

**BURSA İLİ İÇ VE DIŞ ORTAM HAVASINDA
ORGANOKLORLU PESTİSİT (OCP) SEVİYELERİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Sündüz SHANABO



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BURSA İLİ İÇ VE DIŞ ORTAM HAVASINDA ORGANOKLORLU PESTİSİT
(OCP) SEVİYELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Sündüz SHANABO
0000-0003-1963-513X

Prof. Dr. Fatma ESEN
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2022
Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Sündüz SHANABO tarafından hazırlanan “BURSA İLİ İÇ VE DIŞ ORTAM HAVASINDA ORGANOKLORLU PESTİSİT (OCP) SEVİYELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Fatma ESEN

Başkan	:	Prof. Dr. Fatma ESEN 0000-0002-1445-0868 Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı	İmza
Üye	:	Prof. Dr. Yücel TAŞDEMİR 0000-0002-2544-9862 Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı	İmza
Üye	:	Doç. Dr. Ahmet AYGÜN 0000-0002-6321-0350 Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı	İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN
Enstitü Müdürü

.././.....

B.U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

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

beyan ederim.

.../.../.....

Sündüz SHANABO

TEZ YAYINLANMA FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezin/raporun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma izni Bursa Uludağ Üniversitesi'ne aittir. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet hakları ile tezin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları tarafımıza ait olacaktır. Tezde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığını ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederiz.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**” kapsamında, yönerge tarafından belirtilen kısıtlamalar olmadığı takdirde tezin YÖK Ulusal Tez Merkezi / B.U.Ü. Kütüphanesi Açık Erişim Sistemi ve üye olunan diğer veri tabanlarının (Proquest veri tabanı gibi) erişimine açılması uygundur.

Prof. Dr Fatma ESEN
Tarih

Sündüz SHANABO
Tarih

İmza

Bu bölüme kişinin kendi el yazısı ile okudum
anladım yazmalı ve imzalanmalıdır.

İmza

Bu bölüme kişinin kendi el yazısı ile okudum
anladım yazmalı ve imzalanmalıdır.

ÖZET

Yüksek Lisans/Doktora Tezi

BURSA İLİ İÇ VE DIŞ ORTAM HAVASINDA ORGANOKLORLU PESTİSİT (OCP) SEVİYELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Sündüz SHANABO

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Fatma ESEN

Bu çalışmada, iç ve dış ortam hava örnekleri Aralık 2019 ve Şubat 2020 ayları arasında, Bursa ili'nin 15 farklı noktasındaki mekanlardan pasif hava örnekleyici (PHÖ) kullanılarak Organoklorlu Pestisitlerin (OCP'lerin) seviyeleri değerlendirilmeye çalışılmıştır. 15 farklı noktadan iç ortam hava örnekleri alınırken bu noktalardan 6 tanesinden de aynı örnekleme zamanında dış ortam hava örnekleri alınmıştır.

Örneklemenin yapıldığı bölgeler Bursa'nın Yıldırım, Kestel, Mudanya, Nilüfer ve Osmangazi ilçelerindedir. İç ortam havasında ölçülen toplam 10 OCP ($\Sigma_{10}OCP$) konsantrasyonları için minimum değer 93,39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Yıldırım ilçesinde Bursa Modern evinde (8.), maksimum değer 887,10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Yıldırım ilçesinde Vişne caddesindeki tekstil atölyesinde (5.) tespit edilmiştir. Değerinin yüksek olmasının sebebi bölgenin sanayi olması olduğu belirlenmiştir.

Dış ortam havasında ölçülen $\Sigma_{10}OCP$ konsantrasyonları için minimum değer 130,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Nilüfer ilçesinde Yüzüncüyıl Mahallesinde yer alan referans noktalardan biri olan ev (13.) iken; maksimum değer 888,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Yıldırım ilçesinde Esenevler Mahallesindeki eve (6.) aittir. Bu durum, bölgelerde daha önce pestisitlerin kullanıldığı ve hava ortamında hala etkilerinin gözlenebileceğini ortaya koymaktadır. Yüksek konsantrasyonun alanda kirleticinin varlığına ek nedenlerinden biri de örnekleme döneminde binanın dış bölümünde yapılan boyama çalışmasıdır. İç ve dış ortam OCP konsantrasyonlarının oranları (İ/D) hesaplanmış ve kirleticilerin çoğunlukla iç ortamdan kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Tanı oranları kullanılarak da Bursa'da lindan kullanımının hala devam ettiği belirlenmiştir. PHÖ kullanarak elde edilen OCP'lerin konsantrasyon değerleri kullanarak yetişkin insanlarda ve çocuklarda oluşabilecek kanser riski değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre hem iç hem de dış ortam için yetişkin insanlarda ve çocuklarda solunum yoluyla oluşan OCP'ye ait kanser riskinin yüksek seviyelerde olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İç ortam, Dış ortam, Organoklorlu pestisit, Pasif hava örnekleyici, Hava kirliliği 2022, xii + 67 sayfa

ABSTRACT

MSc Thesis

EVALUATION OF ORGANIC CHLORINE PESTICIDE (OCP) LEVELS IN INDOOR AND OUTDOOR AIR IN BURSA PROVINCE

Sündüz SHANABO

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Fatma ESEN

In this study, the levels of Organochlorine Pesticides (OCPs) were evaluated by using passive air sampler (PHÖ) in indoor and outdoor air samples from 15 different locations in Bursa between December 2019 and February 2020. While indoor air samples were taken from 15 different points, outdoor air samples were taken from 6 of these points at the same sampling time.

The sampling areas are in Bursa's Yıldırım, Kestel, Mudanya, Nilüfer and Osmangazi districts. For total 10 OCP ($\sum_{10} \text{OCP}$) concentrations measured in indoor air, the minimum value is 93.39 pg/m^3 in Bursa Modern house (8th) in Yıldırım district, the maximum value is 887.10 pg/m^3 in the textile workshop on Vişne street in Yıldırım district. (5.) has been identified. It has been determined that the reason for its high value is that the region is industrial.

The minimum value for $\Sigma 10 \text{OCP}$ concentrations measured in the outdoor air is 130.6 pg/m^3 , while the house (13th) is one of the reference points located in Yüzüncü Yıl Mahallesi in Nilüfer district; The maximum value of 888.8 pg/m^3 belongs to the house (6th) in Esenevler Mahallesi in Yıldırım district. This situation reveals that pesticides were used in the regions before and their effects can still be observed in the air environment. One of the additional reasons for the presence of the pollutant in the high concentration area is the painting work done on the exterior of the building during the sampling period. The ratios (I/O) of indoor and outdoor OCP concentrations were calculated and it was concluded that the pollutants mostly originate from the indoor environment. Using the diagnosis rates, it was determined that the use of lindane still continues in Bursa. The risk of cancer in adults and children was evaluated using the concentration values of OCPs obtained by using PHO. According to the results obtained, it has been determined that the cancer risk of respiratory OCP in adults and children is at high levels for both indoor and outdoor environments.

Key words: Organochlorine pesticide, Passive air samplers, Air pollution, Indoor, Outdoor. 2022, xii + 67 pages.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yürütülmesi ve sonuçlandırılması aşamalarında bilgi ve tecrübesini esirgmeden bana sunan, çalışmalarım boyunca yardımını, desteğini eksik etmeyen saygıdeğer hocam Prof. Dr. Fatma ESEN'e, içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca OCP analizlerinin okunmasında katkı sağlayan hocam Prof.Dr. Yücel Taşdemir ve hava grubundaki hocalarıma teşekkür ederim.

Eğitim öğretim hayatımın ilk gününden beri hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan, desteklerini her zaman yanımda hissettiğim değerli annem ve rahmetli babam İman – Ahmad Zafer MAKANSI'ye teşekkürlerimi sunarım.

Desteğini ve sevgisini gösteren, zor zamanlarımda yanımda olan, manevi desteğini eksik etmeyen biricik sevgili kocam Dr. Mohamad SHANABO'na teşekkürlerimi sunarım.

Çocukluğumdan beri yanımda olan ve beni destekleyen arkadaşım ve ablam Hazar MAKANSI'ye teşekkürlerimi sunarım.

Sündüz SHANABO
.../.../.....

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
ÖNSÖZ ve/veya TEŞEKKÜR.....	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	xix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
2.1. Organoklorlu Pestisitler'e Genel Bakış.....	3
2.2. Organoklorlu Pestisitler'in Kaynakları ve Kullanımı.....	4
2.3. Organoklorlu Pestisitlerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	6
2.4. Organoklorlu Pestisitlerin Toksisitesi.....	7
2.5. OCP Konsantrasyonlarının Pasif Hava Örnekleyiciler ile Belirlenmesi.....	11
2.6. Literatürde Organoklorlu Pestisitlerle İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar.....	12
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	15
3.1. Örnekleme Bölgeleri.....	15
3.2. Örnekleme Metodu.....	22
3.3. Örneklerin Hazırlanması.....	23
3.3.1. Cam Malzemelerin Kullanımı.....	23
3.3.2. PHÖ'de kullanılan PÜK disklerin örnekleme için hazırlanması.....	23
3.4. Örneklerin Ekstraksiyonu.....	24
3.5. Örneklerin Konsantre Hale Getirilmesi.....	25
3.6. Temizleme ve Fraksiyonlarına Ayırma.....	26
3.6.1. Silisik Asit'in Hazırlanması.....	26
3.6.2. Alümina'nın Hazırlanması.....	27
3.7. Gaz Kromatograf-Elektron Yakalama Dedektörü (GC-ECD).....	29
3.8. Kalite Kontrol ve Kalite Güvenilirliği.....	29
3.9. Analitik Standartlar.....	30
3.10. İç ve Dış Ortam Konsantrasyon Hesaplama Yöntemi.....	30
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	31
4.1. İç Ortam Havasında Ölçülen OCP Konsantrasyonları.....	31
4.2. Dış Ortam Havasında Ölçülen OCP Konsantrasyonları.....	40
4.3. İç ve Dış Ortamlardaki OCP Konsantrasyonları Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi.....	49
4.4. Organoklorlu Pestisitlerin Kaynaklarının Belirlenmesi.....	51
4.5. Organoklorlu Pestisitlerin Sağlık Riski ve Toksisitesinin Belirlenmesi.....	53
5. SONUÇLAR.....	59
KAYNAKLAR.....	61
ÖZGEÇMİŞ.....	67

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
α	Alfa
β	Beta
cm	Santimetre
Dak	Dakika
δ	Delta
γ	Gama
g	Gram
m	Metre
m ³	Metreküp
mL	Mililitre
Na ₂ SO ₄	Sodyum sülfat
pg	Pikogram
R ²	Regresyon katsayısı
°C	Santigratderece
Σ	Toplam
%	Yüzde
±	Artı-eksi

Kısaltmalar	Açıklama
ACE	Aseton
DCM	Diklorometan
ECD	Elektron yakalama dedektörü
ED	Maruz kalma süresi
EF	Maruz kalma sıklığı
ET	Günlük maruz kalma süresi
μ -ECD	Mikro-elektron yakalama dedektörü
GC	Gaz kromatograf
HEX	Hekzan
KOK	Kalıcı organik kirletici
OCP	Organoklorlu pestisit
PE	Petrol eteri
PHÖ	Pasif hava örnekleyicisi
PÜK	Poliüretan köpük
US-EPA	Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Kurumu
YHHÖ	Yüksek hacimli hava örnekleyicisi

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Bazı OCP türlerinin şekilleri.....	4
Şekil 2.2. Pasif örnekleycilerin çalışma prensibi.....	11
Şekil 3.1. Bursa'nın Türkiye ve dünyadaki yeri.....	15
Şekil 3.2. Örnekleme Bölgeleri.....	17
Şekil 3.3. Yıldırım Örnekleme Bölgeleri.....	18
Şekil 3.4. Kestel Örnekleme Bölgeleri.....	19
Şekil 3.5. Mudanya Örnekleme Bölgesi	20
Şekil 3.6. Nilüfer Örnekleme Bölgeleri	21
Şekil 3.7. Osmangazi Örnekleme Bölgesi.....	22
Şekil 3.8. A. İç Ortam Pasif Hava Örnekleyci B. Dış Ortam Pasif Hava Örnekleyci	23
Şekil 3.9. Sokslet Ekstraksiyon Düzenegi.....	24
Şekil 3.10. Sokslet Takımı.....	25
Şekil 3.11. Döner buharlaştırıcı (Laborota 4001 Model, Heidolph, Germany)...	26
Şekil 3.12. Fraksiyon Kolunu.....	28
Şekil 3.13. Laboratuvardaki Fraksiyon İşlemi.....	28
Şekil 4.1. 2019 Aralık ayı için PHÖ ile örneklenen iç ortam Σ_{10} OCP konsantrasyonları	32
Şekil 4.2. 2020 Ocak ayı için PHÖ ile örneklenen iç ortam Σ_{10} OCP konsantrasyonları	33
Şekil 4.3. 2020 Şubat ayı için PHÖ ile örneklenen iç ortam Σ_{10} OCP konsantrasyonları	34
Şekil 4.4. Örnekleme bölgelerinin iç ortam Σ_{10} OCP ortalama konsantrasyonları (pg/m^3).....	36
Şekil 4.5. İç ortam Σ_{10} OCP ortalama konsantrasyonları	39
Şekil 4.6. 2019 Aralık ayı için PHÖ ile örneklenen iç ortam Σ_{10} OCP konsantrasyonları	41
Şekil 4.7. 2020 Ocak ayı için PHÖ ile örneklenen dış ortam Σ_{10} OCP konsantrasyonları	42
Şekil 4.8. 2020 Şubat ayı için PHÖ ile örneklenen dış ortam Σ_{10} OCP konsantrasyonları	43
Şekil 4.9. Dış ortam Σ_{10} OCP ortalama konsantrasyonları.....	46
Şekil 4.10. Σ_{10} OCP'lerin iç ve dış ortam konsantrasyonları.....	49
Şekil 4.11. İç ortamdaki yetişkin insanlar için hesaplanan kanser risk indeksi..	54
Şekil 4.12. İç ortamdaki çocuklar için hesaplanan kanser risk indeksi.....	55
Şekil 4.13. Dış ortamdaki yetişkin insanlar için hesaplanan kanser risk indeksi..	56
Şekil 4.14. Dış ortamdaki çocuklar için hesaplanan kanser risk indeksi.....	57

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Organoklorlu bileşiklerin gelişimi ile ilgili kısa bir tarihçe.....	5
Çizelge 2.2. OCP bileşiklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	6
Çizelge 2.3. Bazı Organoklorlu Pestisitlerin biyokimyasal etkileri	8
Çizelge 3.1. Örnekleme Noktaları ve Özellikleri.....	16
Çizelge 4.1. İç ortamda tüm örnekleme noktalarının ortalama Σ_{10} OCP konsantrasyonları.....	35
Çizelge 4.2. Dış ortamda tüm örnekleme noktalarının ortalama Σ_{10} OCP konsantrasyonları	45
Çizelge 4.3. Dış ortamdaki Σ_{10} OCP türlerinin ortalama konsantrasyonları.....	47
Çizelge 4.4. İç ve dış ortam Σ_{10} OCP konsantrasyonlarının oranları.....	50

1. GİRİŞ

Son birkaç on yılda, insan toplumunun yoğun ekonomik genel gelişimi ile sıkı bağlantılı olarak atmosferin doğasında birçok değişiklik meydana gelmiştir. En büyük gelişmeler enerji, endüstri, ulaşım, iletişim ve çok sayıda günlük ürünün üretimi alanlarında görülmektedir. Bu ilerleme ile atmosfer, toprak ve su kirliliği, insan faaliyetlerinin neden olduğu iklim değişiklikleri, ormansızlaşma ve küresel ısınmaya katkı açısından çevrenin kalitesine yüksek bir bedel ödemek zorunda kalmaktadır (Cretescu ve ark. 2017).

Organoklorlu pestisitler (OCP'ler); hidrojen, karbon ve klor atomlarından oluşan kimyasal bileşikler grubudur. İlk kullanımları 1940'larda tarımsal uygulamalarda ve bitkilere zarar veren böcekleri kontrol etmek için kullanılmıştır. OCP'ler; biyoakümülatif, toksisitesi, parçalanmaya karşı dayanıklı olmaları ve uzun mesafelere taşınma potansiyelleri nedeniyle Stokholm Sözleşmesi'nde çevreye zararlı, kalıcı organik kirleticiler listesine alınmıştır (Yılmaz 2014).

Atmosferik OCP'lerin kaynakları noktasal ve noktasal olmayan ikiye ayrılmaktadır (Yılmaz 2017). Noktasal kaynaklar, OCP'lerin ekipmanlara yüklenmesi sırasında oluşan sızıntılar, noktasal olmayan kaynaklar ise, uçaklarla geniş bir araziye uygulanan ilaçlamalar olarak değerlendirilebilmektedir (Öz 2009, Yılmaz 2017). OCP'lerin atmosferdeki akıbeti; rüzgar hızı, hava akım hızı, havanın sıcaklığı, partikül maddelerin büyüklüğü gibi çeşitli faktörlere dayanmaktadır (Erdem 2010).

Kalıcı Organik Kirleticilerin (KOK) iç ve dış hava ortamlarında belirlenmesine yönelik çalışmalara olan ilgi her geçen gün artmaktadır. Bunun en önemli sebebi KOK'ların çevreye özellikle de insan sağlığı üzerine olan olumsuz etkilerinin yapılan çalışmalarla ortaya konulmasıdır.

Çevre koruma ajansının insanların hava kirleticilerine maruz kalmasına ilişkin yaptığı çalışmalara göre, iç ortamdaki kirleticilerin seviyesi genellikle dış ortamdaki seviyelere göre 2-5 kat daha fazladır. Bunun sebebi insanların çoğu toplam zamanlarının yaklaşık

%80-90'ını iç ortamlarda geçirmektedir. Hava kirliliği ile ilgili asıl ilginin dış ortam hava kirleticilerine dayandığı fark edilmiş ancak son yıllarda iç ortam kirleticilerinin dış ortam kirleticileri kadar tehlikeli olduğu gözlemlenmiştir. Bu kapsamda temizlik amacıyla evlerde kullanılan kimyasallar, pestisitler, deterjanlar vb. birçok tehlikeli kirletici görülebilmektedir.

İç ortamda pişirme, sigara içme, soba sızıntıları, iç ortamda kullanılan ekipmanlar, yapı malzemeleri ve mevcut partiküllerin yeniden sürüklenmesi iç ortam hava kirletici kaynakları olarak sınıflandırılmaktadır. Bu tür iç ortam kirleticilerinin konsantrasyonu, bazen dış ortam konsantrasyonları için belirlenen standardı bile aşacak kadar yüksektir. Çoğu insan hava kirliliğinin sağlıklarına zarar verebileceğinin farkındadır, ancak birçoğu iç ortam hava kirliliğinin de önemli sağlık etkileri olabileceğini bilmemektedir (Dikaia ve ark. 2020, Dymond ve ark. 2021, Gaikwad ve ark. 2019).

Bu çalışmada Bursa İli sınırları içerisinde seçilen 6 adet ev, 8 adet işyeri, 1 adet otele ait iç ortam ile bu örnekleme noktalarının 6 tanesinin dış ortamından pasif hava örnekleycileri (PHÖ) kullanarak OCP örnekleme yapılmıştır. Örnekleme aylık periyotlarda yapılmış olup toplam 3 periyot örnekleme yapılmıştır. Çalışmada OCP'lerin iç ve dış ortamdaki mevcut konsantrasyonları değerlendirilmiştir. Bu kapsamda çalışmanın amacı:

- i) Bursa'daki farklı örnekleme noktalarındaki organoklorlu pestisit (OCP) konsantrasyonlarını belirlemek ve örnekleme noktaları arasındaki farklılıkların ortaya koyulması,
- ii) İç ve dış ortamlardaki OCP konsantrasyonları arasındaki ilişkinin belirlenmesi ve karşılaştırması,
- iii) Organoklorlu pestisitlerin kaynaklarının belirlenmesi,
- iv) Organoklorlu pestisitlerin sağlık riski ve toksisitesinin belirlenmesidir

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Organoklorlu Pestisitler'e Genel Bakış.

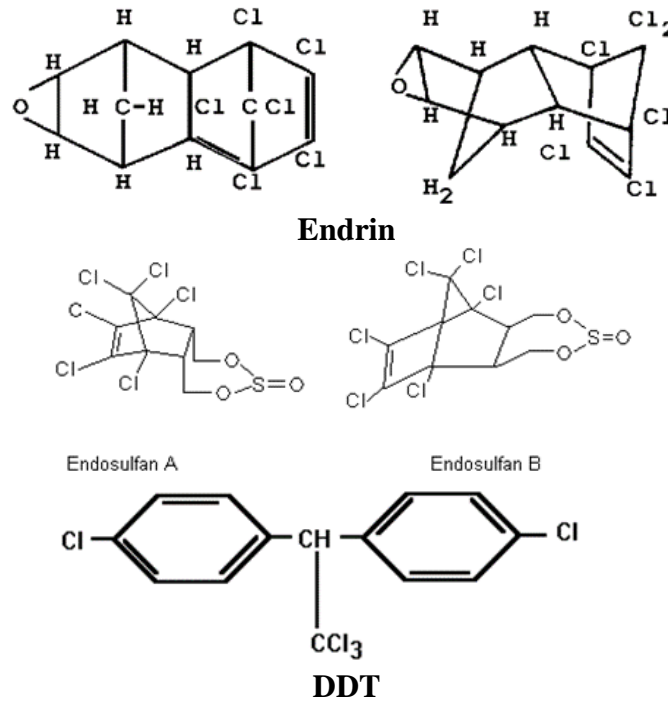
En yaygın kullanılan pestisitlerden biri organoklorlu pestisitlerdir (OCP). OCP'ler, belirli canlı organizmaları özellikle engellemek için geliştirilmiştir. Tıpkı diğer pestisitler gibi, çevreye kasıtlı olarak salındıkları için diğer kimyasal kirleticilerden farklıdır. Tahmin edilebileceği gibi zehirlidirler ve haşerelerin sinirsel işlevlerini bozarak ölümlerine yol açarlar. Organoklorlu bileşikler kalıcı organik kirleticilerin (KOK'lar) bir parçasıdır ve klor ekleri, polar fonksiyonel gruplara sahip olmaları ve aromatik olabilen siklik yapının varlığı ile karakterize edilmektedir (Elvira ve ark. 2011, Timothy ve ark. 2020).

Genellikle ortamda uzun süre bozulmadan kalırlar. Ayrıca yarı uçucu özelliğinden dolayı uzun mesafelerde hareket edebilirler ve doğada lipofildirler (sinir gibi yağları olan dokularda bulunurlar). OCP'ler, doğaları ve özellikleri nedeniyle, birçok ülke tarafından kullanımları yasaklanmış olmasına rağmen, çöl, kar, su kütleleri, toprak ve hava dahil olmak üzere ekolojinin her yerinde bulunmaktadır (Timothy ve ark. 2020). Bu pestisitler aynı zamanda endokrin bozucular olarak da nitelendirilmişlerdir. Ayrıca pestisitlerin tümü, üreme gelişimini de etkileyen nörotoksik maddelerdir (Jon ve ark. 2006).

OCP'ler, esas olarak karbon, hidrojen ve klorun oluşturduğu kimyasal gruptur. OCP'ler; toksik, biyoakümülatif, parçalanmaya karşı dayanıklı olmaları ve uzun mesafelere taşınma potansiyelleri nedeniyle Stokholm Sözleşmesi'nde çevreye zararlı, kalıcı organik kirleticiler listesine alınmıştır (Yılmaz 2014). 16 tür OCP bileşiği bulunmaktadır. Bunlar: alfa-Hexachlorocyclohexane (α -HCH), beta-Hexachlorocyclohexane (β -HCH), gamma-Hexachlorocyclohexane (γ -HCH), delta-Hexachlorocyclohexane (δ -HCH), aldrin, heptachlor, heptachlor epoxy, dieldrin, endrin, DDE, DDD, DDT, endosülfan I, endosülfan II, endosülfan sülfat ve metoxychlor bileşikleridir. Bu kimyasallar, uzun menzilli taşınma, insan ve hayvan dokularında biyo-

birikim ve gıda zincirlerinde biyo-birikme yeteneğine sahip, tehlikeli derecede toksik kirleticilerdir.

Heksaklorosikloheksanlar (HCH'ler) ve diklorodifenil trikloroetanlar (DDT'ler) dahil olmak üzere OCP'ler, insan sağlığına zararlı etkileri olan kalıcı organik kirleticilerdir (Anonim 2, 2001, Sanusi ve ark. 1999, Yang ve ark. 2021). Aşağıda Şekil 2.1'de OCP'ler arasında yer alan Endrin, Endosülfan ve DDT'nin yapısı gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Bazı OCP türlerinin şekilleri (Anonim 1, 2022)

2.2. Organoklorlu Pestisitler'in Kaynakları ve Kullanımı

Organoklorlu pestisitler çevrede yaygın olarak kullanılan bir grup klorlu bileşiktir. Bu kimyasallar, çevrede yüksek kalıcılığa sahip, kalıcı organik kirletici sınıfına aittir. OC insektisitler daha önce sıtma ve tifüs kontrolünde kullanılıyordu, ancak şimdi bunlar çoğu ülkede yasaklanmıştır. OCP ilk olarak 1884 yılında sentezlenmiştir. 2. Dünya Savaşı döneminden sonra, OCP'nin vektör kontrolü için iç ortam kalıntı spreylerinde (indoor residual sprays) (IRS) kullanımına ek olarak tarım sektöründe güçlü bir pestisit olarak yaygın kullanıldığı görülmüştür. Organoklorlu solventler polar değildir ve bu

nedenle suda karışmazlar ve yağ giderme ve kuru temizlemede kullanılırlar. Teflon'un üretim mekanizması ayrıca OCP'lerin kullanımını da içermektedir (Singh ve ark. 2016). OCP'lerin kaynakları özellikle eski binalar, tarımsal ve sanayi alanlarıdır (Audy ve ark. 2018, Demirtepe ve ark. 2019). Organoklorlu bileşiklerin gelişimi ile ilgili kısa bir tarihçe Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Organoklorlu bileşiklerin gelişimi ile ilgili kısa bir tarihçe (Pattnaik ve ark. 2014, Louie ve ark. 2003)

1939	Paul Muler tarafından İsviçre'de DDT'nin böcek öldürücü özellikleri keşfedilmiştir
1948	Aldrin, Dieldrin Julius Hymen, USA tarafından sentezlenmiştir
1948	Methoxychlor sentezlenmiştir
1949	İnek sütünde DDT kalıntısı tespit edilmiştir
1951	Eldrin sentezlenmiştir
1955	Dicofol tanıtılmıştır
1956	Endosülfan sentezlenmiştir
1970	DDT'nin birçok ülkede kullanımı yasaklanmıştır
1983	DDT'nin Türkiye'de kullanımı yasaklanmıştır
1985	HCH'nin kullanımı yasaklanmıştır

1980'lerin sonunda gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde KOK'ların kullanımı yasaklanmış olsa da, üçüncü dünya ülkelerinde kullanımı ve kirlenmiş alanlardan transferi nedeniyle atmosferde tespitleri mümkün olan bu bileşikleri için Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından düzenlenen Stockholm Sözleşmesi 2001 yılında imzalanmış ve 2004 yılında yürürlüğe sokularak ilk olarak 12 kirleticinin (DDT, endrin, dieldrin, klordan, aldrin, heptaklor, mireks, toksafen, heksaklorobenzen, PCBs ve PCDD/PCDF) kullanımı yasaklanmıştır. Türkiye de bu anlaşmayı 2001 yılında imzalamıştır. 2009 yılında katılımı onaylanmıştır. Bu nedenle, Sözleşme kapsamında yukarıda belirtilen KOK'ların kaynaklarının belirlenmesi, kirleticiler listesinin tutulması ve bu kirleticilerin kullanımının 2025 yılına kadar tamamen yasaklanması beklenmektedir.

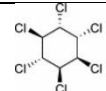
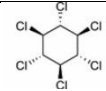
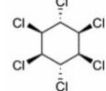
Ayrıca, 9 diğer KOK listelenmiş (lindan (γ -HCH), α -HCH, β -HCH, klordekon, hegzabromobifenil, perflorooktan sülfonat, pentaklorobenzen ve ticari PBDE) ve bunlar 2010 yılında yasaklı kirleticiler listesine alınmıştır (Ugranlı ve ark. 2015).

Bu yasak çoğu gelişmiş ülkede uygulanmış olsa da OCP'ler düşük maliyeti, kolay bulunabilirliği ve pestisit ve vektör kontrolü olarak etkinliği nedeniyle gelişmekte olan ülkelerde hala yaygın olarak kullanılmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde OCP'nin sürekli kullanımı, pestisitlerin insan hayatını vektör kaynaklı hastalıklardan kurtarmada getirdiği acil faydaların, bunun neden olduğu uzun vadeli sonuçlardan daha çok önemli olduğu inancından kaynaklanıyor olabilmektedir (Awasthi ve ark. 2019, Pattnaik ve ark. 2014).

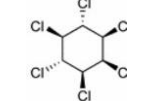
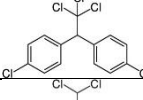
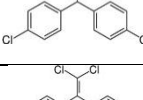
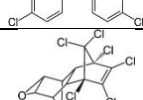
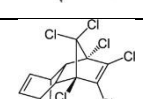
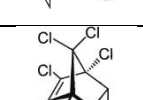
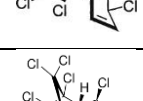
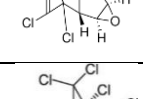
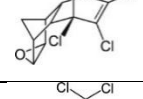
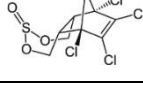
2.3. OCP'lerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Organoklorlu pestisitler, döngüsel yapıları, klor atomlarının sayısı ve konumu ve düşük uçuculukları ile karakterize edilen hidrokarbon bileşiklerinin sınıflarıdır (Harb ve ark. 2019). OCP'ler yüksek kalıcılık, suda düşük çözünürlük, düşük polarite ve lipid çözünürlüğüne sahiptir. Lipo-çözünürlükleri nedeniyle memelilerin lipid tabakasında birikirler (Pattnaik ve ark. 2014). OCP bileşiklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. OCP bileşiklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri (Jayaraj ve ark. 2016, Scutariu ve ark. 2019)

Bileşik İsmi	Molekül Formülü	Kimyasal yapısı	LogKow	Kaynama noktası, (°C)	Molekül ağırlığı, g/mol	Erime Noktası, (°C)
α -HCH	C ₆ H ₆ Cl ₆		3.79	288	290.8	159-160
β -HCH	C ₆ H ₆ Cl ₆		3.88	0,5 mm Hg'de 60	290.8	314,5
γ -HCH	C ₆ H ₆ Cl ₆		3.72	323	290.8	112,5

Çizelge 2.2. OCP bileşiklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri (Jayaraj ve ark. 2016, Scutariu ve ark. 2019) (devam)

δ-HCH	C ₆ H ₆ Cl ₆		4.17	0.36 mm Hg'de 60	290.8	141,5
4,4-DDT	C ₁₄ H ₉ Cl ₅		6.36	260	354.5	108,5
4,4-DDD	C ₁₄ H ₁₀ Cl ₄		5.70	193	320.0	109-110
4,4-DDE	C ₁₄ H ₈ Cl ₄		5.50	88-90	318.0	89
Dieldrin	C ₁₂ H ₈ Cl ₆ O		5.38- 7.67	385	380.9	175,5
Aldrin	C ₁₂ H ₈ Cl ₉		5.68- 7.4	385	364.9	104
Heptachlor	C ₁₀ H ₅ Cl ₇		5.44	145	373.3	95,5
Heptachlor epoxide	C ₁₀ H ₅ Cl ₇ O		5.44	164	389.3	160
Endrin	C ₁₂ H ₈ Cl ₆ O		5.43- 5.6	200	380.9	226-230
Endosulfan	C ₉ H ₆ Cl ₆ O ₃ S		3.83	106	406.9	106

2.4. Organoklorlu Pestisitlerin Toksikitesi

Organoklorlu pestisitler, solunum yolu ile akciğer ve gıda yolu ile de karaciğerlerden insan vücuduna girebildikleri gibi bir de bağırsak duvarından da emilebilirler (Singh ve ark. 2016).

Bu organoklorlu bileşiklerin bazılarının kanserojen olduğu rapor edilmiştir. Kanserden muzdarip kişilerde DDT'nin çok yüksek olduğu bulunmuştur. Aslında, kanserle ilgili araştırmalarla ilgilenen bir kuruluş olan Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (IARC),

dieldrin ve aldrin gibi organoklorlu pestisitleri, onları kanserle ilişkilendiren çeşitli araştırmalardan elde edilen kanıtlara dayanarak insan kanserojenleri olarak sınıflandırmıştır. Bu iki organoklorlu pestisite yüksek miktarda maruziyetin böbrek hasarına, sinir sistemi üzerinde zararlı etkilere ve konvülsiyona yol açabileceği belirtilmiştir (Timothy ve ark. 2020). OCP ayrıca güçlü nörolojik reaksiyonlarla da ilişkilidir. Belli bir süre boyunca OCP'ye sürekli maruz kalmanın Parkinson hastalığı riskini arttırdığı ortaya çıkmıştır. OCP, hamilelik sırasında östrojen-progesteron düzeyinde bir dengesizliğe neden olarak erken doğuma sebep olabilmektedir (Awasthi ve ark. 2019).

Dünya çapında yaklaşık bir milyar insanın hipertansiyondan muzdarip olduğu ve bunun nedenlerinden biri gıdalardaki organoklorlu pestisitler olduğu raporlanmıştır (Timothy ve ark. 2020).

OCP ayrıca östrojen ve androjenler gibi endokrin reseptörleri ile etkileşime girebilmektedir. Zehirlenmeleri mide bulantısı, zihinsel karışıklık, titreme, baş dönmesi ve ağrısı, kusma ve koordinasyon eksikliği gibi çeşitli semptomlara neden olabilmektedir (Singh ve ark. 2016). Bazı organoklorlu pestisitlerin biyokimyasal etkileri Çizelge 2.3'de göstermektedir.

Çizelge 2.3. Bazı Organoklorlu Pestisitlerin biyokimyasal etkileri (Jayaraj ve ark. 2016)

Kimyasal adı	Organizma	Biyokimyasal etkiler
Aldrin ve Dieldrin	İnsan	Nörotoksik, üreme, gelişim, immünolojik, genotoksik, tümörijenik etkiler, bulantı, kusma, kas seğirmesi ve aplastik anemi
Aldrin ve Dieldrin	Fare, sıçan, tavşan ve köpek	Konvülsiyonlar, vücut ağırlığında azalma, depresyon, artan sinirlilik, tükürük salgısı, aşırı uyarılabilirlik, bitkinlik ve ölüm

Çizelge 2.3. Bazı Organoklorlu Pestisitlerin biyokimyasal etkileri (Jayaraj ve ark. 2016) (devam)

DDT	İnsan	Ağızda karıncalanma hissi, bulantı, baş dönmesi, konfüzyon, baş ağrısı, uyuşukluk, koordinasyon bozukluğu, kusma, yorgunluk, ekstremitelerde titreme, anoreksi, anemi, kas zayıflığı, hiperekstibilitate, anksiyete ve sinirsel gerginlik
DDT	Fareler	Karaciğer tümörleri, hepatoselüler hipertrofi dahil karaciğer değişiklikleri, marjinyasyon ve liposfer oluşumu
DDT	Kuşlar	Yumurta kabuğunun incilmesi
DDT	Balık	Membran Zar fonksiyonunu ve enzimleri etkiler
DDT	Somonlar	Bozulmuş davranışsal gelişim
DDE	İnsan	Ellerde kist, kaşıntı, sedef hastalığı, egzama, lökoderma, deri döküntüleri
Endosulfan	İnsan	Beyaz kan hücresi sayısını ve makrofaj göçünü, hümmoral ve hücre aracılı bağışıklık sistemi üzerindeki olumsuz etkileri azaltır. Semen kalitesini, sperm sayısını, spermatogonial hücreleri, sperm morfolojisini ve erkek cinsiyet hormonlarındaki diğer kusurları etkiler DNA hasarı ve mutasyonu oluşturur.
Endosulfan	Sıçanlar	İmmünosupresyon, nörolojik bozukluklar, konjenital doğum kusurları, kromozomal anormallikler, zekâ geriliği

Çizelge 2.3. Bazı Organoklorlu Pestisitlerin biyokimyasal etkileri (Jayaraj ve ark. 2016) (devam)

Lindane	İnsan	İnsan karaciğeri, böbrek, sinir ve bağışıklık sistemlerine zarar verir ve doğum kusurları, kansere neden olur, nörotoksite, üreme toksisitesi ve hepatotoksiteye neden olur
Lindane	Sıçanlar	Karaciğer ve hepa totoksisitenin gen ekspresyonunu değiştirir
Methoxychlor	Deniz Kestaneleri	Döllenme ve yumurtaların erken gelişimi
Methoxychlor	Sıçanlar	Azaltılmış doğurganlık

Dış ortam havasındaki OCP'lerin solunması sonucunda yetişkinlerde ve çocuklarda oluşabilecek kanser riskleri yaşam boyu artan kanser riski (ILCR) modeliyle hesaplanmaktadır (Denklem 2.1) (Sruthi ve ark. 2016).

$$ILCR = \frac{C_i \times IR \times EF \times ED \times ET \times SF}{BW \times AT} \times CF \quad (2.1)$$

ILCR: Yaşam boyu artan kanser riski (birimsiz),

C_i: Dış ortam havasındaki her bir OCP türlerine ait konsantrasyon değerleri (ng/m³),

IR: Saatlik soluma oranları (yetişkinler için 0,83 m³/saat, çocuklar için 0,42 m³/saat) (Goel ve ark. 2016, Iwegbue ve ark. 2016),

EF: Maruz kalma sıklığı (365 gün/yıl) (Yang ve ark. 2019),

ED: Maruz kalma süresi (Yetişkinler için 70 yıl, çocuklar için 9 yıl) (Yang ve ark.2019),

ET: Günlük maruz kalma süresi (24 saat/gün),

SF: Kanser eğim faktörü ((kg×gün) /mg) (α-HCH için 6,30, β-HCH için 1,86, δ- ve γ-HCH için 1,80, ρ,ρ' -DDT için 0,034, Aldrin için 17,2 diğer OCP türleri için 2,00 alınmıştır) (Qu ve ark. 2015),

BW: Vücut ağırlığı (Yetişkinler için 70 kg, çocuklar için 31,8 kg) (Iwegbue ve ark. 2016, Yang ve ark. 2019),

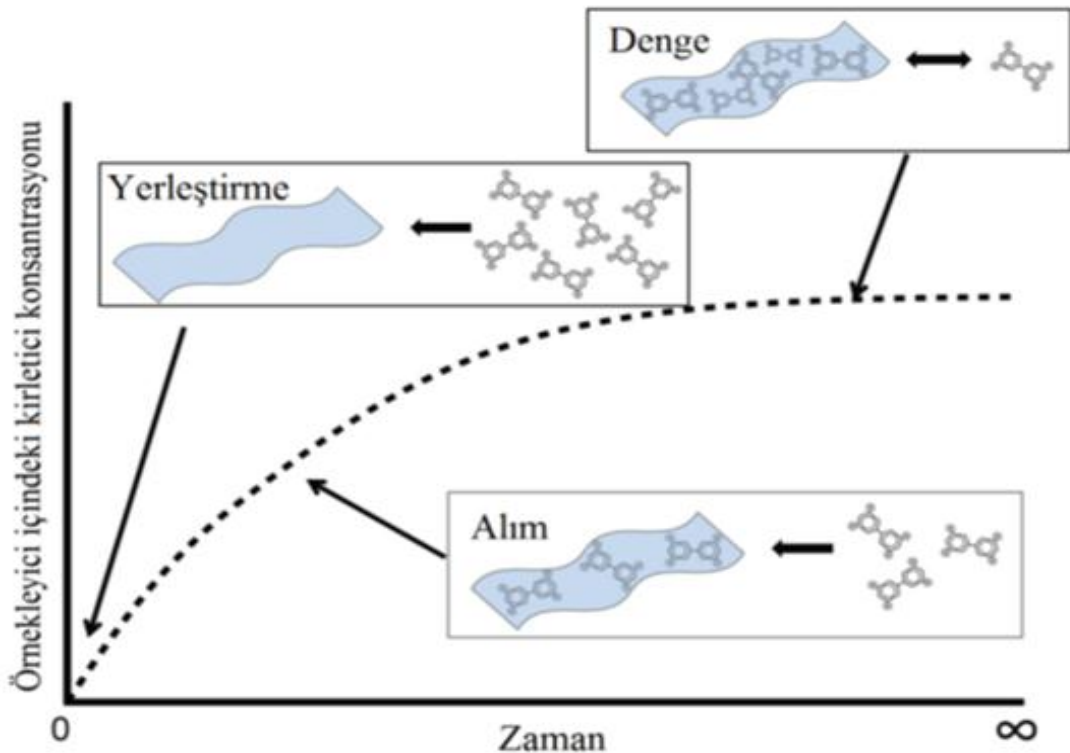
AT: Ortalama gün (Yetişkinler için 25.550 gün, çocuklar için 3.285) (Iwegbue ve ark. 2016, Yang ve ark. 2019),

CF: Dönüşüm faktörü (10^{-6} mg=ng) (Goel ve ark. 2016, Fu ve ark. 2018).

2.5. OCP Konsantrasyonlarının Pasif Hava Örnekleyiciler ile Belirlenmesi

Pasif örnekleme teknikleri kullanılarak iç ve dış ortamdaki OCP konsantrasyonlarının izlenmesi çok bilinen bir yöntem sayılmaktadır. Gaz halindeki kirleticileri herhangi bir mekanik teknoloji kullanmadan numune almak için kullanılan cihazlara pasif örnekleme (PÖ'ler) denir.

Pasif örnekleme cihazları, örneklenecek ortama (hava) belirli bir süre için yerleştirilir ve örnekleme ortamındaki kirleticiler ile pasif örnekleme cihazının denge konumuna ulaşması için beklenir (Şekil 2.2). Pasif örnekleme sayesinde anlık yerine belirli bir zaman aralığındaki kirletici verileri alınmaktadır (Shoeib ve ark. 2002).



Şekil 2.2. Pasif örnekleme cihazlarının çalışma prensibi

Pasif hava örnekleyicisinin (PHÖ) en önemli avantajları; PHÖ kullanımı ve işletimi kolay olması, hafif ve küçüktür dolayısıyla yerleştirmek kolaydır, güç kaybı ve pompayı etkileyebilecek tehlikeler olmadan çalışması, düşük maliyet, uzun dönemlerde KOK konsantrasyonları hakkında yarı niceliksel veriler sağlaması, daha az kalifiye elemana ihtiyaç duyulması, daha uzun süre, farklı ve birçok noktada eş zamanlı örnekleme yapabilmesi, gürültüsüz çalışmaları için, iç ortamda yapılan çalışmalar için de faydalı olabilmesi, elektrik ihtiyacı olmadığı için kırsal bölge, uzak alan gibi değişik bölgelere kolayca yerleştirilebilmesi diğer yöntemlerden daha avantajlı olduğunun göstergesidir (Mari ve ark. 2008, Tuduri ve ark. 2012).

PHÖ'ler, KOK'ların konsantrasyonlarını ölçmek için yaygın ve etkili bir araç olarak kullanılmaktadır. Örnekleme materyali olarak poliüretan köpük (PÜK) disk kullanan PHÖ'lerin çalışma prensibi, gaz halindeki yarı uçucu organik bileşiklerin iç veya dış havadan örnekleyicideki PÜK diskinde emmesiyle açıklanmaktadır (Bartkow ve ark, 2004).

2.6. Literatürde OCP'lerle İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar

KOK'ların atmosferik konsantrasyonlarını belirlemek amacıyla genel olarak PHÖ'ler kullanılmaktadır. Hava örnekleri, PHÖ'lerin içerisine yerleştirilen poliüretan köpük (PÜK) ile toplanmaktadır. Literatürde sıklıkla kullanılan PÜK'ler 14 cm çapında, 360 cm² yüzey alanına, 1,2 cm kalınlığında, 0.035 g/cm³ yoğunluğa sahiptir. Literatürde yapılan bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir;

Bohlin ve ark. (2008) tarafından Meksika, Lancaster (Birleşik Krallık) ve Göteborg (İsveç)'de PHÖ kullanarak iç ve dış ortam havasında OCP tayini yapılmıştır. Meksika'da iç ortamda ΣHCH (α-HCH/ γ-HCH) seviyeleri 1.8 ila 310 pg/m³ (medyan 15 (kentsel) ve 3.0 pg/m³ (yarı kırsal)) aralığında olduğu hesaplanmıştır. γ-HCH bileşeni ise yüksek seviyeler (230 ila 290 pg/m³) göstermektedir. Lancaster'daki iç ortamda ΣHCH (α-HCH/ γ-HCH) seviyeleri aralığı da büyüktür (47-1300 pg/m³, medyan 260 pg/m³) ve buradaki alanların neredeyse yarısı γ-HCH bileşeni için 300

pg/m³'ü aşan seviyeler göstermiştir. Göteborg'deki iç ortam seviyelerinin daha düşük olduğu görülmüştür (3,3-64 pg/m³, medyan 50 pg/m³). Meksika'daki dış ortam seviyeleri, ΣHCH (α-HCH/ γ-HCH) için 1,5 ila 22 pg/m³ arasında tespit edilmiştir. En yüksek seviyeler kentsel alanda bulunmuştur. Dış ortam seviyeleri Göteborg'da düşük (1,0–3,6 pg/m³), Lancaster havasında ise yüksek seviyelere (76–370 pg/m³) sahip olduğu raporlanmıştır. Bu çalışmada ΣDDT (p,p'-DDT, o,p'-DDT) bileşiklerinin varlığı da tespit edilmiştir.

Audy ve ark. (2018) tarafından Kanada (23 ev) ve Çek Cumhuriyeti'nde (20 ev) yapılan bir çalışmada iç ortam havasında OCP kalıntılarının belirlenmesi amaçlanmıştır. OCP'lerin iç ortam hava konsantrasyonlarının dış ortam hava konsantrasyon değerlerine göre yaklaşık 10 kat daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Ayrıca Çek Cumhuriyeti'nde ölçülen tüm OCP konsantrasyonlarının Kanada'da ölçülen OCP konsantrasyonlarından yüksek olduğu belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmada OCP'lerin ortamlarda kalıcılığı ve yeni kullanımın yasaklanmasından çok sonra bile bulunabileceği vurgulanmıştır.

Demirtepe ve ark. (2019) tarafından Doğu Slovakya'da iç ortam havasında PHÖ kullanılarak yapılan bir çalışmada; toplam 11 OCP türlerinin iç ortam havasında 36 ile 7110 pg/m³ aralığında bir konsantrasyon değerine sahip olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmada baskın OCP türlerinin γ-HCH, HCB ve p, p'-DDE olduğu rapor edilmiştir.

Levy ve ark. (2018) tarafından Strasburg'da bir çalışma gerçekleştirilmiştir. En yüksek OCP konsantrasyonu, kırsal alan olarak değerlendirilen bölgede rapor edilmiştir. Bu çalışmada Dieldrinin kentsel alanlarda ve β-endosulfan banliyö alanlarda varlığı raporlanmıştır.

Lisouza ve ark. (2020) tarafından Nairobi Şehrindeki OCP'lerin kaynakları, dağılımı ve risk değerlendirmesi yapılan bir çalışmada, havadan alınan örneklerde OCP'lerin 9 türü tespit edilmiştir. Bunlar; aldrin, p,p' -DDT, p,p' -DDD, p,p' DDE, klordan, dieldrin, endrin, heptaklor ve gama- HCH'dir. Toplam OCP'ler havada 0.018 –1.277 ng/m³ ve yüzey sularında <LOD –1391.000 ng/m³ arasında değişmektedir.

Can-Güven ve ark. (2019) tarafından Antalya’da PHÖ kullanılarak yapılan bir çalışmada, toplam 15 OCP türlerinin ortam havasındaki konsantrasyonu 0.884–97.0 pg/m^3 olarak raporlanmıştır.

Guida ve ark. (2021) tarafından Brezilya’nın iki bölgesinden dış ortamda PHÖ kullanılarak yapılan bir çalışmada, iki OCP olan Heksaklorosikloheksanlar Σ -HCH ($2271 \pm 7995 \text{ pg}/\text{m}^3$) ve diklorodifenil trikloroetanlar Σ -DDT’nin ($568 \pm 921 \text{ pg}/\text{m}^3$) tespit edildiği bildirilmiştir. Bu çalışmada OCP konsantrasyonlarının yaz aylarında kışa göre daha yüksek olduğu kanıtlanmıştır.

Estellano ve ark. (2012) tarafından İtalya’da iç ortamda PHÖ kullanılarak yapılan bir çalışmada, OCP konsantrasyonları Endosulfan I için $2200 \text{ pg}/\text{m}^3$, α -HCH için ise $1100 \text{ pg}/\text{m}^3$ e kadar değerler tespit edilmiştir. Havadaki HCH konsantrasyonlarının yüksek olması şaşırtıcı bulunmuştur. Bunun, özellikle havada en yüksek seviyeleri gösteren tarım ve kentsel alanlarda sürekli ve yasadışı kullanımla bağlantılı olduğu raporlanmıştır.

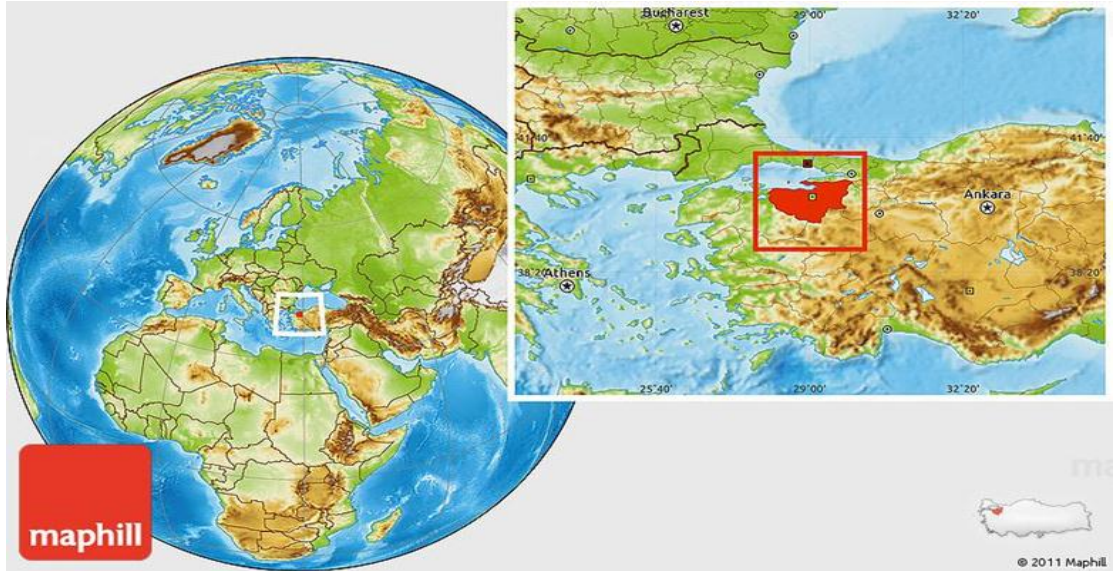
3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Örnekleme Bölgeleri

Bursa, Türkiye'nin batısında, en gelişmiş coğrafi bölge olan Marmara bölgesi sınırları içinde yer almaktadır. Bursa, sosyoekonomik düzeyi yüksek, en sanayileşmiş illerden biridir.

Bursa, İstanbul, Ankara ve İzmir'den sonra yaklaşık 3 milyon nüfusu ile Türkiye'nin en kalabalık dördüncü şehridir. Bursa, Marmara bölgesinin ikinci büyük şehridir. Bursa'nın yüzölçümü 10.811 km²'dir (Yiğiter ve ark. 2020).

Bursa, Marmara Bölgesinde 40,18°K enlem ile 29,06° D boylam arasında yer almaktadır. Bursa'nın iklimi genel olarak ılıman olmakla birlikte farklı bölgelerde farklılık göstermektedir. 52 yıllık gözlem süresi içinde ortalama yağış 70,6 cm'dir. İlde ortalama bağıl nem %69 civarındadır. Şekil 3.1'de Bursa'nın Türkiye ve dünyadaki yeri gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Bursa'nın Türkiye ve dünyadaki yeri

Bu çalışmada iç ve dış ortam hava örnekleri 02.12.2019 ve 02.03.2020 tarihleri arasında, Marmara Bölgesinin Güney Marmara bölümünde yer alan Bursa ili'nin 15 farklı noktasındaki mekanlardan PHÖ kullanılarak gerçekleştirilmiştir. On beş farklı noktadan iç ortam hava örnekleri alınırken bu noktalardan 6 tanesinden de aynı örnekleme zamanında dış ortam hava örnekleri alınmıştır. Örnekler 30 günlük periyotta tüm noktalardan paralel olarak alınmıştır. Örneklemenin yapıldığı bölgeler Bursa'nın Yıldırım, Kestel, Mudanya, Nilüfer ve Osmangazi ilçelerindedir.

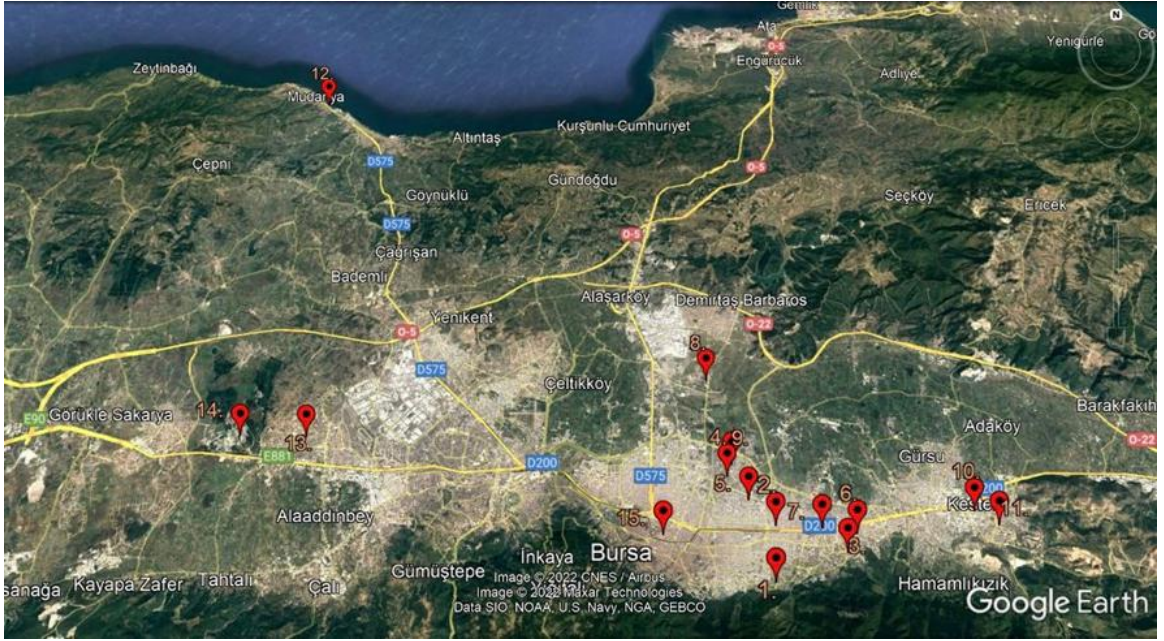
Örneklemenin yapıldığı bölgeler ile örnekleme ortamları ve bölgelerin özellikleri Çizelge 3.1'de verilmektedir. Yıldırım ilçesinde; Yıldırım Belediyesi, Yıldırım Anadolu Lisesi, Yıldırım Eczane, Yıldırım Huzurevi, Yıldırım Tekstil Atölyesi ve 4 adet farklı ev ortamından örnekler toplanmıştır. Kestel ilçesinde; Kestel Eğitim Merkezi ve Kestel Sağlık Kuruluşundan örnekler toplanmıştır. Nilüfer ilçesinde; Nilüfer Ev ortamından ve Nilüfer Kırtasiyeden örnekler toplanmıştır. Osmangazi ilçesinde; 1 adet Ev ortamından örnekler toplanmıştır. Mudanya ilçesinde ise yine 1 adet Otelden örnekler alınmıştır. Şekil 3.2'de örnekleme bölgeleri gösterilmektedir.

Çizelge 3.1. Örnekleme Noktaları ve Özellikleri

Numune Bölgesi No	Numune Bölgesi	Numune Bölgesinin Özelliği	Örneklemenin Ortamı
1	Yıldırım (Huzur Evi)	Kentsel	İç
2	Yıldırım (Anadolu Lisesi)	Kentsel	İç
3	Yıldırım (Yıldırım Belediyesi)	Kentsel Trafik	İç
4	Yıldırım (Eczane)	Kentsel	İç
5	Yıldırım (Tekstil Atölyesi)	Kentsel	İç ve Dış
6	Yıldırım (Ev 1)	Kentsel	İç ve Dış
7	Yıldırım (Ev 2)	Kentsel	İç ve Dış
8	Yıldırım (Ev 3)	Kentsel	İç ve Dış

Çizelge 3.1. Örneklemeye Noktaları ve Özellikleri (devam)

9	Yıldırım (Ev 4)	Kentsel	İç
10	Kestel (Sağlık Kuruluşu)	Sanayi	İç
11	Kestel (Eğitim Merkezi)	Sanayi	İç
12	Mudanya (Mudanya Otel)	Kentsel	İç
13	Nilüfer (Ev)	Kentsel-Sanayi	İç ve Dış
14	Nilüfer (Kırtasiye)	Yarı Kentsel	İç
15	Osmangazi (Ev)	Kentsel	İç ve Dış

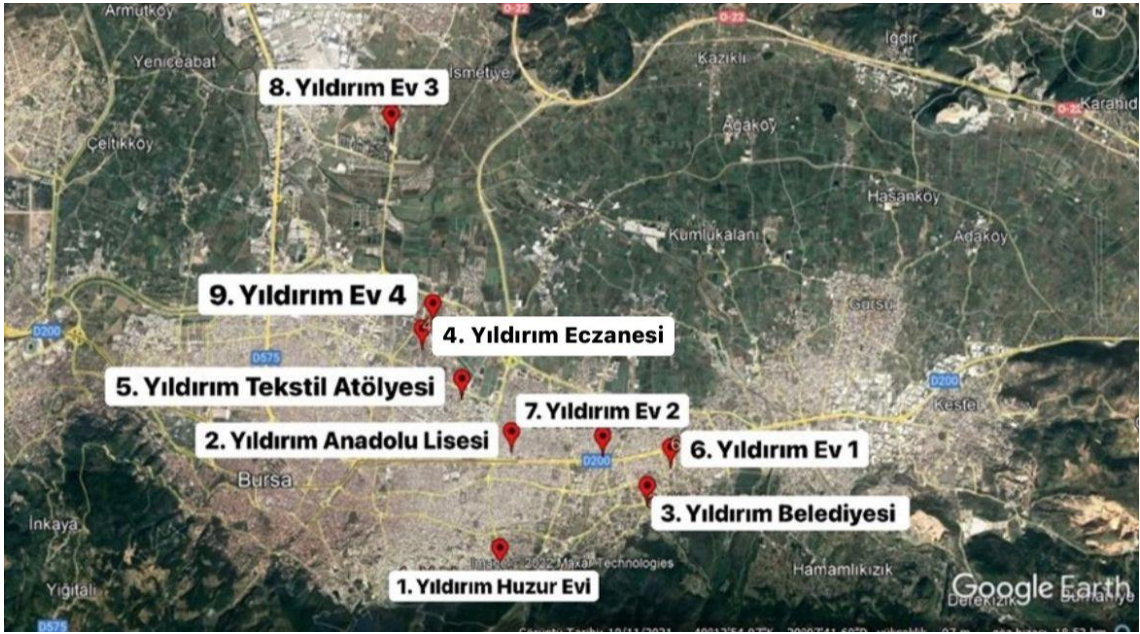


Şekil 3.2. Örneklemeye Bölgeleri

- Yıldırım ilçesi;

Yıldırım ilçesinin doğusunda Kestel ve Gürsu, kuzeyinde ve batısında Osmangazi ilçesi bulunmaktadır. Yıldırım ilçesinin yüzölçümü 399 kilometrekaredir ve deniz seviyesinden 150-155 metre yüksekliğe sahiptir. İlçenin güneyinde Uludağ yükselir ve kuzeyi düzdür. Bursa-Ankara karayolu ilçenin merkezinden geçmektedir.

Yıldırım ilçesinden; belirlenen 9 farklı özellikteki noktadan örnekler toplanmıştır. Örneklerin yerleri ise, Yıldırım Huzur Evi (1) (İç), Yıldırım Anadolu Lisesi (2) (İç), Yıldırım Belediyesi (3) (İç), Yıldırım Eczanesi (4) (İç), Yıldırım Tekstil Atölyesi (5) (İç ve Dış), Yıldırım Ev 1 (6) (İç ve Dış), Yıldırım Ev 2 (7) (İç ve Dış), Yıldırım Ev 3 (8) (İç ve Dış), Yıldırım Ev 4 (9) (İç)'dür. Yıldırım ilçesindeki örnekleme bölgeleri Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Yıldırım Örnekleme Bölgeleri

- Kestel ilçesi;

Kestel ilçesi, Bursa ili'nin 12 km doğusunda, güney Marmara bölgesinde yer almaktadır. Doğusunda; İnegöl, Yenişehir, batısında; Osmangazi, Yıldırım, güneyinde; Osmangazi, Keles ve kuzeyinde; Gürsu ve Gemlik İlçeleri yer almaktadır. Kestel ilçesi, merkez ilçe olmasından dolayı Bursa'nın diğer merkez ilçeleri ile öncelikle sağlık ve eğitim açısından etkileşim halindedir. İlçenin ekonomisinde en büyük rolü sanayi sektörü oynamaktadır. İkinci sektör ise tarımdır.

Kestel ilçesinden, belirlenen 2 farklı kurumdan örnekleme yapılmıştır. Örnekleme yerleri ise, Kestel Sağlık Kuruluşu (10) (İç) ve Kestel Eğitim Merkezi (11) (İç)'dir, Kestel ilçesindeki örnekleme bölgeleri Şekil 3.4'de gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Kestel Örneklem Bölgesi

- Mudanya ilçesi;

Mudanya ilçesinin doğusunda Gemlik, batısında Karacabey, Güneyinde Osmangazi ve Nilüfer, Kuzeyinde Gemlik Körfezi bulunmaktadır. Mudanya, Bursa'nın merkezine 30 kilometre uzaklıkta bulunmaktadır.

Mudanya ilçesinden bir otelden örnekleme yapılmıştır, Mudanya Otel (12) (İç). Mudanya ilçesindeki örnekleme noktası Şekil 3.5'de gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Mudanya Örnekleme Bölgesi

- Nilüfer ilçesi;

Nilüfer ilçesinin doğusunda Osmangazi, güneyinde Orhaneli, batısında Karacabey, Mustafakemalpaşa ve Uluabat Gölü, kuzeyinde Mudanya ilçeleri yer almaktadır. Nilüfer deniz seviyesinden 100-150 metre yüksekliktedir. Nilüfer, Bursa'nın şehircilik açısından en gelişmiş ilçesidir. Nilüfer, son yıllarda sanayinin yoğun olduğu bölgelerden biri haline gelmiştir.

Nilüfer ilçesinden belirlenen 2 farklı noktadan örnek toplanmıştır. Örneğin yeri ise, Nilüfer Ev (13) (İç ve Dış) ve Nilüfer Kırtasiye (14) (İç)'dir. Nilüfer ilçesindeki örnekleme noktaları Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Nilüfer Örnekleme Bölgeleri

- Osmangazi ilçesi;

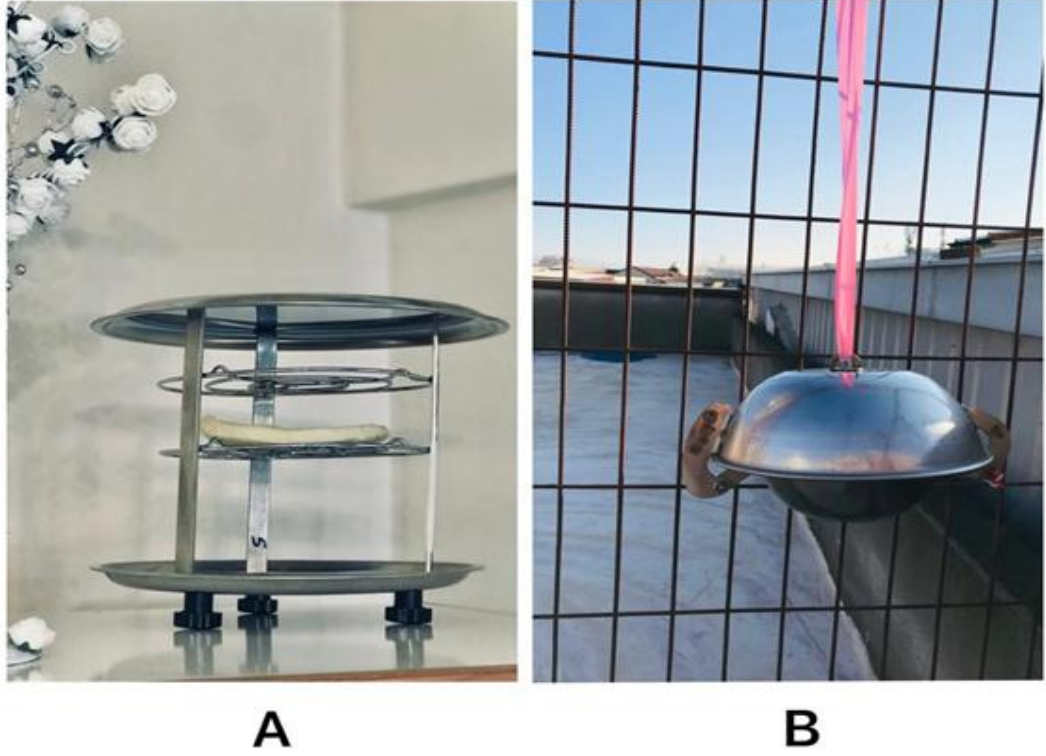
Osmangazi ilçesinin, doğusunda Gökdere Vadisi, batısında Nilüfer Deresi ve Yeni Mudanya Yolu, kuzeyinde Samanlı Dağları, Nilüfer Çayı ve Bursa Ovası yer almaktadır. Osmangazi ilçesinde 1 noktadan örnek toplanmıştır. Örneğin yeri ise, Osmangazi Ev (15) (İç ve Dış) olup Şekil 3.7’de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Osmangazi Örnekleme Bölgesi

3.2. Örnekleme Metodu

Bu çalışmada iç ortam ve dış ortam için hava örneklemesinde PÜK disklerin yer aldığı PHÖ'leri kullanılmıştır (Şekil 3.8). İç ortam için örnekler evler, eczane, okul, kütüphane gibi çeşitli iç ortamlardan alınmıştır. İç ortam pasif hava örnekleycileri yerden yaklaşık 1,5-2 m yüksekliğe sahip dolap, vitrin gibi eşyaların üzerine konulmuştur. Dış ortam hava örnekleri ise iç ortam örnekleme yapılan mekanların balkon, teras gibi noktalarından alınmıştır. İç (A) ve dış ortam (B) pasif hava örnekleycileri Şekil 3.8'de gösterilmiştir.



Şekil 3.8. A. İç Ortam Pasif Hava Örnekleyeci - B. Dış Ortam Pasif Hava Örnekleyeci

3.3. Örneklerin Hazırlanması

3.3.1. Cam Malzemelerin Kullanımı

Deney öncesi ve sonrası kullanılan tüm cam malzemelerin ekipmanlar ön işleme tabi tutulmuştur. Kullanılan tüm cam malzemeler deterjan ve su ile yıkanmıştır. Ardından sırasıyla musluk suyu, saf su ve asetondan geçirildikten sonra 24 saat süresince 105 °C’de etüvde bırakılmıştır. Cam malzemeler kurutma ve soğutma işleminden sonra kullanıncaya kadar alüminyum folyo ile sarılarak, sonraki kullanım için muhafaza edilmek üzere kaldırılmıştır (Esen 2006, Evcı ve ark. 2017).

3.3.2. PHÖ’de kullanılan PÜK disklerin örnekleme için hazırlanması

PÜK diskleri bir gün saf suda bekletildikten sonra Sokslet ekstraksiyonuyla sırasıyla ACE, ACE ve aseton/hekzan (ACE/HEX) (1:1) karışımı ile 24 saat ekstrakte edilmiştir.

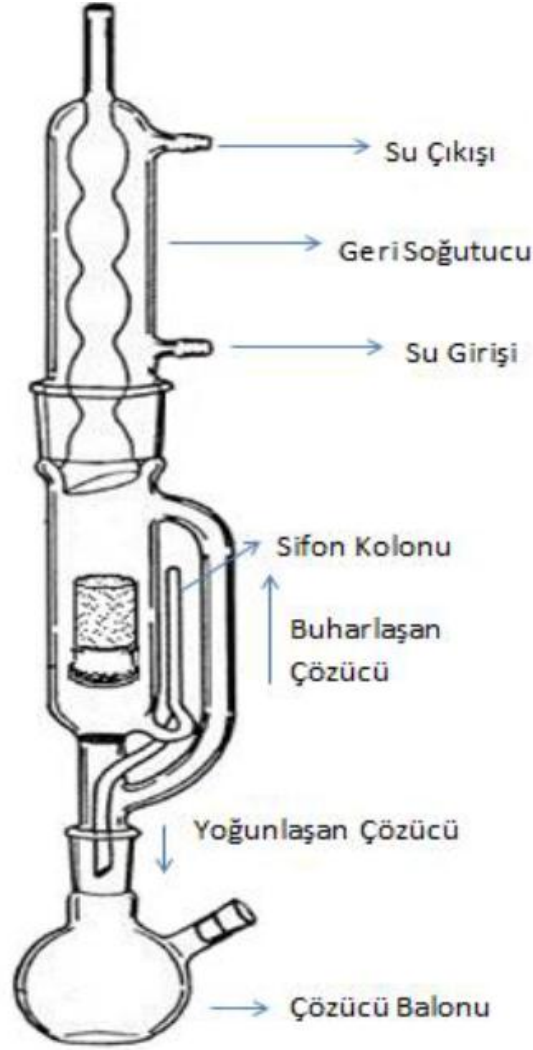
Temizledikten sonra PÜK disk alüminyum folyo ile sarılarak 30 °C’de kurutulmuştur. Kurutma işlemi bitikten sonra her bir PÜK disk alüminyum folyoya sarılıp kilitli buzdolabı poşetlerine alınmış ve örnekleme noktalarına taşınana kadar dondurucuda saklanmıştır (Esen 2006, Tasdemir ve Esen 2007).

3.4. Örneklerin Ekstraksiyonu

Ekstraksiyon işleminde klasik yöntem olan sokslet sistemi kullanılmıştır. Laboratuvara getirilen PUF örnekleri için hazırlanan yaklaşık 300 mL ACE/HEX (1/1) karışımı ile sokslet ekstraksiyonu yapılmıştır. Örneklerin analitik verimlerinin belirlenmesi amacıyla her örneğe ekstraksiyondan önce 1 mL surrogate (verim) standardı ve birkaç kaynama taşı eklenmiştir. Ekstraksiyon işlemi 24 saat süre ile gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.9’da sokslet düzeneği, Şekil 3.10’da sokslet ekstraksiyon takımı gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Sokslet Ekstraksiyon Düzeneği



Şekil 3.10. Sokslet Takımı

3.5. Örneklerin Konsantre Hale Getirilmesi

Ekstraksiyondan sonra örnekler bir döner buharlaştırıcı (Laborota 4001 Model, Heidolph, Germany) kullanılarak konsantre edilmiştir. OCP analizinin bu adımının amacı, çözen hacmini azaltarak ve çözeni OCP kaybetmeden bir döner buharlaştırıcı kullanarak çözücüye hezvana dönüştürerek OCP konsantrasyonunu arttırmaktır.

Ekstrakte edilmiş örnekler cam balonlara alınarak hacmi 22 °C ve 30 dev/dk da döner buharlaştırıcı vasıtası ile buharlaştırılarak hacmi ilk olarak yaklaşık 5 mL'ye kadar

azaltılmıştır. Sonra 10 mL HEX eklenerek hacim 2 ml'ye düşürülmektedir (Bohlin ve ark. 2008, Bozlaker ve ark. 2008).

Böylece hacim azaltma ve hekzana dönüştürme işlemi tamamlanmıştır. Bir sonraki aşamaya kadar şişeler derin dondurucuda saklanmıştır. Döner buharlaştırıcı ile hacim azaltma işlemi Şekil 3.11'de gösterilmiştir.



Şekil 3.11. Döner buharlaştırıcı (Laborota 4001 Model, Heidolph, Germany)

3.6. Temizleme ve Fraksiyonlarına Ayırma

Örnek hacimleri 2 mL'ye indirildikten sonra, içerisinde sırasıyla 3 g silisik asit, 2 g alümina ve 1 cm yüksekliğinde sodyum sülfat (Na_2SO_4) (Yaklaşık 2 gram) bulunan ve iç çapı 1,5 cm olan cam kolondan geçirilerek (PAH, PCB ve OCP'ler) temizlenmiş ve fraksiyonlarına ayrılmıştır. Fraksiyon işleminden önce, silisik asit ve alüminyum oksitin aktivasyon ve deaktivasyonu yapılmıştır.

3.6.1. Silisik Asit'in Hazırlanması:

Aktivasyon işlemi: Silisik asit (Silika) (Sigma Aldrich, Silicic Acid Hydrate) bir beherin içine alınarak alüminyum folyo ile ağzı kapatılmış ve 105 °C'lik etüvde birkaç saat tutulmuştur. Daha sonra desikatörde oda sıcaklığına kadar bekletilmiş ve tartılmış sonra teflon kapaklı şişelerde saklanmıştır.

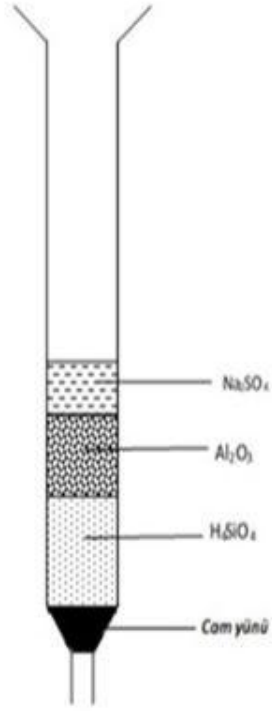
Deaktivasyon: Ağırlıkça %3 olacak şekilde 3 gram silikaya 100 µL saf su ilave edilmiştir. İyi bir karışım elde etmek için kapağı kapatılıp çalkalanmış ve teflon kapaklı şişelerde saklanmıştır.

3.6.2. Alümina'nın Hazırlanması

Aktivasyon: Alümina ağzı alüminyum folyoya ile sarılmış bir beher içinde 450 °C'lik kül fırında 1 gün tutulmuştur. Fırından çıkarıldıktan sonra oda sıcaklığına gelene kadar bekletilmiş ve teflon kapaklı şişelerde saklanmıştır.

Deaktivasyon: Oda sıcaklığına geldikten sonra 2 gr alüminaya 120 µL saf su eklenerek (%6 su-alümina) kapağı kapatılıp çalkalanarak deaktivite edilmiştir ve kullanılmadan önce oda sıcaklığında 1 saat bekletilmiştir.

Hem silisik asit hem de alüminyum oksit fraksiyon işleminde kullanılmadan önce oda sıcaklığında 1 saat tutulmuş ve 12 saat içinde kullanılmıştır. Hazırlanan kimyasallar uç kısmına cam yünü yerleştirilmiş ve iç çapı 1,5 cm olan temizleme kolonuna sırasıyla silisik asit, alüminyum oksit ve sodyum sülfat ilave edilmiştir. Temizleme kolonu herhangi bir kirliliğin bulaşmaması için kullanılmadan önce 25 mL DCM ve ardından 25 mL PE ile yıkanmıştır. (Şekil 3.12). Kolunun altına poliklorlu bifenillerin (PCB) fraksiyonunu toplayacak 40 mL'lik şişe konulmuştur. İki mL'lik örnek süzildükten sonra üzerine 25 mL PE kolona eklenmiş ve aynı şişede toplanmıştır. PE'nin süzülmesinden sonra alttaki şişe alınmış ve yerine OCP'lerin toplanması için şişe konulmuştur. Bu sefer kolundan 20 mL DCM geçirilmiş ve OCP'ler toplanmıştır (Esen 2006). Şekil 3.13'de laboratuvardaki fraksiyon işlemi görülmektedir.



Şekil 3.12. Fraksiyon Kolu



Şekil 3.13. Laboratuvardaki Fraksiyon İşlemi

Yaklaşık 20 mL olan OCP fraksiyonunun döner buharlaştırıcı kullanılarak öncelikle hacmi 5 mL'ye düşürülmüştür. Sonra örneğe ilave 15 mL HEX eklenerek hacmi 1 mL'ye indirilmiştir (Taşdemir ve Esen 2007). Ondan sonra OCP örneği pastör pipet

yardımıyla dikkatlice viallere aktarılmıştır. GC- μ ECD cihazında okumaya hazırlanan örnekler -20 °C'de dondurucuda tutulmuştur.

3.7. Gaz Kromatograf-Elektron Yakalama Dedektörü (GC- μ ECD)

Hacimleri 1 mL'ye indirilen örneklerin OCP kütle değerlerinin tayin edilmesi için gaz kromatograf (GC- μ ECD) cihazı ve ona bağlı Agilent 7890A model mikro-elektron yakalama dedektörü kullanılmıştır. GC-ECD cihazında HP 5, 30 m \times 320 μ m \times 0.25 μ m kapiler kolon kullanılmıştır.

OCP'lerin okumalarında kullanılan sıcaklık programı şu şekilde olmuştur: Fırın sıcaklık programı 70 °C (2 dak), 25 °C/dak ile 150 °C'ye, 3 °C/dak ile 200 °C'ye, 8 °C/dak ile 280 °C'ye çıkış ve 8 dak bekletme, sonra 10 °C/dak ile 300 °C'ye çıkış ve 2 dak bekletme ve bitiş şeklindedir. Inlet sıcaklığı 250° C'de dedektör sıcaklığı ise 320°C'de tutulmuştur. Helyum gazı taşıyıcı gaz olarak 1,9 mL/dk debi ile kullanılmıştır. Yüksek saflıkta azot gazı da make-up gazı olarak kullanılmıştır.

3.8. Kalite Kontrol ve Kalite Güvenilirliği

Bu çalışmada, PHÖ'leri kullanılarak iç/dış ortam havasındaki OCP konsantrasyonlarının değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Araştırmada elde edilen sonuçların güvenilir olabilmesi amacıyla iç ve dış ortam PHÖ'lerin içerisine yerleştirilen PÜK diskler el değmeden alüminyum folyo ile sarılarak kilitli buzdolabı poşetlerinde örnekleme noktalarına ve sonra laboratuvara taşınmıştır.

Herhangi bir kirliliğin olmaması için tüm mezürler, cam boncuklar, balonlar ve pensler ekstraksiyon işlemlerine başlanmadan önce DCM ile çalkalanmıştır. Örneklerin analitik verimlerinin belirlenmesi amacıyla her bir örneğe ekstraksiyondan önce 1 mL verim standardı eklenmiştir.

PÜK disklerin örnekleyciye yerleştirilmesi, örneklerin alınması, laboratuvara getirilmesi, buzdolabında saklanması ve analiz esnasında herhangi bir kirlenmenin

meydana gelip gelmediğini tespit etmek için örnek sayısının en az %10'u kadar şahit örnek alınmıştır. Şahit örneklerden elde edilen belirleme limiti (limit of detection, LOD) değerleri hesaplamalarda göz önünde bulundurulmuştur. LOD, şahit örneklerin kütlelerinin ortalama değerlerine, standart sapmalarının 3 katının eklenmesi ile elde edilmiştir (Esen 2013, Simcik ve ark. 1998, Odabaşı ve ark. 1999). İç ve dış ortam için hesaplanan LOD değerleri 0.02 ng ile 1.093 ng arasında değişmektedir. LOD'den küçük olan değerler hesaplamaya dahil edilmemiştir.

3.9. Analitik Standartlar

Çalışmada hava örneklerinde ölçülen 10 OCP ($\sum_{10} \text{OCP}$) türü: (Alfa-HCH, Beta-HCH, Gamma-HCH, Delta-HCH, Hepta endo epox iso A, Endrin, Endosulfan beta, Endrin aldehide, p,p'-DDT ve Metoksiklor) okunması hedeflenmiştir.

Kalibrasyon standartları (1,0; 2,5; 5,0; 10,0; 25,0 ve 40,0 ng/mL) 6 farklı konsantrasyonda gerçekleştirilmiştir. Bu standartlardan elde edilen kalibrasyon eğrilerinde R^2 değerleri tüm türler için $>0,99$ olarak hesaplanmıştır (Esen 2013, Simcik ve ark. 1998, Odabaşı ve ark. 1999).

3.10. İç ve Dış Ortam Konsantrasyon Hesaplama Yöntemi

Pasif hava örnekleyicisi ile toplanan iç ve dış ortam hava örneklerinin konsantrasyon seviyeleri denklem "3.1"e göre hesaplanmıştır.

$$C = \frac{m}{R \times t} \quad (3.1)$$

C: Hesaplanan OCP konsantrasyonu (pg/m^3)

m: GC- μ ECD cihazında analiz edilen örnekteki OCP türlerinin kütle miktarı (pg)

R: Örnekleme süresi sırasında PHÖ'den geçen hava hacmi ($\text{m}^3/\text{gün}$)

t: Örnekleme zamanı (gün)

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

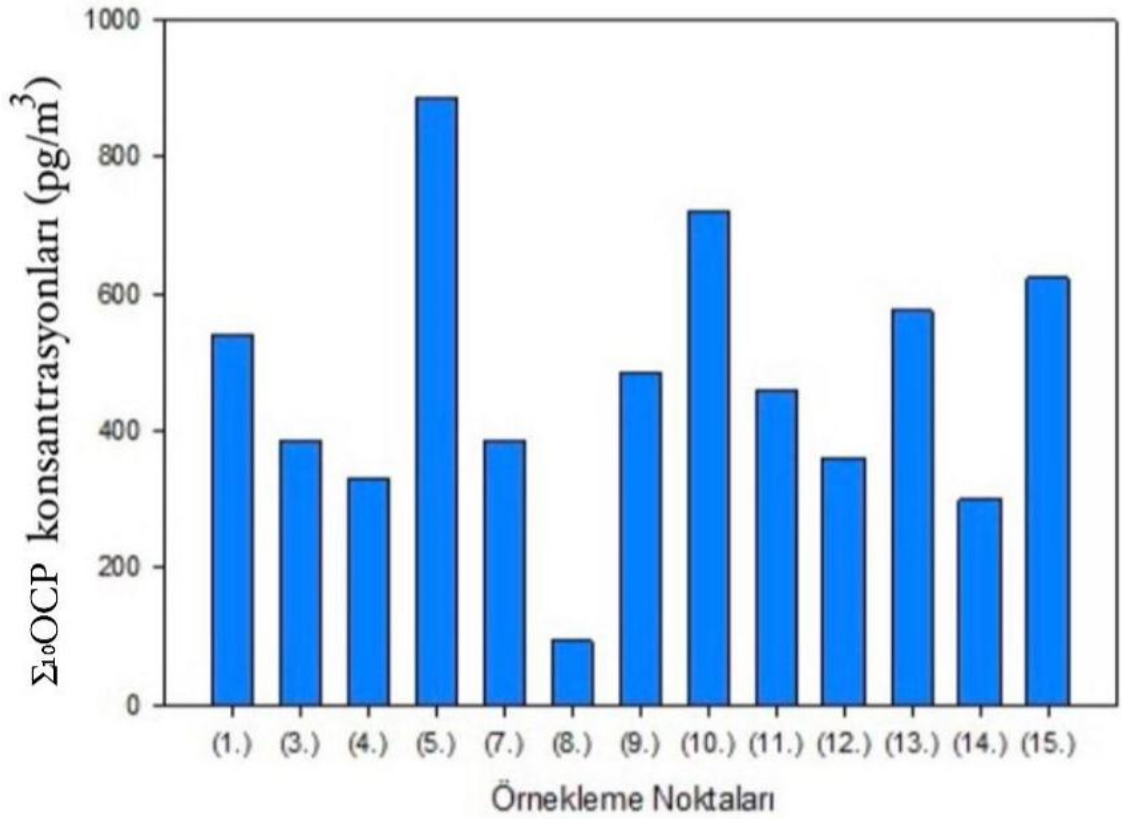
4.1. İç Ortam Havasında Ölçülen OCP Konsantrasyonları

Bu çalışmada 2019 Aralık- 2020 Şubat tarihleri arasında Bursa'da kentsel, trafik ve sanayi özelliklerindeki 15 farklı iç ortam mekanlarından PHÖ ile toplanan hava örneklerindeki OCP kirleticileri değerlendirilmiştir. İç ortam havası için örnekleme oranı (R değerleri) 2,5 m³/gün olarak kabul edilmiştir (Bohlin ve ark. 2008).

Ortaya çıkan minimum (93,39 pg/m³) ve maksimum (887,10 pg/m³) konsantrasyon değerleri Yıldırım ilçesine aittir. Burada örnekleri içeren yerin iç özelliklerinden ve çevresindeki faaliyetlerden dolayı (temizleme işlemleri, sıcaklık, böcek öldürücü kullanımı, bina yaşı ve çevresindeki tarım faaliyetleri gibi) sonuçlar açıkça farklıdır. Yüksek konsantrasyon noktası, Vişne caddesindeki giysi üretim atölyesinden kaynaklanmaktadır. Bu alan birçok atölye ve fabrikaları içermektedir. Bu nedenle sanayi bölgesi olduğu söylenebilir. Atölyede ısınma amaçlı yakıt olarak odun kullanılmaktadır. Yapılan araştırmalara göre birçok OCP'lerin türleri, yanma ve sanayi sırasında kasıtsız olarak üretilmiştir (Audy ve ark. 2018).

Oysa düşük konsantrasyon Bursa Modern (8.) (93,39 pg/m³)'de, apartman kompleksindeki bir evde tespit edilmiştir. Bu bölgedeki bina yeni yapılmıştır. Diğer çalışmalara göre, OCP'lerin konsantrasyonları bina yaşından etkilenmektedir, eski binalardaki konsantrasyonlar yeni inşa edilen binadakinden daha yüksektir (Audy ve ark. 2018). Diğer bir sebep ise bu noktanın yakınında herhangi bir tarım alanının bulunmamasıdır.

2019 yılının Aralık ayı için iç ortam örnekleme noktalarından elde edilen OCP konsantrasyonları Şekil 4.1.'de gösterilmiştir.



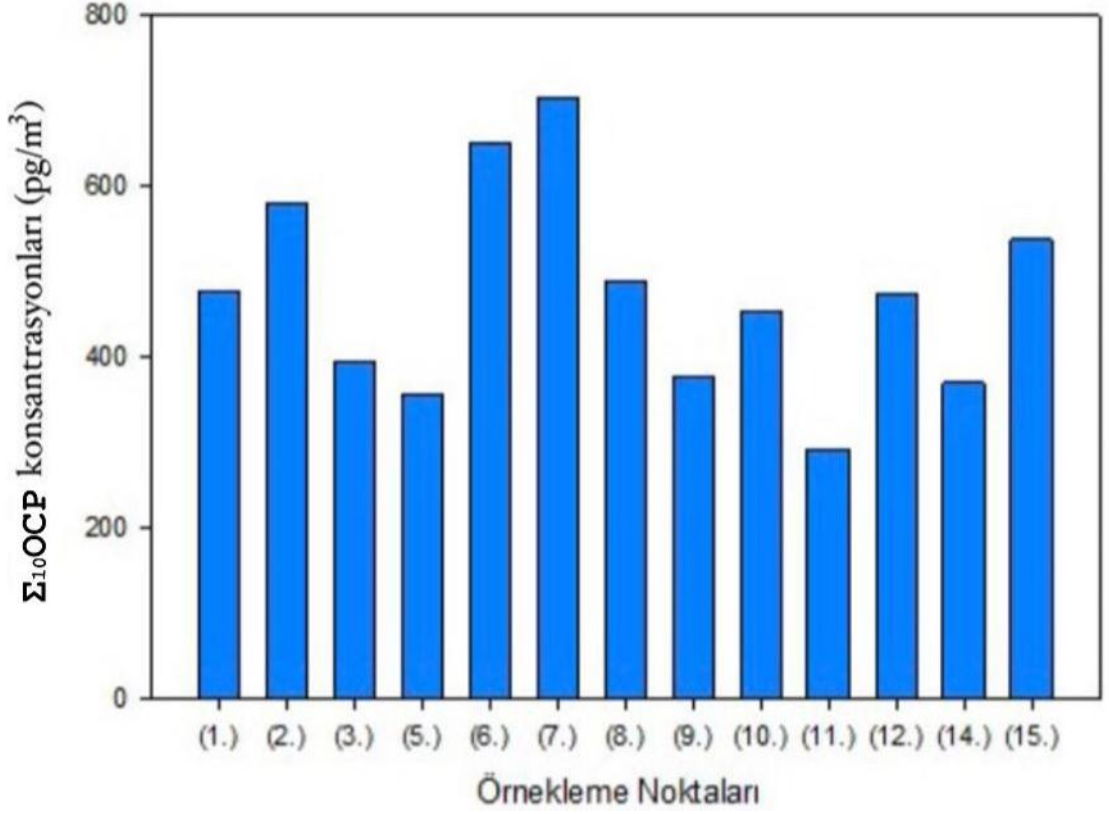
Şekil 4.1. 2019 Aralık ayı için PHÖ ile örneklenen iç ortam Σ_{10} OCP konsantrasyonları

İç ortam havasında ölçülen Σ_{10} OCP konsantrasyonları için aralık ayında minimum değer 93,39 pg/m^3 ile Bursa Moderndeki evde (8.), maksimum değer 887,10 pg/m^3 ile Vişne Mahallesiindeki atolyede (5.) tespit edilmiştir.

Yüksek konsantrasyonun nedeni bu bölgenin sanayi alanda yer alması. OCP bileşikleri sanayi kimyasalları imalatının bir yan ürünü olup, yakma proseslerinde de bir yan ürün olarak istenmeden ortaya çıkabilmektedir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2006).

Oysa düşük konsantrasyon, yeni bina olduğu ve bu noktanın tarım alanlarına uzaklığından kaynaklanmaktadır (Audy ve ark, 2018. Levent ve ark, 2018).

2020 yılının Ocak ayı için örnekleme noktalarından elde edilen OCP konsantrasyonları Şekil 4.2’de gösterilmiştir.

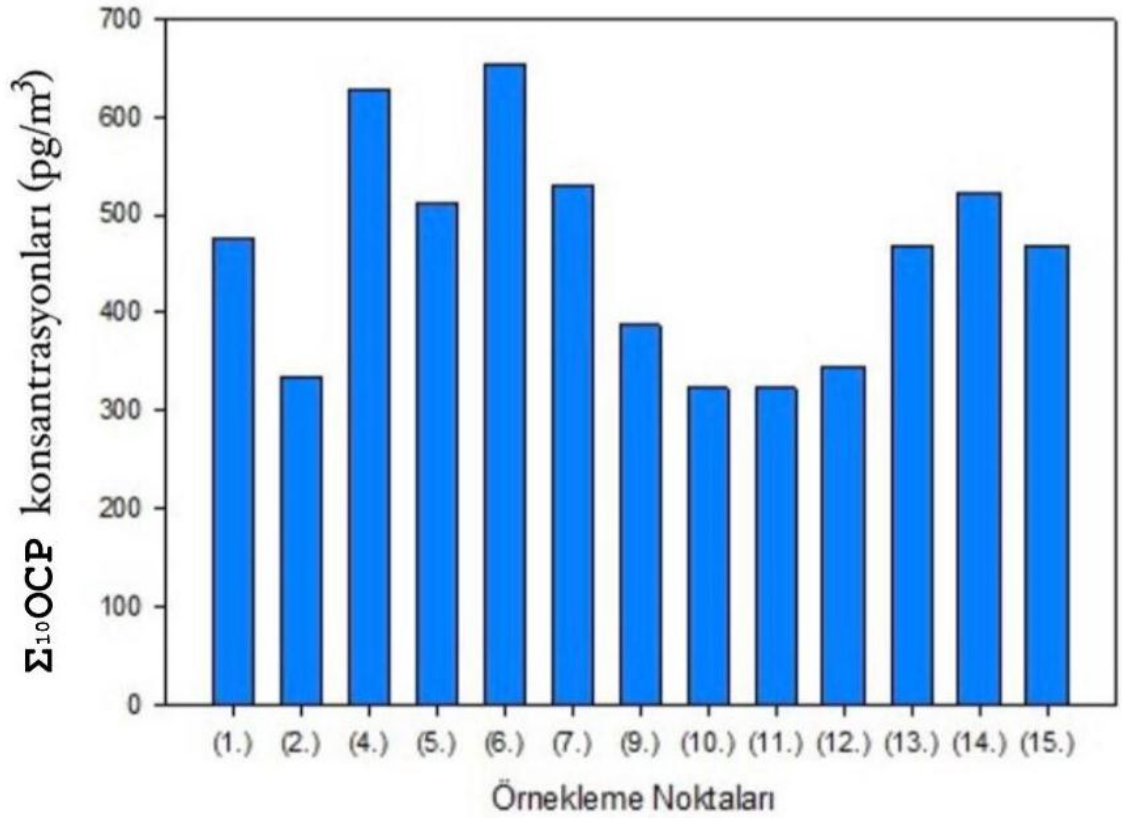


Şekil 4.2. 2020 Ocak ayı için PHÖ ile örneklenen iç ortam Σ_{10} OCP konsantrasyonları

İç ortam havasında ölçülen Σ_{10} OCP konsantrasyonları için Ocak ayında minimum değer $290,50 \text{ pg/m}^3$ ile Kestel Eğitim Merkezinde (11.), maksimum değer $701,72 \text{ pg/m}^3$ ile Yıldırım ilçesinde Çınarönü mahallesindeki evde (7.) tespit edilmiştir.

Yüksek konsantrasyonun nedeni bu bölgenin kentsel alanda yer alması ve diğer bir sebep ise bu binanın yaşının eski olmasıdır. Yapılan çalışmalara göre birçok OCP'nin konsantrasyonları kentsel bölgelerden ve binanın yaşından etkilenmektedir (Demirtepe ve ark. 2019, Sanlı ve ark. 2020, Jain ve ark. 2003). Oysa düşük konsantrasyon, müstakil yeni bir eğitim yapısına sahiptir.

2020 yılının Şubat ayı için örnekleme noktalarından elde edilen Σ_{10} OCP konsantrasyonları Şekil 4.3'de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. 2020 Şubat ayı için PHÖ ile örneklenen iç ortam Σ_{10} OCP konsantrasyonları

İç ortam havasında ölçülen Σ_{10} OCP konsantrasyonları için Şubat ayında minimum değer 323 pg/m^3 ile Kestel Eğitim Merkezinde (11.) ve Kestel İlçesindeki sağlık kuruluşunda (10.), maksimum değer ise $653,17 \text{ pg/m}^3$ ile Yıldırım ilçesinde Esenevler mahallesindeki evde (6.) tespit edilmiştir.

Şubat ayında da, OCP konsantrasyonları Ocak ayına yakın ve benzerdir. Düşük konsantrasyonların sebebinin örnekleme yapılan binanın yeni olması ve yakınında tarımsal faaliyetlerin olmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yüksek konsantrasyonun tespit edilme nedeni ise örnekleme dönemlerinde evin dışında gerçekleştirilen boyama işleminden etkilenmesi olabilmektedir (Xin ve ark, 2011).

Bu çalışmada konsantrasyonlardaki aylık farklılık literatürlerde de belirtilen çeşitli nedenlerden kaynaklanmaktadır. Atmosferik taşıma ve/veya yasadışı kullanımın, kullanılan ısıtma türleri, yanma emisyonları ve klima kullanması iç ortam hava kirliliğini etkilemektedir. İç ortamda pestisitlerin kullanımı, iç ortam aktiviteleri ve

temizlik işlerinin hava kalitesine önemli etkisi olduğu raporlanmıştır (Demirtepe ve ark. 2019, Wang ve ark. 2020, Zhang ve ark. 2011).

Aylar boyunca OCP'lerin konsantrasyonlarındaki değişikliklerde rüzgâr ve yağmurun etkili olduğu düşünülmüştür (Audy ve ark. 2018, Bohlin ve ark. 2008, Esen 2013, Holt ve ark. 2017). Ortalama Σ_{10} OCP konsantrasyonları ise tüm örnekleme noktalarının için Çizelge 4.1'de verilmektedir.

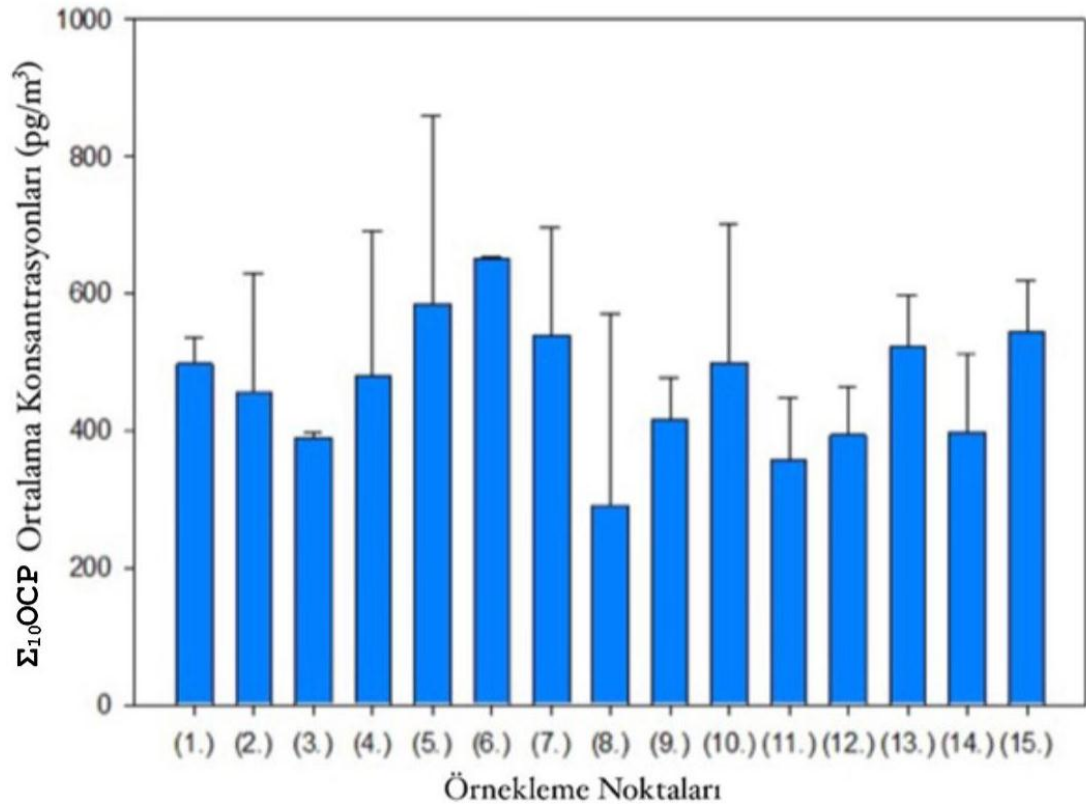
Çizelge 4.1. İç ortamdaki tüm örnekleme noktalarının Ortalama Σ_{10} OCP konsantrasyonları

Numune Bölgesi No	Numune Bölgesinin Özelliği	Ortalama Σ_{10} OCP (pg/m ³)	Standart Sapma Σ_{10} OCP (pg/m ³)
(1). Yıldırım (Huzur Evi)	Kentsel	497,50	37,69
(2). Yıldırım (Anadolu Lisesi)	Kentsel	456,27	172,90
(3). Yıldırım (Yıldırım Belediyesi)	Kentsel Trafik	390,01	6,12
(4). Yıldırım (Eczane)	Kentsel	479,06	211,25
(5). Yıldırım (Tekstil Atölyesi)	Kentsel	584,80	273,51
(6). Yıldırım (Ev 1)	Kentsel	651,64	2,16
(7). Yıldırım (Ev 2)	Kentsel	539,43	158,19
(8). Yıldırım (Ev 3)	Kentsel	290,96	279,40
(9). Yıldırım (Ev 4)	Kentsel	416,07	59,88
(10). Kestel (Sağlık Kuruluşu)	Sanayi	498,73	202,25
(11). Kestel (Eğitim Merkezi)	Sanayi	357,41	89,24

Çizelge 4.1. İç ortamdaki tüm örnekleme noktalarının Ortalama Σ_{10} OCP konsantrasyonları (devam)

(12). Mudanya (Mudanya Otel)	Kentsel	393,23	70,24
(13). Nilüfer (Ev)	Kentsel-Sanayi	521,95	75,91
(14). Nilüfer (Kırtasiye)	Yarı Kentsel	397,19	114,10
(15). Osmangazi (Ev)	Kentsel	542,86	77,01

Tüm örnekleme bölgeleri için iç ortam Σ_{10} OCP ortalama konsantrasyonları Şekil 4.4’de gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Örnekleme bölgelerinin iç ortam Σ_{10} OCP ortalama konsantrasyonları (pg/m^3)

En yüksek ortalama Σ_{10} OCP konsantrasyonu 521,95 ile 651,64 pg/m^3 arasındadır. Bu değerler (5.) (6.) (7.) (13.) ve (15.) noktalarında görülmektedir. Yüksek konsantrasyon değeri, Yıldırım ilçesinde Vişne caddesindeki giysi üretim atölyesinde (584,80 pg/m^3)

(5.) tespit edilmiştir. Bu alandaki yüksek konsantrasyonun nedenlerinden biri, etrafta birçok atölye ve fabrikaların olmasıdır. Ayrıca atölyedeki ısıtmada yakıt olarak odun kullanılmaktadır. Diğer yüksek konsantrasyon $651,64 \text{ pg/m}^3$ ile Yıldırım ilçesinde Esenevler mahallesindeki evden (6.) kaynaklanmaktadır. Bu noktanın örnekleme döneminde evin dış tarafında uygulanan boya işlerinden etkilendiği söylenebilir. Araştırmalara göre, OCP bileşiklerinin ve konsantrasyonlarının varlığının nedenlerinden birinin, bölgedeki boyama veya boyama faaliyetleridir (Xin ve ark, 2011). Diğer yüksek konsantrasyon Çınarönü mahallesindeki evden ($539,43 \text{ pg/m}^3$ (7.)) kaynaklanmaktadır. Bu alandaki yüksek konsantrasyonun nedenlerinden biri, eski bir binanın olması ve aynı zamanda kentsel bölge olduğu söylenebilir. Bir diğer yüksek konsantrasyon noktası, Nilüfer ilçesinde Yüzüncüyıl mahallesindeki evden ($521,95 \text{ pg/m}^3$ (13.)) kaynaklanmaktadır. Bu nokta kentsel/sanayi özelliğindeki bir alanda bulunmaktadır. Daha önce belirtildiği gibi araştırmalar sanayi bölgelerinde OCP varlığının arttığını belirtmektedir (Audy ve ark. 2018, Demirtepe ve ark. 2019). Diğer yüksek konsantrasyon noktası, Osmangazi ilçesinde Doğanbey mahallesindeki evden ($542,86 \text{ pg/m}^3$ (15.)) kaynaklanmaktadır. Son yıllarda bu alandaki binaların çoğuna birçok tadilat ve boyama yapılmış ve bu durum OCP'nin atmosferdeki varlığına etki etmiştir. En düşük ortalama $\Sigma_{10}\text{OCP}$ konsantrasyonu $290,96 \text{ pg/m}^3$ olarak tespit edilmiştir. Bu değer Yıldırım ilçesinde Bursa Moderndeki evden (8.) kaynaklanmaktadır. Bu binanın yeni olması düşük konsantrasyonların ortaya çıkmasının bir nedenidir (Audy ve ark. 2018). Kalan noktaların konsantrasyonları $379,19$ ila $498,73 \text{ pg/m}^3$ arasındadır. Bu değerler (1.) (2.) (3.) (4.) (9.) (10.) (11.) (12.) ve (14.) nolu noktalarda görülmüştür. Bu noktaların konsantrasyonları da düşük değildir. Genel olarak, bu noktaların konsantrasyon değerleri birbirine yakındır. OCP konsantrasyonlarında önemli bir fark olmaması, yerel kaynakların etkisinin sınırlı olduğunu göstermektedir (Sanlı ve ark. 2020). (1.) (2.) (3.) (4.) ve (9.) nolu noktaların ortak özelliklerinden biri de Yıldırım ilçesine ait olması ve kentsel özelliği taşımasıdır. Araştırmalara göre kentsel bölgeler OCP'lerden etkilenmektedir (Odabası ve ark, 2008).

Millet Mahallesindeki bir eczaneye ait olan noktada (4.), ortalama $\Sigma_{10}\text{OCP}$ konsantrasyonu $479,06 \text{ pg/m}^3$ olarak tespit edilmiştir. Millet Mahallesindeki bir evde (9.) ise ortalama $\Sigma_{10}\text{OCP}$ konsantrasyonu $416,07 \text{ pg/m}^3$ olarak tespit edilmiştir. (4.) ve (9.) noktaları hem konum hem de konsantrasyon değerleri açısından birbirine yakındır.

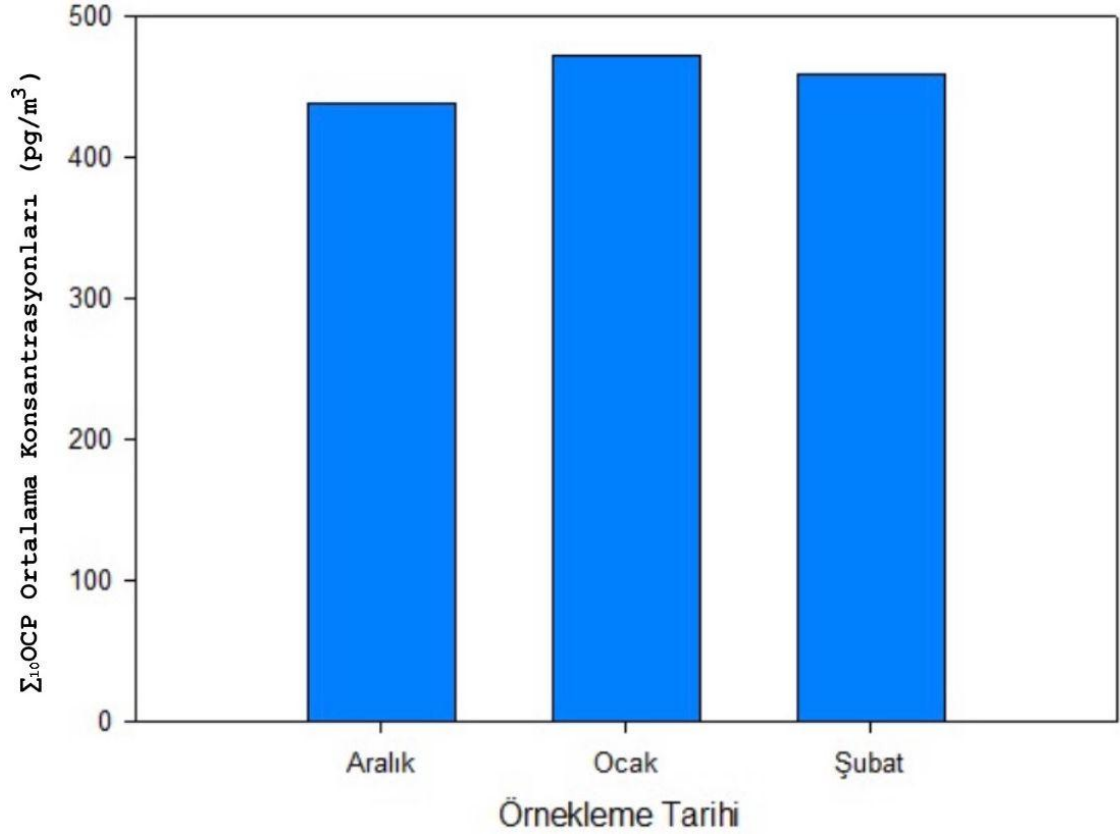
İki noktanın örnekleme döneminde yakınına yeni bina yapılmıştır ve inşaat çalışmaları yürütülmüştür. Dolayısıyla, bu noktalarda OCP'nin varlığının ek kaynaklarından biri, OCP miktarının inşaat süreçlerinden etkilendiği ve yeniden yapılanma süreçleri olabilmektedir (Holt ve ark, 2017).

Uludağ üniversitesindeki bir kırtasiye ait olan noktada (14.), ortalama Σ_{10} OCP konsantrasyonu 397,19 pg/m^3 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuç, Uludağ Üniversitesi kampüsü yakınında bulunan tarım amaçlı pestisitlerin yaygın olarak kullanılması ile açıklanabilmektedir (Sanlı ve ark. 2020).

Mudanyadaki bir otele ait olan noktada (12.), ortalama Σ_{10} OCP konsantrasyonu 393,23 pg/m^3 olarak tespit edilmiştir. Bunun nedeni pestisitlerin eski kullanımından kaynaklandığı gibi otelin kuru temizleme malzemelerinden kaynaklanacağını düşünülebilir (Buehler ve ark. 2001, Singh ve ark. 2016).

Ortaya çıkan konsantrasyon değerleri literatür çalışmalarında belirtilen konsantrasyonlarla benzerlik göstermiştir (Estellano ve ark. 2012, Lisouza ve ark. 2020, Wang ve ark. 2020, Zhang ve ark. 2013).

Tüm örnekleme bölgeleri için iç ortam ortalama Σ_{10} OCP konsantrasyonlarının aylık dağılımları Şekil 4.5'de gösterilmiştir.



Şekil 4.5. İç ortam Σ₁₀OCP ortalama konsantrasyonları

OCP'lerin her türe göre Bursa genelindeki konsantrasyonları incelendiğinde, 2019 yılı Aralık ayında en yüksek konsantrasyon Methoxychlor türünde, 151,51 pg/m³ olarak bulunmuştur. Ocak ayında (2020) da Endrin aldehyde ve Methoxychlor türlerinde yüksek değer görülmüştür. 2020 Şubat ayında en yüksek konsantrasyon β-HCH ve γ-HCH türlerinde görülmüştür. Bu durum literatürdeki diğer çalışmalarla benzerlik göstermektedir (Cindoruk 2011, Esen 2013). Genel olarak, teknik HCH'ler (α-HCH, β-HCH, γ-HCH ve δ-HCH) 1950'lerden 1980'lerin başına kadar tarımda yaygın olarak kullanılmıştır. β-HCH ve γ-HCH hidrolize ve çevresel bozulmaya karşı daha dirençlidir. Ayrıca uzun mesafelerde taşınma ve hareket etmektedir (Da ve ark. 2014). Methoxychlor türü ise tarımda pestisit olarak, tarla bitkileri, sebzeler, meyveler, depolanmış tahıllar, çiftlik hayvanları, haşereler, evler, bahçeler, göller ve bataklıklarda kullanılmıştır ve Bursa'da kullanılan pestisitlerden biridir (Esen 2013, Cindoruk 2011). İç ortamdaki OCP'lerin ana kaynaklarının, daha önce OCP'lerin kullanıldığı yakındaki tarım arazilerinden gelen harici ikincil kaynaklar ve/veya daha önce iç ortam böcek

kontrolü için iç ortam kullanımları olduğu varsayılmıştır (Audy ve ark. 2018, Booij ve ark. 2016, Holt ve ark. 2017).

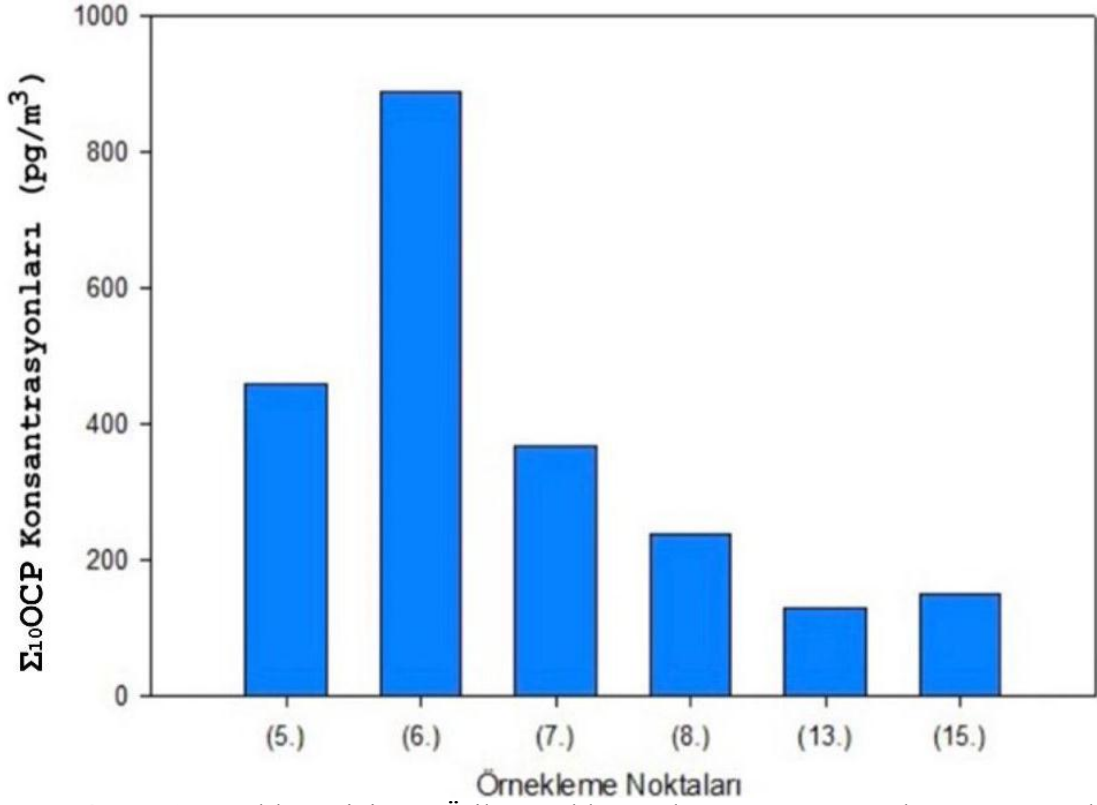
Örnekleme periyodunun bir mevsimde gerçekleşmesi nedeniyle, tüm aylardaki iç ortam ortalama Σ_{10} OCP konsantrasyonları, Şekil 4.5’de gösterildiği gibi birbirine yakındır. Soğuk dönemlerde, karışma yüksekliğinin düşük olması nedeniyle, yüksek konsantrasyonlar ölçülebileceği raporlanmıştır (Schafer ve ark. 2015). OCP bileşiklerinin konsantrasyonlarının günden güne yükselip alçalması yağmur, rüzgar hızı ve yönüne bağlı olarak açıklanabilir. Diğer çalışmalara göre yağmurun yağmadığı zamanlarda ve yağmur yağdıktan sonra alınan numuneler karşılaştırıldığında yağmurdan sonra alınan numunelerde daha az kirleticinin olduğu söylenebilir (Özcan, 2007).

Bu çalışmadaki yüksek OCP konsantrasyonları, Türkiye'nin Bursa ilinde iç ortamlarda zararlı ve böcekleri kontrol etmek için kullanıldığı, tarım ve kentsel alanlarda teknik kullanımının devam ettiğini göstermektedir. Bina yaşı, OCP’lerin ortaya çıkmasında rol oynamaktadır. Yeni inşa edilen binalarda pestisit seviyeleri daha düşük seviyelerdedir (Audy ve ark. 2018).

4.2. Dış Ortam Havasında Ölçülen OCP Konsantrasyonları

Bu çalışmada PHÖ yardımıyla 2019 Aralık- 2020 Şubat tarihleri arasında Bursa’da kentsel, trafik ve sanayi özelliklerdeki 6 farklı bölgeden toplanan dış hava örneklerindeki OCP kirleticileri aylık olarak değerlendirilmiştir. Dış ortam havasında ölçülen Σ_{10} OCP konsantrasyonları için minimum değer $130,6 \text{ pg/m}^3$ ile Nilüfer ilçesinde Yüzüncüyıl Mahallesi’nde yer alan referans noktalardan bir ev (13.) iken; maksimum değer $888,8 \text{ pg/m}^3$ ile Yıldırım ilçesinde Esenevler Mahallesi’ndeki eve (6.) aittir. Yüksek konsantrasyonu olan (6.) noktasının konumu sebebiyle yerleşiminin kentsel etkisinin yanında noktaya yakın bahçelerden gelebilecek tarımsal kaynakların da etkisi olduğunu düşünülebilir.

2019 yılının Aralık ayı için örnekleme noktalarından elde edilen OCP konsantrasyonları Şekil 4.6'da gösterilmiştir.

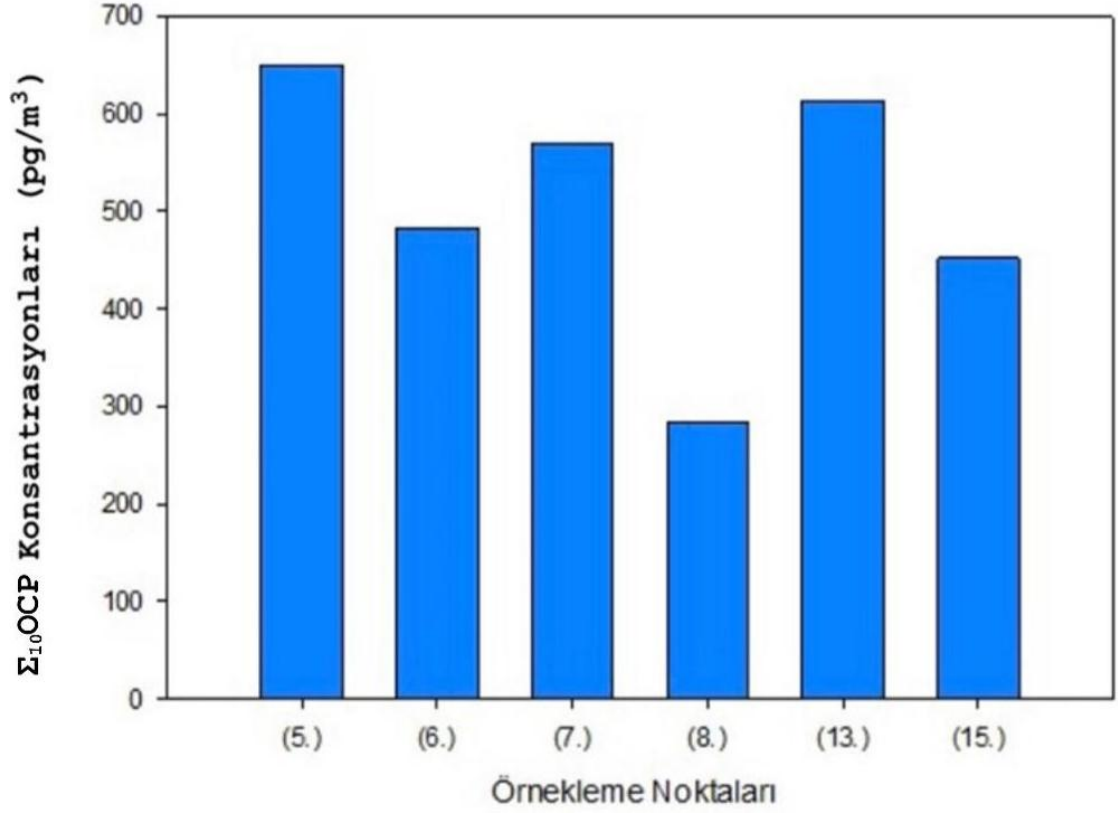


Şekil 4.6. 2019 Aralık ayı için PHÖ ile örneklenen dış ortam Σ₁₀OCP konsantrasyonları

Dış ortam havasında ölçülen Σ₁₀OCP konsantrasyonları için Aralık ayında minimum değer 130,6 pg/m³ ile Yüzüncüyıl Mahallesiindeki evde (13.), maksimum değer 888,8 pg/m³ ile Esenevler Mahallesiindeki evde (6.) tespit edilmiştir.

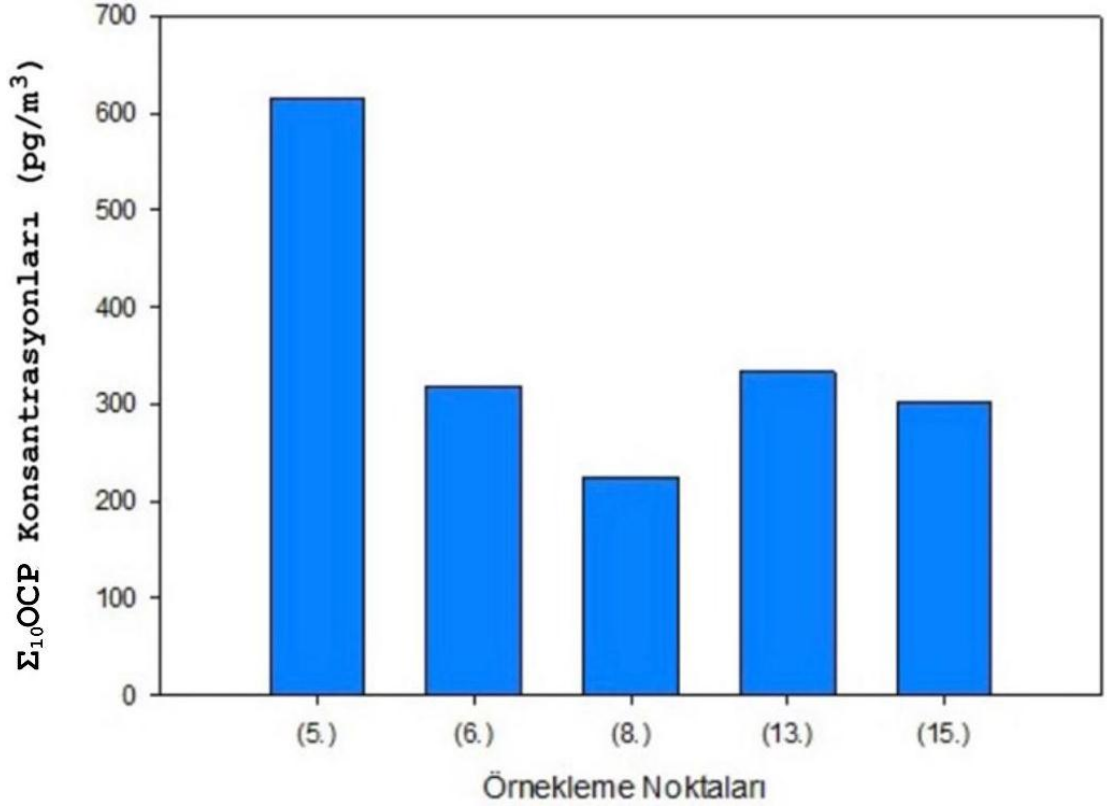
Yüksek konsantrasyonun nedeni bu bölgenin kentsel alanda yer alması ve kirleticinin varlığına ek nedenlerden biri de bahçelerde olan faaliyetlerin dış ortam havasına etkisi olduğunu düşünülebilir. Bu noktada örnekleme döneminde binanın dış bölümünde yapılan boyama çalışmasının da etkisinin olduğu söylenebilir.

2020 yılının Ocak ayı için örnekleme noktalarından elde edilen $\Sigma_{10}\text{OCP}$ konsantrasyonları Şekil 4.7’de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. 2020 Ocak ayı için PHÖ ile örneklenen dış ortam $\Sigma_{10}\text{OCP}$ konsantrasyonları

Dış ortam havasında ölçülen $\Sigma_{10}\text{OCP}$ konsantrasyonları için Ocak ayında minimum değer 282,613 pg/m³ ile Yıldırım ilçesinde Bursa Modern evinde (8.), maksimum değer 650,035 pg/m³ (5.) ile Yıldırım ilçesinde Vişne caddesindeki tekstil atölyesinde tespit edilmiştir. 2020 yılının Şubat ayı için örnekleme noktalarından elde edilen $\Sigma_{10}\text{OCP}$ konsantrasyonları Şekil 4.8’de gösterilmiştir.



Şekil 4.8. 2020 Şubat ayı için PHÖ ile örneklenen dış ortam Σ₁₀OCP konsantrasyonları

Dış ortam havasında ölçülen Σ₁₀OCP konsantrasyonları için Şubat ayında minimum değer 224,438 pg/m³ ile Yıldırım ilçesinde Bursa Modern evinde (8.), maksimum değer 614,091 pg/m³ (5.) ile Yıldırım ilçesinde Vişne caddesindeki tekstil atölyesinde tespit edilmiştir.

Aylık konsantrasyonlara bakıldığında farklılıklar görülmektedir. Ortaya çıkan minimum ve maksimum konsantrasyon değerleri, yerin dış özelliklerinden (Tarım faaliyetleri, sanayi bölgesi, meteorolojik faktörler vb.) ve evin yaşı ve iç ortam kullanımlarına bağlı olarak farklıdır. Aralık ayında en yüksek OCP konsantrasyonu, Esenevler mahallesindeki evden (6.) kaynaklanmaktadır. Oysa düşük konsantrasyon, Yüzüncüyıl mahallesindeki evden (13.) kaynaklanmaktadır. Bu durum, bölgelerde daha önce pestisitlerin kullanıldığı ve hava ortamında hala etkilerinin gözlenebileceğini ortaya koymaktadır. Yüksek konsantrasyon alanda kirleticinin varlığına ek nedenlerden biri de örnekleme döneminde binanın dış bölümünde yapılan boyama çalışmasının olmasıdır.

Ocak ve Şubat aylarında ise en yüksek ve en düşük OCP konsantrasyonu aynı örnekleme noktalarında benzerlik gösterilmektedir. Her iki ayda en yüksek OCP konsantrasyonu, Yıldırım ilçesinde Vişne Caddesindeki tekstil atölyesine (5.) aittir. En düşük OCP konsantrasyonu ise, Yıldırım ilçesinde Bursa Modern evinde (8.) bulunmaktadır. Yüksek konsantrasyonun tespit edildiği Vişne caddesindeki giysi üretim atölyesi sanayi bölgesinde yer almaktadır. Bu nedenle eskiden kullanılan OCP'lerin kalıntılarının olması mümkündür. Düşük konsantrasyonun tespit edildiği Yıldırım ilçesinde Bursa Moderndeki evin yeni olması düşük konsantrasyonların ortaya çıkmasının bir nedenidir (Audy ve ark. 2018).

Çınarönü mahallesindeki ev (7.) ve Osmangazi ilçesinde Doğanbey mahallesindeki evin (15.) kentsel bir alanda olmasına bağlı olarak, OCP'lerin konsantrasyonu açıkça görülmüştür. Doğanbey mahallesindeki evin (15.), bulunduğu alandaki binaların örnekleme dönemi civarı birçok tadilat ve boyama işlemlerinin yapılmış olması OCP'nin atmosferdeki varlığına etki etmiştir.

Dış ortam havası Σ_{10} OCP seviyelerin en yüksek Ocak ayında ulaşılmıştır. Soğuk dönemlerde, karışma yüksekliğinin düşük olması sebebiyle, yüksek konsantrasyonlar ölçülebileceği raporlanmıştır (Schafer ve ark. 2015).

Konsantrasyonlar arasındaki farklılığın nedenlerinin de ısınma türleri, tarım arazisi, çevre bahçelerinin dağılımı ve meteorolojik faktörlerden (sıcaklık, basınç, nem, rüzgâr hızı ve yönü, yağış yüksekliği) kaynaklandığı düşünülmektedir.

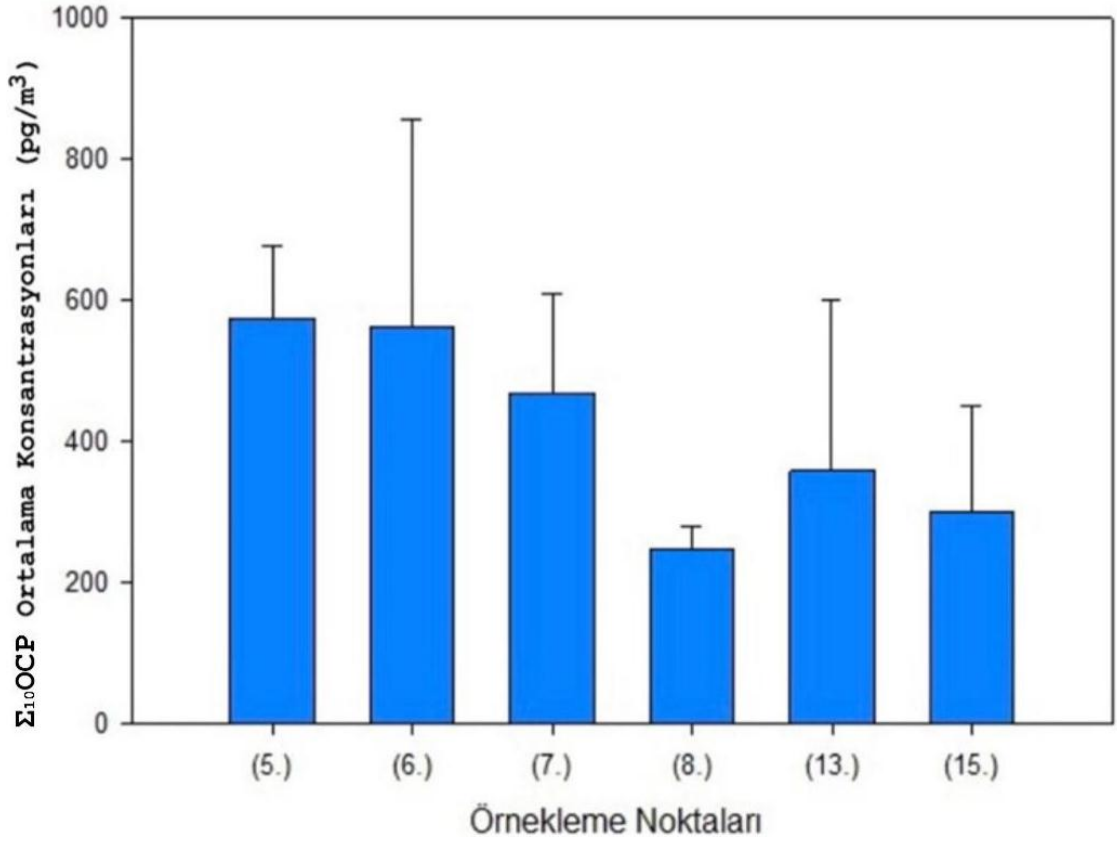
Meteorolojik şartlar kirleticilerin atmosferde birikmesini sağlayarak konsantrasyonlarının artmasına sebep olmaktadır. Bu sonuçlar, birçok literatürde rapor edilmiştir (Halsall ve ark. 1998, Sofuoğlu ve ark. 2001, Stadler ve ark. 2006, Tombesi ve ark. 2014, Yeo ve ark. 2004).

Dış ortamdaki tüm örnekleme noktaları için ortalama Σ_{10} OCP konsantrasyonları Çizelge 4.2'de verilmektedir.

Çizelge 4.2. Dış ortamda tüm örnekleme noktalarının Ortalama Σ_{10} OCP konsantrasyonları

Numune Bölgesi No	Ortalama Σ_{10} OCP (pg/m ³)	Standart Sapma Σ_{10} OCP (pg/m ³)
(5).Yıldırım (Tekstil Atölyesi)	574,56	101,20
(6).Yıldırım (Ev 1)	563,50	293,41
(7).Yıldırım (Ev 2)	468,52	141,91
(8).Yıldırım (Ev 3)	248,74	30,24
(13). Nilüfer (Ev)	359,17	242,36
(15).Osmangazi (Ev)	301,39	150,51

Tüm örnekleme bölgeleri için dış ortam ortalama Σ_{10} OCP konsantrasyonları Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Dış ortam Σ_{10} OCP ortalama konsantrasyonları

Ortaya çıkan konsantrasyon değerleri literatür çalışmalarında belirtilen konsantrasyonlarla benzerlik göstermiştir (Odabasi ve ark. 2008, Sanlı ve ark. 2020, Stadler ve ark. 2006, Tombesi ve ark. 2014, Wang ve ark. 2020).

OCP konsantrasyonlarının varlığının ana nedeni, mevcut ve önceki kullanımından kaynaklanmaktadır. OCP'lerin kontrolsüz kullanımı sadece kullanıldıkları alanı değil, OCP'lerin uygulanmadığı uzak bölgelerdeki birçok farklı lokasyonu da etkilemektedir (Sanlı ve ark, 2020).

Dış ortamda OCP'lerin her türe göre Bursa genelindeki konsantrasyonları incelendiğinde, 2019 yılı Aralık ayında en yüksek konsantrasyon Methoxychlor 156,86 pg/m^3 ve γ -HCH türünde 143,51 pg/m^3 olarak görülmüştür. Ocak ayında (2020) da Endrin aldehyde ve P, P'-DDT türleri sırasıyla yüksek değerde 170, 49 ve 155,09 pg/m^3 görülmüştür. 2020 Şubat ayında en yüksek konsantrasyon β -HCH türünde 123,825

pg/m³ olarak görülmüştür. Methoxychlor ve β -HCH daha önce Bursa'da yapılan çalışmalarda da en yüksek üç konsantrasyon arasında bulunmuştur (Cindoruk 2011, Esen 2013). Bilinçsiz ya da kaçak kullanımların OCP seviyelerini artırmış olabileceği önceki çalışmalarda bildirilmiştir (Karadeniz ve Yenisoy-Karakaş 2015). Bolu'da yapılan çalışmada Endrin en yüksek seviyede görülmüştür (Öz 2009). Fransa'da yapılan bir çalışmada, Methoxychlor en yüksek seviyede görülmüştür (Levy ve ark. 2018). Gana Cumhuriyeti'nde yapılan bir çalışmada en yüksek konsantrasyona sahip iki türün β -HCH ve γ -HCH olduğu raporlanmıştır (Adu-Kumi ve ark. 2012).

Bu bileşiklerin daha yüksek değerleri kullanımlarından, geçmişte kullanım sürelerinden ve fizikokimyasal özelliklerinden kaynaklanabilir (Guida ve ark. 2021, Tombesi ve ark. 2014)

DDT, pestisit halen kullanımda olduğu bitişik bölgelerden atmosferik taşınmayı gösterebilmektedir. DDT'nin suda çok düşük çözünürlüğü, her türlü bozunmalara karşı direnci ve kalıcılık özellikleri, konsantrasyonun yüksek olmasının ana sebebi olarak gösterilmektedir (Alegria ve ark. 2000, Strandberg ve ark. 2001).

Dış ortamdaki \sum_{10} OCP türleri aylık ortalama konsantrasyonları Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Dış ortamdaki \sum_{10} OCP türlerinin aylık ortalama konsantrasyonları

OCP türleri	Aralık (pg/m ³)	Ocak (pg/m ³)	Şubat (pg/m ³)
α -HCH	42,85	53,47	58,38
β -HCH	13,22	55,13	50,75
γ -HCH	52,25	63,66	40,99

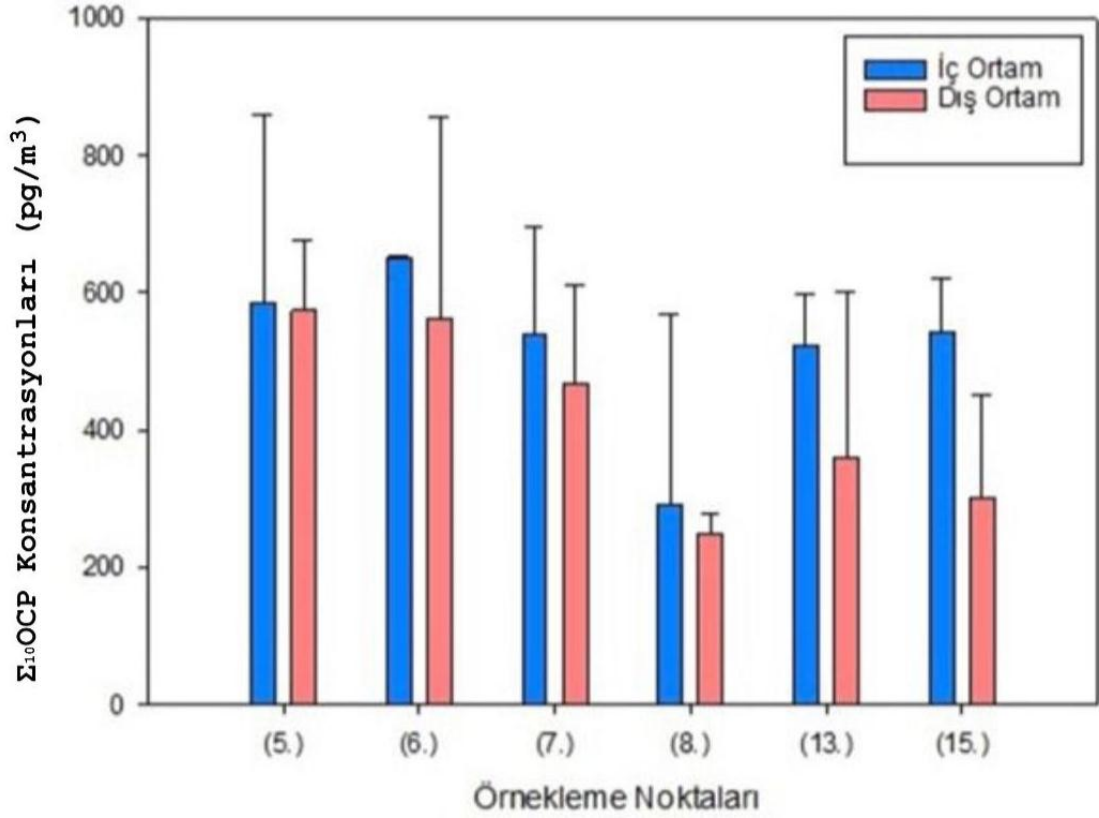
Çizelge 4.3. Dış ortamdaki Σ_{10} OCP türlerinin aylık ortalama konsantrasyonları (devam)

δ-HCH	63,23	77,87	41,40
Hepta endo epox iso A	27,83	21,84	36,41
Endrin	18,93	17,58	26,45
Endosulfan beta	9,59	17,68	8,07
Endrin aldehyde	44,54	66,82	21,68
p,p'-DDT	38,16	61,47	29,41
Methoxychlor	62,32	72,76	44,85

Bu bileşiklerin yüksek değerleri kullanımlarından, geçmişte kullanım sürelerinden ve fizikokimyasal özelliklerinden kaynaklanabilmektedir. P, P'-DDT geçmişte pestisit olarak yaygın şekilde uygulanmıştır (Pozo ve ark. 2009). Kentsel alanlarda OCP'lerin mevcudiyeti, genellikle evsel kalıntı ilaçlama ve böcek kaynaklı hastalıklarla mücadele için halk sağlığı kampanyaları ile ilişkilidir. Bazı çalışmada ölçülen OCP'ler arasında HCH ve DDT, ev sağlığı amacıyla tescil edilmiştir. Bu nedenle, her ikisinin de şehir havasında yüksek OCP konsantrasyonlarını gerçekleştirilmesi şaşırtıcı değildir.

4.3. İç ve Dış Ortamlardaki OCP Konsantrasyonları Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi

Bu çalışmada ölçülen Σ_{10} OCP'lerin iç ve dış ortam konsantrasyonları Şekil 4.10'da gösterilmektedir.



Şekil 4.10. Σ_{10} OCP'lerin iç ve dış ortam konsantrasyonları

İç ve dış ortam OCP konsantrasyonları arasındaki oran: İç/dış (I/O), hava kirleticileri arasındaki ilişkiyi açıklamak için kullanılmaktadır. $I/O > 1.00$ olduğunda kirletici kaynağı iç ortam iken $I/O \leq 1.00$ olduğunda kirleticilerin dış ortamdan kaynaklandığını söylemek mümkündür (Wang ve ark. 2003, Bohlin ve ark. 2008). Bu çalışmada, iç ve dış ortam Σ_{10} OCP konsantrasyonlarının oranları Çizelge 4.4'de göstermektedir.

Çizelge 4.4. İç ve dış ortam \sum_{10} OCP konsantrasyonlarının oranları

NO.	Aralık			Ocak			Şubat		
	İç ortam	Dış ortam	I/O	İç ortam	Dış ortam	I/O	İç ortam	Dış ortam	I/O
(5.)	887,10	459,56	1,93	354,47	650,03	0,55	512,83	614,09	0,84
(6.)	*	888,82	*	650,11	482,79	1,35	653,17	318,90	2,05
(7.)	385,69	368,18	1,05	701,72	568,87	1,23	530,87	*	*
(8.)	93,39	239,17	0,39	488,52	282,61	1,73	*	224,444	*
(13.)	575,63	130,56	4,41	*	613,26	*	468,28	333,69	1,40
(15.)	622,47	151,17	4,12	537,37	452,20	1,19	468,75	300,79	1,56

*: Eksik olan örnekler

Aralık ayı örnekleri için hesaplanan I/O oranlarının genellikle 1'den büyük olduğu görülmüştür. Yalnız Yıldırım ilçesinde Bursa Modern evine (8.) ait I/O oranı 1'den küçük bulunmuştur. Bu sonuç da kirletici kaynağının dış ortamdan kaynaklanabileceğini göstermektedir. Yeni binalarda OCP konsantrasyonları daha düşüktür ve bu nedenle dış ortamdan gelen kirletici kaynağı daha fazladır.

Ocak ve Şubat aylarında hesaplanan I/O oranı tüm örnekleme noktalarında 1'den büyükken; Yıldırım ilçesinde Vişne caddesindeki tekstil atölyesine (5.) ait I/O oranı 1'den küçük bulunmuştur. Bu da kirletici kaynağının dış ortamdan kaynaklanabileceğini göstermektedir. Bunun sebebi bölgenin birçok fabrikadan kaynaklı kirleticileri içmesi düşünülebilir.

Kalan örnekleme noktalarına gelince, tüm sonuçlar, kirliliğin evde yapılan temizlik gibi faaliyetlerden, ayrıca ev mobilyalarından, böcek öldürücü kullanımı ve ısınmadan kaynaklanan bir iç kaynak olduğunu göstermektedir. OCP'lerin özelliklerinden biri de polar olmaması ve bu nedenle ürünlerde iç ortamlarda oluşabilecek yağ ve kuru temizlemelerin giderilmesinde kullanılmasıdır. Bu nedenle, iç ortam havasındaki yüksek konsantrasyonların nedeni bu olabilmektedir. Sıcaklık OCP'nin varlığında da rol oynadığından, konsantrasyondaki değişiklik her evin sıcaklığından etkilenmektedir (Buehler ve ark. 2001, Singh ve ark. 2016).

Bohlin ve arkadaşlarının 2008 yılında yaptıkları çalışmada iç ve dış ortamdaki OCP konsantrasyonları karşılaştırılmıştır. Meksika ve Göteborg şehirlerindeki bazı alanlarda mekansal ve zamansal olarak tutarlı iç ve dış ortam örnekleri alınmıştır. I/O oranları Göteborg'da önemli ölçüde >1 ve Meksika'da genellikle 1'e yakın olduğu raporlanmıştır. Meksika, DDT'ler, CHL ve HCB için 1 civarında I/O oranlarına sahipken, δ -HCH bir evin iç ortamında çok daha yüksek bulunmuştur. Bu alanda OCP için yüksek I/O oranı elde edilmiştir. Göteborg ve Meksika arasındaki farklı I/O oranları bir dizi faktörle açıklanabilmektedir. I/O oranları, iç ve dış ortamlardaki mevcut kaynaklara dayanmaktadır. Bu, kaynak türü (birincil/ikincil), kirletici kaynakların yaşı ve hava değişim oranları gibi farklı iklim ve konut faktörleri gibi diğer faktörler tarafından karmaşık hale gelir (Bahadori ve ark. 1999, Rojas-Bracho ve ark. 2000).

Ek olarak, iç ortamlardaki hidrofobik malzemeler KOK'lar için lavabo görevi (yani halılar, PUF içeren dolgular, döşeme, toz) görebilir ve KOK'lar, dış ortam lavabolarına/kaynaklarına göre fotobozunma ve biyolojik bozunma gibi bozulmalardan daha az etkilenir (Vorhees ve ark. 1997). Bu nedenle, bu malzemelerde bir KOK birikimi olabilir ve bunlar ikincil emisyon kaynakları olarak işlev görebilmektedir. Bölgeler arasındaki ev döşeme geleneklerindeki farklılıklar da I/O oranı farklılıklarına katkıda bulunabilmektedir. Sıcaklık ayrıca I/O oranını da etkileyebilir. KOK'ların hava konsantrasyonları, atmosferik sıcaklıkla güçlü bir şekilde ilişkilidir (Buehler ve ark. 2001).

4.4. Organoklorlu Pestisitlerin Kaynaklarının Belirlenmesi

Tanı oranları OCP kirletici kaynaklarının önemli bir göstergesidir. OCP bileşiklerinin havadaki oluşum kaynaklarının belirlenmesinde bazı spesifik OCP bileşikleri arasındaki oran kullanılabilir. Teknik α -HCH/ γ -HCH oranı genellikle γ -HCH bileşiklerinin atmosferde bulunma sürelerinin tespitinde bir gösterge olarak kullanılabilir. Bu oran 4-7 aralığında ise teknik HCH'ler baskındır. Bulunan değer 4'den düşük ise tespit edilen bölgelerde lindan'ın (γ -HCH) son zamanlarda kullanıldığını göstermektedir (Shen ve ark. 2004).

Bu çalışmada ise iç ortam için ortalama α -HCH/ γ -HCH oranı 0,71 ile 1,13 olarak, dış ortam için 0,82 ile 1,78 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar ile Bursa'da gerçekleştirilen tarımsal faaliyetler sırasında lindan (γ -HCH) kullanımının hala devam ettiğini söylemek mümkündür.

Gioia ve ark. (2005) tarafından New York'da yapılan bir çalışmada ortalama α -HCH/ γ -HCH oranı 1.3–2.7 olarak tespit edilmiştir. Tombesi ve ark. (2014) tarafından Arjantin'de yapılan bir çalışmada tarım alanlarında ortalama α -HCH/ γ -HCH oranı 0.2–1.7, yerleşim alanlarında ise 0.7–1.5 olarak raporlanmıştır. Alegria ve ark. (2006) tarafından Meksika'da yapılan bir çalışmada α -HCH/ γ -HCH oranı 0,38'dir. Shen ve ark. (2005) kuzey Amerika'da yapılan bir çalışmada ortalama α -HCH/ γ -HCH oranını 0.16-0.46 olarak raporlanmıştır. Hesaplanan oranlar bölgelerin özelliklerine göre değişiklik göstermektedir.

Can-Güven ve ark. (2019) tarafından Antalya'da yapılan bir çalışmada α -HCH/ γ -HCH oranları 1,32 ile 2,47 arasında değişmektedir. Bohlin ve ark. (2008) tarafından Göttenborg, Lancaster ve Meksika'da yapılan bir çalışmada tüm numunelerdeki α -HCH/ γ -HCH oranı (<0.4) olarak tespit edilmiştir. Guida ve ark. (2021) tarafından Güneydoğu Brezilya'da yapılan bir çalışmada α -HCH/ γ -HCH oranı 0.4–1.9 olarak raporlanmıştır. Bu da bölgesel kullanımı veya Lindan'ın bitişik bölgelerinden hava yoluyla taşındığını göstermektedir.

p,p'-DDT/p,p'-DDE oranı genellikle DDT bileşiklerinin atmosferde bulunma sürelerinin tespitinde bir gösterge olarak kullanılabilir. Bu oranın 1'den büyük olması tespit edilen bölgelerde DDT'nin son zamanlarda kullanıldığını göstermektedir (Pozo ve ark. 2009).

Bu çalışmada numunelerde analiz edilen tüm DDT izomerleri arasında, tespit edilen tek bileşik p,p'-DDT idir. İç ortam havasındaki ortalama p,p'-DDT konsantrasyonları Doğanbey Mahallesinde (15.) 79,81 pg/m³, Çınarönü Mahallesinde (7.) 77,86 pg/m³, Yüzüncüyıl Mahallesinde (13.) 67,82 pg/ m³, Esenevler Mahallesinde (6.) 66,59 pg/m³, Yavuz Selim Mahallesinde (5.) 55,66 pg/m³ ve Cumhuriyet Mahallesinde ise (8.) 47,78 pg/m³ olarak tespit edilmiştir.

Dış ortam havasındaki ortalama p,p'-DDT konsantrasyonları Esenevler Mahallesi (6.) 77,77 pg/m³, Çınarönü Mahallesi (7.) 35,76 pg/m³, Cumhuriyet Mahallesi (8.) 16,33 pg/m³, Doğanbey Mahallesi (15.) 14,94 pg/m³ ve Yüzüncüyıl Mahallesi (13.) 11,46 pg/m³ olarak tespit edilmiştir.

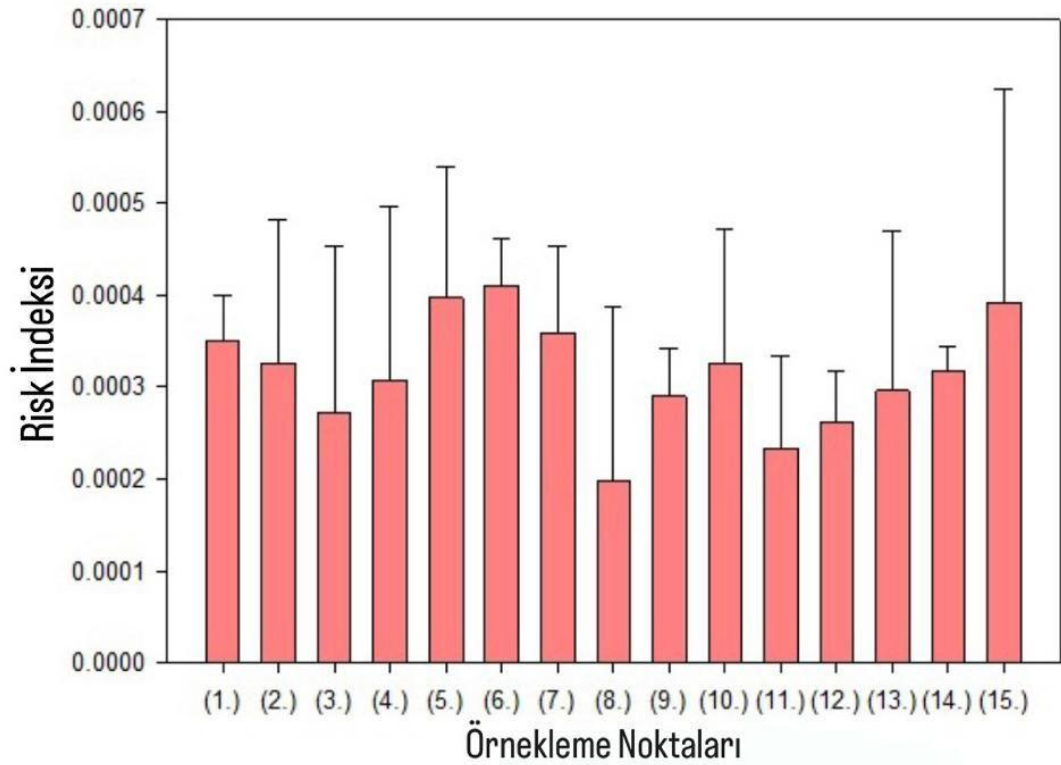
Diğer çalışmaların sonuçlarıyla karşılaştırıldığında bu değerlerin yüksek olduğu söylenebilir. Pozo ve ark. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada Avustralya'da 10 pg/m³'e kadar, İzlanda'da 30 pg/m³'e kadar ve Alaska'da 20 pg/m³'e kadar değerler tespit edilmiştir.

4.5. Organoklorlu Pestisitlerin Sağlık Riski ve Toksikitesinin Belirlenmesi

OCP'ler, yüksek toksisiteleri, kanserojen özellikleri ve bozulmaya karşı dirençleri nedeniyle özel bir endişe kaynağıdır (Bräuner ve ark. 2011, Jiao ve ark. 2018). 1980'lerden beri gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin çoğunda OCP'lerin uygulanması kısıtlanmıştır. Bununla birlikte, önceki kalıntılar nedeniyle farklı bölgelerde hala yaygın olarak tespit edilmektedir (Liu ve ark. 2019). OCP'ler özelliklerinden dolayı atmosferde yüksek konsantrasyonlarda bulunmakta ve insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir.

Bu çalışmada PHÖ'den elde edilen veriler kullanılarak iç ve dış ortamdaki Σ_{10} OCP kirletici konsantrasyonları kullanılarak yetişkinlerde (70 yaş) ve çocuklarda (9 yaş), Aralık, Ocak ve Şubat ayları için oluşabilecek kanser riski hesaplanmıştır. Kanser riski hesabı "2.1" no'lu denklem ile her bir OCP konjeneri için hesaplanmıştır.

Şekil 4.11'de her bir örnek noktasında tespit edilen iç ortamdaki yetişkin insanlar için ortalama Σ_{10} OCP risk değerleri gösterilmektedir.

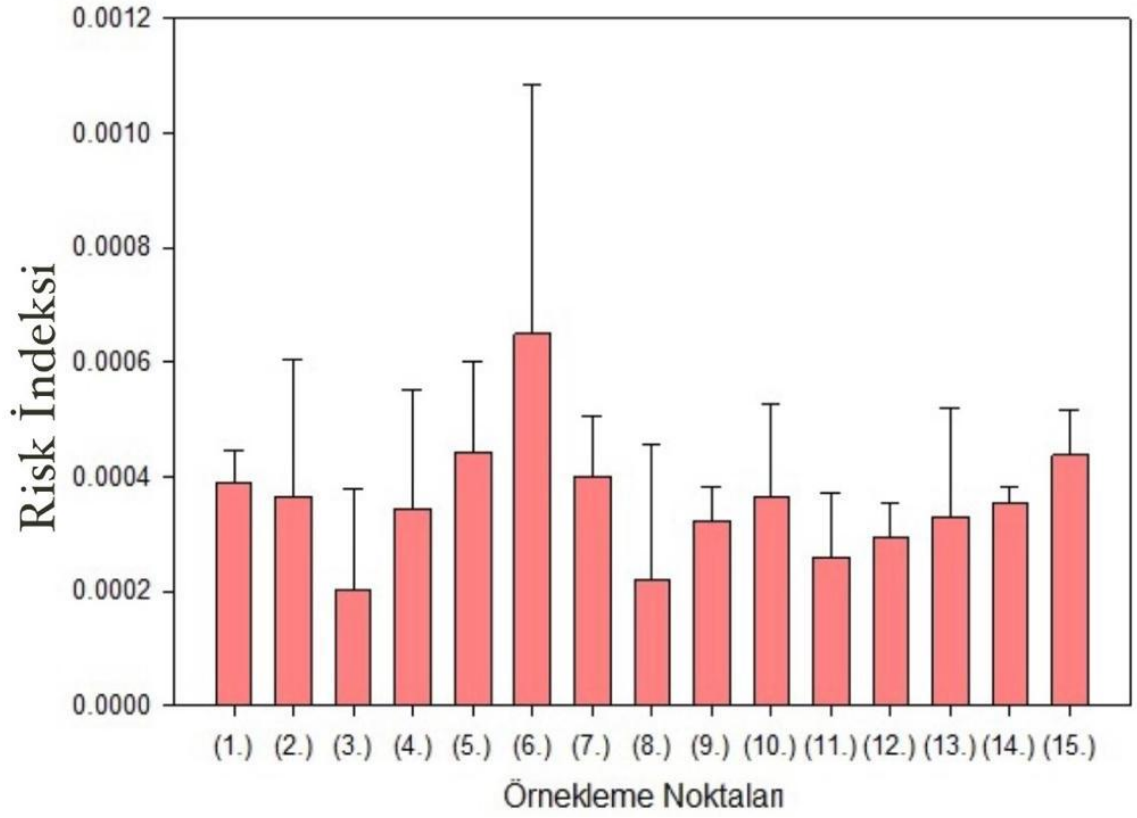


Şekil 4.11. İç ortamdaki yetişkin insanlar için hesaplanan kanser risk indeksi

Bu çalışmada iç ortam havasında ölçülen $\sum_{10}OCP$ 'lerin kanser riski indeksi değerleri yetişkin insanlar için minimum değer $2.10^{-4} \pm 1,8.10^{-4}$ ile Yıldırım ilçesinde Bursa Modern'de (8.) tespit edilmiştir.

Ölçülen $\sum_{10}OCP$ maksimum risk değeri ise $4,1.10^{-4} \pm 5,04.10^{-5}$ ile Yıldırım ilçesinde Esenevler mahallesindeki evde (6.) tespit edilmiştir.

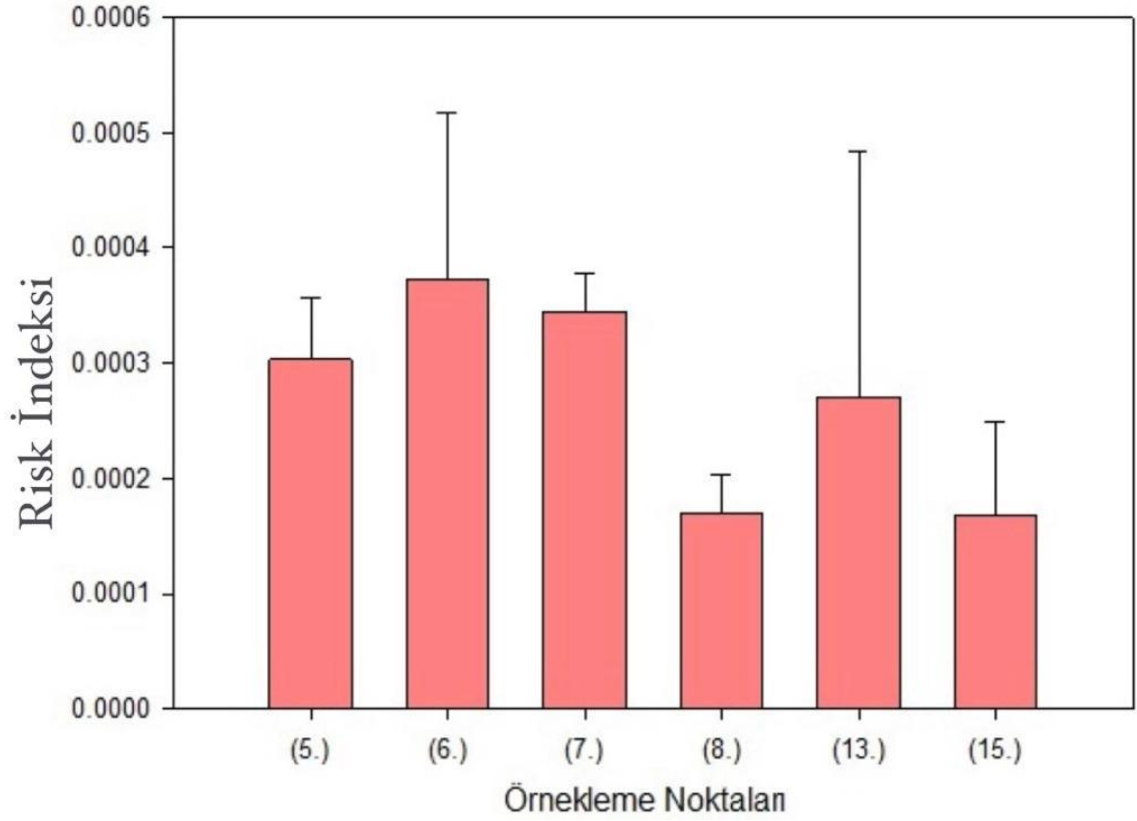
Şekil 4.12'de her bir örnek noktasında tespit edilen iç ortamdaki çocuklar için ortalama $\sum_{10}OCP$ risk değerleri gösterilmektedir.



Şekil 4.12. İç ortamdaki çocuklar için hesaplanan kanser risk indeksi

Çocuklar için ise minimum değer $1,9 \cdot 10^{-4} \pm 1,7 \cdot 10^{-4}$ ile Yıldırım ilçesinde 75. mahallesindeki evde (3.), maksimum değer $6,6 \cdot 10^{-4} \pm 4,4 \cdot 10^{-4}$ ile Yıldırım ilçesinde Esenevler mahallesindeki evde (6.) tespit edilmiştir.

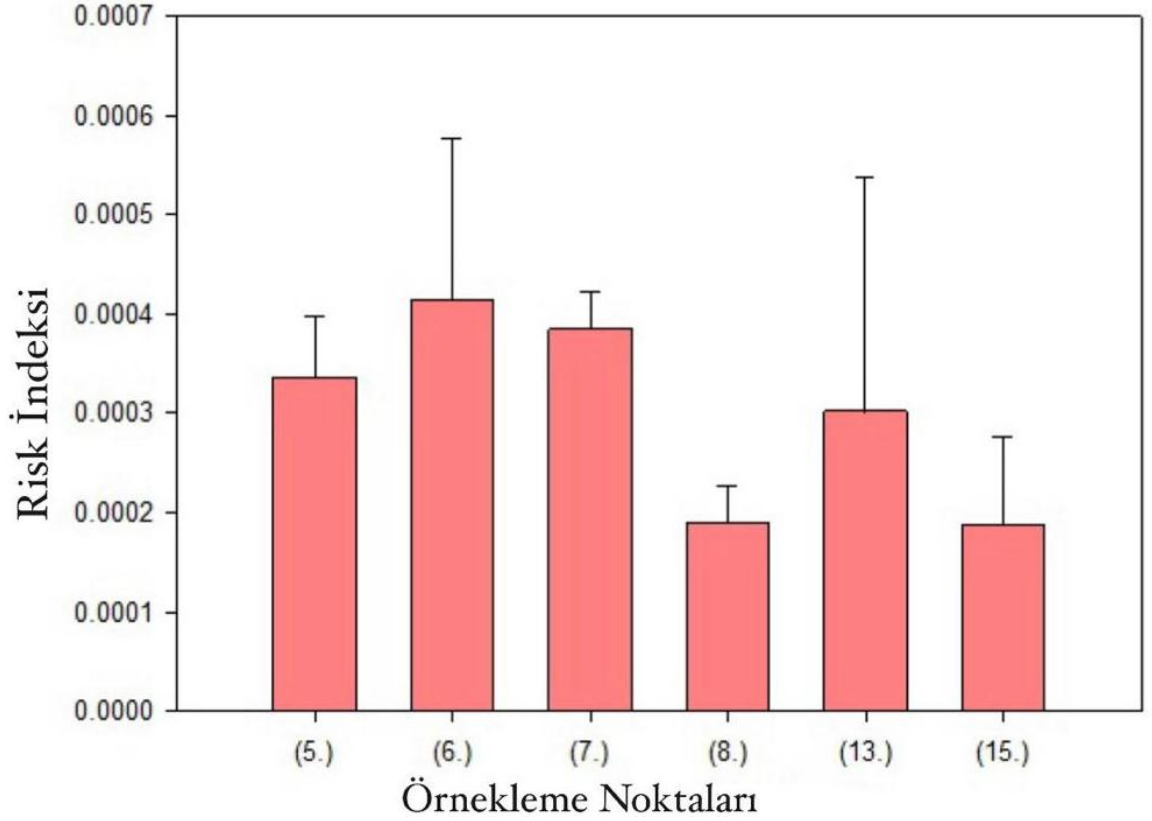
Şekil 4.13’de her bir dış ortamdaki örnek noktasında tespit edilen yetişkin insanlar için ortalama $\sum_{10} \text{OCP}$ risk değerleri gösterilmektedir.



Şekil 4.13. Dış ortamdaki yetişkin insanlar için hesaplanan kanser risk indeksi

Dış ortam havasında ölçülen $\sum_{10}OCP$ 'lerin kanser riski indeksi değerleri yetişkin insanlar için minimum değer $1,7 \cdot 10^{-4} \pm 3,4 \cdot 10^{-5}$ ile Yıldırım ilçesinde Bursa Moderndeki evde (8.), maksimum değer $3,7 \cdot 10^{-4} \pm 1,5 \cdot 10^{-4}$ ile Yıldırım ilçesinde Esenevler mahallesindeki evde (6.) tespit edilmiştir.

Şekil 4.14'de her bir örnek noktasında tespit edilen dış ortamdaki çocuklar için ortalama $\sum_{10}OCP$ risk değerleri gösterilmektedir.



Şekil 4.14. Dış ortamdaki çocuklar için hesaplanan kanser risk indeksi

Çocuklar için ise minimum değer $1,8 \cdot 10^{-4} \pm 3,4 \cdot 10^{-5}$ ile Yıldırım ilçesinde Bursa Moderndeki evde (8.), maksimum değer ise $4,1 \cdot 10^{-4} \pm 1,6 \cdot 10^{-4}$ ile Yıldırım ilçesinde Esenevler mahallesindeki evde (6.) tespit edilmiştir. Bu çalışmada tüm değerler birbirine yakın ve benzerlik gösterilmiştir. Tüm aylar için iç ve dış ortam havasındaki hem yetişkin insanlarda hem de çocuklarda en yüksek değer Esenevler mahallesinde (6.) tespit edilmiştir. Bu noktada $\sum_{10} \text{OCP}$ konsantrasyonlarının yüksek olması nedeniyle kanser riski indeksi değeri de yüksek çıkmıştır. Bu örnekleme noktası hem evin temizlemesinden hem de örnekleme döneminde evin dış tarafında gerçekleşen boyama işleminden etkilendiği söylenebilir (Xin ve ark, 2011).

Tüm aylar için iç ve dış ortam havasındaki hem yetişkin insanlarda hem de çocuklarda en düşük değer Bursa Modern'de (8.) ve Yıldırım belediyesinde (3.) tespit edilmiştir. Bu noktalarda $\sum_{10} \text{OCP}$ konsantrasyonlarının düşük olması nedeniyle kanser riski indeksi değeri de en düşük çıkmıştır. Bunun sebebinin binanın yeni olmasından kaynaklandığı söylenebilir (Audy ve ark. 2018).

US-EPA'ya göre, kanser riski indeksi 10^{-4} 'den büyük ise kansere yakalanma riski yüksektir. 10^{-6} ile 10^{-4} arasında ise kanser riski kabul edilebilir seviyededir. Kanser riski indeksi 10^{-6} 'nın altında ise kanser riskini olmadığını söylemek mümkündür (Chen ve ark. 2020, Lisouza ve ark. 2020).

Bu çalışmada PHÖ yardımıyla hesaplanan OCP'lerin kanser risk indeksleri incelendiğinde iç ve dış ortam için yetişkin insanlar ve çocuklarda kanser riskinin yüksek seviyede olduğu söylenebilir.

Lisouza ve ark (2020) tarafından Kenya'da yapılan çalışmada OCP sonucu oluşan kanser riski sonuçları 10^{-6} 'dan küçük bulunmuş ve kanser riski taşımadığı şeklinde raporlanmıştır. Holt ve ark (2017) tarafından Çek Cumhuriyetindeki yapılan çalışmada OCP sonucu oluşan kanser riski Barok Müzesinde sonuçlar 10^{-5} civarında bulunmuştur. Tiyatronun restorasyonundan sonra sonuçlar 10^{-6} civarına azaldığı raporlanmıştır. İzolasyon da dahil olmak üzere kirlenici yapı malzemelerinin çıkarılmasını içeren saha restorasyonundan sonra sonuçlar ihmal edilebilir seviyeye inmiştir. Güney Bohemya Müzesinde, OCP sonucu oluşan kanser riski sonuçları 10^{-4} olarak raporlanmıştır. Wang ve ark (2020) tarafından Nepal'da yapılan çalışmada OCP sonucu oluşan kanser riski sonuçları 1×10^{-6} 'lık güvenli sınırdan daha yüksek olduğunu raporlanmıştır. Sonuçlardaki fark, OCP konsantrasyonlarının farklı bölgelerde değişmesi gerçeğinden kaynaklanmaktadır (Thompson ve ark. 2017).

5. SONUÇLAR

Yapılan çalışmada, Aralık 2019 ile Şubat 2020 tarihleri arasında Bursa'da 15 farklı mekanlardan pasif hava örnekleme (PHÖ) kullanılarak toplanan iç (15) ve dış (6) ortam hava örneklerinde 10 OCP türü (Alfa-HCH, Beta-HCH, Gamma-HCH, Delta-HCH, Hepta endo epox iso A, Endrin, Endosulfan beta, Endrin aldehide, p,p'-DDT ve Metoksiklor) için analiz gerçekleştirilmiştir. İç ve dış ortam hava örnekleme noktaları; 10 tane kentsel, 2 tane sanayi, 1 tane yarı kentsel, 1 tane kentsel-sanayi, 1 tane kentsel-trafik özelliğindedir.

İç ortam havasında ölçülen toplam 10 OCP ($\Sigma_{10}OCP$) konsantrasyonları için minimum değer 93,39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Yıldırım ilçesinde Bursa Modern evinde (8.), maksimum değer 887,10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Yıldırım ilçesinde Vişne caddesindeki tekstil atölyesinde (5.) tespit edilmiştir. Değerinin yüksek olmasının sebebi bölgenin sanayi olması olduğu düşünülebilir.

Yapılan çalışmaya göre iç ortam havasında örnekleme noktaları arasındaki OCP konsantrasyonların farkının nedenleri bina yaşı, iç ortamda pestisit kullanımı, temizleme malzemeleri, sıcaklık, sanayi bölgesine yakınlık ve tarım faaliyetlerin önemli etkisinin olduğu söylenebilir (Demirtepe ve ark. 2019, Wang ve ark. 2020).

Dış ortam havasında ölçülen $\Sigma_{10}OCP$ konsantrasyonları için minimum değer 130,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Nilüfer ilçesinde Yüzüncüyıl Mahallesinde yer alan ev (13.) iken; maksimum değer 888,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Yıldırım ilçesinde Esenevler Mahallesindeki eve (6.) aittir. Bu durumda, bölgelere yakın bahçelerde olan faaliyetlerin dış ortam havasına etkisi düşünülebilir. Bu noktada örnekleme döneminde binanın dış bölümünde yapılan boyama çalışmanın da etkisi altında olduğu söylenebilir.

Yapılan çalışmaya göre dış ortam havasında örnekleme noktaları arasındaki OCP konsantrasyonların farkının nedenleri tarım arazilere yakınlık, çevre bahçelerinin dağılımı ve meteorolojik faktörlerden (sıcaklık, basınç, nem, rüzgâr hızı ve yönü, yağış yüksekliği) kaynaklanmaktadır (Halsall ve ark. 1998, Sofuoğlu ve ark. 2001, Stadler ve

ark. 2006, Tombesi ve ark. 2014, Yeo ve ark. 2004). Elde edilen konsantrasyon seviyeleri yapılan çeşitli çalışmalarla benzerlik göstermektedir.

Hava kirleticileri arasındaki ilişkiyi açıklamak için, iç ve dış ortam konsantrasyonlarının oranı (I/O) hesaplanmıştır. Sonuçlara göre, Aralık ayında Bursa Moderndeki eve (8.), Ocak ve Şubat aylarında Vişne caddesindeki atölyeye (5.) ait oranda kirleticinin dış ortamdaki kaynağı görülmektedir. Kalan örnekleme noktalarına gelince, tüm sonuçlar kirleticilerin iç ortam havasından kaynaklanabileceğini göstermektedir. Bütün pestisit kullanım önlemleri alınsa bile, bir evde diğer organoklorlu pestisitlerin kalıntıları kullanımından sonra yıllarca kalabilir ve sonuç olarak kronik maruziyet ortaya çıkabilir. Halılar, döşemeli mobilyalar ve perdeler gibi ev malzemelerinin varlığı, iç ortamdaki kronik maruziyete eklenir. Bunlar emici madde veya rezervuar görevi görerek OCP'lerin zamanla yavaş yavaş salınmasına neden olur. Bu rezervuarlar iç ortam havasında OCP maruziyetinin önemli kaynakları olma potansiyeline sahiptir (Vorhees ve ark. 1997).

İç ve dış ortam OCP bileşiklerinin havadaki oluşmuş kirliliğinin kaynaklarının belirlenmesi amacıyla teknik α -HCH/ γ -HCH oranları hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, bölgesel kullanım gerçekleştiğini veya Lindan'ın bitişik bölgelerinden hava yoluyla taşındığını göstermektedir.

Bu çalışmada örnekleme noktalarına ait iç ve dış ortam havasındaki OCP'lerin solunum yoluyla insan sağlığına olan etkisinin belirlenebilmesi amacıyla yetişkinlerde ve çocuklarda oluşabilecek kanser riski değerlendirilmiştir. Sonuçlara bakıldığında, hem iç hem de dış ortam için yetişkin insanlarda ve çocuklarda solunum yoluyla oluşan OCP'ye ait kanser riskinin yüksek seviyelerde olduğu tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

Alegria, H.A., Bidleman, T.F., Shaw, T.J. (2000). Organochlorine pesticides in ambient air of Belize, Central America. *Environmental Science & Technology*, 34, 1953–1958.

Amy Dymond, Stuart Mealing, Jessica McMaster, Hayden Holmes, Lesley Owen. (2021). indoor air quality at home- an economic analysis. *Environmental Research and Public Health*, 18, 1679.

Anonim 1, (2022). www.intox.org/.../chemical/ddtanalo/pest21_e.htm

Anonim 2, (2001). Persistent organic pollutants and the Stockholm convention: A resource guide, Resource Futures International for the World Bank and CIDA.

Arun Srivastava, V.K. Jain. (2003). Relationships between indoor and outdoor air quality in Delhi. *Indoor Built Environ*, 12, 159–165.

Audy, O., Melymuk, L., Venier, M., Vojta, S., Becanova, J., Romanak, K., Vykoukalova, M., Prokes, R., Kukucka, P., Diamond, M.L., Klanova, J. (2018). PCBs and organochlorine pesticides in indoor environments- a comparison of indoor contamination in Canada and Czech Republic. *Chemosphere*, 206, 622–631.

Bartkow, M.E., Hawker, D.W., Kennedy, K.E., Muller, J.F. (2004). Characterizing uptake kinetics of PAHs from the air using polyethylene-based passive air samplers of multiple surface area to volume ratios. *Environ. Sci. Technol*, 38, 2701–2706.

Booij, P., Holoubek, I., Klánová, J., Kohoutek, J., Dvorská, A., Magulová, K., Al-Zadjali, S., Čupr, P., (2016). Current implications of past DDT indoor spraying in Oman. *Sci Total Environ*, 550, 231–240. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.044>.

Bräuner, E.V., Mayer, P., Gunnarsen, L., Vorkamp, K. And Raaschou Nielsen, O. (2011). Occurrence of organochlorine pesticides in indoor dust. *J. Environ. Monitor*, 13, 522–526.

Bozlaker, A., Müezzinoğlu, A., Odabaşı, M. (2008). Aliğa ağır sanayi bölgesinde organoklorlu pestisitler (OCP'ler) üzerine bir çalışma. *Ulusal Sempozyumu*, 22- 25.

Buehler, S. S., Basu, I.; Hites, R. A., (2001). A comparison of PAH, PCB, and pesticide concentrations in air at two rural sites on Lake Superior. *Environmental Science & Technology*, 35, 2417-2422.

Chenhui Yang, Jing Fang, Xiaojie Sun, Wenxin Zhang, Juxiao Li, Xiaomei Chen, Ling Yu, Wei Xia, Shunqing Xu, Zongwei Cai, Yuanyuan Li. (2021). Prenatal exposure to organochlorine pesticides and infant growth: A longitudinal study. *Environment International*, 148, 106374.

Chong Chen, Wenbing Zou, Songsong Chen, Kai Zhang and Limin Ma. (2020). Ecological and health risk assessment of organochlorine pesticides in an urbanized river network of Shanghai, China. *Environ Sci Eur*, 32:42.

Cindoruk, S. S. (2011). Atmospheric organochlorine pesticide (OCP) levels in a metropolitan city in Turkey. *Chemosphere*, 82, 78–87.

Da C, Liu G, Yuan Z. (2014). Analysis of HCHs and DDTs in a sediment core from the Old Yellow River Estuary, China. *Ecotoxicol Environ Saf*, 100(1), 171–177.

Dikaia E. Saraga. (2020). Special issue on indoor air quality. *Applied Sciences*, 10, 150.
Duygu Kavuncuoğlu, Zahide Koşan. (2019). Indoor air pollution. *International Journal of Scientific Research and Review*, 113–196.

Elvira V. Brauner, Philipp Mayer, Lars Gunnarsen, Katrin Vorkamp and Ole Raaschou-Nielsen. (2011). Occurrence of organochlorine pesticides in indoor dust. *J. Environ. Monit*, 13, 522–526

Emine Can-Güven, Kadir Gedik, Perihan Binnur Kurt-Karakuş. (2019). Polyurethane foam disk passive sampler derived air concentrations of persistent organic pollutants in an agricultural region with hot climate. *Atmospheric Pollution Research*, 10, 1913–1920.

Esen, F., (2006). Bursa atmosferindeki polisiklik aromatik hidrokarbonların (PAH'ların) Gaz/Partikül konsantrasyon dağılımları ve kuru çökeleme miktarları. *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa. 41–47.

Fred Ayodi Lisouza, P. Okinda Owuor, Joseph O. Lalah. (2020). Sources, distribution, and risk assessment of organochlorine pesticides in Nairobi City, Kenya. *Journal of Environmental Sciences*, 96, 178–185.

Fu, L., Lu, X., Tan, J., Zhang, H., Zhang, Y., Wang, S., Chen, J. (2018). Bioaccumulation and human health risks of OCPs and PCBs in freshwater products of Northeast China. *Environmental Pollution*, 242, 1527–1534.

Gioia, R., Offenbergl, J.H., Gigliotti, C.L., Totten, L.A., Du, S., Eisenreich, S.J. (2005). Atmospheric concentrations and deposition of organochlorine pesticides in the US Mid-Atlantic region, *Atmospheric Environment*, 39, 2309–2322.

Gizem Eker Sanlı, Yücel Tasmemir. (2020). Seasonal variations of organochlorine pesticides (OCPs) in air samples during day and night periods in Bursa, Turkey. *Atmospheric Pollution Research*, 11, 2142–2153.

Goel, A., Upadhyay, K., Chakraborty, M. (2016). Investigation of levels in ambient air near sources of Polychlorinated Biphenyls (PCBs) in Kanpur, India, and risk assessment due to inhalation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188–192.

Hale Demirtepe, Lisa Melymuk, Miriam L. Diamond, Lola Bajard, Šimon Vojta, Roman Proke, Ondřej Sážka, Jana Klánová, Ľubica Palkovičová Murínová, Denisa Richterová, Vladimíra Rašplová, Tomáš Trnovec. (2019). Linking past uses of legacy SVOCs with today's indoor levels and human exposure. *Environment International*, 127, 653–663.

Halsall, C. J., (2004). Investigating the occurrence of persistent organic pollutants (POPs) in the arctic: their atmospheric behaviour and interaction with the seasonal snow pack. *Environmental Pollution*, 128, 163–175.

Harb S. Hmood, Noor M. Ali, Muataz A. Al-Qazzaz. (2019). Evaluation of antemortem and postmortem levels of organochlorine pesticides in a sample of Iraqi People. *Nahrain College of Medicine*, Vol. 15(4).

Holt, E., Audy, O., Booiij, P., Melymuk, L., Prokes, R., Klánová, J. (2017). Organochlorine pesticides in the indoor air of a theatre and museum in the Czech Republic: inhalation exposure and cancer risk. *Sci. Total Environ*, 609, 598–606. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.203>.

Igor Cretescu, Doina Lutic, Liliana Rosemarie Manea. (2017). Electrochemical sensors for monitoring of indoor and outdoor air pollution. *Electrochemical Sensors Technology*, doi: 10.5772/intechopen.68512.

Iwegbue, C. M. A., Tesi, G. O., Obi, G., Obi-Iyeke, G. E., Igbuku, U. A., Martincigh, B. S. (2016). Concentrations, health risks and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons in Nigerian honey. *Toxicology and Environmental Health Sciences*, 8(1), 28–42. <https://doi.org/10.1007/s13530-016-0259-z>

Jiao, L., Lao, Q., Chen, L., Chen, F., Sun, X. and Zhao, M. (2018). Concentration and influence factors of organochlorine pesticides in atmospheric particles in a coastal island in Fujian, Southeast China. *Aerosol and Air Quality Research*, 18, 2982–2996.

Juan Liu, Hui-Yu Wang, Shan-Jun Song, Hui-Chun Ma, Wen-Tao Sun, Lei Wang, Yan Wang, Xian-Liang Yi, Li-Qiong Guo, Peng-Hui Li. (2019). Levels, potential sources and risk assessment of organochlorine pesticides in atmospheric particulate matter at Regional Background Site. *Aerosol and Air Quality Research*, 19, 2008–2016.

Kiran Raj Awasthi, Mamata Sherpa Awasthi. (2019). Health and Environmental Effects of Organochlorine Pesticides in Developing Countries. *Open Access Journal of Environmental and Soil Sciences*, 2641-6794. doi: 10.32474/OAJESS.2019.02.000135.

Lifei Zhang, Liang Dong, Wenlong Yang, Li Zhou, Shuangxin Shi, Xiulan Zhang, Shan Niu, Lingling Li, Zhongxiang Wu, Yeru Huang. (2013). Passive air sampling of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in The Yangtze River Delta, China. *Environmental International*, 181, 159–166.

Louie p. K. k., Sin D.W. (2003). A preliminary investigation of persistent organic pollutants in ambient air in Hong Kong. *Chemosphere*, 52, 1397-1403.

Manoranjan Pattnaik, Bijoy Kumar Pany, Dinabandhu Jena, Asit Kumar Pal, Gayatri Sahu. (2014). Effect of organochlorine pesticides on living organisms and environment. *Chem Sci Rev Lett*, 9 (35), 682-686.

Mari, M., Schuhmacher, M., Feliubadaló, J., Domingo, J. L. (2008). Air concentrations of PCDD/Fs, PCBs and PCNs using active and passive air samplers. *Chemosphere*, 70(9), 1637–1643. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.07.076>

Norma Tombesi, Karla Pozo, Tom Harner. (2014). Persistent organic pollutants (POPs) in the atmosphere of agricultural and urban areas in the Province of Buenos Aires in Argentina using PUF disk passive air samplers. *Atmospheric Pollution Research*, 5, 170–178.

Odabasi, M., Cetin, B., Demircioglu, E. ve Sofuoğlu, A. (2008). Air–water exchange of polychlorinated biphenyls (PCBs) and organochlorine pesticides (OCPs) at a coastal site in Izmir Bay, Turkey, *Marine Chemistry*, 109, 115–129.

Odabaşı, M., Sofuoğlu, A., Vardar, N., Taşdemir, Y., Holsen, T.M. (1999). Measurement of PAH dry deposition and air-water exchange of polycyclic aromatic hydrocarbons with the Water Surface Sampler. *Environmental Science and Technology*, 33, 426-434.

Okeme, J. O., Saini, A., Yang, C., Zhu, J., Smedes, F., Klánová, J., Diamond, M. L. (2016). Calibration of polydimethylsiloxane and XAD-Pocket passive air samplers (PAS) for measuring gas- and particle-phase SVOCs. *Atmospheric Environment*, 143, 202–208. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.08.023>

Ondrej Audy, Lisa Melymuk, Marta Venier, Simon Vojta, Jitka Becanova, Kevin Romanak, Martina Vykoukalova, Roman Prokes, Petr Kukucka, Miriam L. Diamond, Jana Klanova. (2018). PCBs and organochlorine pesticides in indoor environments – A comparison of indoor contamination in Canada and Czech Republic. *Chemosphere*, 206, 622–631.

Pernilla Bohlin, Kevin C. Jones, Horacio Tovalin, Bo Strandberg. (2008). Observations on persistent organic pollutants in indoor and outdoor air using passive polyurethane foam samplers. *Atmospheric Environment*, 42, 7234–7241.

Pozo, K., Harner, T., Lee, S.C., Wania, F., Muir, D.C.G., Jones, K.C. (2009). Seasonally resolved concentrations of persistent organic pollutants in the global atmosphere from the first year of the GAPS study. *Environmental Science & Technology*, 43, 796–803.

Qu, C., Qi, S., Yang, D., Huang, H., Zhang, J., Chena, W., Yohannes, H.K., Sandy, E.H.,

Yang, J., Zing, X. (2015). Risk assesament and influence factors of organochlorine pesticides (OCPs) in agricultural soils of the hill region: A case study from Ningde, southeast China. *J. Geochemical Explor*, 149, 43–51.

Ravindran Jayaraj, Pankajshan Megha, Puthur Sreedev. (2016). Organochlorine pesticides, their toxic effects on living organisms and their fate in the environment. *Interdisciplinary Toxicology*, vol. 9(3–4), 90–100.

Rojas-Bracho, L., Suh, H.H., Koutrakis, P. (2000). Relationships among personal, indoor, and outdoor fine and coarse particle concentrations for individuals with COPD. *Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 10, 294–306.

Roxana Elena Scutariu, Diana Putu, Gheorghe Nechifor, Marcela Niculescu, Luoana Florentina Pasci, Toma Galaon. *In Vitro* Sorption. (2019). Study of some organochlorine pesticides on polyethylene terephthalate microplastics. *REV.CHIM. (Bucharest)*, 70, 12. doi: 10.37358/RC.19.12.7803

Sanusi, A., Milleti M., Mirabel, P. and Wortham, H. (1999). Gas particle partitioning of pesticides in atmospheric samples, *Atmospheric Environment*, 334941-4951.

Shen, L., Wania, F., Lei, Y.D., Teixeira, C., Muir, D.C.G., Bidleman, T.F. (2004). Hexachlorocyclohexanes in the north American atmosphere. *Environmental Science & Technology*, 38, 965–975.

Shoeib, M., Harner, T. (2002). Characterization and comparison of three passive air samplers for persistent organic pollutants. *Environmental Science and Technology*, 36(19), 4142–4151. <https://doi.org/10.1021/es020635t>

Zorawar Singh, Jasminder Kaur, Ravneet Kaur, Swarndeeep Singh Hundal. (2016). Toxic effects of organochlorine pesticides : A review. *American Journal of BioScience*, 4, 11–18.

Sofuoğlu, A., Odabasi, M., Tasdemir, Y., Khalili, N. R., Holsen, T. M. (2001). Temperature dependence of gas-phase polycyclic aromatic hydrocarbon and organochlorine pesticide concentrations in Chicago air. *Atmospheric Environment*, 35, 6503–6510.

Sruthi, S.N., Shyleshchandran, M.S., Mathew, S.P., Ramasamy, E.V. (2016). Contamination from organochlorine pesticides (OCPs) in agricultural soils of Kuttanad agro-ecosystem in India and related potential health risk. *Environ. Sci. Pollut. Res*, 24, 969–978.

Stadler, T., Buteler, M., Ferrero, A.A. (2006). Susceptibility to endosulfan and resistance monitoring in “green stinkbug” populations, *Piezodorus guildinii* (Insecta, Heteroptera: Pentatomidae), in soya crops in Argentina. *Revista de la Sociedad Entomologica Argentina*, 65, 109–119.

Strandberg, B., Dodder, N.G., Basu, I., Hites, R.A. (2001). Concentrations and spatial variations of polybrominated diphenyl ethers and other organohalogen compounds in Great Lakes air. *Environmental Science & Technology*, 35, 1078–1083.

Taşdemir, Y., Esen, F., (2007). Urban air PAHs: Concentrations, temporal changes and gas/particle partitioning at a traffic site in Turkey. *Atmospheric Research*, 84, 1-12.

Thompson, L. A., Darwish, W. S., Ikenaka, Y., Nakayama, S. M. M., Mizukawa, H., Ishizuka, M. (2017). Organochlorine pesticide contamination of foods in Africa: incidence and public health significance. *Veterinary Medical Science*, 79(4), 751–764. <https://doi.org/10.1292/jvms.16-0214>

Timothy O. Ajiboye, Alex T. Kuvarega, Damian C. Onwudiwe. (2020). Recent strategies for environmental remediation of organochlorine pesticides. *Appl. Sci*, 10, 6286. doi:10.3390/app10186286

Tom Harner, Michael Bartkow, Ivan Holoubek, Jana Klanova, Frank Wania, Rosalinda Gioia, Claudia Moeckel, Andrew J. Sweetman, Kevin C. Jones. (2011). Passive air sampling for persistent organic pollutants: Introductory remarks to the special issue. *Environmental Pollution*, 144, 361–364

Tuduri, L., Millet, M., Briand, O., Montury, M. (2012). Passive air sampling of semi-volatile organic compounds. *TrAC- Trends in Analytical Chemistry*, 31(2), 38–49. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2011.08.007>

Victor H. Estellano, Karla Pozo, Tom Harner, Simonetta Corsolini, Silvano Focardi. (2012). Using PUF disk passive samplers to simultaneously measure air concentrations of persistent organic pollutants (POPs) across the Tuscany Region, Italy. *Atmospheric Pollution Research*, 3, 88–94.

Vorhees, D.J., Cullen, A.C., Altshul, L.M. (1997). Exposure to polychlorinated biphenyls in residential indoor air and outdoor air near a Superfund site. *Environmental Science & Technology*, 31, 3612–3618.

Xiaoyan Wang, Ping Gong, Chuanfei Wang, Xiaoping Wang, Balram Pokhrel, Jagdish Dotele. (2020). Spatial distribution patterns and human exposure risks of polycyclic aromatic hydrocarbons, organochlorine pesticides and polychlorinated. *Environmental Research*, 186, 109510.

Yago Guida, Gabriel Oliveira de Carvalho, Raquel Capella, Karla Pozo, Yeo, H-G., Choi, M., Sunwoo, Y. (2004). Seasonal variations in atmospheric concentrations of organochlorine pesticides in urban and rural areas of Korea. *Atmospheric Environment*, 38, 4779–4788.

Yetkin DUMANOĞLU, Gamze MİRZAOĞLU, Tolga ELBĞR. (2013). Bir üniversitenin farklı mekanlarında iç ortam hava kalitesinin zamanla değişiminin pasif örnekleme yöntemiyle incelenmesi. *Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 8–11.

Yılmaz A. (2014). Türkiye Kıyılarında Tersane ve Marina Faaliyetlerinden Kaynaklanan Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, 349806.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Sündüz SHANABO
Doğum Yeri ve Tarihi : Halep 1994
Yabancı Dil : İngilizce, Türkçe

Eğitim Durumu
Lise : İbn Hayan (2011)
Lisans : Halep Üniversitesi (2016)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : Ankara Meslek Edindirme Derneği (MESEDER)

İletişim (e-posta) : sendos1212ms@gmail.com