrations Of Polybrominated Diphenyl Ethers (Pbdes) İn Matched Samples Of Human Milk, Dust And Indoor Air. *Environ. Int.* 35, 864–869.

**UUP (Ulusal Uygulama Planı)** (2014). Kalıcı Organik Kirleticilere İlişkin Stockholm Sözleşmesi, T.C. Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı.

**UNEP.** (2010a). Technical review of the implications of recycling commercial Penta and Octabromodiphenyl ethers. Stockholm Convention document for 6th POP Reviewing Committee meeting (UNEP/POPS/POPRC.6/2) Geneva 11-15. October 2010.

**UNEP.** (2010b). Technical review of the implications of recycling commercial Penta and Octabromodiphenyl ethers. Ekler Stockholm Convention document for 6th POP Reviewing Committee meeting (UNEP/POPS/POPRC.6/INF/6) Geneva 11-15. October 2010.

**US-EPA.** (2008). *Toxicological review of 2,2,4,4,5-pentabromodiphenyl ether (BDE-99)*. EPA REport 635R07006F. Washington DC, USA. pp.7-12,

**UUP,** (2014). Türkiye’de Kalıcı Organik Kirleticilerin (KOK’lar) Yönetimi Ulusal Uygulama Planı, T.C. ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI, Erişim tarihi: 29 Mart2019,[https://webdosya.csb.gov.tr/db/kok/editordosya/2\\_%20UUP%20Metni\\_Taslak\\_Tr.pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/kok/editordosya/2_%20UUP%20Metni_Taslak_Tr.pdf)

**Van den Steen, E., Covaci, A., Jaspers, VLB, Dauwe, T., Voorspoels, S., Eens, M., Pinxten, R.** (2007). Accumulation, Tissue-Specific Distribution And Debromination Of Decabromodiphenyl Ether (BDE 209) İn European Starlings (*Sturnus Vulgaris*), *Environ Pollut*, 148, 648-653.

**Vermeulen, I., Van Caneghem, J., Block, C., Baeyens, J., Vandecasteele, C.** (2011). Automotive Shredder Residue (ASR): Reviewing its Production from End-of-Life Vehicles (ELVs) and Its Recycling, Energy Or Chemicals' Valorisation, *J. Hazard Mater.*, 190, 8-27.

**Vizcaino, E., Grimalt, J.O., Lopez-Espinosa, M.J., Llop, S., Rebagliato, M. & Ballester F.** (2011). Polybromodiphenyl Ethers in Mothers and Their Newborns From a Nonoccupationally Exposed Population (Valencia, Spain), *Environmental International*, 37, 152-7.

**Voorspoels, S., Covaci, A., Jaspers, V.L.B., Neels, H. & Schepens, P.** (2007a). Biomagnification of PBDEs in Three Small Terrestrial Food Chains. *Environmental Science & Technology*, 41(2), 411-16.

**Wang, Y., Jiang, G., Lam, P. K. S. & Li, A.** (2007). Polybrominated Diphenyl Ether in the East Asian Environment: A Critical Review, *Environment International*, 33, 963-73.

**Watanabe, I. & Sakai, S.** (2003). Environmental Release and Behavior of Brominated Flame Retardants, *Environ. Int.* 29, 665–682.

**WDNRL** (Wisconsin Department of Natural Resources Laboratory Certification Program). (1996). Analytical Detection Limit Guidance and Laboratory Guide for Determining Method Detection Limits, Erişim : 9 Nisan 2019) <https://dnr.wi.gov/regulations/labcert/documents/guidance/-lodguide.pdf>

**WEEE,** (2003). Waste Electrical and Electronic Equipment), Directive 2002/96/EC of the European Parliament and of the Council of 27 January 2003.

**Wu, J.-P., Luo, X.-J., Zhang, Y., Luo, Y., Chen, S.-J., Mai, B.-X. & Yang, Z.-Y.** (2008). Bioaccumulation of Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) and Polychlorinated Biphenyls (PCBs) in Wild Aquatic Species From an Electronic



Waste (e-waste) Recycling Site in South China. *Environment International*, 34, 1109-13.

**Wurl, O., Potter, J. R., Durville, C. & Obbard, J. P.** (2006). Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) over the open Indian Ocean, *Atmospheric Environment*, 40, 5558-65.

**Yılmaz Civan, M.** (2016) Üniversite İç Ortamında Ölçülen Halojenli Kalıcı Organik Kirlenmelerin Seviyeleri, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part:C, Tasarım Ve Teknoloji GU J Sci Part:C*, 4(4), 321-329

**Yu, Y.X., Pang, Y.P., Li, C., Li, J.L., Zhang, X.Y., Yu, Z.Q., Feng, J.L., Wu, M.H., Sheng, G.Y., Fu, J.M.** (2012). Concentrations and Seasonal Variations of Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in in- and Out-House Dust and Human Daily Intake via Dust Ingestion Corrected with Bioaccessibility of PBDEs, *Environment International*, 42, 124-131.

**Zhu, N.Z., Liu, L.Y., Ma, W.L., Li, W.L., Song, W.W., Qi, H., Li, Y.F.** (2015). Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in the indoor dust in China: levels, Spatial Distribution And Human Exposure, *Ecotoxicol. Environ Saf*, 111, 1-8.

## EKLER



**Ek Çizelge 1: Araçlardan Toplanan Toz Miktarları**

<b>Örnek Kodu</b>	<b>Filtre Kodu</b>	<b>Boş Filtre Ağırlığı (g)</b>	<b>Dolu Filtre Ağırlığı (g)</b>	<b>Örneklenen Toz Miktarı (g)</b>
SB1	1a	0,03066	0,06685	0,0362
SB3	2a	0,03429	0,05139	0,0171
SB5	3a	0,0356	0,04955	0,0140
SB7	4a	0,03746	0,0634	0,0259
SB9	5a	0,03449	0,0398	0,0053
SB11	6a	0,0366	0,04942	0,0128
SB13	7a	0,03468	0,05066	0,0160
SB15	8a			
SB17	9a	0,03785	0,04039	0,0025
SB19	10a	0,03366	0,04796	0,0143
SB21	11a	0,03593	0,04137	0,0054
SB23	12a	0,03903	0,05248	0,0135
SB25	13a	0,03479	0,03688	0,0021
SB27	14a	0,03498	0,08864	0,0537
SB29	15a	0,03758	0,04471	0,0071
SB31	16a	0,03774	0,08725	0,0495
SB33	17a	0,03701	0,04866	0,0117
SB35	18a	0,03714	0,0976	0,0605
SB37	19a	0,03335	0,04833	0,0150
SB39	20a	0,03528	0,0683	0,0330
SB41	21a	0,03405	0,06646	0,0324
SB43	22a	0,03766	0,1502	0,1125
SB45	23a	0,03418	0,0424	0,0082
SB47	24a	0,03596	0,06535	0,0294
SB49	25a	0,03828	0,06324	0,0250
SB51	26a	0,03531	0,04971	0,0144
SB53	27a	0,03911	0,0431	0,0040
SB55	28a	0,03478	0,08781	0,0530
SB58	29b	0,03593	0,05593	0,0200
SB59	30a	0,03728	0,04919	0,0119
SB61	31a	0,0368	0,03698	0,0002
SB62	32a	0,0392	0,05047	0,0113
SB63	33a	0,03861	0,07155	0,0329
SB64	34a	0,03704	0,12374	0,0867
SB65	35a	0,03384	0,07159	0,0378
SB66	36a	0,0368	0,06294	0,0261
SB67	37a	0,03903	0,10009	0,0611
SB68	38a	0,03894	0,09612	0,0572

**Ek Çizelge 1: Araçlardan Toplanan Toz Miktarları (Devam)**

Örnek Kodu	Filtre Kodu	Boş Filtre Ağırlığı (g)	Dolu Filtre Ağırlığı (g)	Örneklenen Toz Miktarı (g)
SB69	39a	0,03765	0,07413	0,0365
SB70	40a	0,03575	0,27653	0,2408
SB71	41a	0,03392	0,06983	0,0359
SB72	42a	0,03585	0,0707	0,0349
SB73	43a	0,03723	0,0889	0,0517
SB74	44a	0,03647	0,04254	0,0061
SB75	45a	0,03588	0,04105	0,0052
SB76	46a	0,03835	0,1418	0,1035
SB77	47a	0,03303	0,1206	0,0876
SB78	48a	0,03715	0,06019	0,0230
SB79	49a	0,03534	0,07097	0,0356
SB80	50a	0,03087	0,04305	0,0122
SB81	51a	0,03859	0,07764	0,0391
SB82	52a	0,03994	0,07708	0,0371
SB83	53a	0,03648	0,06861	0,0321
SB84	54a	0,03578	0,05536	0,0196
SB85	55a	0,03358	0,08127	0,0477
SB86	56a	0,03679	0,07529	0,0385
SB87	57a	0,03993	0,13789	0,0980
SB88	58a	0,03697	0,04163	0,0047
SB89	59a	0,0369	0,06338	0,0265
SB90	60a	0,0341	0,0518	0,0177
SB91	61a	0,0338	0,16049	0,1267
SB92	62a	0,03621	0,04296	0,0068
SB93	63a	0,03625	0,18315	0,1469

**Ek Çizelge 2: Araç içi toz örneklerinde belirlenen PBDE seviyeleri (ng/g)**

Örnek #	PBDE Kongeneri													Σ <sub>13</sub> PBDE
	-17	-28	-71	-47	-66	-100	-99	-85	-154	-153	-138	-183	-209	
1	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	190,9	<MDL	<MDL	1320,0	1510,9
2	<MDL	159,8	146,0	60,7	<MDL	265,6	94,3	<MDL	16,8	131,0	<MDL	149,6	1087,6	2111,4
3	<MDL	102,3	80,3	43,5	<MDL	106,3	28,6	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	382,1	743,2
4	<MDL	<MDL	45,9	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	209,3	255,2
5	191,6	190,6	363,6	430,1	182,6	1674,6	3630,1	34,4	92,2	167,4	<MDL	<MDL	680,2	7637,4
6	4,8	19,0	31,5	<MDL	170,9	50,3	199,7	34,7	97,0	154,2	<MDL	<MDL	8188,7	8950,7
7	115,8	<MDL	267,6	153,5	<MDL	312,7	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	1184,6	2034,2
9	<MDL	11,4	<MDL	<MDL	<MDL	33,1	66,9	<MDL	<MDL	85,3	<MDL	<MDL	<MDL	196,7
10	101,3	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	39657	39758,4
11	<MDL	8,9	7,1	<MDL	<MDL	29,2	53,9	226,9	180,1	66,7	<MDL	<MDL	20,4	593,1
12	<MDL	18,4	10,9	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	79,1	131,1	<MDL	<MDL	211,2	450,7
13	1415,7	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	1415,7
14	44,6	37,9	30,4	61,3	<MDL	49,9	59,5	2,4	<MDL	24,1	<MDL	32,3	160,5	502,9
15	411,7	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	190,9	<MDL	<MDL	1320,0	1922,7
16	<MDL	5,2	23,6	<MDL	37,8	815,5	112,2	<MDL	30,4	51,2	602,8	122,8	1796,4	3598,0
17	123,8	159,8	146,0	60,7	<MDL	265,6	94,3	<MDL	16,8	131,0	<MDL	149,6	1087,6	2235,2
18	<MDL	3,5	2,7	<MDL	<MDL	9,7	25,7	<MDL	<MDL	28,4	23,5	3,0	<MDL	96,5
19	82,3	102,3	80,3	43,5	<MDL	106,3	28,6	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	382,1	825,5
20	<MDL	10,8	10,1	<MDL	<MDL	27,6	76,9	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	65,3	190,6
21	63,3	<MDL	45,9	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	209,3	318,5
22	17,9	<MDL	<MDL	6,2	<MDL	29,7	10,4	<MDL	<MDL	11,9	<MDL	<MDL	55,3	131,5
23	146,1	190,6	363,6	430,1	182,6	1674,6	3630,1	34,4	92,2	167,4	<MDL	<MDL	680,2	7591,9
24	46,0	43,0	32,9	17,1	<MDL	41,6	<MDL	<MDL	<MDL	22,4	<MDL	<MDL	151,0	354,0
25	<MDL	19,0	31,5	<MDL	170,9	50,3	199,7	34,7	97,0	154,2	<MDL	<MDL	8188,7	8945,9

**Ek Çizelge 2: Araç içi toz örneklerinde belirlenen PBDE seviyeleri (ng/g)**  
(devam)

Örnek #	PBDE Kongeneri												Σ <sub>13</sub> PBDE	
	-17	-28	-71	-47	-66	-100	-99	-85	-154	-153	-138	-183		-209
26	<MDL	16,1	11,2	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	118,6	<MDL	<MDL	<MDL	145,9
27	331,5	<MDL	267,6	153,5	<MDL	312,7	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	1184,6	2249,9
28	<MDL	5,0	<MDL	<MDL	<MDL	14,8	28,3	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	48,2
30	<MDL	11,4	<MDL	<MDL	<MDL	33,1	66,9	<MDL	<MDL	85,3	<MDL	<MDL	<MDL	196,7
31	109,8	<MDL	80,8	<MDL	<MDL	111,9	<MDL	<MDL	<MDL	58,4	<MDL	<MDL	391,3	752,3
32	541,1	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	39657	40198,1
33	<MDL	22,0	16,7	<MDL	<MDL	67,7	136,9	29,6	95,5	140,8	131,5	<MDL	500,6	1141,3
34	<MDL	8,9	7,1	<MDL	<MDL	29,2	53,9	226,9	180,1	66,7	<MDL	<MDL	20,4	593,1
35	13,1	17,3	21,8	13,1	<MDL	18,6	15,9	<MDL	<MDL	10,8	<MDL	<MDL	105,3	215,9
36	<MDL	6,9	5,3	<MDL	<MDL	23,4	43,1	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	16,0	94,6
37	<MDL	8,4	<MDL	<MDL	<MDL	40,1	71,7	<MDL	<MDL	67,3	56,0	<MDL	7,8	251,3
38	<MDL	3,2	3,2	2,1	<MDL	11,8	30,1	<MDL	17,6	<MDL	<MDL	<MDL	196,7	264,8
39	<MDL	6,0	35,1	<MDL	<MDL	18,2	125,6	56,1	56,9	244,2	39,5	144,4	9834,6	10560,4
40	<MDL	8,6	12,1	<MDL	<MDL	39,5	68,9	14,4	<MDL	68,8	<MDL	20,5	92,3	325,0
41	<MDL	0,4	0,4	<MDL	4,9	2,3	25,4	<MDL	3,6	6,3	<MDL	<MDL	<MDL	43,3
42	<MDL	10,3	14,6	59,3	67,9	37,8	192,4	<MDL	47,5	72,3	<MDL	<MDL	66,0	568,1
43	10,2	18,1	970,8	137,8	<MDL	908,1	1700,4	<MDL	<MDL	196,5	251,7	71,2	4585,7	8850,4
44	<MDL	6,7	4,4	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	11,0
45	361,8	426,1	<MDL	180,6	<MDL	404,7	22,5	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	1553,8	2949,5
46	290,7	<MDL	<MDL	252,4	<MDL	297,7	18,0	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	1103,3	1962,1
47	<MDL	2,0	1,4	<MDL	<MDL	6,0	14,6	<MDL	<MDL	19,0	19,5	<MDL	<MDL	62,5
48	<MDL	2,3	3,6	<MDL	14,3	6,7	19,8	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	37,0	83,7
49	<MDL	10,9	8,7	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	19,6
50	<MDL	14,8	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	14,8

**Ek Çizelge 2: Araç içi toz örneklerinde belirlenen PBDE seviyeleri (ng/g)**  
(devam)

Örnek #	PBDE Kongeneri													$\sum_{13}$ PBDE
	-17	-28	-71	-47	-66	-100	-99	-85	-154	-153	-138	-183	-209	
51	<MDL	30,4	35,2	<MDL	115,7	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	181,2
52	<MDL	0,6	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	0,6
53	49,1	51,5	<MDL	20,6	<MDL	<MDL	17,2	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	186,9	325,2
54	<MDL	13,1	14,5	54,0	85,1	40,3	118,2	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	38,9	212,5	576,6
55	<MDL	14,1	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	31,4	45,6
56	<MDL	4,5	3,6	<MDL	<MDL	<MDL	25,2	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	33,3
57	35,2	66,7	<MDL	1752,4	559,7	493,9	3479,8	42,4	678,3	262,2	2,7	<MDL	114,0	7487,2
58	<MDL	<MDL	2,0	3,9	<MDL	8,3	23,7	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	37,8
59	554,1	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	554,1
60	<MDL	<MDL	7,1	<MDL	<MDL	<MDL	59,6	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	66,7
61	<MDL	16,3	11,9	<MDL	<MDL	48,6	108,2	<MDL	<MDL	112,4	<MDL	<MDL	<MDL	297,4
62	<MDL	3,1	4,1	<MDL	<MDL	<MDL	15,8	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	22,7	45,7
63	<MDL	38,7	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	38,7
64	<MDL	<MDL	3,2	<MDL	6,9	4,5	14,7	<MDL	6,5	10,6	31,3	<MDL	35,3	113,1

**Çizelge Ek-3. Kongener ve ΣPBDE bazında literatürde bildirilen araç içi toz konsantrasyonları (ng/g)**

<b>Çalışma</b>	<b>17</b>	<b>28</b>	<b>47</b>	<b>49</b>	<b>66</b>	<b>85</b>	<b>99</b>	<b>100</b>	<b>153</b>	<b>154</b>	<b>138</b>	<b>183</b>	<b>209</b>	
<b>Bursa n=61</b>														
<b>Ort.</b>	80,4	31	63	-	26	12	235	135	52	29	19	12	2016	
<b>Min.</b>	<0,30	<0,30	<0,30		<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,60	<0,60	<0,60	<0,60	<4,81	
<b>Mak.</b>	1416	426	1752	-	560	227	3630	1675	262	678	603	150	39657	Bu çalışma
<b>Tayland, n=30</b>														
<b>Ortalama</b>	0.04	0.32	1.8	0.24	0.25	0.25	3.0	0.45	0.45	0.23	—	—	—	
<b>Medyan</b>	0.015	0.015	0.64	0.015	0.015	0.11	1.2	0.14	0.22	0.015	—	—	—	
<b>Min.</b>	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	0.18	<0.03	<0.03	<0.03	—	—	—	Muenhor ve Harrad 2018
<b>Mak.</b>	0.36	6.8	16	5.7	6.4	2.0	22	3.3	4.3	0.84	—	—	—	
<b>Birleşik Krallık (Birmingham)</b>														
<b>Medyan</b>	—	<0.5	54	—	—	—	100	17	11	11	—	—	—	
<b>Min.</b>	—	<0.5	19	—	—	—	23	<0.5	<0.5	<0.5	—	—	—	Harrad ve diğ. 2008b
<b>Mak.</b>	—	43	7,500	—	—	—	8,000	2,300	1,500	1,900	—	—	—	



**Çizelge Ek-3.** Kongener ve ΣPBDE bazında literatürde bildirilen araç içi toz konsantrasyonları (ng/g) (devam)

Çalışma	17	28	47	49	66	85	99	100	153	154	138	183	209	
<b>ABD (New Jersey &amp; Pennsilvanya)</b>		154	1,23				1,99	345	552	194	—	—	—	
<b>Medyan</b>	—	118	880	—	—	—	1,13	211	163	105	—	—	—	
<b>Min.</b>	—	<3.2	139	—	—	—	201	32	43	21	—	—	—	Lagalante ve diğ. 2009
<b>Mak.</b>	—	763	13,6	—	—	—	22,9	3,870	16,600	2,050	—	—	—	
<b>ABD Pennsylvania, n=66 Ortalama</b>	7.4	17.3	1,95	119	29.9		2,99	372	266	153	—	—	—	Lagalante ve diğ. 2011
<b>Medyan</b>	2.1	4.8	590	22.5	7.6	—	613	78.5	71.5	10.4	—	—	—	
<b>Portekiz, (Porto) n=9 Ortalama</b>		8.8	387	26	8.4	56	650	161	148	110	—	—	—	
<b>Medyan</b>	—	4.0	88	26	3.0	6.0	126	23	23	12	—	—	—	Cunha ve diğ. 2010
<b>Min.</b>	—	<dl	26	9.0	<dl	<dl	13	2	1	2	—	—	—	
<b>Mak.</b>	—	46	1,549	57	37	368	3,104	914	937	697	—	—	—	

**Çizelge Ek-3.** Kongener ve ZPBDE bazında literatürde bildirilen araç içi toz konsantrasyonları (ng/g) (devam)

<b>Çalışma</b>	<b>17</b>	<b>28</b>	<b>47</b>	<b>49</b>	<b>66</b>	<b>85</b>	<b>99</b>	<b>100</b>	<b>153</b>	<b>154</b>	<b>138</b>	<b>183</b>	<b>209</b>	
<b>İsveç, (Stockholm), n=10</b>		0.20	7.4				11		3.1		—	—	—	Thuresson ve diğ. 2012
<b>Medyan</b>														
<b>Min.</b>	—	<0.1	0.56	—	—	—	1.5	—	0.25	—	—	—	—	
<b>Mak.</b>	—	0.4	22	—	—	—	30	—	6.7	—	—	—	—	
<b>Mısır, (Cairo) n=9</b>	5.33	2.50	25.9		2.23	1.68	33.0	6.67	25.4	5.94	—	—	—	Hassan ve Shoeib 2015
<b>Ort.</b>														
<b>Medyan</b>	2.56	1.18	5.69	—	1.77	0.93	22.5	4.82	16.3	3.64	—	—	—	
<b>Min.</b>	0.94	0.67	0.49	—	0.58	0.13	1.51	0.09	4.03	0.57	—	—	—	
<b>Mak.</b>	25.5	12.0	111	—	5.80	5.79	123	25.1	74.9	21.0	—	—	—	
<b>Kuveyt, (Kuwait city), n=15</b>		0.3	6.8				14.7	3.4	6.7	1.6	—	—	—	Ali ve diğ. 2013
<b>Medyan</b>	—	0.2	5.8	—	—	—	8.5	1.5	1.5	1.1	—	—	—	
<b>Min.</b>	—	<0.2	0.6	—	—	—	1.0	<0.2	<0.2	<0.2	—	—	—	
<b>Mak.</b>	—	2	14.5	—	—	—	62	17	70	6	—	—	—	

**Çizelge Ek-3.** Kongener ve SPBDE bazında literatürde bildirilen araç içi toz konsantrasyonları (ng/g) (devam)

Çalışma	17	28	47	49	66	85	99	100	153	154	138	183	209	
<b>Suudi Arabistan (Jeddah) n=15</b>														
Ortalama		LOQ	21				40	7	6	3	—	—	—	
Medyan	—	LOQ	10	—	—	—	9	2	1.5	1.5	—	—	—	Ali ve diğ. 2016
Min.	—	—	LOQ	—	—	—	LOQ	LOQ	LO Q	LO Q	—	—	—	
Mak.	—	—	200	—	—	—	400	700	30	25	—	—	—	
<b>Pakistan, (Faisalabad), n=15</b>														
Ortalama		0.2	1.8				2.5	0.4	1.0	0.4	—	—	—	
Medyan	—	<0.1	1.2	—	—	—	1.7	0.3	0.9	0.3	—	—	—	Ali ve diğ. 2013
Min.	—	<0.1	<0.2	—	—	—	0.4	<0.2	<0.2	<0.2	—	—	—	
Mak.	—	1.3	7.5	—	—	—	8.0	1.5	2.2	0.8	—	—	—	

## **ÖZGEÇMİŞ**

Ad-Soyad : Selçuk BALCI

Doğum Tarihi ve Yeri : 05.07.1991/Bursa

E-posta : blcslek@gmail.com

## **ÖĞRENİM DURUMU:**

Lisans : 2009-2014, Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

## **MESLEKİ GEÇMİŞ**

Çevre Mühendisi: 2018-devam, Adal Grup, Balat mah., Sıhhiye Cad. Ofis 4200 İş Merkezi, Kat 2, No: 23, Nilüfer, Bursa, Tel: 4442325