

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SAPANCA GÖLÜ'NÜN SU VE SEDİMENTİNİN PESTİSİT  
KİRLİLİĞİ AÇISINDAN İNCELENMESİ**

**DOKTORA TEZİ**

**Meryem AKSU**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**OCAK 2023**



**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SAPANCA GÖLÜ'NÜN SU VE SEDİMENTİNİN PESTİSİT  
KİRLİLİĞİ AÇISINDAN İNCELENMESİ**

**DOKTORA TEZİ**

**Meryem AKSU**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. İ. Ayhan ŞENGİL**

**OCAK 2023**



Meryem AKSU tarafından hazırlanan ‘‘Sapanca Gölünün Su ve Sedimentinin Pestisit Kirliliği Açısından İncelenmesi’’ adlı tez çalışması 04.01.2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

### Tez Jürisi

---

**Jüri Başkanı :**      **Unvan Adı SOYADI** .....  
Sakarya Üniversitesi

**Jüri Üyesi :**      **Unvan Adı SOYADI (Danışman)** .....  
Sakarya Üniversitesi

**Jüri Üyesi :**      **Unvan Adı SOYADI** .....  
Sakarya Üniversitesi

**Jüri Üyesi :**      **Unvan Adı SOYADI** .....  
..... Üniversitesi

**Jüri Üyesi :**      **Unvan Adı SOYADI** .....  
..... Üniversitesi



## **ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ**

Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğine ve Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesine uygun olarak hazırlamış olduğum “SAPANCA GÖLÜNÜN SU VE SEDİMENTİNİN PESTİSİT KİRLİLİĞİ AÇISINDAN İNCELENMESİ” başlıklı tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın tüm aşamalarında yukarıda belirtilen yönetmelik ve yönergeye uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, bu tezi başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve 20.04.2016 tarihli Resmi Gazete ’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince Sakarya Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Enstitü tarafından belirlenmiş ölçütlere uygun rapor alındığını, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun ortaya çıkması halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi beyan ederim.

06/01/2023

(imza)

Meryem AKSU





*Annem , babam ve kızıma*



## TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim boyunca bilgi, deneyim, hoşgörü ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen kıymetli akademisyen, saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. İ. Ayhan ŞENGİL'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın başından beri kıymetli yorumları ve destekleri ile çalışmama ışık tutan, tez izleme jurimde yer alan değerli hocalarım Prof. Dr. Mustafa Şahin DÜNDAR ve Doç. Dr. Füsün BOYSAN'a

Doktora eğitimim boyunca, iş ve özel hayatımda yaşadığım her zorlukta maddi manevi çok büyük destekleri olan çok kıymetli dostum ve hocam Öğr. Üyesi Dr. N. Pınar TANATTI'ya,

İlk günden beri dostluğu, kardeşliği ve gülen yüzü ile her derdime derman Dr. Büşra ERDEN'e, bu süreçte omuz omuza doktora eğitimimin zorluklarını birlikte atlattığım, desteğini ve yardımlarını esirgemeyen sevgili arkadaşım Dr. Gamze KATIRCIOGLU SINMAZ'a

Çalışmanın başında elinden gelen tüm yardımı gösteren sevgili arkadaşım Öğr. Üyesi Dr. Hülya DEMİREL'e ve numunelerin alınmasında yardımları için SASKİ personeli Sinan KABİL'e

Bu tez çalışması sırasında gerek deneylerde gerekse numune alma sırasında destekleri çok büyük olan değerli arkadaşlarım, Çevre Müh. Tuğba KAKTİMUR, Çevre Müh. Tarıkan KARAPIÇAK, Çevre Müh. Berk KARPUZ, Çevre Müh. Halil AKSU, Yüksek Çevre Müh. Burak İLERİ, Yüksek Çevre Müh. Ahsen İLERİ, Çevre Müh. Hürcan ÇETİN, Çevre Müh. Batuhan ÖZÜPEK ve Çevre Müh. Halil KOÇYİĞİT'e

Doktora hayatım boyunca ve hayatımın en zor anlarında bir an olsun beni bırakmayan, Sakarya Üniversitesi'nin hayatıma kattığı en değerli insanlardan, sevgili dostum, kızımın ablası Çevre Yüksek Müh. Pınar TOPTAŞ'a

İyi günü de kötü gününde birlikte aştığım canım ablam Tuğba ATASOY, ve kardeşlerim Merve TELLİ ve Esra BIYIK'a, tüm eğitim hayatım boyunca maddi, manevi desteklerini bir an olsun benden esirgemeyen, varlıkları huzur kaynağım, canım annem ve babam Hafize ve Köksal MEHMETBAŞOĞLU'na

Aştığım tüm zorluklarda her türlü özveriyi, anlayışı ve yardımı göstererek desteğini esirgemeyen sevgili eşim Emre AKSU'ya, annesinin tezinin bitmesini sabırla bekleyen, tüm zorlukları unutturan canım yavrum Ayşe Ceren AKSU'ya

En içten dileklerle sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Meryem AKSU



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ .....	v
TEŞEKKÜR .....	ix
İÇİNDEKİLER .....	xi
KISALTMALAR .....	xv
SİMGELER .....	xvii
TABLO LİSTESİ .....	xix
ŞEKİL LİSTESİ .....	xxi
ÖZET .....	xxv
SUMMARY .....	xxix
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1. Kaynak Araştırması .....	3
1.1.1. Kalıcı organik kirleticiler .....	3
1.1.2. Pestisitlerin tanımı, tarihi ve sınıflandırılması .....	3
1.1.3. Organoklorlu pestisitler .....	5
1.1.3.1. Heksaklorosikloheksanlar (HCH'ler) .....	8
1.1.3.2. Heptaklor ve heptaklor epoksit .....	8
1.1.3.3. Aldrin ve dieldrin .....	8
1.1.3.4. Endrin, endrin aldehit ve endrin ketone .....	9
1.1.3.5. DDT (diklorodifeniltrikloroetan), DDE ve DDD .....	9
1.1.3.6. Endosülfan I, endosülfan II ve endosülfan sülfat .....	10
1.2. Türkiye'deki Durum .....	10
1.3. Dünyadaki Durum .....	12
<b>2. MATERYAL VE YÖNTEM .....</b>	<b>15</b>
2.1. Çalışma Alanının Tanıtımı .....	15
2.1.1. Bölgenin iklimi .....	16
2.1.2. Sapanca bölgesi nüfusu .....	17
2.1.3. Sapanca gölünü besleyen dereler .....	18
2.1.4. Tarımsal faaliyetler .....	18
2.2. Numune Alma .....	20
2.3. Analizler .....	24
2.3.1. Kullanılan araç-gereçler .....	24
2.3.2. Kullanılan kimyasallar .....	24
2.3.3. Fizikokimyasal parametrelerin ölçülmesi .....	25
2.3.4. Su numunelerinin ekstraksiyonu .....	25
2.3.5. Toprak-sediment numunelerinin ekstraksiyonu .....	26
2.3.6. Silikajel ile temizleme işlemi .....	26
2.3.7. Gaz kromatografisi kütle spektrometresi analizleri .....	27
2.4. Fugasite Oranı Hesaplamaları .....	28
2.5. Toplam Çökeltme Akılarının Hesabı .....	29
2.6. İstatistiksel Analiz .....	30
<b>3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA .....</b>	<b>31</b>

3.1. Göl Suyunda Yapılan Fizikokimyasal Parametre Analizleri.....	31
3.1.1. Sıcaklık.....	31
3.1.2. Çözülmüş oksijen .....	34
3.1.3. pH.....	36
3.1.4. İletkenlik.....	38
3.1.5. Askıda katı madde.....	40
3.2. Toprak ve Sedimentte Yapılan Fizikokimyasal Parametre Analizleri .....	41
3.3. Pestisit Analiz Sonuçları.....	42
3.3.1. Heksaklorosikloheksanlar (HCH'ler).....	59
3.3.1.1. Gölde bulunan HCH konsantrasyonları .....	59
3.3.1.2. Sediment örneklerinde mevcut HCH konsantrasyonlar .....	63
3.3.1.3. Derelerde bulunan HCH konsantrasyonları .....	66
3.3.1.4. Yeraltı suyunda mevcut HCH konsantrasyonları.....	70
3.3.1.5. Yağmur suyu numunelerinde mevcut HCH konsantrasyonları.....	72
3.3.1.6. Toprak örneklerinin HCH açısından değerlendirilmesi .....	73
3.3.1.7. HCH kirliliğinin genel değerlendirmesi.....	76
3.3.2. Aldrin, Dieldrin, Endrin, Endrin Aldehit ve Endrin Ketone analiz sonuçları .....	78
3.3.2.1. Gölde bulunan Aldrin, Dieldrin, Endrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton miktarlarının değerlendirilmesi .....	78
3.3.2.2. Sediment örneklerinde mevcut Endrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton konsantrasyonları.....	83
3.3.2.3. Derelerde bulunan aldrin,dieldrin,endrin, endrin aldehit ve endrin keton konsantrasyonları.....	86
3.3.2.4. Yağmur suyu numunelerinde bulunan Aldrin, Dieldrin, Endrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton konsantrasyonları .....	89
3.3.2.5. Yeraltı suyunda mevcut aldrin, dieldrin, endrin, endrin aldehit ve endrin keton konsantrasyonları .....	92
3.3.2.6. Toprak örneklerinde mevcut Aldrin, Dieldrin, Endrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton konsantrasyonları .....	93
3.3.3. Endosülfan I, Endosülfan II ve Endosülfan Sülfat analiz sonuçları.....	95
3.3.3.1. Gölde bulunan Endosülfan I, Endosülfan II ve Endosülfan Sülfat miktarlarının değerlendirilmesi .....	95
3.3.3.2. Sediment örneklerinde mevcut Endosülfan I, Endosülfan II ve Endosülfan Sülfat konsantrasyonları.....	99
3.3.3.3. Derelerde bulunan Endosülfan I, Endosülfan II ve Endosülfan Sülfat miktarlarının değerlendirilmesi .....	101
3.3.3.4. Yağmur suyu numunelerinde bulunan endosülfan I, endosülfan II ve endosülfan sülfat konsantrasyonları .....	103
3.3.3.5. Yeraltı suyunda mevcut Endosülfan I, Endosülfan II ve Endosülfan Sülfat Konsantrasyonları .....	105
3.3.3.6. Toprak örneklerinde mevcut Endosülfan I, Endosülfan II ve Endosülfan Sülfat konsantrasyonları.....	106
3.3.4. Heptaklor analiz sonuçları.....	108
3.3.4.1. Gölde bulunan heptaklor konsantrasyonları.....	108
3.3.4.2. Sediment örneklerinde mevcut Heptaklor konsantrasyonları .....	109
3.3.4.3. Yağmur suyu numunelerinde mevcut Heptaklor konsantrasyonları.....	111
3.3.4.4. Toprak örneklerinde mevcut Heptaklor konsantrasyonları.....	111
3.3.5. (Diklorodifeniltrikloroetan), DDE ve DDD analiz sonuçları.....	112

3.3.5.1. Sediment örneklerinde mevcut DDT, DDE ve DDD konsantrasyonları .....	113
3.3.5.2. Toprak örneklerinde mevcut DDT, DDE ve DDD konsantrasyonları .....	114
<b>4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>117</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>121</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>128</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>136</b>





## KISALTMALAR

<b>AKM</b>	: Askıda katı madde
<b>ÇO</b>	: Çözünmüş oksijen
<b>DDD</b>	: Diklorodifenildikloroetan
<b>DDE</b>	: Diklorodifenildikloroetilen
<b>DDT</b>	: Diklorodifeniltrikloroetan
<b>ECD</b>	: Elektron yakalama dedektörü
<b>Endrin A.</b>	: Endrin Aldehit
<b>Endrin K.</b>	: Endrin Keton
<b>EPA</b>	: Amerika Birleşik Devletleri Çevre Ajansı
<b>ES</b>	: Endosülfan
<b>HCH</b>	: Heksaklorosikloheksanlar
<b>K<sub>ow</sub></b>	: Oktanol-su ayrılım katsayısı
<b>K<sub>oc</sub></b>	: Organik karbon katsayısı
<b>K<sub>d</sub></b>	: Toprak/su dağılma katsayısı
<b>OKP</b>	: Organoklorlu pestisitler
<b>GC</b>	: Gaz kromotorgafi
<b>MS</b>	: Kütle Spektrometresi dedektörü
<b>TE</b>	:Tespit Edilemedi



## SİMGELER

$\alpha$	: Alfa
$\gamma$	: Gama
$\beta$	: Beta
$\delta$	: Delta
$\Sigma$	: Toplam işareti
$\mu\text{g/L}$	: Mikrogram/litre
$\mu\text{S/cm}$	: İletkenlik birimi
$^{\circ}\text{C}$	: Sıcaklık birimi
$\text{mg/L}$	: Miligram/litre
$\text{ng/L}$	: Nanogram/litre
$\text{pg/L}$	: Pikogram/litre



## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 1.1.</b> Pestisitlerin Sınıflandırılması (US EPA, 2015).....	5
<b>Tablo 1.2.</b> Organoklorlu Pestisitlerin Kimyasal Yapıları.....	6
<b>Tablo 1.3.</b> Organoklorlu Pestisitlerin Fizikokimyasal Özellikleri .....	7
<b>Tablo 2.1.</b> 2017-2018 yılları aylık ortalama sıcaklık verileri ( <sup>0</sup> C)	16
<b>Tablo 2.2.</b> Aylık Toplam Yağış (mm=kg÷m <sup>2</sup> )	16
<b>Tablo 2.3.</b> Sapanca Gölü çevresinde 1km <sup>2</sup> alanı kapsayan arazilerde Tarım Bakanlığı'nca destek alan araziler baz alınarak belirlenen ürün türleri, dikili-ekili alan miktarları ve yüzdeleri	19
<b>Tablo 2.4.</b> Sapanca Gölü etrafında yetiştirilen ürünler için kullanılan tarım ilacı türleri ve hektar başına kullanım miktarları	20
<b>Tablo 2.5.</b> Göl suyu ve sedimentinin alındığı noktalara ait koordinat bilgileri	21
<b>Tablo 2.6.</b> Numune alınan dereler ve koordinatları	23
<b>Tablo 2.7.</b> Yağmur /Toprak Numunesi alma noktalarına ait koordinatlar	23
<b>Tablo 2.8.</b> GC-MS Çalışma Koşulları	27
<b>Tablo 2.9.</b> Analizi yapılan OKP türleri, m/z oranı ve bekleme süreleri	28
<b>Tablo 3.1.</b> Sapanca gölü Nisan 2017-Nisan 2018 tarihleri arasında derinliğe bağlı sıcaklık değerleri ( <sup>0</sup> C) .....	33
<b>Tablo 3.2.</b> Nisan 2017-Nisan 2018 döneminde Sapanca gölü numune alma noktalarından derinliğe bağlı olarak ölçülen çözünmüş oksijen değerleri	35
<b>Tablo 3.3.</b> Sapanca gölünde numune alma döneminde derinliğe bağlı pH değerleri	37
<b>Tablo 3.4.</b> Sapanca gölünde numune alma döneminde derinliğe bağlı iletkenlik değerleri (µS/cm) .....	39
<b>Tablo 3.5.</b> Numune alma döneminde Sapanca Gölü'nde ölçülen istasyonlara bağlı askıda katı madde miktarları(mg/L).....	40
<b>Tablo 3.6.</b> Toprak ve Sediment numunelerinin pH, nem (%) ve organik madde (%) miktarları .....	42
<b>Tablo 3.7.</b> Yüzeysel Sularda ve Yeraltı sularında mevcut pestisitlerle ilgili yönetmelikler ve sınır değerleri .....	44
<b>Tablo 3.8.</b> Sapanca gölünde belirlenen OKP türleri ve fizikokimyasal parametreler arasındaki ilişkinin Pearson korelasyonu ile belirlenmesi .....	46
<b>Tablo 3.9.</b> Numune alma döneminde yağmur suyu numune alma noktalarından toplanan yağmur suyu miktarları(ml).....	51
<b>Tablo 3.10.</b> Sapanca gölü dip sedimentinde belirlenen kirletici türleri ve fizikokimyasal parametreler arasındaki ilişkinin Pearson korelasyonu ile belirlenmesi .....	54
<b>Tablo 3.11.</b> Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik Jenerik Kirletici Listesinde Yer Alan OKP Türleri ve Sınır Değerleri.....	56
<b>Tablo 3.12.</b> Sapanca gölü çevresindeki toprak numunelerinde yıllık ortalama OKP miktarlarının fizikokimyasal parametrelerle ilişkisinin pearson korelasyonu ile incelenmesi .....	58

<b>Tablo 3.13.</b> Nisan 2017-Nisan 2018 tarihleri arasında sediment örneklerinde mevcut HCH miktarlarının istasyonlara bağlı mevsimsel analiz sonuçları ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	64
<b>Tablo 3.14.</b> Sapanca Gölü'nü besleyen kuyularda mevcut HCH konsantrasyonları ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	71
<b>Tablo 3.15.</b> Numune alma döneminde toprak örneklerinde bulunan HCH tür ve miktarları ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	75
<b>Tablo 3.16.</b> Sapanca Gölü'nde istasyonlara ve derinliğe bağlı Aldrin, Dieldrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton konsantrasyonları ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	80
<b>Tablo 3.17.</b> Numune alma döneminde sediment örneklerinde ölçülen Aldrin, Dieldrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton miktarları ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	84
<b>Tablo 3.18.</b> Sapanca gölünü besleyen derelerde yapılan analizlerde belirlenen Aldrin, Endrin, Endrin A. ve Endrin K. Konsantrasyonları ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	87
<b>Tablo 3.19.</b> Yağmur Suyunda Mevcut Aldrin, Endrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton Konsantrasyonları ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	89
<b>Tablo 3.20.</b> Numune alma döneminde toprak örneklerinde ölçülen Aldrin, Endrin Aldehit ve Endrin Ketone miktarları ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	94
<b>Tablo 3.21.</b> Sapanca Gölü'nde istasyonlara ve derinliğe bağlı Endosülfan I (ES I), Endosülfan II (ES II) ve Endosülfan Sülfat (ES S.) Konsantrasyonları ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	97
<b>Tablo 3.22.</b> Sapanca gölü dip sedimentinde tespit edilen Endosülfan I (ES I), Endosülfan II (ES II) ve Endosülfan Sülfat (ES S) Konsantrasyonları...	100
<b>Tablo 3.23.</b> Sapanca gölünü besleyen derelerde tespit edilen ES I ve ES II konsantrasyonları	102
<b>Tablo 3.24.</b> Yağmur suyu numunelerinde mevcut ES I ve ES II konsantrasyonları	104
<b>Tablo 3.25.</b> Kuyularda tespit edilen Endosülfan I ve Endosülfan II türlerinin istasyonlara bağlı konsantrasyonları	105
<b>Tablo 3.26.</b> Toprak Numunelerinde mevcut Endosülfan II Konsantrasyonları ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	107
<b>Tablo 3.27.</b> Numune alma döneminde Sapanca gölü dip sedimentinde mevcut Heptaklor konsantrasyonları ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	110
<b>Tablo 3.28.</b> Numune alma döneminde yağmur suyunda ölçümü yapılan Heptaklor konsantrasyonları ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	111
<b>Tablo 3.29.</b> Numune alma döneminde Sapanca gölü çevresinde toprak numunelerinde mevcut Heptaklor konsantrasyonları ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	112
<b>Tablo 3.30.</b> Sapanca gölü dip sedimentinde ölçülen DDT, DDE ve DDD konsantrasyonları ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	113
<b>Tablo 3.31.</b> Toprak numunelerinde ölçülen mevsime bağlı DDT, DDE ve DDD konsantrasyonları ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	115

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1. Pestisitlerin tarım arazilerindeki hareketleri (Tang ve ark., 2012) .....	2
Şekil 2.1. Sapanca Gölü .....	15
Şekil 2.2. Sapanca bölgesine ait 2012-2021 yıllarına ait rüzgâr diyagramı.....	17
Şekil 2.3. Sapanca Gölü Havzası nüfus yoğunluğu haritası (Kaçmaz & Döker, 2021) .....	17
Şekil 2.4. Sapanca Gölü Çevresi Arazi Durum Haritası .....	18
Şekil 2.5. Sapanca Gölü ve Numune Alma Noktaları (Demirel, 2021).....	21
Şekil 2.6. Derinden su numunesi alma cihazı .....	22
Şekil 2.7. Sediment Kepçesi .....	22
Şekil 2.8. Toprak sediment numunelerinin pH ölçümü için hazırlanması.....	25
Şekil 2.9. Katı faz ekstraksiyon sisteminde numunenin kartuştan geçirilmesi.....	26
Şekil 3.1. Sapanca Gölü ortalama su sıcaklıklarının aylara göre dağılımı ( <sup>0</sup> C).....	32
Şekil 3.2. Göl suyu sıcaklığının istasyonlara ve derinliğe bağlı minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri ( <sup>0</sup> C) (Y; Yüze Numunesi, O; Orta Derinlik Numunesi, D; Dip Numunesi).....	34
Şekil 3.3. Göl suyu çözülmüş oksijen miktarlarının istasyonlara ve derinliğe bağlı minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri (mg/L) (Y; Yüze Numunesi, O; Orta Derinlik Numunesi, D; Dip Numunesi) .....	36
Şekil 3.4. Sapanca Gölü ortalama pH değerlerinin aylara göre dağılımı.....	36
Şekil 3.5. Göl suyu pH'larının istasyonlara ve derinliğe bağlı minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri (Y; Yüze Numunesi, O; Orta Derinlik Numunesi, D; Dip Numunesi) .....	38
Şekil 3.6. Göl suyu iletkenlik parametresinin istasyonlara ve derinliğe bağlı minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri( $\mu$ S/cm) (Y; Yüze Numunesi, O; Orta Derinlik Numunesi, D; Dip Numunesi) .....	40
Şekil 3.7. Sapanca Gölünde tespit edilen aylık ortalama olarak OKP türleri ( $\mu$ g/L)	43
Şekil 3.8. Nisan 2017-Nisan 2018 döneminde Sapanca gölünü besleyen derelerde mevcut aylara göre ortalama OKP türleri ( $\mu$ g/L).....	47
Şekil 3.9. Sapanca gölünü besleyen dereler ve gölden çıkış yapan Çark deresinde OKP türlerine göre kirlilik yükü miktarları ( $\mu$ g/sn).....	49
Şekil 3.10. Sapanca gölünü besleyen kuyularda bulunan ortalama OKP türleri ( $\mu$ g/L) (ES I; Endosülfan I, ES II; Endosülfan II, Endrin A.; Endrin Aldehit, Endrin K. ; Endrin Keton).....	50
Şekil 3.11. Sapanca Gölü'ne yağmur suları ile taşınan aylara bağlı OKP kirlilik akı değerleri ( $\mu$ g/m <sup>2</sup> .gün) (ES I; Endosülfan I, ES II; Endosülfan II, Endrin A.; Endrin Aldehit, Endrin K. ; Endrin Keton) .....	52
Şekil 3.12. Sapanca gölü dip sedimentinde mevsimsel olarak ölçülen OKP türleri ( $\mu$ g/kg) (ES I; Endosülfan I, ES II; Endosülfan II, ES S; Endosülfan Sülfat, Endrin A.; Endrin Aldehit, Endrin K. ; Endrin Keton).....	53

<b>Şekil 3.13.</b> Sapanca gölü çevresindeki toprak numunelerinde mevsimsel olarak ölçülen OKP türleri ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) (Endrin A.; Endrin Aldehit, Endrin K.; Endrin Keton).....	55
<b>Şekil 3.14.</b> Gölde bulunan HCH konsantrasyonlarının istasyonlara bağlı yıllık ortalama, tüm göl için yıllık ortalama, toplam HCH ve sınır değerleri. (G; Göl İstasyon Kodları) .....	62
<b>Şekil 3.15.</b> Gölde yüzeyinde istasyonlara bağlı yıllık ortalama HCH seviyelerinin dağılımı (G; Göl istasyon kodları) .....	62
<b>Şekil 3.16.</b> Nisan 2017-Nisan 2018 tarihleri arasında sediment istasyonlarına bağlı HCH miktarlarının yıllık ortalamaları, ortalama HCH ve toplam HCH miktarları ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) (S; Sediment istasyon kodları) .....	65
<b>Şekil 3.17.</b> Sapanca gölü dip sedimentinde mevcut HCH miktarlarının istasyonlara bağlı dağılımı (S; Sediment istasyon kodları) Şekil 3.15'in göl üzerinde görselleştirilmiş halidir.....	66
<b>Şekil 3.18.</b> Numune alma periyodunda Sapanca Gölü'nü besleyen derelerde mevcut HCH miktarlarının dağılımı, ortalama HCH miktarları ve toplam HCH miktarları ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ) (D; Dere istasyonları).....	68
<b>Şekil 3.19.</b> Sapanca gölünü besleyen dereler ve konuma bağlı yıllık ortalama HCH miktarlarının dağılımı.....	69
<b>Şekil 3.20.</b> Sapanca Gölü etrafındaki kuyularda mevcut HCH miktarları, toplam HCH ve ortalama HCH değerleri ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ).(K: Kuyu istasyonları) .....	72
<b>Şekil 3.21.</b> Yağmur Suyu Örneklerindeki HCH Konsantrasyonlarına Bağlı Akı Değerlerinin İstasyonlara Göre Dağılımı ( $\mu\text{g}/\text{m}^2.\text{gün}$ ).....	73
<b>Şekil 3.22.</b> Nisan 2017-Nisan 2018 tarihleri arasında toprak numunelerinde istasyonlarına bağlı HCH miktarlarının yıllık ortalamaları, ortalama HCH, toplam HCH miktarları ve standart sapma değerleri ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ).....	76
<b>Şekil 3.23.</b> Göl, Dere, Yağmur ve kuyu suyu numunelerinde mevsimlere bağlı HCH miktarlarının karşılaştırılması .....	77
<b>Şekil 3.24.</b> Sediment ve toprak numunelerinde mevsimlere bağlı HCH miktarlarının karşılaştırılması .....	77
<b>Şekil 3. 25.</b> Gölde ölçülen istasyonlara bağlı yıllık ortalama Aldrin, Dieldrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton konsantrasyonları ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ) (G; Göl istasyon kodları, Endrin A.; Endrin Aldehit, Endrin K.; Endrin Keton).....	83
<b>Şekil 3.26.</b> Sapanca gölü dip sedimentinde ölçülen istasyonlara bağlı yıllık ortalama Aldrin, Dieldrin,Endrin Aldehit ve Endrin Keton miktarları ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) (S; Sediment istasyon kodları, Endrin A.; Endrin Aldehit, Endrin K.; Endrin Keton, EndrinX; Aldrin, Dieldrin, Endrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton).....	85
<b>Şekil 3.27.</b> Sapanca gölü'nü besleyen derelerde mevcut Aldrin, Endrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton miktarları ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ) (D; Dere istasyon kodları, Endrin A.; Endrin Aldehit, Endrin K.; Endrin Keton) .....	88
<b>Şekil 3. 28.</b> Sapanca gölü ile bağlantılı derelerin sahip olduğu Aldrin, Endrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton yükleri ( $\mu\text{g}/\text{sn}$ ) (D; Dere istasyon kodları, Endrin A.; Endrin Aldehit, Endrin K.; Endrin Keton) .....	89
<b>Şekil 3.29.</b> Yağmur suyunda ölçülen aldrin, endrin, endrin aldehit, ve endrin keton konsantrasyonlarına bağlı olarak belirlenen, istasyonlara bağlı kirlilik akıları ( $\mu\text{g}/\text{m}^2.\text{gün}$ ) (Y; Yağmur suyu istasyon kodları, EndrinX; Aldrin, Dieldrin, Endrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton) .....	92
<b>Şekil 3.30.</b> Kuyularda mevcut Endrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton konsantrasyonları ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ) (Logaritmik ölçekte çizilmiştir.) .....	93



<b>Şekil 3.31.</b> Toprak numunelerinde ölçülen istasyonlara bağlı yıllık ortalama Aldrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton konsantrasyonları ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) (T; İstasyon Kodları, EndrinX; Aldrin, Dieldrin, Endrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton).....	95
<b>Şekil 3.32.</b> Sapanca gölünde mevcut ESI, ESII ve ESS kontaminasyonlarının istasyonlara bağlı yıllık ortalama değerleri ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ) (G; Göl istasyon kodları, ES I; Endosülfan I, ES II; Endosülfan II, ES S; Endosülfan Sülfat).....	99
<b>Şekil 3.33.</b> Sapanca gölü dip sedimentinde belirlenen ES I, ES II, ESS, Ortalama ES ve $\Sigma\text{ES}$ konsantrasyonları (ES I; Endosülfan I, ES II; Endosülfan II, ES S; Endosülfan Sülfat).....	101
<b>Şekil 3.34.</b> Yağmur suyu numuneleri ile taşınan yıllık ortalama Endosülfan I, ve Endosülfan II, ortalama ES ve $\Sigma\text{ES}$ akı değerleri ( $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{gün}$ ), (ES; Endosülfan, Y; Yağmur suyu istasyon kodları) .....	105
<b>Şekil 3.35.</b> Kuyulardan alınan su numunelerinde tespit edilen ES türlerinin istasyonlara göre dağılımı ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ) (ES; Endosülfan, K; Yeraltı suyu istasyon kodları) .....	106
<b>Şekil 3.36.</b> Toprak numunelerinde ölçülen Endosülfan II miktarlarının mevsimsel değişimi ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) (T; Toprak İstasyon Kodları).....	107
<b>Şekil 3.37.</b> Numune alma döneminde Sapanca gölünde ölçümü yapılan Heptaklor konsantrasyonları ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ) (D; Dip, O; Orta, Y; Yüzey).....	109
<b>Şekil 3.38.</b> Numune alma döneminde sediment numunelerinde mevsimsel olarak ölçümü yapılan, yıllık ortalama ve toplam heptaklor miktarları ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	110
<b>Şekil 3.39.</b> Sapanca Gölü dip sedimentinde ölçülen DDT, DDE ve DDD miktarlarının istasyonlara bağlı yıllık ortalama, ortalama DDT türevleri ve toplam DDT türevleri değerleri( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ).....	114



## SAPANCA GÖLÜNÜN SU VE SEDİMENTİNİN PESTİSİT KİRLİLİĞİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

### ÖZET

Sapanca gölü Sapanca Havzası içinde yer almakta olup, Sakarya İli'nin büyük bir kesimi için içme suyu kaynağı olarak kullanılmaktadır. Havzanın büyük bir kesiminde çok uzun yıllardır yoğun şekilde tarımsal faaliyetler yürütülmektedir. Tarım arazilerinde ürünlerin zararlılardan korunması amacıyla uzun yıllardır pestisit mevcuttur. Otuz yılı aşkın süre önce kullanımı yasaklanan/sınırlandırılan pestisit türlerinden organoklorlu pestisitlerin, tarihsel kullanımının günümüzde hala göl üzerinde etkisinin varlığının araştırılması bu tez çalışmasının çıkış noktası olmuştur. Sapanca gölünde mevcut olan organoklorlu pestisit kirliliğinin tespiti amacıyla; göl suyundan, göl sedimentinden, gölü besleyen derelerden, gölü besleyen kuyulardan, yağmur suyundan ve göl çevresinden alınan toprak numunelerinde organoklorlu pestisit analizleri yapılmıştır.

Sapanca gölünden alınan su numunelerinde 20 farklı organoklorlu türü araştırılmış olup  $\alpha, \gamma, \beta$  ve  $\delta$  HCH izomerleri, Heptaklor, Aldrin, Endosülfan I, II, Dieldrin, Endrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton olmak üzere toplamda 13 tür tespit edilmiştir. Tespit edilen türler arasında en yüksek konsantrasyon  $\beta$ -HCH'ye ait olup, gölde mevcut toplam organoklorlu pestisitlerin %51'ini oluşturmaktadır.  $\beta$ -HCH ortalama olarak en yüksek değeri Ekim 2017'de 0,51  $\mu\text{g/L}$  olarak gözlemlenmiştir. Elde edilen verilere göre Sapanca Gölü 'İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik'e ve 'Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmelik'i sınır değerlerince incelendiğinde göl suyunun organoklorlu pestisit kirliliği açısından bazı aylarda sınır değerler üzerinde kontaminasyona maruz kaldığı görülmüştür. İstasyon bazlı değerlendirmelerde OKP kontaminasyonunun yüksek olduğu istasyonların hali hazırda tarım arazisi olarak kullanılan ya da geçmişte tarım arazisi olan bölgelere yakın olduğu görülmüştür.

Sulara karışan pestisitler suda çözünürlüklerinin düşük olduğu için askıda katı maddelere, planktonlara ve çürüme artıklarına tutunarak sedimentte birikmektedir. Uzun yıllar boyunca sedimentte biriken pestisitler ya da bozunma ürünleri sedimentten geçişle içme suyu kaynaklarını tekrar tekrar kirletebilir bu nedenle göldeki pestisit kontaminasyonunun tespiti göldeki pestisit kontaminasyonunun belirlenmesi için incelenen önemli ortamlardan biri de gölün dip sedimentidir. Mevsimsel olarak yapılan analiz sonuçlarına göre Sapanca Gölü dip sedimentinde  $\alpha, \gamma, \beta$  ve  $\delta$  HCH izomerleri, Heptaklor, Aldrin, Endosülfan I, II, Dieldrin, p,p' DDT, p,p' DDE, p,p' DDT, Endosülfan Sülfat, Endrin Aldehit ve Endrin Keton türleri tespit edilmiştir. Göl dip sedimentinde saptanan organoklorlu pestisitlerin % 26'sını  $\beta$ -HCH oluştururken, % 36,3'ü Endosülfan II'ye aittir. Ölçülen en yüksek konsantrasyonlar kış mevsiminde 20,5  $\mu\text{g/kg}$  Endosülfan II ve yine kış mevsiminde 10,86  $\mu\text{g/kg}$   $\beta$ -HCH'dir.

Göle pestisit girişine sebep olan en önemli kaynaklardan bir diğeri de gölü besleyen derelerdir. Sapanca Gölü'ne giriş yapan ve gölden su taşıyan derelerde tez süresince

aylık organoklorlu pestisitlerin tayini yapılmıştır. Analizi yapılan 20 tür organoklorlu pestisit 11'i derelerde gözlemlenmiştir. Derelerin su kalitesi açısından OKP değerlendirildiğinde, toplam pestisit açısından en yüksek miktarda OKP İstanbul derede bulunmuştur. İstanbul Dere tarım arazileri, orman arazileri ve yerleşim alanları arasından geçerek Sapanca Gölü'ne ulaşmaktadır. Mevsimsel değerlendirmelerde derelerde pestisit yoğunluğu ilkbahar ve yaz mevsiminde en yüksek seviyeye ulaştığı görülmüştür. Bu mevsimler Sapanca Bölgesi'nin aldığı yağış miktarının arttığı dönemlerdir. Pestisitler derelere yağmurların artışına bağlı olarak yüzeysel akışla, atmosferik taşınım ve topraktan sızma şeklinde ulaştığı tespit edilmiştir. Derelerin göle taşıdığı kirlilik yükü açısından inceleme yapıldığında ise, Sapanca Gölü'ne en yüksek miktarda OKP kirliliği taşıyan derenin yüksek debisine bağlı olarak Balıkhane deresi olduğu görülmüştür. Ortalama OKP açısından bakıldığında ise en yüksek kirliliği göle taşıyan dere Balıkhane Deresi'dir. Diğer yandan, gölden çıkış yapan Çark Deresi de ortalama Balıkhane Deresi'nden sonra 2. sırada en yüksek kirletici yüküne sahiptir. OKP türleri açısından bakıldığında ise tüm derelerde en baskın OKP tür olan  $\beta$ -HCH, Sapanca Gölü'nü besleyen derelerin tümünün toplamında göle en yüksek miktarda taşınan OKP türüdür.

Yer altı suları gölleri besleyen su kaynaklarından biridir ve kontamine olmaları durumunda da bu kirliliği göllere ulaştırmalarına sebep olmaktadır. Sapanca Gölü tabanının jeolojik yapısı nedeniyle yeraltı suları gölü besleyen en önemli kaynaklardan biridir. Bu nedenle Sapanca Gölü'nün pestisit kirliliği araştırılırken civar kuyularda da organoklorlu pestisit araştırmaları yapılmıştır. Organoklorlu pestisit analiz sonuçlarına göre Sapanca Gölü'ne yakın 14 kuyuda  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\beta$  ve  $\delta$  HCH izomerleri, Endosülfan I, II, Endrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton olmak üzere 9 farklı tür'e rastlanmıştır. Bu türlerden Endrin ve  $\beta$ -HCH göl ve derelerde de olduğu gibi en yüksek konsantrasyonlarda ölçülen organoklorlu pestisit türleri olmuşlardır. Toplam organoklorlu pestisit kontaminasyonunun %22'si  $\beta$ -HCH iken, % 75 Endrin'dir.

Sapanca Gölü'ne olası pestisit taşınma yollarının tamamının belirlenmesi amacıyla atmosferik taşınımı temsilen göl çevresinde belirlenen 10 farklı noktadan aylık olarak yağmur suyu numuneleri toplanmıştır. Organoklorlu pestisit analiz sonuçlarına göre  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\beta$  ve  $\delta$  HCH izomerleri, Heptaklor, Aldrin, Endosülfan I, II, Endrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton olmak üzere 11 farklı tür yağmur suyu numunelerinde tespit edilmiştir. Belirlenen en yüksek konsantrasyondaki pestisit türü diğer ortamlara da benzer şekilde HCH izomerleridir. Yağmur sularında ölçülen toplam organoklorlu pestisitlerin % 63  $\gamma$ -HCH iken %30'u  $\beta$ -HCH'ye aittir.

Yüzeysel akışla ve topraktan sızma tarımsal alanlardan yüzeysel sulara temel pestisit taşınım yollarından diğer ikisidir. Sapanca Gölü çevresinde göle yakın kısımlarda su numunesi alma noktalarının paralelinde belirlenen 10 farklı noktadan, mevsimsel olarak toprak numuneleri alınarak organoklorlu pestisit analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler neticesinde toprakta  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\beta$  ve  $\delta$  HCH, Heptaklor, Aldrin, p,p' DDE, p,p' DDD, Endosülfan II, Endrin Aldehit ve Endrin Keton olmak üzere 11 farklı tür organoklorlu pestisit tespit edilmiştir. Toprakta belirlenen türler arasında en yüksek konsantrasyona sahip olan organoklorlu insektisit türü gölde de olduğu gibi yaz mevsimi dışında  $\beta$ -HCH'dir. Toprakta belirlenen toplam organoklorlu pestisitlerin % 53'ünü  $\beta$ -HCH oluşturmaktadır. p,p' DDT'nin ayrışma ürünlerinden olan p,p' DDE ise toprakta yüksek konsantrasyonda ölçülen türlerden olarak karşımıza çıkarken toplam organoklorlu pestisitlerin % 19'unu temsil etmektedir.

Sapanca Gölü'nde mevcut organoklorlu pestisit kontaminasyonunun tespiti amacıyla yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre Sapanca Gölü'nde organoklorlu pestisit kontaminasyonunun varlığı görülmüştür. Sakarya İli'nin içme suyu kaynaklarından olan Sapanca Gölü'nde yer alan pestisitlerin bugün ve gelecekte halk sağlığını ve çevreyi tehdit etmesini engellemek için ivedi şekilde önlemler alınması gerekmektedir. Tarımla uğraşan halkın bu bilinçlendirilmesi bu konuda yapılabilecek önemli eylemlerin başındadır.



## INVESTIGATION OF THE LAKE OF SAPANCA WATER AND SEDIMENT IN TERMS OF PESTICIDE POLLUTION

### SUMMARY

Sapanca Lake is located within the Sapanca Basin and is a drinking water source for a large part of Sakarya Province. In large part of the basin, intensive agricultural activities have been carried out for many years. Pesticides have been available for many years to protect crops from pests in agricultural lands. The starting point of this thesis study is to investigate the historical usage of organochlorine pesticides, one of the pesticide types that were banned/limited more than thirty years ago and still affect the lake today. In order to determine the organochlorine pesticide pollution in Sapanca Lake, Organochlorine pesticide analyzes were carried out on soil samples taken from lake water, lake sediment, streams feeding the lake, wells feeding the lake, rain water and soil samples around the lake.

In the water samples taken from Sapanca lake, 20 different organochlorine species were investigated, and total of 13 species were detected, including  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\beta$  and  $\delta$  HCH isomers, Heptachlor, Aldrin, Endosulfan I, II, Dieldrin, Endrin, Endrin Aldehit and, Endrin Ketone. Among the detected species, the highest concentration belongs to  $\beta$ -HCH, constituting 51% of the total organochlorine pesticides in the lake. The average highest value of  $\beta$ -HCH was observed in October 2017 as 0,51  $\mu\text{g/L}$ . According to the data obtained, when Sapanca Lake was examined by the “Regulation on Water Intended for Human Consumption” and the “Regulation on the Control of Pollution Caused by Hazardous Substances in the Water and its Environment”, it has been observed that the lake water was exposed to contamination above the limit values in some months in terms of organochlorine pesticides. In the station-based evaluations, it was observed that the stations with high OCP contamination were close to areas currently used as agricultural land or agricultural land in the past.

Since pesticides mixed with water have low solubility in water, they absorbed to suspended solids, plankton and decay residues and accumulate in the sediment. Pesticides or degradation products accumulated in the sediment for many years can contaminate drinking water sources repeatedly by passing through the sediment. Therefore, one of the critical environments examined for the detection of pesticide contamination in the lake is the bottom sediment of the lake. According to the seasonal analysis results,  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\beta$  and,  $\delta$  HCH isomers in Sapanca Lake bottom sediment, Heptachlor, Aldrin, Endosulfan I, II, Dieldrin, p,p' DDT, p,p' DDE, p,p' DDT, Endosulfan Sulfate, Endrin Aldehyde and Endrin Ketone types were determined. While  $\beta$ -HCH constitutes 26% of the organochlorine pesticides detected in the lake bottom sediment, 36.3% belongs to Endosulfan II. The highest concentrations measured were 20.5  $\mu\text{g/kg}$  Endosulfan II in winter and 10.86  $\mu\text{g/kg}$   $\beta$ -HCH in winter.

One of the most important sources that cause pesticide ingress into the lake is the streams feeding the lake. During the thesis, monthly organochlorine pesticides were determined in the streams entering Sapanca Lake and carrying water from the lake. Of the 20 analyzed organochlorine pesticides, 11 were observed in streams. When OCP

was evaluated in terms of water quality of the streams, the highest amount of OCP in terms of total pesticide was found in Istanbul Stream. Istanbul Stream reaches Sapanca Lake by passing through agricultural lands, forest lands and residential areas. In the seasonal evaluations, it was observed that the pesticide concentration in the streams reached the highest level in spring and summer. These seasons are the periods when the amount of precipitation in Sapanca Region increases. It has been determined that pesticides reach the streams by surface flow, atmospheric convection and infiltration from the soil due to the increase in rain. When examining the pollution load carried by the streams to the lake, it was seen that the highest amount of OCP pollution to Sapanca Lake was the Balikhane Stream due to its high flow rate. In terms of average OCP, the stream that carries the highest pollution to the lake is Balikhane Stream. On the other hand, Çark Stream, which comes from the lake, has the second highest pollutant load after Balikhane Creek on average. Regarding OCP species,  $\beta$ -HCH, the most dominant OCP species in all streams, is the highest amount of OCP transported to the lake in all streams feeding Sapanca Lake.

Groundwater is another source of water that feeds the lakes, and if they are contaminated, they cause this pollution to reach the lakes. Due to the geological structure of the Sapanca Lake Bed, groundwater is one of the most important sources feeding the lake. For this reason, while the pesticide pollution of Sapanca Lake was investigated, organochlorine pesticide researches were also carried out in the surrounding wells. According to the results of organochlorine pesticide analysis, 9 different species, namely  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\beta$  and  $\delta$  HCH isomers, Endosulfan I, II, Endrin, Endrin Aldehit and, Endrin Ketone were found in 14 wells close to Sapanca Lake.

In order to determine all possible pesticide transport routes to Sapanca lake, monthly rainwater samples were collected from 10 different points determined around the lake to represent atmospheric transport. According to the results of organochlorine pesticide analysis,  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\beta$  and  $\delta$  HCH isomers were detected in 11 different rainwater samples, including Heptachlor, Aldrin, Endosulfan I, II, Endrin, Endrin Aldehyde and Endrin Ketone. The pesticide type with the highest concentration determined was HCH isomers, similar to other media. Of the total organochlorine pesticides measured in rainwater, 63% belong to  $\gamma$ -HCH, while 30% belong to  $\beta$ -HCH.

Runoff and leaching from the soil are the other two main routes of pesticide transport from agricultural areas to surface waters. Organochlorine pesticide analyses were carried out by taking seasonal soil samples from 10 different points determined in parallel with the water sampling points near Sapanca lake. As a result of the analysis, 11 different types of organochlorine pesticides were detected in the soil, namely  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\beta$  and  $\delta$  HCH, Heptachlor, Aldrin, p,p' DDE, p,p' DDD, Endosulfan II, Endrin A. and Endrin Ketone. The type of organochlorine insecticide with the highest concentration among the species determined in the soil is  $\beta$ -HCH, except in summer season, as in the lake.  $\beta$ -HCH constitutes 53% of the total organochlorine pesticides determined in the soil. P,p' DDE, which is one of the decomposition products of p,p' DDT, is one of the species measured in high concentration in the soil and represents 19% of the total organochlorine pesticides.

According to the results obtained in this study, which was carried out to determine the current organochlorine pesticide contamination in Sapanca Lake, the presence of organochlorine pesticide contamination was observed in Sapanca Lake. It is necessary to take urgent measures to prevent pesticides in Sapanca Lake, one of the drinking water resources of Sakarya Province, from threatening public health and the



environment today and in the future. Raising awareness of the people engaged in agriculture is one of the essential actions that can be taken in this regard.



## 1. GİRİŞ

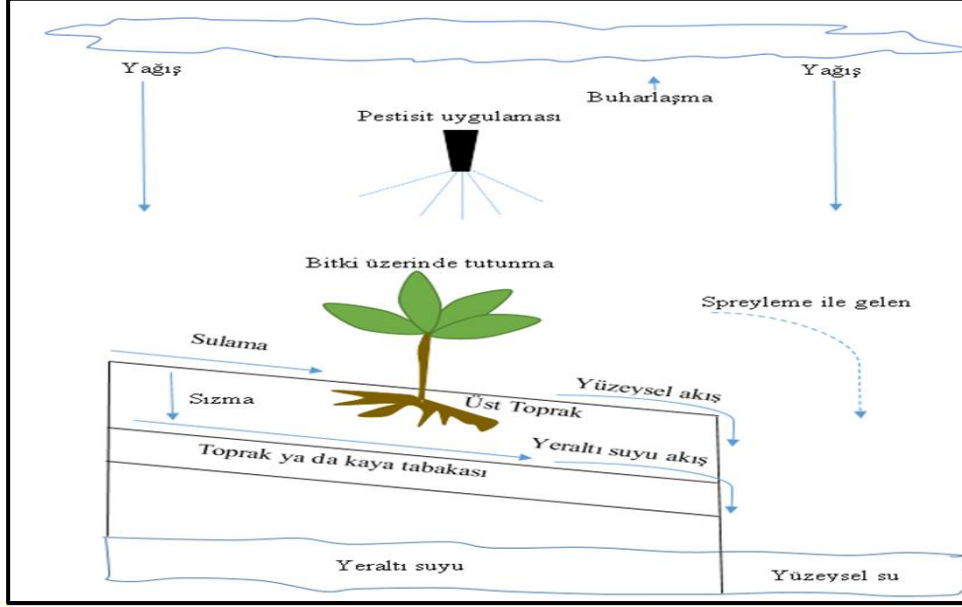
Nüfus artışı, aşırı tüketim alışkanlıkları ve daralan tarım arazileri nedeniyle her geçen gün gıda ihtiyacı çoğalmaktadır. Bu durum var olan tarım arazilerinde en yüksek verim ve en düşük kayıpla ürün yetiştirme gereğini ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca, sanayi ve tarımdaki gelişme, ülkelerin önemli kalkınma göstergelerindedir. Bitkileri ve bitkisel ürünleri yabancı otlar da dahil olmak üzere zararlı organizmalardan korumanın en önemli yollarından biri tarım ilaçlarının kullanımınıdır (Silva ve ark., 2012).

Pestisitler bitkilere zarar verebilecek böcekler, hayvanlar, mikroorganizmalar, yabancı otlar ve diğer tüm organizmaların yok edilmesi ya da etki mekanizmasının bozulmasını sağlayan biyolojik aktif kimyasallara verilen genel addır (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Kolay uygulanması ve etki süresinin kısa olması gibi sebepler zararlılarla mücadelede tarım ilaçlarının kullanımının yaygınlaşmasına neden olmuştur. Ancak toprak ve su ekosisteminin biyotik bileşenlerinde bozulmaya yol açarak ekolojik dengesizliğe neden olan pestisitler, insanlar tarafından yüksek miktarda ve bilinçli olarak çevreye salınan tek kimyasal grubudur (Srivastava ve ark., 2020). Pestisitler; insektisit, fungusit ve herbisitleri de içine alan oldukça geniş bir kimyasal gruptur ve hedef aldıkları organizma türü, kimyasal ve fiziksel özelliklerine bağlı olacak şekilde sınıflandırılmaktadır (Altıkat ve ark., 2009). Tüm dünyada yoğun kullanıma bağlı olarak pestisitler ve yan ürünleri suyu, havayı ve toprağı kirletmekte ve dolayısıyla hem çevreyi hem de insan sağlığını tehdit etmektedirler.

Doğada var olan pestisit türlerinden organoklorlu pestisit (OKP) türleri biyolojik birikim yoluyla insan vücudunda yoğunlaşabilir. Besin zincirinin üst sıralarında yer alan insanda tehlikeli boyutlara ulaşabilmektedir. Bu tip kimyasallar yağda çözünebildiklerinden insan vücudunda yağlarda depo edilip kolayca dokulara ulaşabilirler (Ogbeide ve ark., 2015). Hava (García-García ve ark., 2015), su, sediment (Ogbeide ve ark., 2015), meyve ve sebze (Yu ve ark., 2016) ve yiyecek ürünler (Popp ve ark., 2013) üzerindeki pestisit kalıntılarının insan sağlığı üzerindeki negatif etkileri ile ilişkili birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalar pestisit maruziyetinin bazı kanser türlerine sebep olduğunu ortaya koymuştur (Dich ve ark., 1997; Pedroso ve

ark., 2022). Tarım arazilerine uygulanan pestisitler çeşitli yollarla taşınmakta ve içme suyu kaynaklarına ulaşmaktadır. Tarımsal alanlara uygulanan pestisitlerin hareketleri Şekil 1.1.'de görüldüğü gibidir.



**Şekil 1.1.** Pestisitlerin tarım arazilerindeki hareketleri (Tang ve ark., 2012)

Tarımsal alanlarda kullanılan pestisitler yüzeysel akış, yeraltı sularına sızma, spreyleme, buharlaşma ve yağış yollarını kullanarak yüzeysel sulara ulaşmaktadır. Yüzeysel sulara ulaşan pestisitler zamanla çökerek sediment yapılarında birirmektedir. Bu da çevre kirliliği ve o ekosistemde yaşayan canlıları etkilemektedir. Göl ve nehir suyu, göl dip sedimenti ve balıklar üzerinde birçok araştırma yapılmış olup bazı pestisit türlerinin sınır değerler üzerinde oldukları tespit edilmiştir (Altıkat ve ark., 2009).

Sapanca Gölü Havzası içerisinde bulunan Sapanca gölü Marmara Bölgesi'nin doğusunda İzmit ve Sakarya İlleri sınırları içerisinde yer almaktadır. Sapanca Gölü Havzası'nın büyük bir kısmı Sakarya İli içerisinde yer almaktadır. Göl etrafında oldukça yoğun şekilde tarımsal faaliyetler yürütülmektedir. Göl suyu içilebilir nitelikte olup Sakarya Şehrinin büyük bir kısmında içme suyu kaynağı olarak kullanılmaktadır. İçme suyu kaynağı olarak kullanılması nedeniyle göl suyunun içerdiği kirlilik insan sağlığı içinde önem kazanmaktadır (Uzun ve ark., 2014; Kaçmaz ve ark., 2021).

Bu tez kapsamında Sapanca Gölü'nde mevcut olan organoklorlu pestisit kirliliğinin belirlenmesi amacıyla; göl suyundan, göl sedimentinden, gölü besleyen derelerden,

gölu besleyen kuyulardan, yağmur suyundan ve göl çevresinden alınan toprak numunelerinde organoklorlu pestisit analizleri yapılmıştır.

## **1.1. Kaynak Araştırması**

### **1.1.1. Kalıcı organik kirleticiler**

Kalıcı organik kirleticiler (KOK) uzun yıllar boyunca bozunmadan kalabilen, canlı yağ dokusunda birikerek toksik özellik gösteren, su, hava ve toprak arasındaki taşınım mekanizmalarını kullanarak uzun mesafeler kat edebilen ve çevre ve insan sağlığı için tehlikeli bir kimyasal grubudur (Holoubek ve ark., 2014). Bu kirleticiler kimyasal yapıları nedeniyle atmosferik taşınım yoluyla kullanıldığı ya da üretildiği bölgelerin dışındaki bölgelerde de maruziyete sebep olmaları nedeniyle küresel ölçekte tehlikeli maddeler sınıfına girmektedir (Acara ve ark., 2008).

KOK'ların yağda çözünürlükleri suda çözünürlüğünden çok daha fazladır. Gıdalar, içme suyu ve atmosferde bulunan KOK'lar insan vücuduna girdiğinde yağ dokusunda birikerek toksik etki göstermektedir. Hatta anne sütü aracılığı ile anneden çocuğa geçtiğine dair kanıtlar bulunmaktadır (Aerts ve ark., 2019; Agus ve ark., 2022; Hassan ve ark., 2022).

Kalıcı organik kirleticilerin çevre ve insan sağlığına zararlarından korunmak amacıyla, küresel ölçekte kullanılmasını yasaklayan ve sınırlayan 179 ülkenin taraf olduğu Stockholm Sözleşmesi 17 Mayıs 2004 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Türkiye Cumhuriyeti sözleşmeyi 2001 yılında imzalamış ve 12 Ocak 2010 tarihinden itibaren taraf olmuştur. Aldrin, Endrin, Dieldrin, Klordan, Heptaklor, Endosulfan, HCH'ler ve DDT/DDE Stockholm Sözleşmesi ile yasaklanan/ kullanımı sınırlanan organoklorlu pestisitlerdir (T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2022). Bu maddelerin LogK<sub>ow</sub> değerleri (oktanol su ayrılım katsayısı) 3,5 'un üzerinde olması dolayısıyla hidrofobiktirler ve yarılanma ömürleri uzundur ve bu nedenle kalıcı organik kirleticiler sınıfında yer almaktadırlar (Mattina ve ark., 1999).

### **1.1.2. Pestisitlerin tanımı, tarihi ve sınıflandırılması**

Kelime anlamı haşereleri yok etmek veya kontrol altına almak olan pestisit terimi; bu amaçla kullanılan böcek öldürücüler, yabancı ot öldürücüler ve mantar öldürücüler gibi kompleks bir grup kimyasala verilen genel addir (Hassaan ve El Nemr, 2020).

Haşerelerle mücadelede kimyasallar yüzyıllardır kullanılmaktadır. Yeni motorlu araçların gelişimi ve üretimi ile tarımsal ürünler ve tohumlar dünya çapında alınıp satılmaya başlamıştır. Bu küresel taşınım aynı zamanda zararlılarında dünya çapında yayılımına yol açmıştır. 1300'lü yıllarda haşerelerin yaydığı bir veba türü nedeniyle sadece Avrupa'da 50 milyon insan ölmüştür ve dünya çapında sinekler, fareler gibi haşerelerle yayılan bu hastalık tüm dünyada yaklaşık 75-200 milyon ölümden sorumlu tutulmuştur. Yine 1800'lü yıllarda dünyada kahve üretimini sekteye uğratarak, İrlanda bölgesinde patates üretiminin yapılamaması ise açlık krizlerini ortaya çıkarmıştır. O dönemde dünya çapında yaşanan bunun gibi birçok örnek olmuştur (Matthews, 2018).

İnsanoğlu tarım yapmaya başladığı günden bu yana haşerelerle mücadelede birçok madde kullanmıştır. Tarih öncesi çağlarda kükürt, odun külü, arsenik sülfürü gibi kimyasallar ile zararlılarla mücadele etmişlerdir. Milattan sonraki erken dönemde ise arsenik, soda ve zeytinyağı sonrasında ise pirettum, rotenone, derris ve tütün yaprağı bitki sağlığı için kullanılan maddelerdir. Nikotin 1700'lü yıllarda ilk organik insektisit olarak karşımıza çıkmış onu 1800'lü yıllarda gaz yağı, keriseb ve turpentine takip etmiştir. Yine 1800'lerin sonunda yaprak yiyen böcekleri ve güveleri arseniğin bakır tuzu ile uzaklaştırmaya çalışmışlardır. 1873 yılında DDT; laboratuvar ortamında üretilmiş, 1939 yılında böcek öldürücü olarak kullanılmıştır. II. Dünya savaşında da tifüs ve sıtma hastalıklarının kontrolü için kullanılmıştır. 1940'ta HCH'nin böcek öldürücü etkisi kullanılmaya başlanmış olup, organofosforlu pestisitlerin üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu kimyasalları fenoksi asetik asit, dikarboksimit, karbaril ve malation takip etmiş ardından karbamatlı pestisitler ortaya çıkmıştır. 1976 yılı sonrasında organoklorlu pestisitlerin sanıldığı kadar masum olmadığı ortaya çıkıp dünya çapında birçok yerde yasaklanmıştır (Matthews, 2018).

Pestisitler etki ettiği organizma türüne, etken maddesine ve kalıcılığına göre sınıflandırılmaktadır. Tablo 1.1.' de pestisitlerin sınıfları görülmektedir.

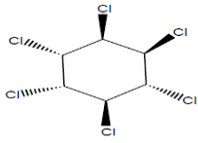
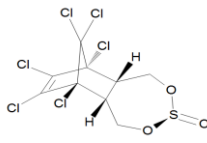
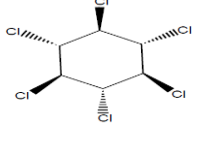
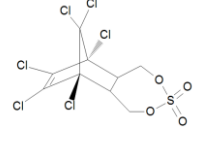
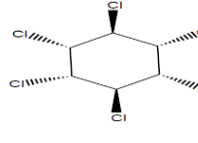
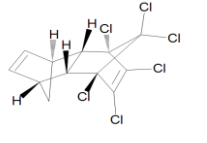
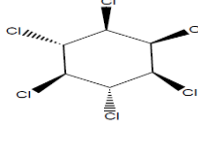
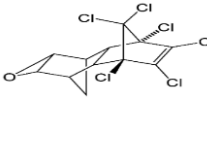
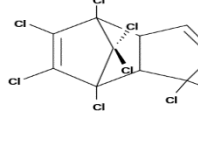
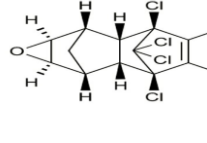
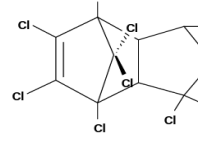
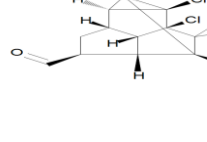
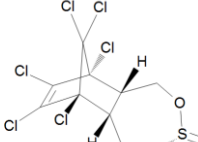
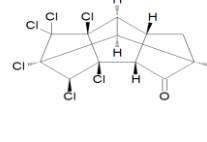
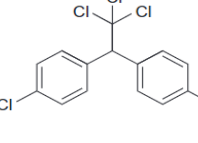
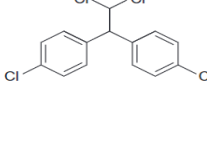
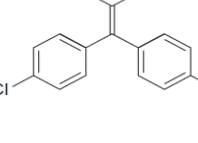
**Tablo 1.1.** Pestisitlerin Sınıflandırılması (US EPA, 2015).

Etki Ettiği Organizmaya göre	Etken Maddesine göre	Kalıcılığına göre
Algisit (algler)	Organoklorlu	<u>Düşük</u> : Birkaç gün-12
Avisit (kuşlar)	Organofosforlu	hafta
Bakterisit(bakteri)	Organosülfürlü	<u>Orta</u> : 1-18 ay
Fungusit (mantarlar)	Karbamatlar	<u>Kalıcı olanlar(persistent)</u> :
Herbisit (yabani ot)	Klorofenoksi asitleri	20 yıl kadar (DDT, aldrin,
İnsektisit(böcek türleri)	Pretilroid türevleri	dieldrin gibi)
Ovisit (zararlı yumurtaları)	Triazinler	<u>Sürekli kalıcılar</u>
Larvisit (zararlı larvalarını)	Neonikotinoidler	<u>(permanent)</u> : Cıva, kurşun,
Adultisit (erişkin zararlılar)	Azotlu pestisitler	arsenik gibi
Akarisit (akarları)	Biyopestisitler	
Molluskisit (sümüklü böcek salyangoz)	İnorganik pestisitler	
Nematisit (nematodlar)		
Rodentisit (kemirgenler)		
Virüsit (virüsler)		

### 1.1.3. Organoklorlu pestisitler

Organoklorlu pestisitler karbon(organik), hidrojen ve klor içeren böcek öldürücüler olarak nitelendirilmektedir. Ayrıca literatürde klorlu hidrokarbonlar, klorlu insektisitler, klorlu organikler ve klorlu sentetikler gibi birçok farklı isimle bilinmektedirler (Ware ve Whitacre, 2004). Bazı organoklorlu pestisitlerin kimyasal yapıları Tablo 1.2.'de verildiği gibidir.

**Tablo 1.2.** Organoklorlu Pestisitlerin Kimyasal Yapıları (ASTDR, 2023)

$\alpha$ -HCH		Endosulfan II	
$\beta$ -HCH		Endosulfan Sülfat	
$\gamma$ -HCH		Aldrin	
$\delta$ - HCH		Dieldrin	
Heptaklor		Endrin	
Heptaklor Epoksit		Endrin Aldehit	
Endosulfan I		Endrin Keton	
<i>p,p'</i> DDT		<i>p,p'</i> DDD	
<i>p,p'</i> DDE			



Organoklorlu tarım ilaçları ekosistemde biyolojik birikim yoluyla varlığını sürdürmektedir bu nedenle dünya çapında yasaklanmıştır. Organoklorlu pestisitleri takiben 70'li yıllarda onlara göre daha düşük kalıcılığa sahip olan organofosforlu tarım ilaçları kullanılmıştır. Ancak bu grupta yer alan pestisitler de akut toksik etkileri sebebiyle yine bir çevresel sorun haline gelmiştir. Pestisitler ve yan ürünlerinin çevre ve insan sağlığına verdiği zararın önüne geçilebilmesi amacıyla gelişmiş ülkelerde pestisitlerin kullanımı kontrollü olarak gerçekleştirilmektedir (Zhang ve ark., 2018).

Tarım ilaçlarının büyük bir kısmı sahip oldukları kimyasal yapı nedeniyle suda ve toprakta uzun süre kalırlar. Organoklorlu pestisitler genel olarak suda çözünürlükleri düşük hidrofobik maddelerdir. Çoğunluğunun log  $K_{ow}$  (Oktan-ol-su dağılım katsayısı) ve log  $K_{oc}$  (Organik-Karbon Ayrılma Katsayısı) değerleri 3,5 ila 6 değerleri aralığında olmaları nedeniyle yağda çözünürlükleri yüksektir ve buna bağlı olarak biyolojik birikimleri fazladır. Yani canlı organizmalarda birikimleri yüksek olup besin zinciri boyunca bu şekilde ilerleyebilirler (Xu ve ark., 2013; Helou ve ark., 2019).

Bu tez çalışmasında araştırılan organoklorlu pestisitlerin fizikokimyasal özellikleri Tablo 1.3.'de gösterilmiştir.

**Tablo 1.3.** Organoklorlu Pestisitlerin Fizikokimyasal Özellikleri (Toxicology, 1982; Lewis ve ark., 2016; ASTDR, 2023)

Pestisit Adı	Molekül Formülü	Moleküler Ağırlık (g/mol)	Suda Çözünürlük (mg/L)	Log $K_{ow}$	Log $K_{oc}$ (cm <sup>3</sup> /g)	Henry Sabiti (atm-m <sup>3</sup> /mol)
$\alpha$ -HCH	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>6</sub>	290,83	2,00	3,8	3,57	6,86x10 <sup>-6</sup>
$\gamma$ -HCH(Lindan)	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>6</sub>	290,83	6,8	3,72	3,57	3,5x10 <sup>-6</sup>
$\beta$ -HCH	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>6</sub>	290,83	0,24	3,78	3,57	4,5x10 <sup>-7</sup>
$\delta$ -HCH	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>6</sub>	290,83	10	4,14	3,8	2,1x10 <sup>-7</sup>
Heptaklor	C <sub>10</sub> H <sub>5</sub> Cl <sub>7</sub>	373,32	0,05	6,10	4,34	2,94x10 <sup>-4</sup>
Aldrin	C <sub>12</sub> H <sub>8</sub> Cl <sub>6</sub>	364,91	0,2	6,5	4,69	3,2 × 10 <sup>-4</sup>
Heptaklor Epoksit B	C <sub>10</sub> H <sub>5</sub> Cl <sub>7</sub> O	389,4	0,275	5,4	4,37	3,2x10 <sup>-5</sup>
Endosülfan I	C <sub>9</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>6</sub> O <sub>3</sub> S	406,9	0,15	3,83	3,55	1x10 <sup>-5</sup>
p,p'-DDE	C <sub>14</sub> H <sub>8</sub> C <sub>4</sub>	318,03	0,12	6,51	4,7	2,1x10 <sup>-5</sup>
Dieldrin	C <sub>12</sub> H <sub>8</sub> Cl <sub>6</sub> O	380,9	1,57x10 <sup>-6</sup>	5,2	4,07	6,81x10 <sup>-8</sup>
Endrin	C <sub>12</sub> H <sub>8</sub> Cl <sub>6</sub> O	380,9	0,24	4,98	4	5,41x10 <sup>-7</sup>
p,p'-DDD	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub> C <sub>4</sub>	320,05	0,090	6,02	5,18	4x10 <sup>-6</sup>
Endosulfan II	C <sub>9</sub> H <sub>6</sub> Cl <sub>6</sub> O <sub>3</sub> S	406,9	0,06	3,62	4,1	1,91x10 <sup>-5</sup>
p,p'-DDT	C <sub>14</sub> H <sub>9</sub> C <sub>5</sub>	354,49	0,024	6,91	5,18	8,3x10 <sup>-6</sup>
Endrin Aldehit	C <sub>12</sub> H <sub>8</sub> Cl <sub>6</sub> O	380,9	0,024	4,7	5,6	3,7x10 <sup>-8</sup>

Endosülfan Sulfate	$C_9H_6Cl_6O_4S$	422,92	6,4	3,66	3,69	$2,61 \times 10^{-5}$
Endrin keton	$C_{12}H_8Cl_6O$	380,9	-	4,99	4,95	$2,02 \times 10^{-8}$

### 1.1.3.1. Heksaklorosikloheksanlar (HCH'ler)

Organoklorlu pestisit türlerindedir. Bilinen sekiz farklı izomeri olmakla birlikte yaygın olan izomerleri  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\beta$  ve  $\delta$ -HCH formlarıdır. En yaygın ve en toksik olanı  $\gamma$ -HCH(Lindane) formudur. HCH'ler meyve, sebze ve ağaçları böceklere karşı korumak için kullanılır. Ayrıca hayvan barınaklarında uyuz, baş biti tedavi ve kontrolü için kullanılmaktadır. Beyaz katı bir maddedir (Chen, 2005).  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\beta$  ve  $\delta$ -HCH izomerleri EPA öncelikli kirleticiler listesinde yer almaktadırlar (EPA, 2014). Ülkemizde 1985 yılında kullanımı yasaklanmış olup, Stockholm sözleşmesi ile yasaklanan/kullanımı sınırlandırılan kimyasallardandır (Acara ve ark., 2008). HCH'ler alerjik dermatit ve ortoerjik dermatite neden olurken muhtemel kanserojenler sınıfında yer almaktadırlar (Moretto, 2004) .

### 1.1.3.2. Heptaklor ve heptaklor epoksit

Heptaklor kalıcı organik kirleticilerden biri olup klorlu bir disiklopentadien insektisittir (Reed ve Koshlukova, 2014). Heptaklor epoksit, heptaklorun oksidasyon ürünüdür ve heptaklordan daha karardır (Bidleman ve ark., 1998). Heptaklor epoksitin çevrede bulunma olasılığı heptaklordan daha yüksektir ve suda çözünürlüğü daha yüksektir (Jakobi ve ark., 2015). Heptaklor teknik olarak yaklaşık %22 oranında trans klordan içermektedir Uçuculuğu yüksek bir inseksit türü olması nedeniyle hava numunelerinde mevcut olabilir. Termitleri, toprak böceklerini ve ev haşerelerini öldürmek için kullanılan geniş spektrumlu bir insektisittir (Xiao ve ark., 2011). Yaklaşık 30 yıl kadar kullanılmış olup 1979 yılında kullanımı yasaklanmış/sınırlanmıştır (Zhang ve ark., 2018).

### 1.1.3.3. Aldrin ve dieldrin

Aldrin 1948 yılında üretilen toprak zararlılarını (termitler, çekirgeler, solucanlar vb.) öldürmek amacıyla doğrudan toprağa uygulanan siklodien bir insektisit türüdür (Zitko, 2003). Aldrin biyotik ve abiyotik epoksidasyon yoluyla tüm pestisitlerin en kalıcılarından bir form olan dieldrine dönüşebilir (Deck ve ark., 2015). Dieldrin endrinin sterioizomeridir. Suda çözünürlüğü düşük ve uçucudur. Biyobirikim

potansiyeli yüksektir ve memeliler için toksiktir. Kuşlar, suda yaşayan omurgasızlar ve algler için orta derecede toksik olup; bal arıları ve balıklar için toksik olduğu düşünülmektedir (Lewis ve ark., 2016). Dieldrin sığır ve koyunların parazitleri ve kumaşları güvelerden korumak için kullanılmıştır (Zitko, 2003; Deck ve ark., 2015). Aldrin ve Dieldrin organoklorlu pestisitlerinin her ikisi de Stockholm sözleşmesinde yer almakta ve 1970 li yıllarda yasaklanmışlardır.

#### **1.1.3.4. Endrin, endrin aldehit ve endrin ketone**

Endrin; katı, beyaz, neredeyse kokusuz bir maddedir. Böcekleri, kemirgenleri ve kuşları kontrol etmek için kullanılan alifatik klorlu bir pestisit türüdür. Pamuk, mısır, şeker kamışı, pirinç, tahıllar, süs bitkileri ve diğer ürünler gibi tarla ürünlerinde yaygın olarak kullanılmıştır. Ayrıca ekili alanlar dışında çekirgeler ve tarla farelerini kontrol etmek amacıyla da kullanımı yapılmıştır (US EPA, 1995). Endrinin topraktaki yarılanma ömrü 12 yıldır. Endrin keton ve endrin aldehit ticari ürünler değil endrin pestisitinin parçalanma ürünleri olarak ortaya çıkmaktadır (EPA, 2017).

#### **1.1.3.5. DDT (diklorodifeniltrikloroetan), DDE ve DDD**

Diklorodifeniltrikloroetanın kısaltması olan DDT organik halojenli bileşikler ailesine ait bir organoklorlu pestisittir. Sinir sistemi üzerinde bozucu etki göstererek böcekleri zehirleyen oldukça toksik bir insektisit türüdür. İlk olarak 1874 yılında üretilmesine rağmen böcek öldürücü özelliği 1939'da keşfedilmiştir. Dünya savaşında ve sonrasında hastalık taşıyıcı bit, pire ve sivrisineklere karşı etkili olduğu bulunmuştur (Burr, 2014). Ayrıca patates böceği ve güvelere karşıda yaygın olarak kullanılmıştır. DDT suda neredeyse hiç çözünmez, yağ dokusunda birikir ve atmosferde uzun mesafeler taşınabilir. Bu nedenlerle Stockholm Sözleşmesi ile yasaklanan kalıcı organik kirleticiler listesinde yer almaktadır (Cheremisinoff ve Rosenfeld, 2011) . DDT, DDE ve DDD, çevrede doğal olarak bulunmayan sentetik kimyasallardır. Ticari sınıf DDT metabolitleri olan ve benzer kimyasal özelliklere sahip diklorodifenildikloroetilen (DDE) ve diklorodifenildikloroetan (DDD) bileşiklerini içerir. DDT spreyleme ile toprağa uygulanmasından ve halihazırda toprağa uygulanmış olanların buharlaşması ile atmosfere ulaşır. DDT nörotoksik bir pestisit türüdür. EPA, DDT, DDE ve DDD'yi olası kanserojenler sınıfına dahil etmiştir.

Kullanımı 1978 yılında sınırlandırılmış olup, 1985 yılında yasaklanmıştır (Zitko, 2003; Xiao ve ark., 2011; Zhang ve ark., 2018).

### **1.1.3.6. Endosülfan I, endosülfan II ve endosülfan sülfat**

Endosülfan organoklorlu pestisitler ailesine ait siklodien bir insektisit/mitisittir. Renksiz-kahverengi kristalimsi bir katıdır, sıvı formülasyonlarda da bulunur. Endosülfan, endosülfan sülfat ve endosülfan diole metabolize olabilen endosulfan I ve endosülfan II izomerleri olarak bulunur (Chopra ve Mahfouz, 1977). Endosülfan'ın yapısı %70 endosülfan I, %30 endosülfan II izomerlerini içermektedir (Singh ve ark., 2014). 1950'lerden sonra yaprak bitleri, beyaz sinekler, patates böcekler, lahana solucanları gibi birçok tarım zararlılarını engellemek amacıyla yoğun şekilde kullanılmaya başlamıştır (López ve ark., 2012). Kalıcılığı ve yaşayan organizmalara zararları nedeniyle sürdürülebilir şekilde risk yönetimi yapılamayacağı için Stockholm sözleşmesi ile kullanımı sınırlandırılan/yasaklanan kimyasallardandır (Beasley, 2020). Birçok organoklorlu pestisite oranla yağda kalıcılığı daha düşüktür. Endosülfan ve izomerleri nörotoksositeye sahiptir ve akut toksisiteye sahip endokrin bozuculardır (López ve ark., 2012; Berntssen ve ark., 2017).

## **1.2. Türkiye'deki Durum**

Şimşek Uygun ve Albek tarafından 2022 yılında yayınlanan iki ayrı çalışma ile Eskişehir Borabey göleti organokloro pestisitler açısından modellenmiş ve sonuçların ekotoksikolojik açıdan risk analizi yapılmıştır. Çalışmada göletten su ve sediment numuneleri alınırken havza alanından toprak örnekleri alınarak organokloropestisit analizi yapılmıştır. Su, sediment ve topraktaki organoklorlu pestisit konsantrasyonlarını sırasıyla 0,5–13,8 ng/L, 0,03–1,02 µg/kg ve 0,54–52 µg/kg aralığında olduğunu tespit etmişlerdir. Ekotoksik açıdan yaptıkları değerlendirme de ise DDT ve HCH'ler için risk katsayılarının 1'in altında olması nedeniyle kabul edilebilir seviyede olduğu sonucunda varmışlardır (Şimşek Uygun ve Albek, 2022b, 2022a).

Antalya'nın Kumluca bölgesinde yapılan bir çalışmada toprak ve hava numunelerinde PCB (poliklorlu bifenil) ve OKP analizleri yapılmıştır.  $\sum$ OKP ve  $\sum$ PCB konsantrasyonları hava numunelerinde 32,6–741 pg/m<sup>3</sup> ve 2764 pg/m<sup>3</sup> seviyelerinde ölçülürken toprak numunelerinde 28,1 ng/g kuru ağırlık ve 0,302 ng/g kuru ağırlık

olarak belirlenmiştir. Çalışmada en sık rastlanan OCP türleri DDT metabolitleri ve endosülfan izomerleridir (Can-Güven ve ark., 2022).

2017-2018 yılları arasında Kirmir Çayında (Ankara, Türkiye) yapılan bir çalışmada mevsimsel olarak su ve sediment numunelerinde poliaromatik hidrokarbon (16 tür), organoklorlu pestisit (9 tür) ve polibromlu difenil eter (6 tür) türleri araştırılmıştır. OCP türlerinden  $\Sigma$ DDE 1768,92  $\mu\text{g}/\text{kg}$  konsantrasyonla sediment örneklerinde tespit edilen tek türdür. Diğer yandan su numunelerinde 15,68  $\mu\text{g}/\text{ml}$  ve sedimentte 1216,19  $\mu\text{g}/\text{kg}$  toplam PAH tespit etmişlerdir. Araştırılması yapılan diğer tüm kirletici türleri belirlenebilen miktarın altında kalmıştır (Gungormus ve ark., 2021).

İstanbul Küçükçekmece Lagünü'nde Aydın ve arkadaşlarınca 2018 yılında DDT ve HCH pestisitlerinin zamansal girdisini ve değişimi araştırmak ve ekotoksik risklerini belirlemesi amacıyla bir çalışma yürütülmüştür. Bu çalışmada 3 farklı noktadan sediment karot numunesi alınarak analiz edilmiştir yıllara bağlı DDT ve HCH konsantrasyonları ölçülmüştür. Sediment karot numunesinin zamanlama ( $^{137}\text{Cs}$  ve  $^{210}\text{Pb}$ ) işlemi Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) İstanbul Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi Radyoaktivite Ölçüm ve Analiz Laboratuvarları'nda yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre sediment karot numunesinde  $\Sigma$ HCH için 0,4 ile 469,4 ng/g kuru ağırlık ve  $\Sigma$ DDT için 0,5 ile 72,0 ng/g kuru ağırlık aralıklarında ölçülmüştür. 1963 ve 1972 tarihli sediment numunelerinde en sık HCH'ye rastlanırken, 1945 civarında DDT maksimum düzeyde ölçülmüştür (Aydın ve ark., 2019).

Adıyaman ve Şanlıurfa sınırları içinde yer alan Atatürk Baraj Gölü'nde organoklorlu pestisit ölçümleri yapılmıştır. Bu çalışmada Atatürk Baraj Gölü'nde belirlenen 6 noktadan su, sediment ve balık karaciğeri örnekleri toplanarak dieldrin, p,p'-DDE p,p'-DDD, o,p'-DDD, o,p'-DDT ve p,p'-DDT miktarları analiz edilmiştir. Su numunelerinde OKP tespit edilmemişken, sediment örneklerinde balıklardan daha yüksek oranda OKP bulunmuştur. Çalışma sonucunda Atatürk Baraj Gölü su, sediment ve balıklarında OKP kalıntı miktarlarının kabul edilebilir maksimum sınır değerlerin üzerinde olduğu ve düzenli olarak izlenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır (Uçkun, 2017).

Trakya bölgesi, Ergene havzasında bulunan 6 baraj gölünde bölgenin tarımsal kaynaklı pestisit kirliliğini belirlemek için yapılan çalışmada 178 farklı pestisit türü

araştırılmıştır. Ölçüm periyodu olarak 2018 yılı yağışlı sezon seçilmiştir. Çalışma sonucunda suda 3, sedimentte 18 farklı tür pestisit kontaminasyonuna rastlanmıştır. Suda tespit edilen en baskın pestisit türleri carbendazim ve forchlorfenuron-706 iken sedimentte propikonazol ve prokloraz olarak belirlenmiştir (Tokatlı, 2020).

### 1.3. Dünyadaki Durum

Çin Qilu Gölü'nde yapılan bir çalışmada tespit edilen organoklorlu pestisitlerin mekânsal ve zamansal değişimleri incelenerek ekolojik riskleri değerlendirilmiştir. 25 farklı OKP türü analiz edilmiş 14 ü tespit edilmiş. Göle giriş yapan nehirlerde kış mevsimi dışında her mevsimde OKP mevcut olduğunu görülmüş. 4,4' DDD,  $\gamma$ -HCH, trans klordan ve cis klordan en sık görülen türler olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada, uzun yıllar önce yasaklanmış olmasına rağmen OKP'lerin hala yüzeysel sularda mevcut olduğu ve suda yaşayan ekosistem için risk oluşturduğu sonucuna varılmıştır (Chen ve ark., 2022).

İran'da yapılan bir çalışmada, Marun nehrinde ve Behbahan şehri arıtılmış içme suyunda pestisit araştırması yapılmıştır. Sonuçlara göre nehir suyunda nispeten yüksek oranda 0,87-3,227  $\mu\text{g/L}$  aralığında organofosforlu pestisit kalıntısı görülmüşken, organoklorlu pestisitlerin daha az konsantrasyonlarda olduğu gözlemlenmiştir. Nehir suyunda oldukça yüksek oranda Alaklor pestisitine rastlamışlardır. Diğer yandan içme suyunda yaptıkları araştırmada pestisit konsantrasyonunun kabul edilebilir düzeyde olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Yapılan risk değerlendirmesi sonuçlarına göre kanser riski açısından tehlike katsayısı 1'in altında çıkarken aldrin için 0,2 civarında olduğu hesaplanmıştır (Rezaei Kalantary ve ark., 2022).

Pakistan'ın Charsadda bölgesinde yüzeysel sularda 20 farklı organoklorlu pestisitim ölçümleri İsmail ve arkadaşları tarafından 2021 yılında yapılmıştır. Su numunelerin ekstraksiyonu katı faz mikro ekstraksiyon yöntemiyle yapılmış ve GC-ECD ile analiz edilmiştir. 20 organoklorlu pestisit de belirlenen konsantrasyonları izin verilen maksimum kontaminasyon seviyelerinden daha düşük olduğu bulunmuştur. Toplanan yüzey suyu örneklerinin yaklaşık %50'sinin, sırasıyla maksimum konsantrasyonları sırasıyla 0,023, 0,108, 0,014 ve 0,013  $\mu\text{g L}^{-1}$  olan  $\gamma$ -HCH, heptaklor, aldrin ve dieldrin pestisitleri ile kontamine olduğu bulunmuştur. Yetişkinler ve çocuklar için, çeşitli pestisitlerle kontaminasyon nedeniyle sudan kaynaklanan kanser riski 0 ile  $33,29 \times 10^{-6}$  arasında değişmektedir. Kanserojen olmayan risk Charsadda Bölgesi için

Heptaklor > Aldrin > Dieldrin >  $\gamma$ -HCH şeklinde bulunmuştur. Ancak,  $\alpha$ -HCH,  $\beta$ -HCH, Heptaklor Epoksit, Klordan, Endrin, 4,4'-DDD, Endrin Keton, 4,4'-DDT, Endosulfan Sülfat ve Metoksiklor ise yüzey suyu numunelerinin hiçbirinde tespit edilmemiştir (Ismail ve ark., 2021).

Meksika Yucatan'da 28 evden alınan numunelerle 7 farklı belediyenin içme suyunun organoklorlu pestisit ve bazı fizikokimyasal parametreler incelenmiştir. Toplanan su örnekleri GC-ECD ile analiz edilmiştir ve Lindan (0,01896 ppm), Heptaklor (0,09741 ppm), Endosulfan (0,05796 ppm), DDT (0,00519 ppm) ve Endrin (0,00125 ppm) konsantrasyonları ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre sulara mevcut organoklorlu pestisit miktarlarının uluslararası sınırların üzerinde olduğu ve insan tüketimine uygun hale getirmek için yeterli alt yapı çalışmalarının yapılması gerektiği sonucuna varmışlardır (Ashesh ve ark., 2022).

Emoya ve arkadaşlarının 2022 yılında yaptığı çalışmada Nijerya Gine Körfez'i ve Nijer Deltası'nda; konut, ticari, tarımsal ve ana karayolu içinde yer alan kentsel, banliyö ve kırsal yağmur suyu rezervuarlarında farklı derinliklerden alınan toprak numunelerinde 20 farklı organoklorlu pestisitlerin tayinini yapmışlardır. Havzalardaki ortalama  $\Sigma$ 20OKP konsantrasyonu ve izomer kompozisyon modeli sırasıyla kentsel > banliyö > kırsal ve  $\Sigma$ HCH'ler >  $\Sigma$ Klordan >  $\Sigma$ Drinler (Aldrin, Dieldrin, Endrin, Endrin-Aldehit, Endrin-Keton) >  $\Sigma$ Endosülfan >  $\Sigma$ DDT'ler şeklindedir. Yapılan risk değerlendirmesi sonuçlarına göre bebeklerin yetişkinlerden yedi kat daha büyük risk altında olduğunu gözlemlemişlerdir. Ayrıca toplam kanser riski kabul edilebilir kanser riskinden yüksek iken ekolojik risk örneklerin %56'sında önemli bir biyolojik etki göstermiştir (Emoyan ve ark., 2021).

Mısır'ın Belbis Bölgesi'nde, El-Sharqia'da uzun süreli pestisit uygulama geçmişi olan tarım alanlarından toplanan beş yeraltı suyu örneğinde organoklorlu pestisit (OKP) kalıntılarının ve ağır metallerin varlığı izlenmiştir. Toplanan su numuneleri katı faz ekstraksiyon yöntemi ile ekstrakte edilip, kütle spektrometrisi (GC-MS) ile analiz edilmiştir. Sonuçlara göre, Hassan Bieh Köyü yeraltı suyunda kaydedilen 0,65  $\mu$ g/L p,p'-DDT dışında, yeraltı sularındaki OKP konsantrasyonlarının yasal sınırlar içinde olduğunu ortaya koymuşlardır (Gouda ve ark., 2022).

Kuzey Kutup Bölgesi Ny-Ålesund'dan alınan toprak örneklerinde organoklorlu pestisitlerin dağılım özellikleri, kaynakları ve risk seviyeleri incelenmiştir. Bu

çalışmayla elde edilen sonuçlara göre, Ny-Ålesund Bölgesi'nin yüzey toprağında 0,59 ng·g-1 ile 3,87 ng·g-1 arasında değişen oranda OKP bulunduğu ve ortalama konsantrasyonun 2,22 ng·g-1 olduğunu gösterilmiştir. Veriler analiz edildiğinde, çalışma alanındaki OKP'lerin tarihsel kalıntılardan kaynaklandığı ve topraktaki Heksaklorosikloheksanlar ile Diklorodifeniltrikloroetanların türdeşleri arasında çevresel faktörlerden dolayı belirli bir derecede dönüşüm meydana geldiğini gösterilmiştir. Yapılan ekolojik risk değerlendirmesi ise, çalışma alanının düşük bir ekolojik risk seviyesine sahip olduğunu ancak Kuzey Kutup ortamının hassasiyeti düşünüldüğünde var olan OKP'lerin ihmal edilemeyeceği sonuçlarını elde etmişlerdir (Zheng ve ark., 2022).

Prajapati ve arkadaşları Kanada'nın Güney Saskatchewan Nehri su, sediment ve balıklarda pestisitler (organoklorlu, organofosforlu ve herbisitler) ve bazı eser metallerin konsantrasyonlarını incelemişlerdir. 1970 yılında yasaklanan organoklorlu pestisitlerden Lindan ve Metoksiklor kalıntılarını sediment ve balık örneklerinde rastlamışlardır. Diğer yandan Malathion ve Parathion dışında organofosfatlı pestisitlere numune alınan tüm alanlarda ve zamanlarda çok az rastlanırken Neonikotinoidler tüm örneklerde saptanmamışlardır. Aksine 2,4-D ve Dikamba, herbisitlerine her iki örnekleme yılı için su numunelerindeki tüm lokasyonlarda tutarlı bir şekilde tespit etmişlerdir. Ağır metallere bakıldığında ise Cu ve Zn'nin bazı yerlerde sedimentte sınır değerlerin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Cıva konsantrasyonları ise tüm numunelerin %18'inde sınır değerlerin üzerinde gözlenmiştir (Prajapati ve ark., 2022).



## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Çalışma Alanının Tanıtımı

Sapanca Gölü Havzası, Türkiye'nin yedi bölgesi içinde en yüksek nüfusa sahip olan Marmara Bölgesinin doğusunda yer almaktadır. Havzanın %58,7'si ve su kütlesinin %79'u Sakarya İli sınırları içerisindedir (Kaçmaz ve Döker, 2021). Sapanca gölü D 30' 15° K 40' 42° koordinatlarına sahiptir ve Doğu Marmara Bölgesi'nde yer alan uzun eksen (doğu-batı eksen) 17 km, kuzey güney yönünde bulunan kısa eksen ise 5,44 km olan mekik şeklinde yapısı ile tektonik bir tatlı su gölüdür (Gürbüz ve Gürer, 2008). Adapazarı Ovası ile İzmit Körfezi oluşunun birleştiği uzun bir çukurun doğu kesiminde yer almaktadır. Göl yüzeyinin denizden yüksekliği 31 m iken en derin kısmı 61m'dir. Türkiye'nin uluslararası öneme sahip sulak alanlarından kabul edilmiş doğal sit alanıdır. Sapanca gölü Sakarya İli'nin en önemli içme suyu kaynağıdır. 2018 yılında Sakarya il genelinde kullanılan içme suyunun %60'ı Sapanca gölünden temin edilmiştir(Sakarya Çevre Şehircilik İl Müdürlüğü, 2019).



Şekil 2.1. Sapanca Gölü

### 2.1.1. Bölgenin iklimi

Sakarya İli'nde yağışlı, ılıman ve rutubetli bir iklim hakimdir. Kış mevsimleri bol yağışlı ve ılık iken yazlar sıcak ve nemlidir (Sakarya Çevre Şehircilik İl Müdürlüğü, 2019). T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden 2017 ve 2018 yıllarına ait aylık ortalama/maksimum/minimum sıcaklık, aylık toplam/maksimum yağış, ortalama/maksimum rüzgâr hızı, rüzgâr diyagramı ve aylık toplam yüzey buharlaşması verileri alınmıştır. Numune alma döneminde ölçülen aylık ortalama sıcaklık verileri Tablo 2.1.'de verildiği gibidir.

**Tablo 2.1.** 2017-2018 yılları aylık ortalama sıcaklık verileri (°C)

Yıl/Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2017	-	-	-	12,1	17	22,1	24,4	24,6	21,8	14,7	11,4	10,3
2018	7	8,9	12	15,3	-	-	-	-	-	-	-	-

Sapanca bölgesine ait aylık toplam yağış miktarları Tablo 2.2.'de verildiği gibidir. Tabloya göre numune alma döneminde 2017 yılında maksimum yağış Ekim ayında alınırken, 2018 yılında Mart ayında alınmıştır.

**Tablo 2.2.** Aylık Toplam Yağış (mm=kg÷m<sup>2</sup>)

Yıl/Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2017	-	-	-	62,3	48,6	130,1	53,5	63,9	30,1	130,6	48,3	122,4
2018	62,8	61,9	113,8	15,7	-	-	-	-	-	-	-	-

Sakarya İli'ne ait verilerde 2017 yılına ait yıllık toplam buharlaşma miktarı 773,3 mm (maksimum temmuz ayında 177,3 mm) iken 2018 yılında toplam açık yüzey buharlaşması 846,2 mm'dir (maksimum ağustos ayında 174,6).

Şekil 2.2.' de görüldüğü üzere 2012-2021 yılları arasında Sapanca'da hâkim rüzgâr yönü güney güneybatıdır. Diğer yandan numunelerin alındığı 2017 ve 2018 yıllarına ait yıllık ortalama rüzgâr hızı 1,7 m/s'dir ve maksimum rüzgâr hızları Aralık 2017 ve Ocak 2018 aylarında görülmüştür.

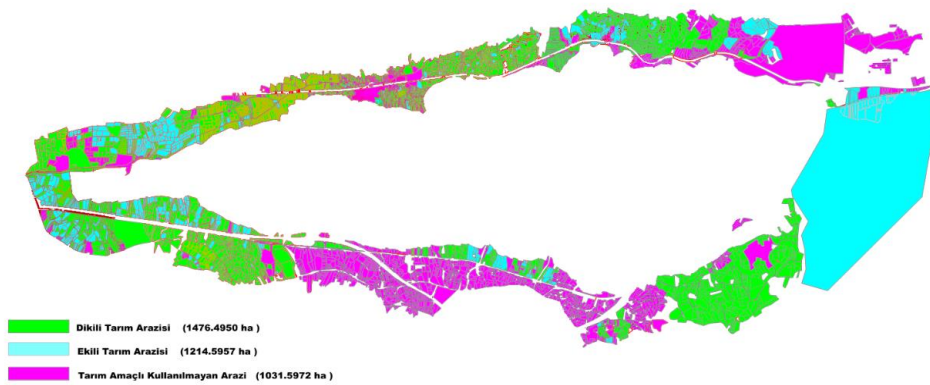


### 2.1.3. Sapanca gölünü besleyen dereler

Sapanca gölünü besleyen dereler gölü gölün kuzey ve güneyindeki dağlardan inmektedir. İstanbul, Kurtköy, Mahmudiye, Yanık, Keçi, Karaçay, Balıkhane, Çiftepınar, Kanlıtarla, Eşme, Kuru, Maden, Maşukiye, Sarp, Aşağıdereköy, Altıkuruş, Harmanlar, Aygır, Cehennem Dereleri Sapanca gölünü besleyen dereler olarak sıralanmaktadır. Göl suları doğu ucunda bulunan Çark Deresi aracılığı ile Sakarya Nehrine ulaşmaktadır (Sakarya Çevre Şehircilik İl Müdürlüğü, 2019). Gölde çıkış yapan suyun debisi Çark regülatörü aracılığı ile dengelenmektedir. İstanbul, Mahmudiye ve Kurtköy dereleri gölün güney kıyısından gölü besleyen en yüksek debili dereler iken kuzey kıyısında Maden Deresi en yüksek debili derelerdendir (SASKİ, 2022).

### 2.1.4. Tarımsal faaliyetler

Tarımsal üretimde kalitenin artırılması için bitki zararlıları, yabancı otlar ve mantarlar ile mücadelede pestisitlerden yoğun şekilde yararlanılmaktadır. Bu kimyasalların faydalı özelliklerin yanı sıra hem kendileri hem de parçalanma ürünleri toksik etkilere sahip olabilmektedir. Pestisitlerin yoğun ve bilinçsiz kullanımı dolayısıyla yüzeysel sularda tarımsal kaynaklı pestisit kirliliği ortaya çıkmaktadır. Sapanca gölü etrafında da yoğun şekilde tarım yapılmaktadır. Şekil 2.4.'te Sapanca Gölü çevresinde 1 km<sup>2</sup>'lik alanda mevcut olan ekili-dikili tarımsal alanlar ve tarım dışı kullanım alanların yüzölçümleri verilmiştir. Yapılan çalışmayla Sapanca Gölü çevresinde tarımsal olarak kullanılan toplam alan 2691 hektar olarak belirlenmiştir.



Şekil 2.4. Sapanca Gölü Çevresi Arazi Durum Haritası

Tablo 2.3.'de Sapanca gölü çevresinde mevcut tarım arazilerinde yetiştirilen ürün türleri, yetiştirilen alanlar ve yüzde olarak ifadeleri yer almaktadır. Bu hesaplamalar

Tarım Bakanlığı'ndan destek talep eden çiftçilerin başvuruları baz alınarak yapılmıştır.

**Tablo 2.3.** Sapanca Gölü çevresinde 1km<sup>2</sup> alanı kapsayan arazilerde Tarım Bakanlığı'nca destek alan araziler baz alınarak belirlenen ürün türleri, dikili-ekili alan miktarları ve yüzdeleri

Ürün Adı	Kayıtlı Ürün Parsel Sayıları	Oranı %	Ekili dikili alanların miktarı (ha)
Mısır	100	10,89	293,14
Süsbitkisi	130	14,16	381,09
Ceviz	85	9,26	249,17
Armut	63	6,86	184,68
Elma	15	1,63	43,97
Erik	170	18,52	498,35
Çayır otu	15	1,63	43,97
Sebze	70	7,63	205,20
Ayva	65	7,08	190,54
Kiraz	75	8,17	219,86
Buğday	30	3,27	87,94
Fındık	100	10,89	293,15
TOPLAM	918	100	2691,1

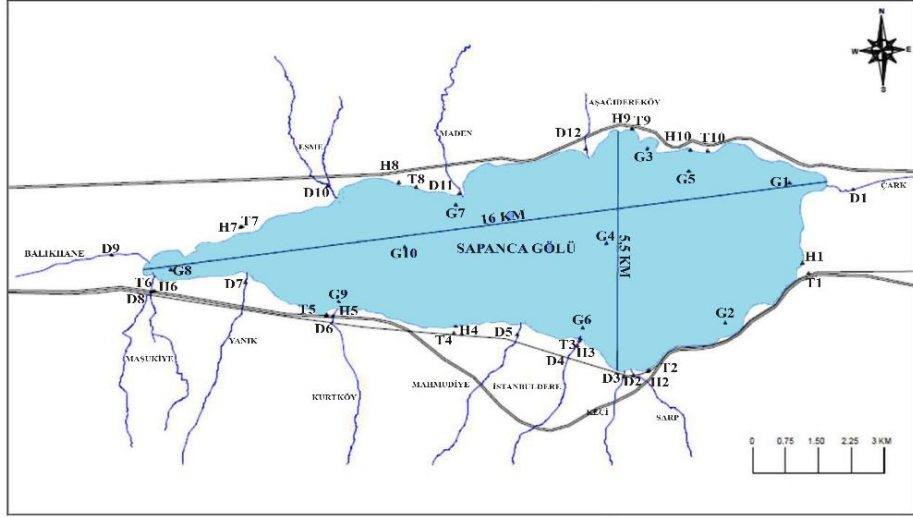
Tablodan da görülebileceği gibi Sapanca gölü çevresinde birçok farklı ürün yetiştirilmektedir. Bu ürünlerin yetiştirilmesinde ihtiyaca bağlı olarak çeşitli pestisit türleri kullanılmaktadır. Tablo 2.4.'te Sapanca gölü çevresinde yetiştirilen ürünlere bağlı olarak kullanılan pestisitler ve bu pestisitlerin hektar başına kullanım miktarları verilmiştir. Yapılan hesaplamalarla 2018 yılında Sapanca gölü çevresinde kullanılan toplam pestisit miktarları da yine Tablo 3.4.'de belirtilmiştir.

**Tablo 2.4.** Sapanca Gölü etrafında yetiştirilen ürünler için kullanılan tarım ilacı türleri ve hektar başına kullanım miktarları

Ürün Adı	Pestisit Cinsi	kg/L pestisit/hektar	Birim	Kullanılan Toplam Miktar kg- Litre
Mısır	Herbisit	1,00	L	293,15
	İnsektisit	0,50	L	146,57
	İnsektisit	1,50	L	571,64
Süsbitkisi	Fungusit	2,50	L	952,73
	Akarisit	0,50	L	190,55
Ceviz	Fungusit	0,90	kg	224,26
	İnsektisit	1,50	L	373,76
Armut	Fungusit	1,80	kg	332,43
	İnsektisit	1,00	L	184,68
Elma	Fungusit	2,50	kg	109,93
	İnsektisit	1,50	kg	65,96
Erik	Fungusit	1,00	kg	498,35
	İnsektisit	0,50	L	249,18
Çayır otu	-	0,00	-	0,00
	Fungusit	2,20	kg	451,45
Sebze	İnsektisit	1,80	kg	369,37
	Herbisit	0,50	L	102,60
Ayva	Fungusit	2,00	L	381,09
	İnsektisit	1,50	L	285,82
Kiraz	Fungusit	1,50	L	329,79
	İnsektisit	0,80	L	175,89
Buğday	Herbisit	0,80	kg	70,36
	Rodentisit	1,00	kg	87,94
Fındık	Fungusit	2,00	kg	586,29
	İnsektisit	1,00	kg	293,15
Kullanılan Toplam Sıvı İlaç Miktarı				5190,17 L
Kullanılan Toplam Katı İlaç Miktarı				3089,48 kg

## 2.2. Numune Alma

Sapanca Gölü'nde mevcut organoklorlu pestisit kirliliğini tayin etmek amacı ile göl suyu, sedimenti, gölü besleyen ve gölden çıkış yapan dereler, yeraltı sularını temsilen göl çevresindeki kuyular ve atmosferik girişimi belirlemek amacıyla yağmur suyu numuneleri alınmıştır. Numune alma istasyonları gölün tamamını kapsayacak şekilde seçilmiştir. Bu istasyonlar aynı zamanda Sakarya Büyükşehir Belediyesi'nin gölü sürekli izleme için kullanmış olduğu numune alma noktalarıdır. Şekil 2.5.'de gölden numune alma noktaları gösterilmiştir.



**Şekil 2.5.** Sapanca Gölü ve Numune Alma Noktaları (Demirel, 2021)

Sapanca gölü su ve sediment numuneleri Nisan 2017 ve Nisan 2018 tarihleri arasında alınmıştır. Göl suyu numuneleri ayda bir alınmış olup sediment numuneleri mevsimsel değişiklikleri gözlemlemek amacıyla üç ayda bir alınmıştır. Tablo 2.5.'de gölden su ve sediment numunelerinin alındığı noktalara ait koordinatlar verilmiştir.

**Tablo 2.5.** Göl suyu ve sedimentinin alındığı noktalara ait koordinat bilgileri

İstasyon N.	Koordinatlar	İstasyon N.	Koordinatlar
G1	40.73092 30.32155	G6	40.70198 30.26565
G2	40.70288 30.30415	G7	40.72678 30.23153
G3	40.73791 30.28326	G8	40.71388 30.15457
G4	40.71903 30.27211	G9	40.70739 30.19988
G5	40.73336 30.29439	G10	40.71830 30.21775

G; Göl İstasyon Kodları

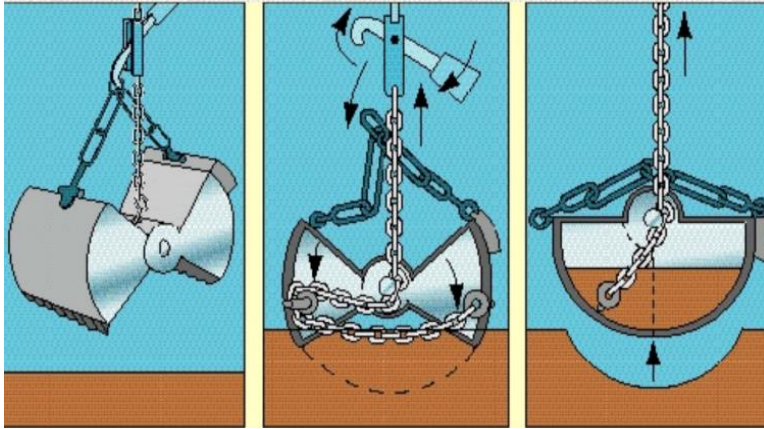
Numune alınmasına ilişkin işlemler “TS 6291 Su Kalitesi- Numune Alma – Kısım 4 Göl ve Göletlerden Numune Alma Kuralları’na göre derinden numune alma cihazı kullanılarak yapılmaktadır. Göl suyu numuneleri derinden su numunesi alma ekipmanı (Şekil 2.6.) kullanılarak numune alma noktasının derinliğine bağlı olarak 3 farklı derinlikten alınmıştır.





**Şekil 2.6.** Derinden su numunesi alma cihazı

Göl dip sedimentinden numune almak için Dip Sedimentlerinden Numune Alma Kılavuzu (TS EN ISO 5667-12: 2000) kullanılmıştır. Göl dip sedimenti numuneleri kılavuza uygun olarak Şekil 2.7. 'de görüldüğü şekilde sediment kepçesi kullanılarak toplanmıştır.



**Şekil 2.7.** Sediment Kepçesi

Sapanca Gölü'ne bağlantılı tüm derelerden Nisan 2017-Nisan 2018 tarihleri arasında aylık olarak TS ISO 5667-6 13.03.2008 Su Kalitesi- Numune Alma - Bölüm 6 - Nehirlerden ve Akarsulardan Numune Alma Kılavuzu esas alınarak numuneler alınmıştır. Numunelerin alındığı dereler ve koordinatları Tablo 2.6.'de ve Şekil 2.5.'de verilmiştir.



**Tablo 2.6.** Numune alınan dereler ve koordinatları

Dereler	Koordinatlar	Dereler	Koordinatlar
Sarp (D1)	40.69238 30.27931	Maşukiye (D7)	40.70943 30.14916
Keçi (D2)	40.69218 30.27667	Balikhane (D8)	40.71686 30.13856
İstanbuldere (D3)	40.69845 30.26418	Eşme (D9)	40.73070 30.19700
Mahmudiye (D4)	40.70065 30.24801	Maden (D10)	40.72913 30.23255
Kurtköy (D5)	40.70446 30.19829	Aşağıdereköy (D11)	40.73925 30.26633
Yanık (D6)	40.71138 30.17472	Çark (D12)	40.72953 30.33875

D; Dere İstasyon Kodları

Sapanca gölünü besleyen 15 adet kuyu bulunmaktadır. Yeraltı sularından numune alma TS ISO 5667-11 kılavuzu kullanılarak alınan numuneler 6 aylık periyotlarda alınmıştır. Alınan numuneler ekstraksiyonda problem oluşmaması açısından 0,45 µm cam yünü filtrelerden süzülerek analize engel olacak partiküllerden arındırılmış ve -20 °C’de dondurularak analiz edilinceye kadar bekletilmiştir.

Göl Havzası’nda kullanılan pestisitlerin toprak üzerinden süzülmesi yoluyla göle karışabilmektedir. Bu nedenle göl etrafından 10 farklı noktadan mevsimsel durumu tespit amacı ile 3 ayda bir toprak numunesi alınıp mevcut organoklorlu pestisitler tayin edilmiştir. Numuneler Şekil 2.5.’de gösterilen ve Tablo 2.7.’de koordinatları verilen noktalardan alınmıştır. Mevcut taş, bitki vb. temizlendikten sonra 0-20 cm toprağı temsil edecek şekilde numuneler alınarak plastik poşetlere konulmuş ve analize götürülmüştür.

**Tablo 2.7.** Yağmur /Toprak Numunesi alma noktalarına ait koordinatlar

İstasyon	Yağmur/Toprak Koordinatları	İstasyon	Yağmur/Toprak Koordinatları
H1/T1	40.69305 30.28305	H6/T6	40.70227 30.23129
H2/T2	40.71473 30.32499	H7/T7	40.72226 30.17313
H3/T3	40.69977 30.26485	H8/T8	40.73127 30.23012
H4/T4	40.70227 30.23129	H9/T9	40.74196 30.27902
H5/T5	40.70227 30.23129	H10/T10	40.73751 30.29485

Y; Yağmur Suyu İstasyon Kodları

T; Toprak Numunesi İstasyon Kodları

Yağmur suyu numunelerinin toplanması yerden 1,5 m yükseklikte kurulan stantlar üzerinde bulunan 0,5m çapında hunilere bağlantılı amber kaplar kullanılmıştır (Tarrant ve Tatton, 1968). Yağmur suyu numuneleri gölden numune alma noktalarına paraleldir ve toprak numunesi alma noktaları ile aynı yerlerdedir. 10 farklı noktadan ayda bir olacak şekilde toplanmıştır. Alınan numuneler 0,45 µm cam yünü filtrelerden süzülerek -20 °C’de dondurularak analiz edilinceye kadar bekletilmiştir.

## **2.3. Analizler**

### **2.3.1. Kullanılan araç-gereçler**

Pestisit analizleri için SHIMADZU marka QP 2010 GC/MS cihazı kullanılmıştır. Gaz kromatografisi kütle spektrometresi cihazında enjektör: split/splitless, dedektör: kütle spektrometrisi, otomatik örnekleyici AOC-20i’dir. Katı faz ekstraksiyonu numunelere M&N marka 12’li vakum manifoldu ve KNF Marka, N 816.3 KT.45.18 model vakum pompası ile uygulanmıştır. Ultrasonik ekstraksiyon için Blue Lab marka ultrasonik banyo kullanılmıştır. Numunelerin karışması için IKA marka KAS 4000i kontrol model çalkalayıcılı inkübatör kullanılmıştır. Numunelerin hacminin azaltılması ve yoğunlaştırılması için NUVE marka EV018 Model vakumlu etüv kullanılmıştır. Fizikokimyasal parametrelerin (Sıcaklık, çözünmüş oksijen, pH ve iletkenlik) arazide ölçümleri HACH marka HQ4100 model çoklu parametre ölçer ile yapılmıştır.

### **2.3.2. Kullanılan kimyasallar**

Su numunelerinin ekstraksiyonu için kullanılan kimyasallar: n-Hekzan (Merck, E85extra Pure), Etil Asetat (Merck, Extra Pure), Dikloro Metan (Merck, Extra Pure), Toluen (Merck, Extra Pure), Metanol (Merck, Extra Pure)’dür. Su numunelerinin ekstraksiyonu CHROMABOND® C18 ec / 6 ml / 500 mg katı faz ekstraksiyon kartuşları ile yapılmıştır. Desorbe edilmiş numunelerinin susuzlaştırılması için Sodyum Sülfat (susuz) (Merck, Extra Pure Food Grade), 0,45µm cam yünü filtre (Whatman, 25mm) ve cam yünü (Merck) kullanılarak kolonlar hazırlanmıştır. Analizlerden önce eluatın süzülmesi için Sartorius marka Şırınga Filtresi 25 mm, 0,20 µm. GC-MS kalibrasyonu için Restek marka Organoklorlu Pestisit Karışımı AB#2 kalibrasyon standardı, Restek marka Tetrakloro-m-ksilen dış standart ve Restek marka Pentakloronitrobenzen iç standart kullanılmıştır.

### 2.3.3. Fizikokimyasal parametrelerin ölçülmesi

Tez çalışması kapsamında göldeki organoklorlu pestisit miktarına doğrudan etkisi olabilecek pH, çözünmüş oksijen (ÇO), iletkenlik (C), sıcaklık (T) ve askıda katı madde (AKM) parametrelerinin ölçümleri yapılmıştır. pH, çözünmüş oksijen, iletkenlik, sıcaklık parametreleri anlık olarak gölden numune alınırken taşınabilir çoklu ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Askıda katı madde analizleri Standart Metot 2540D'ye uygun olarak laboratuvarında ölçülmüştür. Ayrıca toprak ve sediment numuneleri alındıktan sonra ortam sıcaklığında kurutulmuş ve kuruduktan sonra 2 mm çaplı elekten geçirilerek analizleri yapılmaya kadar PE torbalarda saklanmıştır. Sediment ve toprak numunelerinin pH analizi için 10 g numune 50 ml su ile karıştırılır (Şekil 2.8.) ve 1 saat çalkalanır. Ardından 20-30 dk çökmesi beklendikten sonra pH ölçümleri yapılmıştır (Rayment ve ark., 2011).



Şekil 2.8. Toprak sediment numunelerinin pH ölçümü için hazırlanması

### 2.3.4. Su numunelerinin ekstraksiyonu

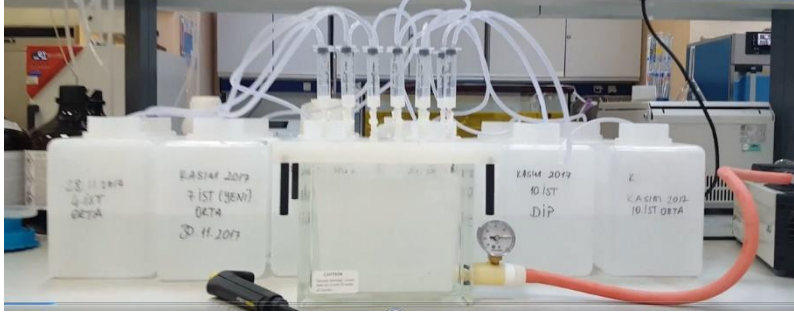
Su numunelerinin (göl, dere, kuyu ve yağmur suyu numuneleri) ekstraksiyonu katı faz ekstraksiyon yöntemi (EPA, 1998) ile CHROMABOND® C18 ec / 6 ml / 500 mg katı faz ekstraksiyon kartuşları ile yapılmıştır. Ekstraksiyon işleminden önce katı faz ekstraksiyon kartuşlarının tıkanmasını önlemek amacıyla filtre edilmiştir. Ekstraksiyon işlemi vakum manifoldu kullanılarak sırasıyla aşağıdaki şekilde yürütülmüştür.

#### Katı Faz Ekstraksiyon Kartuşunun Şartlandırılması

Kolon sırasıyla önce 12 ml etil asetat, ardından 6 ml metanol ve son olarak 6 ml saf su geçirilerek şartlandırılmıştır.

- Numunenin Uygulanması

Tüm su numuneleri maksimum 6 ml /dk hızla vakum manifoldu kullanılarak geçirilir. Şekil 2.9.' da çoklu numunenin ekstraksiyonu görülmektedir.



**Şekil 2.9.** Katı faz ekstraksiyon sisteminde numunenin kartuştan geçirilmesi

– Temizleme Aşaması

Adsorpsiyonun tamamlanmasından sonra safsızlıkların giderilmesi için kolondan 6 mL ultra saf su geçirilerek vakum altında 15 dakika kurutulur.

– Elüsyon Aşaması

2 x 500 µL Etil asetat, 2 x 500 µL diklorometan ve 2 x 500 µL hekzan geçirilmiştir.

Elde edilen eluat vakumlu etüvde 40 °C' de azotlu ortamda uçurulmuştur. Çözücünün uçurulmasının ardından 200 µL hekzan-toluen (50/50, H/H) fazına alınarak GC-MS'de analiz edilmiştir.

### **2.3.5. Toprak-sediment numunelerinin ekstraksiyonu**

20 g toprak tartılır, üzerine diklorometan: hekzan (50/50, H/H) karışımı eklenir. Ağızı sıkıca kapatılarak sızdırmazlığı sağlandıktan sonra 1 gece boyunca 40 °C'de 300 rpm de karıştırılır. Karıştırma işleminin ardından 40 °C'de 20 dakika boyunca ultrasonik ekstraksiyon işlemine tabi tutulur (EPA, 2007). Tüm bu işlemlerin ardından süzülen numuneler önce 0,2 µL lik teflon filtreden geçirilip ardından vakumlu etüvde 10 psi negatif basınçla 40 °C'de uçurularak 2 ml 'ye hacmi azaltılır.

### **2.3.6. Silikajel ile temizleme işlemi**

Toprak ve sediment numuneleri ekstrakte edildikten sonra GC-MS analizinden önce safsızlıkların giderilmesi için temizleme işlemi uygulanması gerekmektedir. Bu amaçla elüsyonu yapılmış ve 2 ml'ye azaltılmış numuneye silikajel temizleme işlemi uygulanmıştır. Silikajel kullanılmadan önce ağzı hafifçe alüminyum folyoyla kaplı cam bir kaptan 130 °C'de en az 16 saat aktive edilir. 500 ml'lik cam kavanozda % 3,3

olacak şekilde saf su ile deaktive edilir ve dengelenmesi için 6 saat beklenir. Kullanılincaya kadar kapalı cam bir kap içinde desikatörde muhafaza edilir. Ayrıca silikajel temizleme kolonu hazırlamak için kullanılacak olan sodyum sülfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) olası girişimleri engellemek için  $400\text{ }^\circ\text{C}$  'de 4 saat bekletilerek saflaştırılır.

Silikajel kartuşlar vakum manifolduna yerleştirilir, 10 mm'lik kolonlara önce 25 mm cam yünü filtre kağıdı, cam yünü, 1 g silikajel, 2-3 cm  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  konularak hazırlanır (EPA, 1996). 10 mL hekzan kartuştan geçirilerek kartuş şartlandırılır. Numune kolondan geçirilir ve ardından pestisitlerin eluasyonu gerçekleştirilir.

Elüsyon;

1. Fraksiyon 20 mL hekzan
2. Fraksiyon 10 mL hekzan
3. Fraksiyon 4 mL diklorometan(EPA, 1996)

Ortaya çıkan eluat, basınçlı etüvde 10 psi negatif basınçla  $40\text{ }^\circ\text{C}$ 'de uçurulur. En son 200  $\mu\text{L}$  hekzan:toluen (50:50, H:H) karışımına alınarak GC-MS 'de analiz edilir.

### 2.3.7. Gaz kromatografisi kütle spektrometresi analizleri

Tez çalışması kapsamında organoklorlu pestisit tayini işlemleri GC-MS ile yapılmıştır. Yöntem optimizasyonu için çalışılan parametreler sıcaklık programı, giriş sıcaklığı, enjeksiyon sıcaklığı, taşıyıcı gaz basıncı ve taşıyıcı gaz akış hızıdır. Optimizasyon çalışmaları sonucunda elde edilen analiz metodu ve kullanılan kolon özellikleri Tablo 2.8.'de görüldüğü gibidir.

**Tablo 2.8.** GC-MS Çalışma Koşulları

Kolon	Restek marka Rtx-CLPesticides2 (30 m, 0,32 mm ID, 0,25 $\mu\text{m}$ )
Sıcaklık Programı	120 $^\circ\text{C}$ 'den 200 $^\circ\text{C}$ 'ye 45 $^\circ\text{C}/\text{dk}$ artışla çıkılır. 200 $^\circ\text{C}$ 'den 230 $^\circ\text{C}$ 'ye 15 $^\circ\text{C}/\text{dk}$ artışla ardından beklemeksizin 30 $^\circ\text{C}/\text{dk}$ hızla 330 $^\circ\text{C}$ maksimum sıcaklığa ulaşıp 2 dakika beklemenin ardından program sonlanır.
Taşıyıcı Gaz	Ultra Saf Helyum Toplam akış 31,1 ml/dk Kolon basıncı 76,2 psi
Enjeksiyon Sıcaklığı	Splitless 220 $^\circ\text{C}$
Enjeksiyon Hacmi	1 $\mu\text{l}$ , Otomatik örnekleyici
İyon Kaynağı Sıcaklığı	280 $^\circ\text{C}$
Arayüz Sıcaklığı	310 $^\circ\text{C}$
Toplam Analiz Süresi	9 dk

GC-MS programının belirlenmesinin ardından OKP analizlerin sağlıklı olarak yürütülmesi için her bir madde için ayrı ayrı kalibrasyon eğrisi hazırlanmıştır. OKP'lerin kalibrasyon eğrilerindeki korrelasyon sabitleri her bir madde için 0,988'in üzerindedir. Analizlerde iç standart olarak Pentakloronitrobenzen ve dış standart olarak ise Tetrakloro-m-ksilen kullanılmıştır.

Analizi yapılan tüm organoklorlu pestisit türleri, kütle/yük oranları (m/z) ve bekleme sürelerini içeren bilgiler Tablo 2.9.'da görüldüğü gibidir.

**Tablo 2.9.** Analizi yapılan OKP türleri, m/z oranı ve bekleme süreleri

Pestisit Türü	m/z	Bekleme Süresi
Tetrakloro-m-ksilen (DS)	207	2,793
Pentakloronitrobenzen (IS)	237	3,605
Alpha.-HCH	181	3,365
Gama-HCH	181	3,695
Beta-HCH	109	3,765
Delta-HCH	181	4,040
Heptaklor	100	4,120
Aldrin	66	4,410
Heptaklor Epoksit B	81	4,750
Trans-Klordan	373	5,045
Cis-Klordan	373	5,157
Endosülfan I	241	5,207
p,p'-DDE	246	5,280
Dieldrin	79	5,417
Endrin	81	5,653
p,p'-DDD	235	5,703
Endosülfan II	195	5,807
p,p'-DDT	235	5,937
Endrin Aldehit	67	6,047
Endosulfan Sülfat	272	6,243
Methoksiklor	227	6,403
Endrin Ketone	67	6,623

#### 2.4. Fugasite Oranı Hesaplamaları

Sediment ve su arasındaki kirletici geçişlerinin hangi yönlü olduğunun belirlenmesi için fugasite oranı kullanılmaktadır.

Su ve sediment arasındaki fugasite oranının ( $f_{sed}/f_{su}$ ) belirlenmesi için

$$f_{sed}/f_{su} = C_{sediment}/(C_{su} \times 0,41OK \times K_{ow} \times ps) \quad (2. 1.)$$

Burada;

$f_{sed}/f_{su}$ ; sediment ve sudaki Pa cinsinden fugasite değerlerinin oranı.

$C_{sed}$  ; Sedimentte mevcut OKP konsantrasyonu(ng/g)

$C_{su}$  ; Sudaki OKP konsantrasyonu (ng/L)

OK ; Organik karbon içeriği (%)

$K_{ow}$  ; Oktanol-su dağılım katsayısı

$\rho_s$  ; Sedimentin yoğunluğudur (kg/L).

$f_{sed}/f_{su}$  değeri 1 'e eşit ise su ve sediment denge halindedir. 1'den küçükse pestisitlerin geçişi sudan sedimente net çökelmeyi, 1'den büyük olması durumunda da sedimentten suya geçişleri ifade etmektedir (Mackay ve Paterson, 1981; Shen ve ark., 2017).

Organik karbon verisi olmadığında organik madde miktarı ve organik karbon arasındaki ilişki Denklem 2.2. ile hesaplanabilmektedir (Avnimelech ve ark., 2001).

$$OM=1,7 \times OK \quad (2. 2.)$$

Burada;

OM ; Organik madde içeriği (%)

OK ; Organik karbon içeriği (%)

## 2.5. Toplam Çökelme Akılarının Hesabı

Hava kirliliği; atmosferde toz, duman, gaz, su buharı şeklindeki kirleticilerin, insan ve diğer canlılara zarar verecek düzeye erişmesidir. Havadaki toksik maddeler yağışlarla (ıslak) ve çökelme (kuru) yollarıyla yeryüzüne ulaşmaktadır. Toplam çökelme numunesi ıslak ve kuru çökelmenin bir arada gerçekleşmesi durumuna denir (İlhan ve ark., 2006)

Kirletici maddelerin yeryüzüne ıslak ve kuru çökelmelerinin bir arada toplanarak tespit edilmesinde kullanılan numuneye toplam (bulk) birikim numunesi denmektedir.

Bu çalışmada OKP'lerin toplam çökelme akılarının hesabında;

$$F= C_t / (t \times A) \quad (2.3.)$$

Burada;

F ; Toplam çökelme akısı ( $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{gün}$ ).

$C_t$  ; Her biri OKP türünün konsantrasyonu ( $\mu\text{g}/\text{L}$ )

t ; Örnekleme süresi (gün)

A ; Örnekleme alanının yüzey alanı (m<sup>2</sup>)

## **2.6. İstatistiksel Analiz**

Sapanca gölü su, sediment, toprak ve yağmur suyu numunelerinde ölçümü yapılan OKP konsantrasyonları Microsoft Office 365 Excel programı kullanılarak analiz edilmiştir. Göl suyu, dip sedimenti ve toprak numunelerinin pestisit verisi ve bu ortamlara ait fizikokimyasal veriler arasındaki ilişki Pearson korelasyonu kullanılarak değerlendirilmiştir. Pearson katsayısı değerlendirilirken değişkenler arasında hesaplanan katsayı 0-0,2 arasında ise ilişki yok ya da çok zayıf, 0,2-0,39 zayıf düzeyde ilişki, 0,39-0,59 orta düzeyde ilişki olduğunu temsil etmektedir. Katsayı 0,6-0,79 arasında ise yüksek düzeyde ilişki olarak değerlendirilirken katsayının > 0,8 olması durumunda değişkenler arasında çok yüksek düzeyde ilişki vardır yorumu yapılabilmektedir. Aynı zamanda verilerin görselleştirilmesi işlemi için de yine Excel programında 3D harita modülü kullanılmıştır.



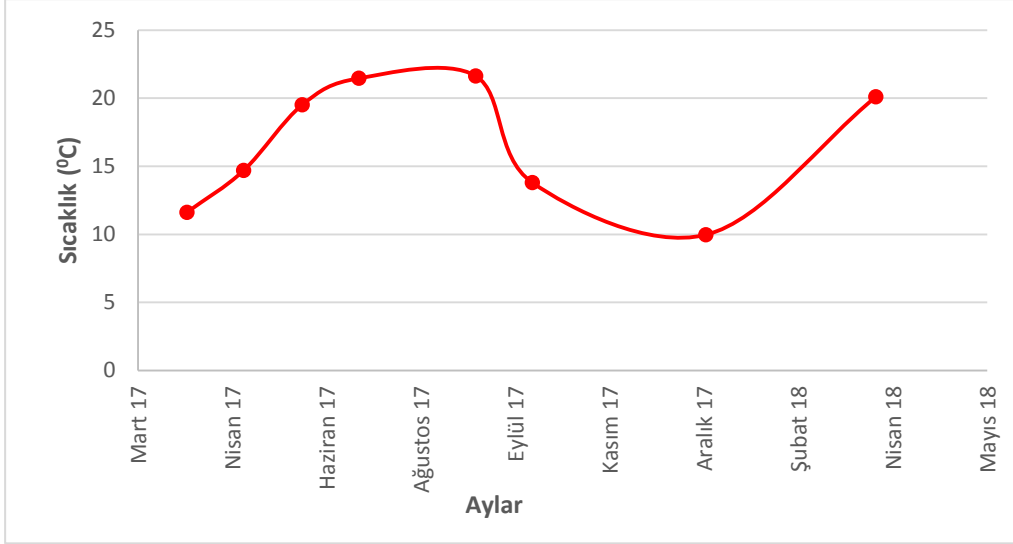
### **3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA**

#### **3.1. Göl Suyunda Yapılan Fizikokimyasal Parametre Analizleri**

##### **3.1.1. Sıcaklık**

Göllerde dipten yüzeye doğru ilerledikçe sıcaklık farklarına bağlı olarak termal tabakalar oluşmaktadır. Su sıcaklığı 4 °C iken su en yoğun halini alırken bu sıcaklığın altında ve üstünde daha düşük yoğunluklara sahiptir. 0-4 °C aralığında bu yoğunluk farkı 0,13 g/L civarında iken su sıcaklığı yükseldikçe bu yoğunluk farkı da artmaktadır. Örneğin 24-25 °C arasındaki yoğunluk farkı 4-5 °C arasındaki neredeyse 30 katıdır (Wetzel, 2001). Mevsimsel olarak değişen sıcaklık farkları da gölün karışımı üzerinde oldukça büyük etkilere sahiptir. Kışın yüzey sıcaklığının düşmesi ve yoğunluğunun artması ile daha yoğun olan su tabakası aşağıya doğru iner ve dipteki sularla yer değiştirerek düzenli bir dağılım gösterebilir. Diğer yandan yaz aylarında daha yoğun olan soğuk sular dipte kalırken yüzeyde daha sıcak ve yoğunluğu az sular kalarak termal tabakalaşmayı arttırır. İlk bahar ve son bahar aylarında ise sıcaklık değişimlerine bağlı sirkülasyonlar oluşmaktadır. Göllerde su karışımının artmasına ve sıcak değişimlerine bağlı olarak ortaya çıkan kimyasal reaksiyonlarda artış ya da azalış göstermektedir. Sudaki fiziksel, kimyasal ve biyolojik aktivitelerin tamamında sıcaklık en etkili parametrelerdendir (Chapman, 1996; Bertoni, 2011).

Numune alma döneminde Sapanca gölünden istasyonların derinliğine bağlı olarak dip, orta ve yüzey olmak üzere üç farklı derinlikten sıcaklık ölçümü yapılmıştır. Aylık bazda gölde ölçülen ortalama sıcaklık değerleri Şekil 3.1.'de verildiği gibidir. Grafik incelendiğinde temmuz ayında ortalama göl su sıcaklığının en yüksek değere çıktığı ve ocak ayında en düşük değeri aldığı görülmektedir.



**Şekil 3.1.** Sapanca Gölü ortalama su sıcaklıklarının aylara göre dağılımı (°C)

Ölçüm yapılan istasyonların su derinliği istasyon yerine bağlı olarak değişmektedir. 1.istasyon ve 8. istasyon en sığ istasyonlar (3-8 m) iken 4. ve 10. istasyonlar en derin (50-55m) numune alma noktalarıdır. Diğer istasyonlar ortalama 20-25 m derinliğe sahiptirler.

Tablo 3.1.'de Sapanca gölü derinliğe bağlı ölçülen su sıcaklığı değerleri görülmektedir. Tablo incelendiğinde ölçümlerin %50'sinden fazlasında gölün dip sıcaklığı ve yüzey sıcaklığı arasındaki fark en yüksek temmuz ayında (13-14°C), en düşük ocak ayında (0,1-0,2 °C) ortaya çıktığı gözlemlenmiştir. Aylık bazda sıcaklık ortalamaları alındığına en düşük su sıcaklığı Ocak 2018'de 10 °C olarak ölçülmüştür. Diğer yandan ortalama olarak en yüksek su sıcaklığı Temmuz 2017 ve Eylül 2017'de sırasıyla 21,5 ve 21,7 °C olarak ölçülmüştür. Ölçülen maksimum sıcaklık Temmuz 2017'de 5. istasyon yüzey sıcaklığı (29,8 °C) iken minimum 7 °C ile Nisan 2017'de 2. istasyon dip sıcaklığıdır.

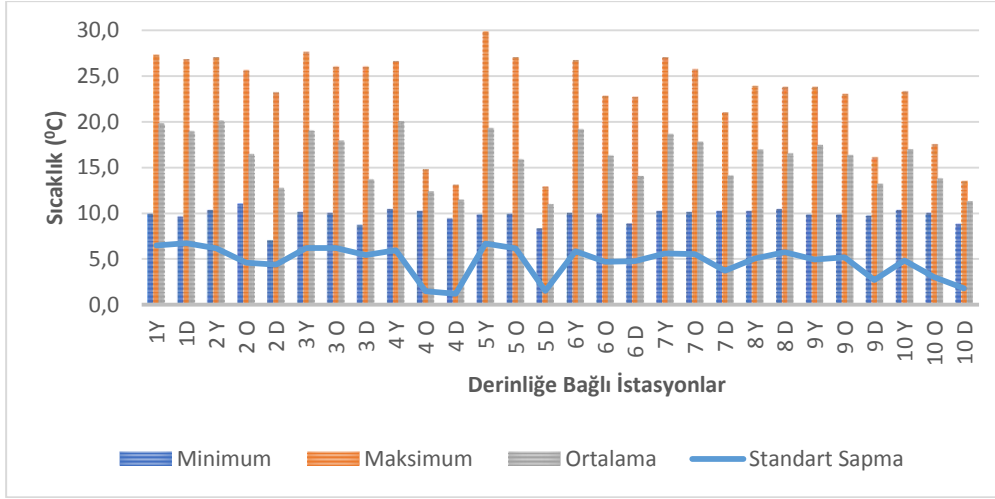
**Tablo 3.1.** Sapanca gölü Nisan 2017-Nisan 2018 tarihleri arasında derinliğe bağlı sıcaklık değerleri (°C)

İST.	Nis.17	May.17	Haz.17	Tem.17	Eyl.17	Eki.17	Oca.18	Nis.18
1Y	12,3	18,1	22,3	27,3	26,0	15,2	9,9	27,3
1D	11,2	15,3	21,9	26,8	25,7	14,0	9,6	26,8
2 Y	15,0	16,2	23,3	27,0	26,4	15,3	10,3	27,0
2 O	11,0	14,0	20,7	14,9	25,6	14,0	10,1	14,9
2 D	7,0	11,8	11,6	13,2	23,2	11,6	10,1	13,2
3 Y	14,0	17,0	23,1	27,6	26,3	14,8	10,1	-
3 O	12,1	16,1	22,1	25,9	26,0	13,0	10,0	-
3 D	8,7	10,6	14,5	14,8	26,0	11,1	10,0	-
4 Y	14,6	16,5	23,4	26,6	25,9	16,0	10,4	26,6
4 O	11,7	13,0	14,8	11,8	11,1	14,4	10,2	11,8
4 D	9,4	10,9	11,3	12,5	11,9	13,1	10,2	12,5
5 Y	13,2	17,3	23,0	29,8	26,1	15,6	9,8	-
5 O	10,4	15,1	11,4	27,0	23,1	13,9	9,9	-
5 D	8,3	11,0	10,4	12,9	11,9	12,6	9,7	-
6 Y	14,2	15,7	22,8	26,7	22,2	14,9	10,0	26,7
6 O	10,7	13,2	19,0	20,6	22,8	13,3	9,9	20,6
6 D	8,8	10,2	20,7	13,6	22,7	13,1	9,6	13,6
7 Y	15,2	17,0	23,3	27,0	23,4	14,2	10,2	-
7 O	13,1	15,1	22,9	25,7	22,9	14,4	10,1	-
7 D	10,2	11,3	21,0	17,4	14,3	14,3	10,2	-
8 Y	13,1	16,5	23,9	-	23,2	14,6	10,2	-
8 D	12,0	13,2	23,8	-	23,1	14,0	10,4	-
9 Y	14,2	18,6	23,8	-	22,9	15,1	9,8	-
9 O	11,9	17,2	23,0	-	23,0	13,0	9,8	-
9 D	10,1	15,3	15,9	-	16,1	12,1	9,7	-
10 Y	13,7	17,0	23,3	-	23,1	14,4	10,3	-
10 O	10,2	14,8	17,5	-	17,2	13,0	10,0	-
10 D	9,2	13,3	11,4	-	13,5	11,6	8,8	-

-; Numune alınamayan ayları ifade eder,

Y; Yüze Numunesi, O; Orta Derinlik Numunesi, D; Dip Numunesi

Şekil 3.2.' de Sapanca gölü ölçüm istasyonları ve derinliğine bağlı değişimleri gözlemlemek amacıyla maksimum, minimum, ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanarak grafikte gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde tüm istasyonlarda yüzeyden dibe doğru bir azalış olduğu görülmektedir.



**Şekil 3.2.** Göl suyu sıcaklığının istasyonlara ve derinliğe bağlı minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri (°C) (Y; Yüze Numunesi, O; Orta Derinlik Numunesi, D; Dip Numunesi)

### 3.1.2. Çözünmüş oksijen

Sudaki çözünmüş oksijen miktarı suda var olması muhtemel pestisit kalıntılarının parçalanma reaksiyonlarında etkilidir. Düşük oksijenli sularda pestisitlerin daha düşük ayrışma gösterdiği bilinmektedir (Vink ve van der Zee, 1997). Sudaki çözünmüş oksijen miktarı suyun sıcaklığına, suyun tuzluluk miktarına, havadaki oksijenin kısmi basıncına, suyun pH'ına ve suda gerçekleşen biyolojik reaksiyonlara bağlıdır (Bertoni, 2011). Göl yüzeyindeki çözünmüş oksijen miktarı gölde gerçekleşen fotosentez miktarı ile ilişkili ve daha fazladır. Işık geçirgenliğinin azalması ile derinlere inildikçe oksijen miktarı azalır (Stefan ve Fang, 1994).

Tablo 3.2.'de numune alma döneminde Sapanca Gölü numune alma noktalarından derinliğe bağlı olarak ölçülen çözünmüş oksijen değerleri verilmiştir. Kış mevsiminde sıcaklık dolayısıyla tabakalaşmanın da ortadan kalktığı ocak ayında çözünmüş oksijen değerleri de sıcaklık değerleri gibi homojen dağılmıştır. Atmosferik koşullara da bağlı olarak göl suyu çözünmüş oksijene diğer mevsimlere göre doygundur. Değerler tüm istasyonlar için çok küçük farklarla birbirine yakındır. Göl yüzeyindeki çözünmüş oksijen miktarı gölde gerçekleşen fotosentez miktarı ile ilişkili ve daha fazladır. Işık geçirgenliğinin azalması ile derinlere inildikçe oksijen miktarı azalır (Stefan ve Fang, 1994). Temmuz, Eylül ve Ekim aylarında tabakalaşmaya bağlı olarak azalma eğiliminde bir çözünmüş oksijen dağılımı gerçekleşmiştir. Burada en derin istasyonlar olan 4. ve 10. istasyonlarda çözünmüş oksijen yüzeyden dibe doğru azalma trendi göstermiştir. Diğer istasyonlarda derinliğin daha az olması ve ışık geçirgenliğine bağlı fotosentez işleminin etkisiyle bazı noktalarda artış bile görülmektedir. Gölün

tamamında tüm aylara ait ortalama maksimum değer Ocak 2018'de 7. istasyonun yüzeyinde (10,55 mg/L) ölçülürken, en düşük çözünmüş oksijen Ekim 2017'de 3,28 mg/L olarak gözlemlenmiştir.

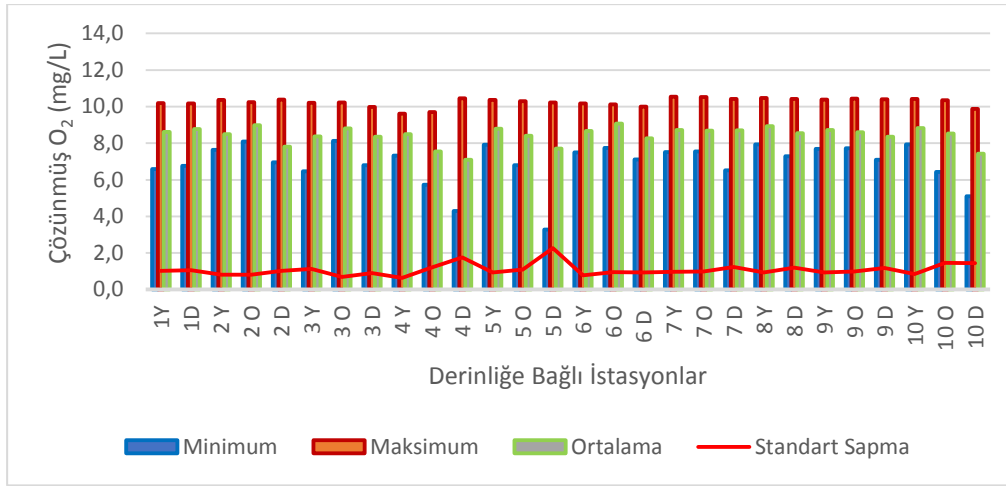
**Tablo 3.2.** Nisan 2017-Nisan 2018 döneminde Sapanca gölü numune alma noktalarından derinliğe bağlı olarak ölçülen çözünmüş oksijen değerleri

İST.	Nis.17	May.17	Haz.17	Tem.17	Eyl.17	Eki.17	Oca.18	Nis.18
1Y	8,4	6,6	9,7	8,7	8,1	8,7	10,2	8,7
1D	8,2	6,8	9,7	9,5	8,0	8,5	10,2	9,5
2 Y	8,0	7,6	9,2	8,2	8,2	8,3	10,4	8,2
2 O	8,3	8,3	9,9	9,5	8,2	8,1	10,3	9,5
2 D	7,7	7,7	7,5	7,0	7,4	7,9	10,4	7,0
3 Y	8,3	6,5	9,0	7,5	8,1	9,0	10,2	-
3 O	8,1	8,6	9,3	8,7	8,2	8,5	10,2	-
3 D	7,8	6,8	8,3	8,6	8,8	8,2	10,0	-
4 Y	8,1	8,3	9,1	8,4	7,3	8,7	9,6	8,4
4 O	7,8	6,2	8,7	7,0	5,7	8,2	9,7	7,0
4 D	8,1	6,9	7,7	5,8	4,3	7,9	10,5	5,7
5 Y	8,2	7,9	9,9	8,2	7,9	9,1	10,4	-
5 O	8,3	8,0	9,6	8,2	7,7	6,8	10,3	-
5 D	8,0	7,4	9,9	7,5	6	3,3	10,2	-
6 Y	8,7	7,5	9,2	8,6	7,7	8,8	10,2	8,6
6 O	8,5	7,8	9,7	10,1	7,8	8,7	10,1	10,1
6 D	7,1	7,3	9,4	8,5	7,6	7,9	10,0	8,5
7 Y	8,2	7,5	9,5	8,6	7,8	9,0	10,6	-
7 O	7,6	7,8	9,4	8,5	7,9	9,1	10,5	-
7 D	7,8	8,1	9,8	9,3	6,5	9,1	10,4	-
8 Y	8,4	8,2	9,9	-	7,9	8,6	10,5	-
8 D	7,3	7,4	9,9	-	7,9	8,4	10,4	-
9 Y	8,4	7,7	9,3	-	7,8	8,8	10,4	-
9 O	7,7	7,7	9,3	-	7,8	8,7	10,4	-
9 D	7,1	7,6	9,5	-	7,7	7,9	10,4	-
10 Y	8,4	8,0	9,2	-	7,9	9,0	10,4	-
10 O	7,2	6,4	10,1	-	7,9	9,3	10,4	-
10 D	7,7	7,7	7,8	-	6,5	5,1	9,9	-

-; Numune alınamayan ayları ifade eder,

Y; Yüze Numunesi, O; Orta Derinlik Numunesi, D; Dip Numunesi

Şekil 3.3.'de Sapanca gölü ölçüm istasyonları ve derinliğine bağlı çözünmüş oksijen değişimleri gözlemlenmek amacıyla maksimum, minimum, ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanarak grafikte gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde özellikle 4. ve 10. İstasyonlarda ortalama değerlerde yüzeyden dibe doğru azalış seyri gözlemlenmektedir. Gölün tamamında ortalama maksimum çözünmüş oksijen değeri Ocak 2018'de 10,55 mg/L iken minimum değerler 7,51 ve 7,56 mg/L olarak sırasıyla Mayıs ve Eylül 2017'de tespit edilmiştir.

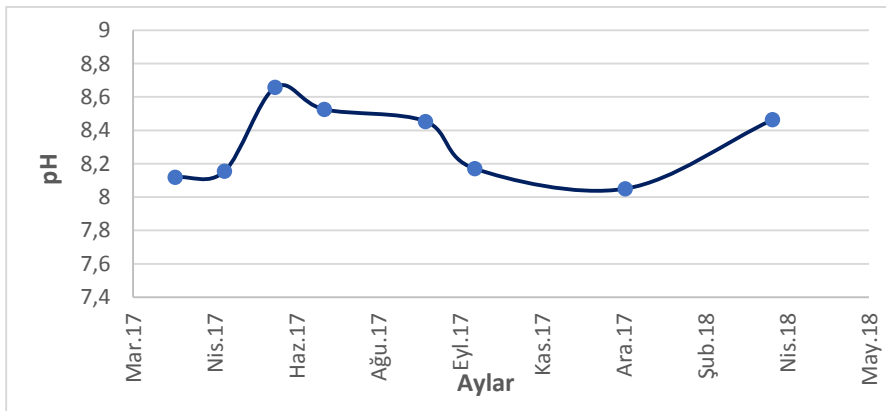


**Şekil 3.3.** Göl suyu çözülmüş oksijen miktarlarının istasyonlara ve derinliğe bağlı minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri (mg/L) (Y; Yüze Numunesi, O; Orta Derinlik Numunesi, D; Dip Numunesi)

### 3.1.3. pH

Yüzeysel sularda pH oldukça önemli bir parametredir. Suda gerçekleşen fiziksel, kimyasal ve biyolojik tüm aktiviteler ortam pH 'sına bağlıdır. Aynı zamanda ortamdaki pestisitlerin bozunması ile de yakından ilişkilidir. Bazı pestisit türleri alkaline pH'larda daha hızlı bozunurken bazıları asidik pH'larda daha kısa sürede ayrışır. Yüzeysel sularda pH antropojenik etkiler ya da asit yağmurları gibi dış etmenlere bağlı olarak değişebilmektedir (Chapman, 1996; Wetzel, 2001; Chapman ve Cole, 2008).

Sapanca Gölü'nde ölçülen aylık ortalama pH değerleri Şekil 3.4. 'de özetlenmiştir. Grafığe göre gölün tüm aylarda ortalama pH 8,65 ila 8,1 aralığında dalgalanmaktadır. Maksimum ortalama pH haziran ayında ölçülmüştür. Buna göre Sapanca Gölü'nün pH açısından Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğın EK 5 Su Kalite Parametreleri Tablosu Sınıf I 'e uygun olduğu görülmektedir.



**Şekil 3.4.** Sapanca Gölü ortalama pH değerlerinin aylara göre dağılımı

Numune alma döneminde her bir istasyonda üç farklı derinlikte de pH ölçümü yapılmıştır. Yapılan ölçüm sonuçları Tablo 3.3.'de listelenmiştir. Veriler incelendiğinde genel olarak tüm pH'ların 8 civarı olduğu görülmektedir. En yüksek pH Haziran 2017'de 2. istasyon yüzeyde 8,9 iken, en düşük Mayıs ayında 1. istasyonun yüzey numunesinde ölçülmüştür.

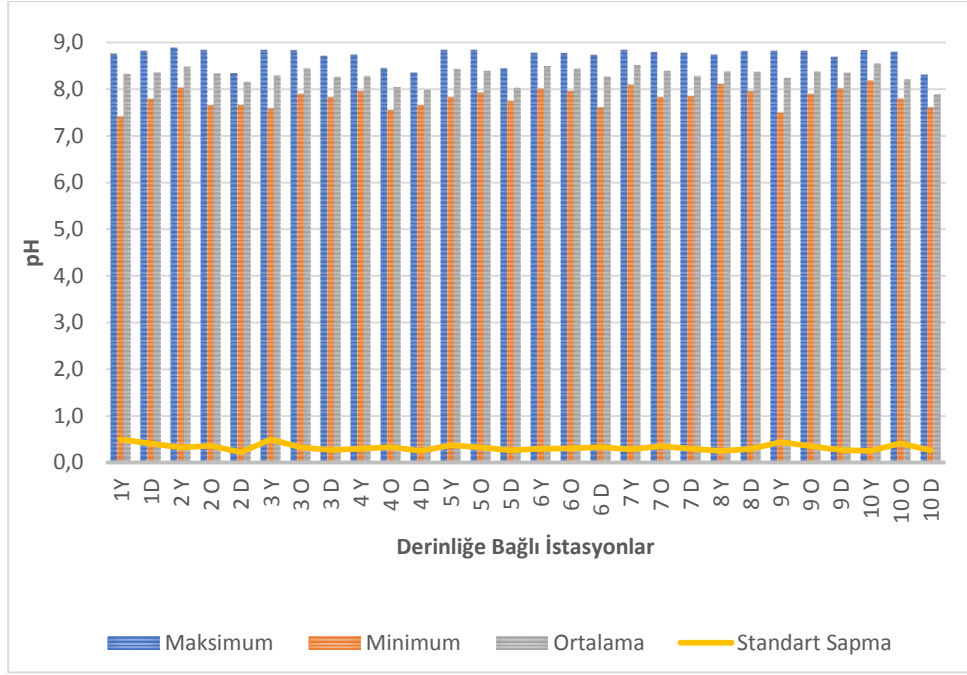
**Tablo 3.3.** Sapanca gölünde numune alma döneminde derinliğe bağlı pH değerleri

İST.	Nis.17	May.17	Haz.17	Tem.17	Eyl.17	Eki.17	Oca.18	Nis.18
1Y	8,1	7,4	8,6	8,8	8,5	8,7	7,9	8,8
1D	8,0	8,0	8,7	8,8	8,3	8,4	7,8	8,8
2 Y	8,0	8,1	8,9	8,7	8,7	8,3	8,4	8,7
2 O	7,7	8,1	8,8	8,5	8,6	8,3	8,3	8,5
2 D	8,2	8,1	8,2	8,3	8,3	7,7	8,1	8,3
3 Y	8,0	7,6	8,8	8,7	8,8	8,1	7,9	-
3 O	8,3	8,4	8,8	8,8	8,7	8,4	7,9	-
3 D	8,3	8,2	8,4	8,3	8,7	8,1	7,8	-
4 Y	8,3	8,5	8,7	8,1	8,7	8,0	8,1	8,1
4 O	8,4	7,8	8,4	8,1	7,7	7,6	8,2	8,1
4 D	7,7	8,0	8,3	8,0	7,8	7,8	8,3	8,0
5 Y	8,2	8,2	8,8	8,7	8,8	8,5	7,8	-
5 O	8,2	8,3	8,2	8,8	8,6	8,7	7,9	-
5 D	8,1	8,1	8,4	8,2	7,7	7,8	7,9	-
6 Y	8,2	8,3	8,8	8,8	8,6	8,5	8,0	8,8
6 O	8,3	8,2	8,8	8,7	8,7	8,2	8,0	8,7
6 D	8,1	8,3	8,7	8,3	8,5	8,2	7,6	8,3
7 Y	8,4	8,3	8,7	8,8	8,8	8,5	8,1	-
7 O	7,8	8,3	8,8	8,7	8,6	8,4	8,1	-
7 D	8,3	8,3	8,8	8,3	7,8	8,4	8,0	-
8 Y	8,2	8,4	8,7	-	8,6	8,2	8,1	-
8 D	8,4	8,3	8,8	-	8,6	8,0	8,2	-
9 Y	7,5	8,2	8,8	-	8,5	8,3	8,1	-
9 O	8,2	8,1	8,8	-	8,5	7,9	8,7	-
9 D	8,1	8,2	8,7	-	8,5	8,0	8,6	-
10 Y	8,4	8,8	8,8	-	8,6	8,5	8,2	-
10 O	8,2	7,8	8,8	-	8,6	7,8	8,0	-
10 D	7,9	8,1	8,3	-	7,9	7,7	7,6	-

-; Numune alınamayan ayları ifade eder,

Y; Yüze Numunesi, O; Orta Derinlik Numunesi, D; Dip Numunesi

Şekil 3.5. Göl suyu pH'ının istasyonlara ve derinliğe bağlı maksimum, minimum, ortalama ve standart sapma değerlerini göstermektedir. Grafik incelendiğinde genel olarak bakıldığında yıl boyunca yüzeyden dibe doğru ilerlerken pH düşüş eğilimi göstermektedir.



**Şekil 3.5.** Göl suyu pH'larının istasyonlara ve derinliğe bağlı minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri (Y; Yüze Numunesi, O; Orta Derinlik Numunesi, D; Dip Numunesi)

### 3.1.4. İletkenlik

Suyun iletkenliği sudaki çözülmüş iyonların miktarını ifade etmektedir. Suyun içinde yer alan serbest iyonların miktarı arttıkça iletkenlik de artış göstermektedir. Suyun sıcaklığı ile iletkenlik birbiri ile ilişkilidir (Sawyer ve ark., 2003)

Aylık ortalama değerlere bakıldığında en yüksek ortalama değer 266  $\mu\text{S}/\text{cm}$  haziran ayında ölçülmüş olsa da Temmuz, Eylül, Ekim ve Nisan 2018'de de bu değere oldukça yakındır. En düşük aylık ortalama da Mayıs 2017'de 216  $\mu\text{S}/\text{cm}$  olarak hesaplanmıştır ancak Nisan 2017 ve Ocak 2018'de bu değere oldukça yakındır. Tablo 3.4.' de tüm ölçümler özetlenmiştir. Buna göre ölçümü yapılan en küçük değer Nisan 2017'de 8. istasyon yüzey ölçümünde 169  $\mu\text{S}/\text{cm}$  iken en yüksek Ekim 2018'de 10. istasyon dip numunesinde 288  $\mu\text{S}/\text{cm}$  olarak kaydedilmiştir.



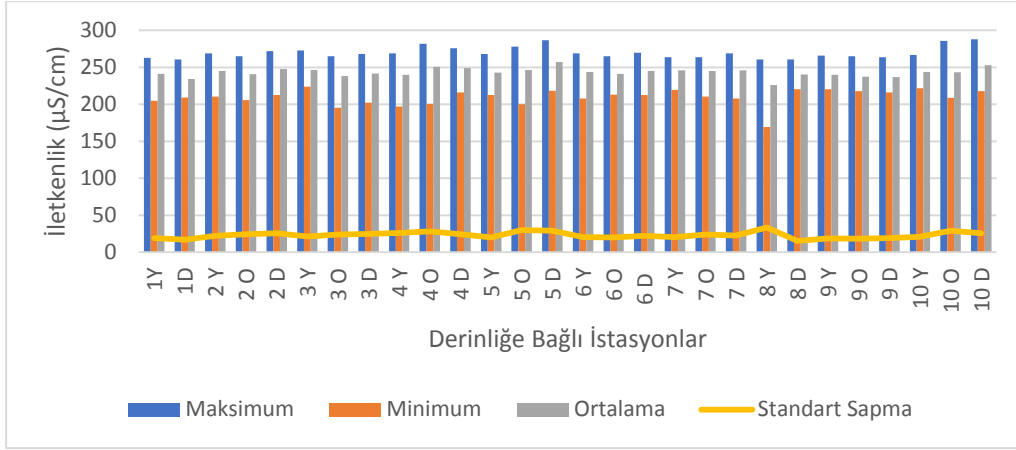
**Tablo 3.4.** Sapanca gölünde numune alma döneminde derinliğe bağlı iletkenlik değerleri ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

İST.	Nis.17	May.17	Haz.17	Tem.17	Eyl.17	Eki.17	Oca.18	Nis.18
1Y	205	228	263	256	250	243	230	256
1D	225	209	261	243	247	226	221	243
2 Y	210	214	269	259	248	261	241	259
2 O	206	213	265	264	249	245	221	264
2 D	213	215	270	272	257	258	226	272
3 Y	225	226	266	259	254	273	224	-
3 O	220	196	265	251	248	256	231	-
3 D	218	202	264	261	246	268	232	-
4 Y	228	197	269	261	252	242	210	261
4 O	201	238	259	277	282	244	228	277
4 D	216	224	268	271	276	236	233	271
5 Y	231	213	268	258	250	256	226	-
5 O	200	215	278	252	263	278	241	-
5 D	218	226	268	281	284	287	237	-
6 Y	231	208	269	258	257	246	226	258
6 O	225	213	265	257	258	235	221	257
6 D	230	213	270	267	254	225	235	267
7 Y	223	220	262	258	264	264	231	-
7 O	211	219	264	264	263	264	232	-
7 D	230	209	264	255	269	264	233	-
8 Y	169	207	261	-	253	236	230	-
8 D	236	220	261	-	253	245	228	-
9 Y	223	221	266	-	253	251	228	-
9 O	218	221	265	-	253	236	232	-
9 D	216	221	264	-	254	241	225	-
10 Y	225	222	267	-	254	266	229	-
10 O	209	219	263	-	254	286	231	-
10 D	241	218	265	-	270	288	236	-

-; Numune alınamayan ayları ifade eder,

Y; Yüze Numunesi, O; Orta Derinlik Numunesi, D; Dip Numunesi

Şekil 3.6.'da göl suyunda ölçülen iletkenlik parametresinin yıllık bazda derinliğe bağlı ortalama, maksimum, minimum ve standart sapma verileri grafiklendirilmiştir. Buna göre göl suyunda mevcut iletkenlik ortalama  $243 \mu\text{S}/\text{cm}$  civarındadır. En yüksek maksimum değerler en derin istasyonlar olan 4 ve 10. istasyonlarda dip numunesinde görülürken minimum ortalama değer 8 istasyon yüzeyde gözlemlenmiştir. Buna göre Sapanca Gölü'nün iletkenlik değerleri numune alma dönemindeki tüm aylarda Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğin EK 5 Su Kalite Parametreleri Tablosu Sınıf I 'e uygundur.



**Şekil 3.6.** Göl suyu iletkenlik parametresinin istasyonlara ve derinliğe bağlı minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri (µS/cm) (Y; Yüze Numunesi, O; Orta Derinlik Numunesi, D; Dip Numunesi)

### 3.1.5. Askıda katı madde

Askıda katı madde konsantrasyonu suyun bulanıklığını ve ışık geçirgenliğini etkileyen bir parametredir. Sudaki organik, inorganik maddeler ve çözünür bileşikler sudaki askıda katı madde miktarını etkilemektedir (Chapman, 1996). Su ve askıda katı maddelerdeki pestisit kalıntılarının dağılımı ile ilgili olarak, oktanol/su ( $K_{ow}$ ) dağılım katsayılarının değerleri ile ilişkilidir. Göl ortamında pestisitlerin bir kısmı suda bir kısmı da askıda katı madde üzerinde tutunmuş halde bulunurlar (Shen ve ark., 2017). Nisan 2017-Nisan 2018 döneminde Sapanca Gölü'nde ölçülen askıda katı madde miktarları Tablo 3.5'de verilmiştir. Tabloya göre en yüksek askıda katı madde Eylül ayında 12,8 mg/L ile 5. İstasyonda ölçülürken en düşük değer ağustos ayında 9. İstasyonda 0,1 mg/L olarak ölçülmüştür.

**Tablo 3. 5.** Numune alma döneminde Sapanca Gölü'nde ölçülen istasyonlara bağlı askıda katı madde miktarları (mg/L)

İst	Nis. 17	May. 17	Haz1 7	Tem. 17	Ağu. 17	Eyl. 17	Eki. 17	Kas. 17	Ara. 17	Ocak 18
1	1,3	1,5	2,0	3,0	3,1	2,2	2,1	1,6	4,6	0,6
2	0,55	0,7	5,0	0,5	3,4	4,0	2,1	3,3	2,4	1,1
3	1	3,0	1,0	9,0	2,7	2,1	4,1	0,3	1,6	2,5
4	2,49	1,0	1,5	1,0	1,1	1,0	1,7	2,1	0,3	1,1
5	3,8	2,0	2,0	0,7	-	12,8	2,7	0,5	0,6	0,8
6	1,42	1,4	1,5	2,0	3,8	3,2	1,4	3,7	0,3	3,3
7	0,84	1,1	3,0	0,2	-	3,2	2,1	0,3	0,8	2,6
8	4,13	0,8	8,0	3,0	-	0,9	6,5	1,9	2,5	2,2
9	1,11	2,0	0,3	0,1	-	9,0	5,8	1,1	8,0	3,4
10	2,89	1,0	6,0	0,7	-	2,6	3,6	1,1	0,8	2,9

-; Numune alınmayan ayları ifade eder, İst:İstasyon

Y; Yüze Numunesi, O; Orta Derinlik Numunesi, D; Dip Numunesi

### 3.2. Toprak ve Sedimentte Yapılan Fizikokimyasal Parametre Analizleri

Toprak/su dağılma katsayısı ( $K_d$ ) pestisitlerin toprakta adsorpsiyonunun araştırılmasında kullanılan önemli katsayılarıdır.  $K_d$  katsayısı toprakta tutulan pestisit konsantrasyonunun, toprağın içerdiği sudaki pestisit konsantrasyonuna oranı şeklinde hesaplanmaktadır (Weber ve ark., 2004). Daha yüksek  $K_d$  değerine sahip topraklarda pestisitlerin alıcı ortama sızma potansiyelinin daha yüksek olduğu bilinmektedir. Farklı toprak yapılarında  $K_d$  katsayısının değeri de değişmektedir. Toprağın kil içeriği, pH'sı ve organik madde içeriği  $K_d$  katsayısını en çok etkileyen parametrelerdendir (Laura ve ark., 2013; Syafrudin ve ark., 2021).

Sapanca gölü dip sedimentinden ve göl numune alma noktalarına paralel olarak belirlenen 10 farklı noktadan toprak numuneleri alınmış ve mevsimsel olarak pH ve nem muhtevası analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 3.6' da özetlendiği gibidir. Bu verilere göre sediment numunelerinde ortalama pH 7,94 iken toprak numunelerinde ortalama pH 8,01 olarak hesaplanmıştır. Sediment numunelerinde en yüksek pH yaz mevsiminde ölçülürken, en yüksek ortalama pH sonbahar mevsiminde gözlemlenmiştir. Diğer yandan toprak numunelerinde pH ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde daha yüksek seyrederken kışın nispeten daha düşük ölçülmüştür. Nem muhtevalarına bakıldığında topraktaki nem yüzdesi dört mevsimin ortalamasında %1,86 iken sediment nem muhtevası %2,37 olarak belirlenmiştir. En yüksek nem içeriği sediment için sonbahar aylarında gözlenmişken, en düşük kış mevsimi olarak belirlenmiştir. Toprakta ise en yüksek nem muhtevası ilkbahar mevsiminde iken en düşük kış mevsimi olarak izlenmiştir.

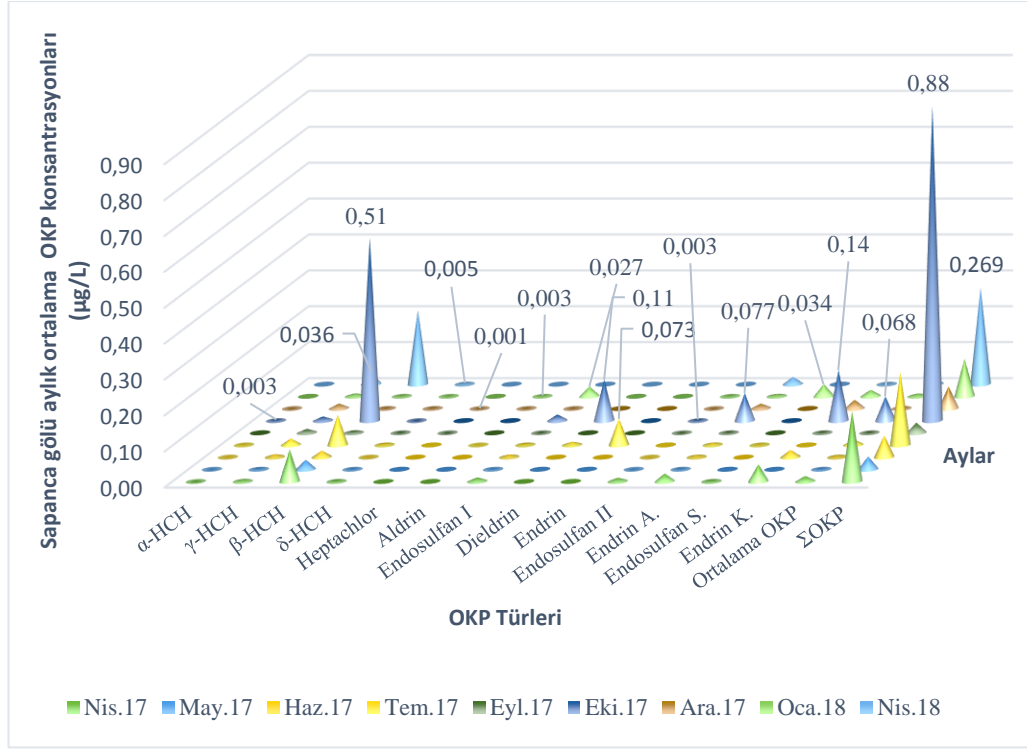
**Tablo 3.6.** Toprak ve Sediment numunelerinin pH, nem (%) ve organik madde (%) miktarları

İST.		İlkbahar 17		Yaz 17		Sonbahar 17		Kış 18	
		pH	Nem %	pH	Nem %	pH	Nem %	pH	Nem %
Toprak Örnekleri	T1	8,3	1,99	8,3	3,25	8,3	2,22	8,2	2,03
	T2	8,1	2,72	8,1	1,42	8,3	1	7,9	0,7
	T3	8,9	0,88	8,3	1,45	8,1	1,64	8,2	0,31
	T4	8,2	2	8,3	0,94	8,1	2,41	8	1,03
	T5	8,3	1,19	8,3	1,25	8,2	0,51	7,9	0,53
	T6	8,2	0,63	8,1	2,24	7,9	2,92	8	0,97
	T7	8,3	1,57	8	5,57	7,1	5,47	7	2,33
	T8	8	0,99	8	2,18	8,1	2,77	7,6	1,25
	T9	8	1,07	8,2	2,15	8,3	1,37	8,1	0,42
	T10	8	4,78	8,3	3,14	8,2	2,25	8	0,83
Sediment Örnekleri	S1	7,8	0,74	7,8	4,59	8,1	2,95	8,1	1,7
	S2	7,8	2,88	7,9	1,49	7,9	3,86	7,8	0,86
	S3	7,9	3,71	8	1,32	8	4,24	7,9	0,57
	S4	7,8	3,08	7,8	3,33	7,7	4,02	7,8	0,81
	S5	7,8	3,54	8	1,7	8,2	3,25	8	0,6
	S6	7,9	0,58	8,1	2,29	8,2	4,55	7,8	0,18
	S7	8,1	1,05	8,3	3,25	8,1	3,3	8,1	0,52
	S8	7,8	2,1	7,9	1,9	8,2	4,7	8	1,49
	S9	7,9	0,62	8	2,39	8,2	4,6	8	0,17
	S10	7,6	3,72	7,6	2,8	8,1	4,22	7,4	0,93

T; Toprak İstasyon Kodları, S; Sediment İstasyon Kodları

### 3.3. Pestisit Analiz Sonuçları

Bu tez kapsamında Sapanca Gölü'nde mevcut olan organoklorlu pestisit kirliliğinin belirlenmesi amacıyla; göl suyundan, göl sedimentinden, gölü besleyen derelerden, gölü besleyen kuyulardan, yağmur suyundan ve göl çevresinden toplanan toprak numunelerinden organoklorlu pestisitlerin analizleri yapılmıştır. Gölde belirlenen istasyonlarda farklı derinliklerden alınan su numunelerinde elde edilen sonuçlar aylık ortalama olarak Şekil 3.7.'de verilmiştir. Buna göre Sapanca Gölü'nde 13 farklı tür organoklorlu pestisit tespit edilmiştir. Bu türler arasında en yüksek konsantrasyona sahip olanı daha ziyade böcek öldürücü olarak kullanılan heksaklorosikloheksan izomerlerinden  $\beta$ -HCH 'dir. Ortalama olarak en yüksek değeri Ekim 2017'de 0,51  $\mu\text{g/L}$  olarak gözlemlenmiştir.



**Şekil 3.7.** Sapanca Gölünde tespit edilen aylık ortalama olarak OKP türleri (µg/L)

Tablo 3.7.'de Yerüstü Su Kalitesi Kontrolü Yönetmeliğinde toplam HCH sınır değeri 4 µg/L olarak verildiğinden β-HCH verisinin sınır değerler içerisinde olduğu söylenebilir. Sakarya İl'inin büyük kesiminde Sapanca Gölü'nün içme suyu olarak tüketildiği bilgisine dayanarak ilgili diğer yönetmeliklerde Tablo 3.7.'de verilmiştir. Buna göre Sapanca gölü İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe ve Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliğine göre OKP kirliliği açısından Ekim 2017'de sınır değerlerin üzerinde seyretmektedir.

**Tablo 3.7.** Yüzeysel Sularda ve Yeraltı sularında mevcut pestisitlerle ilgili yönetmelikler ve sınır değerleri

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (07.03.2013- 28580 sayılı Resmi Gazete)	Sınır Değer (µg/L)
Pestisitler	0,1
Toplam Pestisitler	0,5
Aldrin, dieldrin, heptaklor ve heptaklor epoksit	0,01
Kalite Kriterleri	
Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği (01.04.2010- 27372 sayılı Resmi Gazete)	İç yüzeysel sular Haliç suları Haliç suları dışındaki iç kıyı suları Bölgesel sular
İç yüzeysel sular: 100 ng/L	
Heksaklorosikloheksan (HCH)	Haliç suları ve iç deniz sularında: 20 ng/L
DDT	p-p' DDT: 10 µg/L Toplam DDT: 25 µg/L
Aldrin	10 ng/L
Dieldrin	10 ng/L
Endrin	5 ng/L
Daha az tehlikeli maddeler	
Endosulfan	0,2 µg/L
Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (10.08.2016-29797 sayılı Resmi Gazete)	
	µg/L
DDT	0,65
DDD	0,25
Aldrin	0,01
Dieldrin	0,93
Endrin	0,01
Endosulfan	0,01
HCH	4
Heptaklor ve Heptaklor Epoksit	0,0003
Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik (07.04.2012-28257 sayılı Resmî Gazete)	
	µg/L
İlgili metabolitler, bozulma ve reaksiyon ürünlerini içeren pestisitlerdeki aktif maddeler	0,1
	0,5 (toplam) <sup>(1)</sup>

(1) "Toplam" ilgili metabolitler, bozulma ve reaksiyon ürünlerini içeren izleme usulünde tespit edilen ve hesaplanan her bir bitki koruma ürününün toplamıdır.

Tablo 3.8.'de Sapanca gölünde belirlenen OKP türleri ve fizikokimyasal parametreler arasında Pearson korelasyon analizi yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre OKP türleri arasında Endrin parçalanma ürünlerinden Endrin Keton ve Endrin Aldehit arasında

çok yüksek düzeyde (0,868) korelasyon hesaplanmıştır. Diğer yandan fizikokimyasal parametreler genel olarak birbirleri ile ilişkili olmakla birlikte, çözünmüş oksijen ve pH arasındaki ilişkide çok yüksek düzeyli (0,858) olarak hesaplanmıştır. Sıcaklık-pH (0,774), sıcaklık-çözünmüş oksijen (0,717) ve iletkenlik-çözünmüş oksijen (0,690) arasında da yüksek düzeyli ilişki saptanmıştır.

**Tablo 3.8.** Sapanca gölünde belirlenen OKP türleri ve fizikokimyasal parametreler arasındaki ilişkinin Pearson korelasyonu ile belirlenmesi

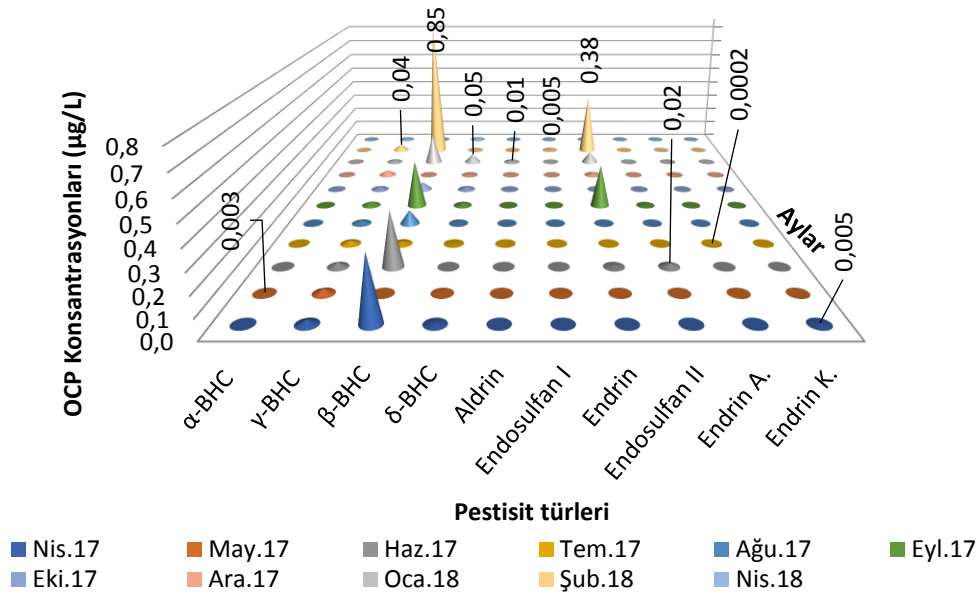
	$\alpha$ - HCH	$\gamma$ - HCH	$\beta$ - HCH	$\delta$ - HCH	Heptaklor	Aldrin	ES I	Dieldrin	ES II	Endrin A.	Endrin K.	pH	ÇO (mg/L)	T( $^{\circ}$ C)	İlt. $\mu$ S/cm
$\alpha$ -HCH	1	0,014	0,207	-0,139	-0,233	-0,228	0,019	-0,110	-0,033	-0,151	-0,207	-0,059	0,193	-0,094	-0,084
$\gamma$ -HCH		1	0,378	0,172	-0,137	0,298	-0,061	-0,197	0,008	0,272	0,119	0,133	0,205	0,158	-0,111
$\beta$ -HCH			1	0,063	0,001	0,098	-0,130	-0,082	0,406	0,292	0,115	-0,030	-0,018	-0,033	0,246
$\delta$ -HCH				1	-0,349	0,114	-0,341	-0,192	-0,002	0,018	-0,131	0,370	0,442	0,539	-0,082
Heptaklor					1	0,223	0,248	0,081	-0,047	0,080	0,185	-0,245	-0,355	-0,301	0,158
Aldrin						1	-0,259	-0,205	-0,191	-0,190	-0,199	0,128	0,075	0,088	-0,111
ES I							1	0,511	0,076	0,293	0,199	0,073	0,121	0,140	-0,242
Dieldrin								1	0,064	0,448	0,523	-0,109	-0,148	0,060	0,033
ES II									1	0,460	0,221	0,177	-0,014	0,266	0,101
Endrin A.										1	0,868**	0,096	0,008	0,071	0,143
Endrin K.											1	0,029	-0,104	-0,046	0,183
pH												1	0,858**	0,774*	-0,545
ÇO (mg/L)													1	0,717*	-0,690*
T( $^{\circ}$ C)														1	-0,48
İlt. ( $\mu$ S/cm)															1

\* ;Yüksek düzeyli korelasyon,

\*\* ; Çok yüksek düzeyli korelasyon



Pestisit taşınım mekanizmaları incelendiğinde en önemli kaynaklardan bir diğeri de gölü besleyen derelerdir. Numune alma döneminde Sapanca Gölü'nü besleyen ve gölden çıkış yapan derelerden ayda bir olmak üzere numuneler alınmıştır. Analizi yapılan 20 tür OKP'nin sadece 11'i derelerde gözlemlenmiştir. Tüm derelerin aylık OKP tür ve ortalamaları Şekil 3.8.'de özetlenmiştir. Şekle göre ortalama olarak en yüksek konsantrasyona sahip OKP türü Şubat 2018'de  $\beta$ -HCH olup 0,85  $\mu\text{g/L}$ 'dir. Bu değer Tablo 3.7 'de listelenmiş Yerüstü Su Kalitesi Kontrolü Yönetmeliğince verilen 4  $\mu\text{g/L}$  sınır değerinin altındadır. Diğer yandan Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği kapsamında belirlenen 0,1  $\mu\text{g/L}$  değerinin üstündedir. Derelerin tümünün genel ortalamasında  $\beta$ -HCH'ye en yakın türün ise 0,38  $\mu\text{g/L}$  ile Endrin olduğuda yine Şekil 3.8'den görülmektedir. Bu durum derelerdeki OKP türlerinin göl üzerindeki etkisini de göstermektedir.



**Şekil 3.8.** Nisan 2017-Nisan 2018 döneminde Sapanca gölünü besleyen derelerde mevcut aylara göre ortalama OKP türleri ( $\mu\text{g/L}$ )

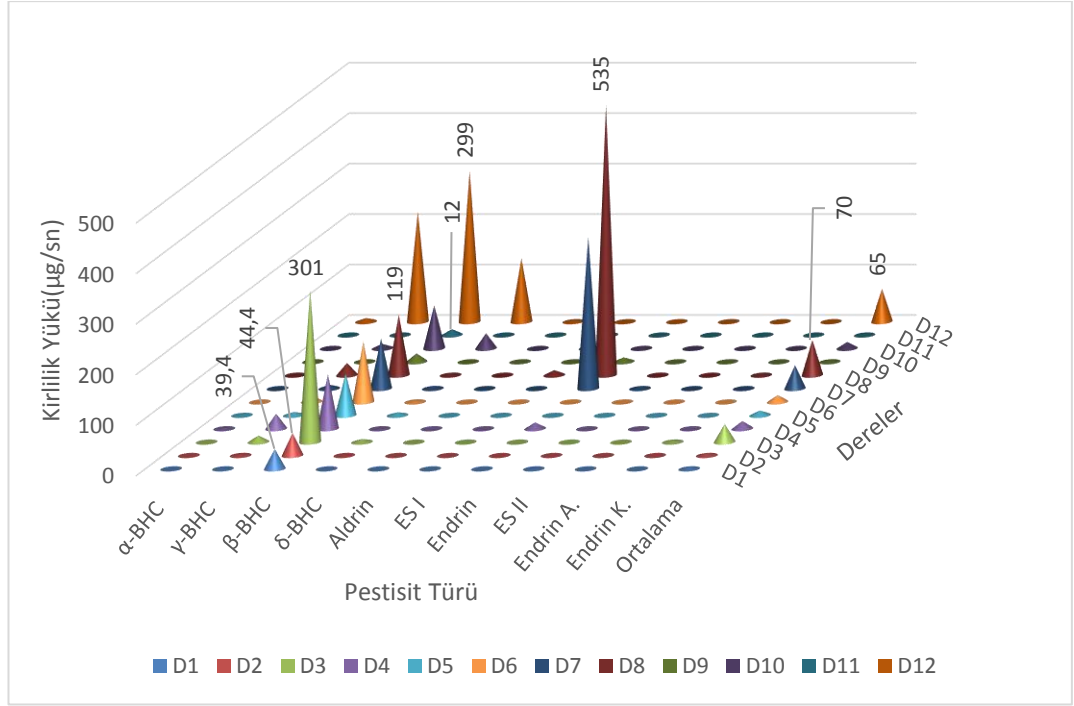
Tablo 3.9.'da Sapanca Gölü'nü besleyen derelerin ve gölden çıkış yapan Çark Deresi'nin Ocak 2016-Mayıs 2017 arasında ölçülen debileri verilmiştir. Derelerde tespit edilen OKP miktarlarının göl üzerindeki etkilerinin tespitinde yalnızca suyun pestisit konsantrasyonu yeterli değildir. Bu sebeple göle giriş yapan kirletici yükünün belirlenmesi için tablodaki debiler kullanılmıştır.

**Tablo 3.9.** Sapanca Gölü'nü besleyen ve gölden çıkış yapan derelerin Ocak 2016-Mayıs 2017 Arasındaki Debileri (Demirel, 2021)

<b>Dereler</b>	<b>Debi (m<sup>3</sup>/dk)</b>
D1-Sarp	357
D2-Keçi	462
D3-İstanbul dere	2625
D4-Mahmudiye	2660
D5-Kurtköy	2377
D6-Yanık	3184
D7-Maşukiye	2517
D8-Balikhane	6893
D9-Eşme	474
D10-Maden	2052
D11-Aşağıdereköy	355
D12-Çark	14735

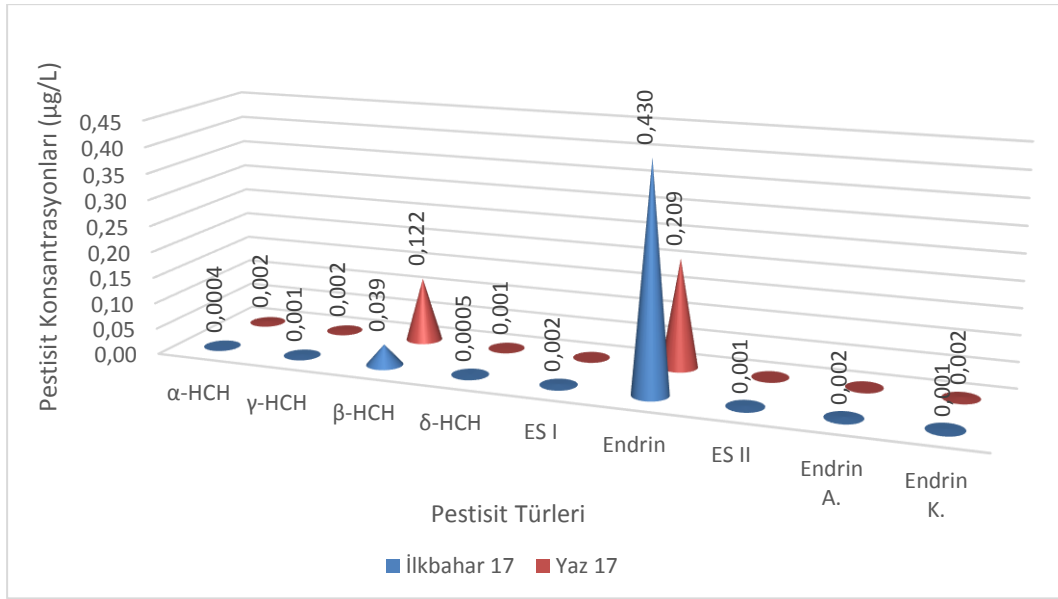
D; Dere İstasyon Kodları

Göle giriş yapan su miktarı da taşıdığı kirleticinin etkisinin belirlenmesi için önemli parametrelerdendir. Bu kapsamda Şekil 3. 9'da derelerin taşıdığı OKP kirlilik yükleri verilmektedir. Şekle göre göle giriş yapan maksimum kirlilik Balikhane Deresi (D8) tarafından taşınan yıllık ortalama 535 µg/sn Endrin olarak tespit edilmiştir. Ölçülen tüm OKP kirliliğinin ortalaması açısından bakıldığında en yüksek kirliliği göle taşıyan derenin yine 70 µg/sn kirlilik ile Balikhane Deresi olduğu görülmüştür. Gölden çıkış yapan Çark Deresi de ortalama 65 µg/sn OKP kirliliğinin gölden çıkış yapmasını sağlamaktadır. Yine şekle göre OKP türleri açısından tüm derelerde en baskın OKP türü olan β-HCH, Sapanca Gölü'nü besleyen derelerin tümünün toplamı ile göle en yüksek miktarda taşınan OKP türüdür.



**Şekil 3. 9.** Sapanca gölünü besleyen dereler ve gölden çıkış yapan Çark deresinde OKP türlerine göre kirlilik yükü miktarları (µg/sn)

Sapanca Gölü gölün kuzey ve güneyinde yer alan dağlardan boşalan dereler ve yeraltı suları ile beslenmektedir. Sapanca Gölü kırık fay hatları ile karstik boşalım ve alüvyon akifer sistemi olmak üzere temel olarak yer yeraltında iki sistemden beslenmektedir. Bu sistemler Sapanca Gölü için en önemli beslenme mekanizmalarıdır (Gündüz, 2015). Bu nedenle Sapanca Gölü'nü besleyen yeraltı sularında OKP tespiti bu çalışma için önem arz etmektedir. Tez kapsamında yer altı sularını temsilen gölün çevresinde bulunan ve Sakarya Büyükşehir Belediyesi'nin de düzenli olarak numune aldığı su kuyularından İlkbahar ve Yaz 2017 dönemlerinde numuneler alınmıştır. Yapılan OKP analizleri sonuçlarına göre yer altı suyu örneklerinde  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\beta$  ve  $\delta$  HCH izomerleri, Endosülfan I, II, Endrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton olmak üzere 9 farklı tür OKP'e rastlanmıştır. Şekil 3.10.'da yer altı suyu örneklerinde tespit edilen ortalama OKP analiz sonuçları grafiklenmiştir. Grafiğe göre en yüksek miktarda rastlanan OKP türü derelerde olduğu gibi ilkbaharda  $0,43\mu\text{g/L}$  ortalama ile endrin iken yine benzer şekilde yaz mevsiminde  $0,12\mu\text{g/L}$  ile  $\beta$ -HCH'dir. Tablo 3.7.'de Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik'te pestisitlerle ilgili sınır değerler verilmiştir. Buna göre İlkbahar 2017'de toplam pestisit açısından Sapanca Gölü'nü besleyen yer altı sularında OKP kirliliği sınır değerler üzerindedir. Diğer yandan endrin her iki mevsimde de sınır değer üzerinde seyrederken,  $\beta$ -HCH sadece yaz mevsiminde  $0,1\mu\text{g/L}$ 'lik sınır değer üzerinde ölçülmüştür.



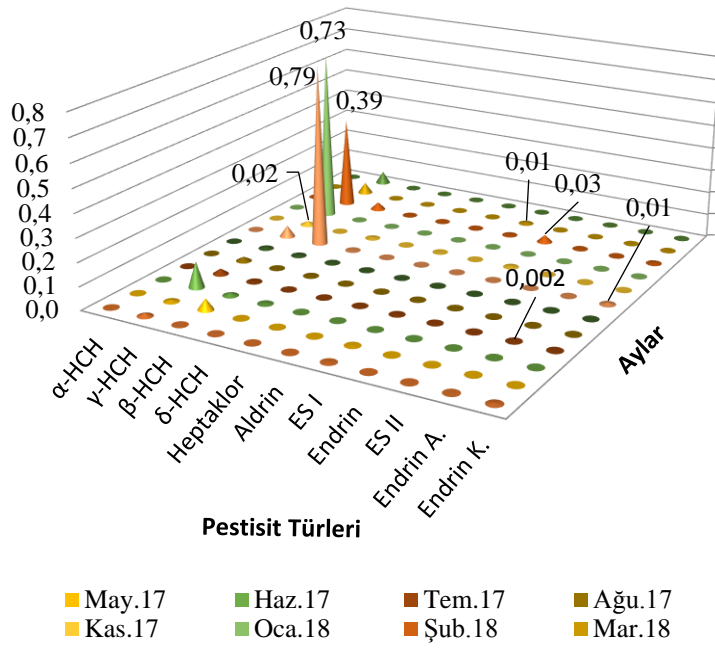
**Şekil 3.10.**Sapanca gölünü besleyen kuyularda bulunan ortalama OKP türleri (µg/L) (ES I; Endosülfan I, ES II; Endosülfan II, Endrin A.; Endrin Aldehit, Endrin K. ; Endrin Keton)

Tarımsal ilaçlama sırasında pestisitlerin bir kısmı buharlaşma yoluyla havaya karışırlar. Rüzgarların taşıması ile bazen çok uzun mesafelerde ilerleyebilen pestisitler, kuru (gaz ve parçacık) ya da ıslak (yağmur, dolu, kar ve sis) çökeltme yolları ile tekrar yer yüzeyine dönmektedir (Glutfelty, 1978; Nations ve Hallberg, 1992; Majewski ve ark., 2000). Tez çalışması kapsamında Sapanca gölü çevresinde göl numune alma noktalarına paralel olarak belirlenen 10 farklı noktadan çökeleme miktarlarını temsilen aylık yağmur suyu numuneleri alınmıştır. Meteorolojik duruma bağlı olarak toplanan su miktarları değişmiştir. Tablo 3.10.'da toplanan yağmur suyu miktarları aylık olarak verilmiştir. Toplanan miktarlar Tablo 2.2.'deki aylık toplam yağış miktarları ile paralellik göstermektedir. OKP analiz sonuçları Tablo 3.10.'daki yağmur suyu miktarları kullanılarak  $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{gün}$  biriminde verilmiştir.

**Tablo 3.10.** Numune alma döneminde yağmur suyu numune alma noktalarından toplanan yağmur suyu miktarları(ml)

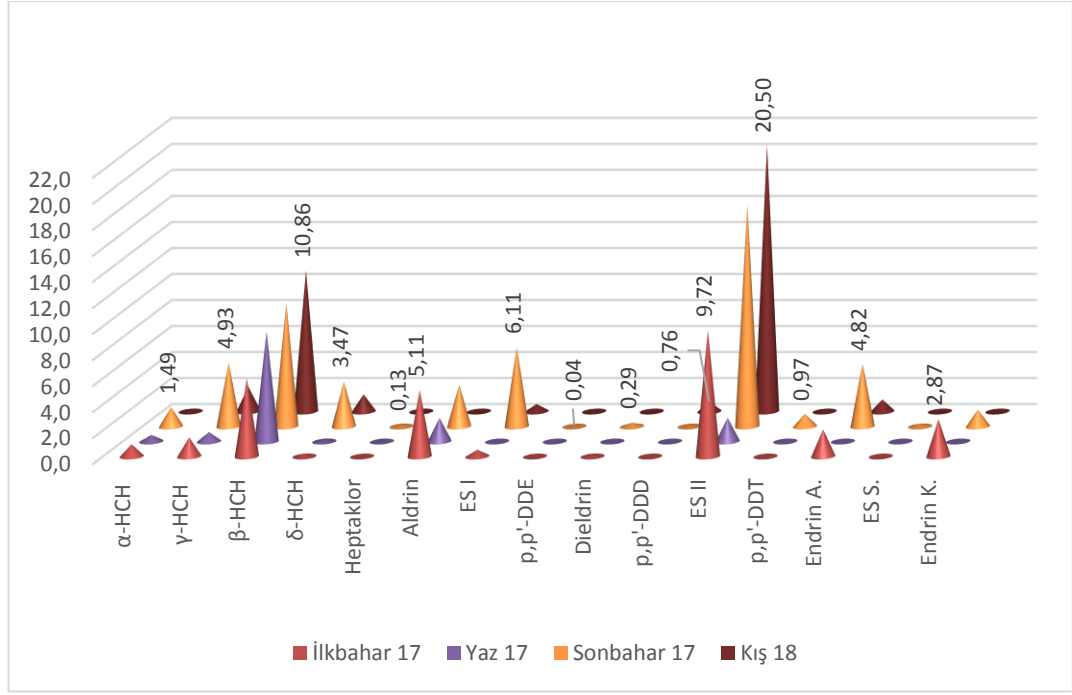
	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
<b>Nisan 17</b>	1850	990	1050	1050	740	750	1150	980	1050	850
<b>Mayıs 17</b>	4400	850	970	880	1140	800	1610	1430	1000	920
<b>Haziran 17</b>	3500	2200	2200	2000	2000	2160	3780	3800	2500	2400
<b>Temmuz 17</b>	830	1700	2100	2100	1100	2200	2200	2290	2100	1680
<b>Ağustos 17</b>	1300	2555	3780	1980	2100	1260	1945	1770	2020	2915
<b>Eylül 17</b>	340	550	950	790	490	525	285	260	490	300
<b>Ekim 17</b>	3900	5300	4550	4700	4450	4050	4300	3450	4400	4450
<b>Kasım 17</b>	900	1500	1900	2000	2550	1650	2050	1700	1750	2000
<b>Aralık 17</b>	3940	4520	4220	3100	5200	4700	5300	4600	4750	4250
<b>Ocak 18</b>	1480	2520	2300	2800	3100	3000	3600	3350	2550	2600
<b>Şubat 18</b>	1650	2500	2200	2550	2950	2250	2150	2100	2100	2550
<b>Mart 18</b>	2600	3600	3700	3600	3600	2500	3750	3150	3400	4300
<b>Nisan 18</b>	500	620	550	600	660	500	540	645	300	640

Yağmur sularında yapılan OKP analizlerinin sonuçlarına göre  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\beta$  ve  $\delta$  HCH izomerleri, Heptaklor, Aldrin, Endosülfan I, II, Endrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton olmak üzere 11 farklı tür OKP tespit edilmiştir. Bu türler arasında en yüksek konsantrasyona göl suyu, dereler ve yer altı sularına benzer şekilde Ekim ayında 0,79  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ .gün ortalama ile  $\beta$ -HCH'dir. Diğer yandan diğerlerinden farklı olarak Ocak 2018'de ortalama 0,73  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ .gün  $\gamma$ -HCH (Lindan) konsantrasyonu mevcuttur. Sonuçlar Şekil 3.10.'da verildiği gibidir. Grafikteki değerler aylık olarak tüm istasyonların ortalaması şeklindedir.



**Şekil 3.11.** Sapanca Gölü'ne yağmur suları ile taşınan aylara bağlı OKP kirlilik akı değerleri ( $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{gün}$ ) (ES I; Endosülfan I, ES II; Endosülfan II, Endrin A.; Endrin Aldehit, Endrin K. ; Endrin Keton)

Pestisitlerin suda çözünürlükleri genel olarak az olduğu için sulara karışan pestisit kalıntıları; askıda katı maddelere, sedimente, planktonlara ve çürüme artıklarına tutunarak birikir (Altıkat ve ark., 2009). Sedimentte uzun yıllar biriken pestisitler ya da ayrışma ürünleri sebebiyle suya yeni pestisit girişi olmasa da yıllarca biriken pestisit kalıntıları sedimentten geçişle içme suyu kaynaklarını tekrar tekrar kirlitebilir (Aydın ve ark., 2019). Bu nedenle gölde var olan pestisit kirliliğini belirlemek için incelenen yerlerden bir diğeri de gölün dip sedimentidir. Su numunesi alma noktalarının dip kısmından mevsimsel olarak yapılan OKP analizleri sonucunda Sapanca Gölü dip sedimentinde 15 farklı tür bulunmuştur. Şekil 3. 12.'de görüldüğü gibi  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\beta$  ve  $\delta$  HCH izomerleri, Heptaklor, Aldrin, Endosülfan I, II, Dieldrin, p,p' DDT, p,p' DDE, p,p' DDT, Endosülfan Sülfat, Endrin Aldehit ve Endrin Keton belirlenen OKP türleridir. Bu türler arasında en yüksek konsantrasyonlar kış mevsiminde Endosülfan II ( $20,5 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) ve  $\beta$ -HCH ( $10,86 \mu\text{g}/\text{kg}$ )'dir. En düşük konsantrasyonda karşılaşılan OKP türü ise p,p' DDT'nin ayrışma ürünlerinden olan p,p' DDE'dir.



**Şekil 3. 12.** Sapanca gölü dip sedimentinde mevsimsel olarak ölçülen OKP türleri ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) (ES I; Endosülfan I, ES II; Endosülfan II, ES S; Endosülfan Sülfat, Endrin A.; Endrin Aldehit, Endrin K. ; Endrin Keton)

Tablo 3.11.'de Sapanca gölü dip sedimentinde belirlenen OKP türleri ve fizikokimyasal parametreler arasında Pearson korelasyon analizi yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre OKP türleri arasında endrin parçalanma ürünlerinden endrin keton ve endrin aldehit arasında çok yüksek düzeyde (0,818) korelasyon hesaplanmıştır. HCH izomerlerinden  $\alpha$  ve  $\delta$  HCH arasında da 0,794 korelasyon katsayısı ile çok yüksek düzeyli ilişki saptanmıştır.  $\alpha$  ve  $\gamma$  HCH türleri (0,641) ve  $\gamma$  ve  $\delta$  HCH (0,610) arasında ise yüksek düzeyli korelasyon tespit edilmiştir. Diğer yandan yapılan hesaplara göre fizikokimyasal parametrelerinden pH 'ın  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\beta$  HCH türleri (sırasıyla 0,63, 0,74, ve 0,68) ile yüksek düzeyli korelasyonu vardır. % Nem parametresi de yine  $\gamma$  ve  $\beta$  HCH (0,67 ve 0,63) türleri ile yüksek korelasyona sahipken pH ile 0,81 katsayısı ile çok yüksek düzeyli korelasyon içerisindedir. Bu yazılanlar dışında Pearson korelasyonuna göre yüksek ve çok yüksek oranlı korelasyon tespit edilen türler de tabloda üstü çizili halde verilmiştir. Bu türler arasında istatistiksel olarak korelasyon görülse de kimyasal olarak ilişkili olduklarını söylemek mümkün değildir. Ortaya çıkan korelasyonların sebebi aynı dönemde kullanılmak ya da kullanılan ilaç içeriğinde bir arada var olmak gibi sebepler sayılabilir.

**Tablo 3.11.** Sapanca gölü dip sedimentinde belirlenen kirletici türleri ve fizikokimyasal parametreler arasındaki ilişkinin Pearson korelasyonu ile belirlenmesi

	$\alpha$ -HCH	$\gamma$ -HCH	$\beta$ -HCH	$\delta$ -HCH	Heptaklor	Aldrin	DDE	Dieldrin	p,p'-DDD	ES II	p,p'-DDT	Endrin A.	ESS.	Endrin K.	pH	Nem %	OM %
$\alpha$ -HCH	1	0,641*	0,460	0,794*	-0,184	0,332	0,343	<del>0,751</del>	-0,114	0,411	<del>0,746</del>	-0,135	-0,204	-0,176	0,63*	-0,49	-0,49
$\gamma$ -HCH		1	0,309	0,610*	-0,136	-0,034	<del>0,613</del>	0,158	-0,182	0,170	0,469	0,133	-0,074	-0,262	0,74*	-0,67*	-0,56
$\beta$ -HCH			1	0,141	0,033	<del>0,787</del>	-0,025	0,376	-0,452	0,069	-0,037	-0,068	0,048	-0,187	0,68*	-0,63*	-0,46
$\delta$ -HCH				1	-0,181	-0,143	0,382	0,393	-0,248	0,415	<del>0,945</del>	-0,119	-0,202	-0,206	0,44	-0,10	-0,50
Heptaklor					1	-0,023	-0,161	-0,114	0,564	0,287	-0,261	<del>0,887</del>	<del>0,991</del>	<del>0,800</del>	0,06	0,16	0,32
Aldrin						1	-0,169	0,540	-0,296	0,067	-0,273	-0,242	-0,051	-0,121	0,27	-0,39	-0,25
DDE							1	-0,252	-0,195	-0,289	0,310	-0,059	-0,178	-0,247	0,56	-0,34	-0,21
Dieldrin								1	0,127	0,592	0,425	-0,168	-0,143	-0,045	0,19	-0,25	-0,14
p,p'-DDD									1	0,134	-0,135	<del>0,696</del>	0,563	<del>0,782</del>	-0,20	0,07	0,54
ES II										1	0,453	0,171	0,286	0,000	-0,01	0,22	0,02
p,p'-DDT											1	-0,197	-0,288	-0,236	0,30	0,01	-0,34
Endrin A.												1	<del>0,923</del>	0,818**	0,17	-0,09	0,22
ESS.													1	<del>0,785</del>	0,08	0,10	0,28
Endrin K.														1	-0,15	0,14	0,24
pH															1	-0,81**	-0,33
Nem %																1	0,38
OM %																	1

\*; Yüksek düzeyli korelasyon,

\*\*; Çok yüksek düzeyli korelasyon

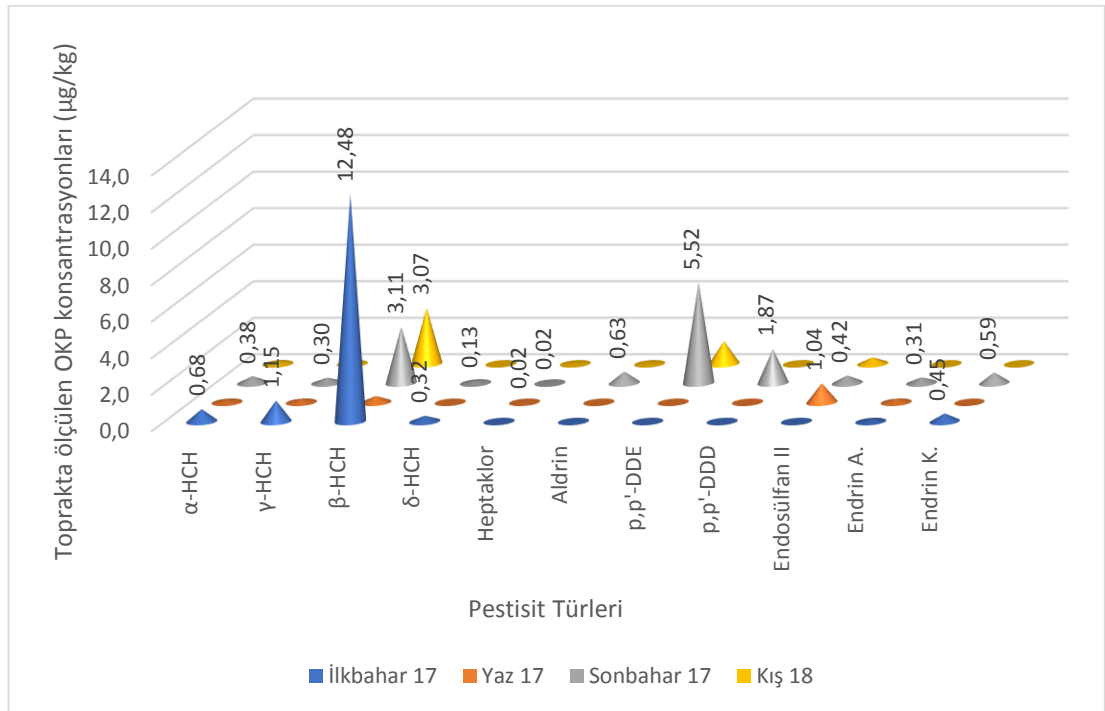
Üstü çizili ifadeler; İstatistiksel korelasyon görülse de kimyasal olarak ilişkisi olmayan maddeler

ES I; Endosülfan I, ES II; Endosülfan II, ES S; Endosülfan Sülfat, Endrin A.; Endrin Aldehit, Endrin K.; Endrin Keton



Bitkilere uygulanan veya farklı yollardan toprağa ulaşan pestisitler fotokimyasal, kimyasal ve biyolojik olarak bozunmaya uğramadığı sürece buharlaşma, sızma ile yer altı sularına ulaşarak, yüzeyde süzülme ve yağış gibi yollarla yüzeysel sulara ulaşırlar. Tarım ilaçlarının yarılanma süresinin uzunluğuna göre toprakta kalış ve yüzeysel sulara ulaşma ihtimalleri de artmaktadır. Tüm bu sebeplerden dolayı pestisitlerin yüzeysel sulara ve toprakta belli sınır değerlerin üstüne çıkmaması gerekmektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Tez çalışması kapsamında Sapanca gölü çevresinde göle yakın kısımlarda su numunesi alma noktalarının paralelinde belirlenen 10 farklı noktadan, mevsimsel olarak toprak numuneleri alınarak OKP analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda toprakta  $\alpha, \gamma, \beta$  ve  $\delta$  HCH, Heptaklor, Aldrin, p,p' DDE, p,p' DDD, Endosülfan II, Endrin Aldehit ve Endrin Keton olmak üzere 11 farklı tür tespit edilmiştir. Şekil 3.13'de görüldüğü üzere en toprakta belirlenen türler arasında en yüksek konsantrasyona sahip olan organoklorlu insektisit türü gölde de olduğu gibi yaz mevsimi dışında  $\beta$ -HCH (ilkbahar mevsiminde 12,48  $\mu\text{g}/\text{kg}$  'dir). İkinci sırayı ise 5,52  $\mu\text{g}/\text{kg}$  konsantrasyonla sonbaharda p,p' DDE almıştır.



**Şekil 3.13.** Sapanca gölü çevresindeki toprak numunelerinde mevsimsel olarak ölçülen OKP türleri ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) (Endrin A.; Endrin Aldehit, Endrin K.; Endrin Keton)

Tablo 3.12.'e göre toprağın yutulması ve deri teması yoluyla emilim açısından  $\beta$ -HCH sınır değeri aşmamaktadır. Kirleticilerin yer altı suyuna taşınması ve suyun içilmesi durumunda sınır değerleri SF=10 ve SF=1 için de sınır değerlerin üzerindedir.

**Tablo 3.12.** Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik Jenerik Kirletici Listesinde Yer Alan OKP Türleri ve Sınır Değerleri

Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik 8 Haziran 2010 Salı Tarih ve 27605 Sayılı Resmî Gazete)	Toprağın yutulması ve deri teması yoluyla emilim	Kirleticilerin yeraltı suyuna taşınması ve yeraltı suyunun içilmesi <sup>1</sup> ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ fırın kuru toprak)	
Kirletici	( $\mu\text{g}/\text{kg}$ fırın kuru toprak)	SF = 10	SF = 1
Aldrin	30	8	0,8
DDD	2000	900	90
DDE	1000	600	60
DDT	2000	900	90
Dieldrin	30	0,9	0,09
Endosülfan	367000	97000	10000
Endrin	18000	100	10
$\alpha$ -HCH	80	0,7	0,07
$\beta$ -HCH	300	3	0,3
$\gamma$ -HCH (Lindan)	500	100	10
Heptaklor	100	20	2
Heptaklorepoksit	50	0,8	0,08
Metoksiklor	306000	156000	16000

<sup>1</sup> Akifere olan mesafenin 3m'den az olması, akiferin çatlaklı veya karstik olması ya da kirlilik kaynağı alanının 10 hektar veya daha büyük olması koşullarından herhangi birinin geçerli olması halinde seyrelme faktörü SF "1" ; diğer durumlarda SF "10" olarak kabul edilmelidir.

Tablo 3.13.'de Sapanca Gölü çevresinden toplanan toprak numunelerinde belirlenen OKP türleri ve fizikokimyasal parametreler arasında yapılan korelasyon Pearson korelasyon analizi sonuçları verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre OKP türleri arasında  $\alpha$  ve  $\beta$  HCH arasında 0,626 korelasyon katsayısı ile yüksek düzeyli ilişki vardır.  $\alpha$  ve  $\delta$  HCH 0,583'lük katsayı ile orta düzeyli korelasyon vardır. Fizikokimyasal parametrelerden pH ve Endosülfan arasında yüksek düzeyli (0,663) ,% nem ve Endrin Aldehit arasında ise orta düzeyli (0,522) korelasyon bulunmaktadır.  $\gamma$ -HCH'de pH, %nem ve % organik madde parametreleri ile sırasıyla 0,449, -0,642 ve -0,614 korelasyon sabitleri ile orta ve yüksek derecede ilişki içerisinde bulunmuştur. Diğer yandan pH parametresi % nem ve % organik madde ile de çok yüksek ve yüksek

düzeyle korelasyona sahipken % nem ve % organik madde arasında da çok yüksek düzeyle ilişki bulunmaktadır.

Bunlar dışında Pearson korelasyonuna göre yüksek ve çok yüksek oranlı korelasyon tespit edilen türler de tabloda üstü çizili halde verilmiştir. Bu türler arasında istatistiksel olarak korelasyon var olabilir ancak kimyasal olarak ilişkili oldukları söylenemez. Yüksek korelasyon sebebi aynı dönemde kullanılmaları ya da aynı ilaç formülasyonu içerisinde yer almaları gibi sebepler bulunabilir.

**Tablo 3.13.** Sapanca gölü çevresindeki toprak numunelerinde yıllık ortalama OKP miktarlarının fizikokimyasal parametrelerle ilişkisinin pearson korelasyonu ile incelenmesi

	$\alpha$ -HCH	$\gamma$ -HCH	$\beta$ -HCH	$\delta$ -HCH	Heptaklor	Aldrin	p,p'-DDE	p,p'-DDD	ES II	Endrin A.	Endrin K.	pH	Nem %	OM %
$\alpha$ -HCH	1	0,053	0,626*	0,583*	-0,345	0,080	0,083	0,098	-0,108	-0,136	<del>0,519</del>	-0,054	-0,243	-0,207
$\gamma$ -HCH		1	0,258	0,061	-0,010	-0,272	-0,217	-0,240	0,336	0,475	0,211	0,449	-0,642*	-0,614*
$\beta$ -HCH			1	-0,013	-0,023	-0,383	0,160	0,124	-0,056	0,238	0,182	-0,201	-0,045	0,196
$\delta$ -HCH				1	-0,316	0,206	0,085	0,120	-0,155	-0,387	<del>0,871</del>	-0,058	-0,079	-0,359
Heptaklor					1	-0,180	0,201	0,187	0,401	0,005	-0,063	0,206	0,282	0,356
Aldrin						1	-0,035	0,060	-0,090	0,218	0,289	-0,045	-0,061	0,061
DDE							1	0,995**	0,459	-0,207	0,148	0,304	0,207	0,107
p,p'-DDD								1	0,450	-0,193	0,190	0,299	0,202	0,109
ES II									1	-0,158	-0,065	0,663*	-0,098	-0,423
Endrin A.										1	-0,096	0,146	-0,522	0,101
Endrin K.											1	-0,140	0,014	-0,131
pH												1	-0,692*	-0,668*
Nem %													1	0,699*
OM %														1

\*; Yüksek düzeyli korelasyon,

\*\*; Çok yüksek düzeyli korelasyon

Üstü çizili ifadeler; İstatistiksel korelasyon görülse de kimyasal olarak ilişkisi olmayan maddeler

ES II; Endosülfan II, Endrin A.; Endrin aldehit, Endrin K.; Endrin keton

### 3.3.1. Heksaklorosikloheksanlar (HCH'ler)

Heksaklorosikloheksanlar Stockholm sözleşmesi ile yasaklanan/kullanımı sınırlandırılan kimyasallardan olup 1985 yılından bu yana ülkemizde de yasaklı kimyasallar listesinde yer almaktadır (Acara ve ark., 2008). Bu çalışma kapsamında Nisan 2017-Nisan 2018 arasında Sapanca Gölü su, sedimentinde, etrafındaki arazilerden alınan toprak numunelerinde, yer altı suyunu temsilen civardaki kuyularda ve yağmur suyu numunelerinde HCH izomerlerinin varlığı araştırılmıştır.

#### 3.3.1.1. Gölde bulunan HCH konsantrasyonları

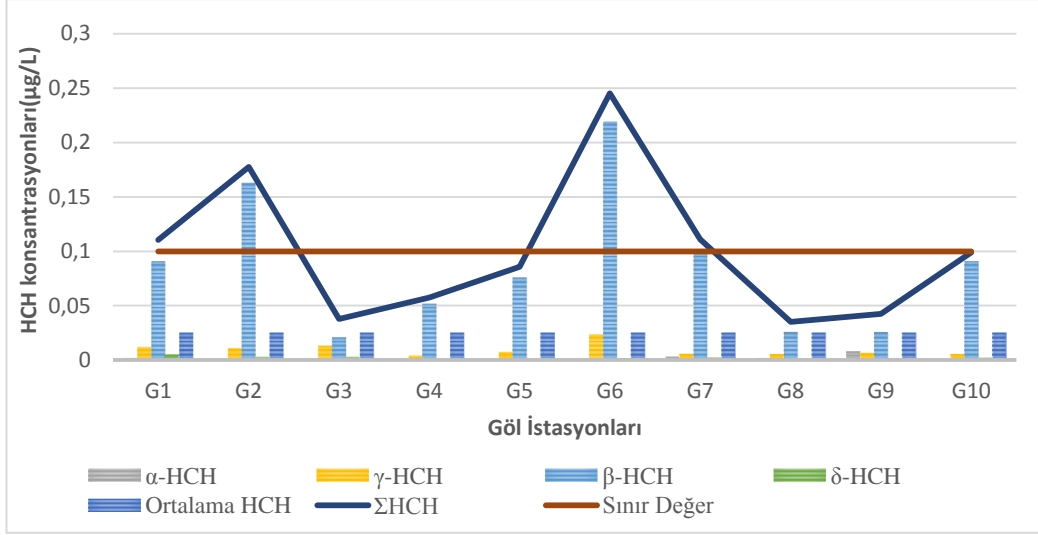
Sapanca Gölü'nde belirlenen on noktadan üç farklı derinlikten alınan su numunelerine aylık olarak OKP analizi yapılmıştır. HCH izomerleri neredeyse alınan her numunede tespit edilmiştir. EK I Tablo A. 1'de HCH İzomerlerinin numune istasyonlarında derinliğe bağlı ölçüm sonuçları verilmiştir.

Tabloya bakıldığında  $\alpha$ -HCH izomerinin numune alınan 9 ayın yalnızca 6'sında tespit edildiği görülmektedir. Buna göre 2017 yılı Nisan ayında en yüksek  $\alpha$ -HCH konsantrasyonu 1. istasyon 'da dip numunesinde 0,0042  $\mu\text{g/L}$  olarak ölçülmüştür. Mayıs ayında 2. İstasyon orta 0,0004  $\mu\text{g/L}$ , haziran'da 7. İstasyon yüzey 0,005  $\mu\text{g/L}$  ve temmuz ayında 1. istasyon dip 0,005  $\mu\text{g/L}$ , 5. istasyon dip 0,01  $\mu\text{g/L}$  ve 6. İstasyon orta 0,008  $\mu\text{g/L}$ 'dir. Bunu takiben ekim ayında en yüksek konsantrasyona ulaşmış olup 7. İstasyonda dip numunesinde 0,05  $\mu\text{g/L}$   $\alpha$ -HCH ölçülmüştür. Son olarak Aralık 2017'de 8.istasyon yüzey numunesinde 0,01  $\mu\text{g/L}$  olarak ölçülmüş ve belirtilmeyen diğer aylarda tespit edilememiştir.  $\gamma$ -HCH (Lindan) izomeri ölçüm sonuçları incelendiğinde en yüksek konsantrasyonları Nisan 2018'de 6. istasyon dip, orta ve yüzey suyu numunelerinde sırasıyla 0,12, 0,14 ve 0,13  $\mu\text{g/L}$  olarak ölçülmüştür. Ölçüm yapılan tüm aylarda  $\gamma$ -HCH izomeri tespit edilmiştir. Maksimum konsantrasyonların en sık görüldüğü istasyon Nisan 2017 (yüzey 0,02  $\mu\text{g/L}$  ve dip 0,03  $\mu\text{g/L}$ ), Mayıs (yüzey 0,012  $\mu\text{g/L}$ ) ve Haziran 2017 (0,013  $\mu\text{g/L}$  yüzey ve 0,022  $\mu\text{g/L}$  dip) 1. istasyondur. 2017 Eylül ve Ekim aylarında 3.istasyon orta derinlikten alınan numunelerde sırasıyla 0,035  $\mu\text{g/L}$  ve 0,1  $\mu\text{g/L}$  ile en yüksek konsantrasyonda  $\gamma$ -HCH ölçülmüştür. Aralık 2017'de diğer aylardan farklı olarak gölün ortasında bulunan (Şekil 2.5. Sapanca Gölü ve Numune Alma Noktaları (Demirel, 2021)) en derin istasyonlardan biri olan 4. istasyon yüzey suyu numunesinde en yüksek  $\gamma$ -HCH konsantrasyonuna (0,03  $\mu\text{g/L}$ ) rastlanmıştır. Son olarak Ocak 2018 ayında ise 9.

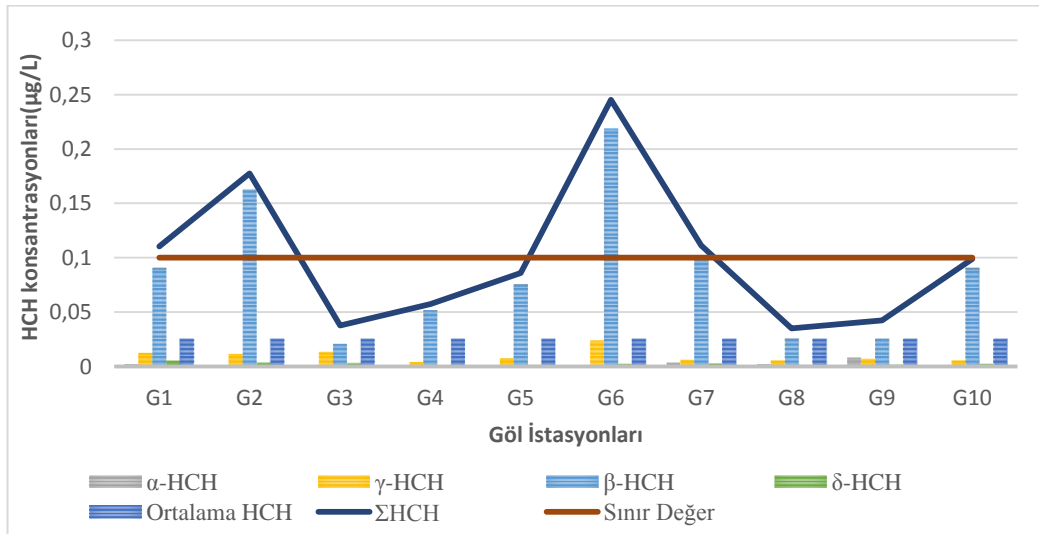
istasyon yüzey suyu numunesinde 0,14 µg/L γ-HCH tespit edilmiş olup bu hem o ayın hem de Nisan 2017-Nisan 2018 arasında tüm yılın en yüksek konsantrasyonudur.

δ-HCH konsantrasyonları incelendiğinde Nisan 2017’de en yüksek konsantrasyon 7. istasyon yüzey numunesinde 0,021 µg/L olarak ölçülmüştür. Aynı şekilde Mayıs 2017’de 7. istasyon dip numunesinde 0,008 µg/L ve 2017 Haziran’da ise 7. istasyon yüzeyde 0,002 µg/L’dir. Temmuz ve ekim aylarında yapılan δ-HCH ölçümlerinde maksimum değerler 6. istasyonda ölçülmüştür sırasıyla yüzey suyu numunesinde 0,12 µg/L ve orta derinlik numunesinde 0,01 µg/L. Eylül 2017 (yüzey 0,01 µg/L) ve Aralık 2017 (orta 0,04 µg/L) aylarına bakıldığında en yüksek konsantrasyonlar her ikisinde de 2. istasyonda gözlemlenmiştir. Son olarak Nisan 2018 ‘de ölçülen en yüksek değer 1. istasyon yüzey suyunda 0,03 µg/L iken göl suyunda Ocak 2018’de δ-HCH kalıntısına rastlanmamıştır.

Tablo A.1’i β-HCH için incelemeye devam edersek gölde ölçülen en yüksek konsantrasyonların ölçüm dönemi boyunca bu izomere ait olduğu görülmektedir. Nisan 2017’de ölçülen maksimum β-HCH derişimler 7. istasyon dip, orta ve yüzey noktalarında 0,10, 0,11 ve 0,23 µg/L olacak şekilde yüzeyden dibe azalan şekilde ölçülmüştür. β-HCH ölçüm yapılan tüm aylarda tespit edilmiştir ancak en yüksek konsantrasyonları Ekim 2017’de 6. istasyon yüzey, orta ve dip numunelerinde yüzeyden dibe doğru artan şekilde sırasıyla 1,06, 1,12 ve 2,83 µg/L olarak tespit edilmiştir. Aerobik ortamda β-HCH’nin parçalanması suda çözünürlüğünün düşük olması, mikrobiyal bozunmaya daha dirençli olması ve kimyasal stabilitesinin daha yüksek olması gibi nedenler dolayısı ile kolay değildir (Abhilash ve Singh, 2008; Onogbosele ve Scrimshaw, 2014). Aynı zamanda β-HCH teknik olarak HCH’nin içeriğinde de mevcuttur. Bunun yanı sıra α-HCH’nin ve γ-HCH’nin de α-HCH aracılığıyla daha kararlı olan β-HCH’ye izomerizasyonu ile de oluşmaktadır (Manz ve ark., 2001). Bu durum β-HCH’nin numune alma dönemi boyunca diğerlerinden yüksek olmasını açıklamaktadır.



Şekil 3.14.'de gölde ölçülen tüm HCH izomerlerinin istasyonlara bağlı yıllık ortalama değerleri, tüm gölde ölçülen HCH izomerlerinin genel ortalama değerleri, toplam HCH miktarları ve HCH'ye ait sınır değerler verilmiştir. Şekle göre, HCH izomerleri arasında en yüksek olanı tüm istasyonlar için β-HCH'dir ve yıl boyunca tüm istasyonlarda göl ortalamasının üzerindedir. Verilen sınır değer Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği kapsamındadır (Tablo 3.7.). Bu sınır değere göre β-HCH konsantrasyonunun yıllık ortalaması 2. ve 6. istasyonlarda sınır değerler üzerindedir. Yönetmeliklerde verilen HCH sınır değerleri bütün izomerlerin toplamını ifade ettiğinden aynı şekilde verilen toplam HCH değerleri de β-HCH ile paralel şekilde yüksektir. Diğer yandan, Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nce verilen sınır değerlere bakılırsa bu değer toplam HCH için 4 µg/L'dir. Bu kapsamda ölçüm sonuçları bu yönetmelikte geçen sınır değerinin altındadır.



**Şekil 3.14.** Gölde bulunan HCH konsantrasyonlarının istasyonlara bağlı yıllık ortalama, tüm göl için yıllık ortalama, toplam HCH ve sınır değerleri. (G; Göl İstasyon Kodları)

Şekil 3.14'te ise HCH izomerlerinin numune alma noktalarına göre dağılımı görülebilmektedir. Teknik olarak  $\alpha$ -HCH (%55-80),  $\gamma$ -HCH (%8-15),  $\beta$ -HCH (%5-14),  $\delta$ -HCH (%2-16) ve  $\epsilon$ -HCH (%3-5) olmak üzere 5 izomerin karışımıdır (Willett ve ark., 1998). HCH izomerlerinin oranları HCH ve Lindan'ın çevreye son deşarjı ve geçmiş deşarjları ile ilgili bilgi vermektedir.  $\alpha$ -HCH/ $\gamma$ -HCH oranı  $>1$  ise HCH kullanımının yada üretim tesislerinden deşarjının geçmişte olduğunu gösterirken, 1'den küçük olması yakın zamanlı girdiyi simgelemektedir (Krauthacker ve ark., 2001). Bu açıdan Sapanca gölü HCH izomerlerinin oranları incelendiğinde  $\alpha$ -HCH/ $\gamma$ -HCH oranları İlkbahar 2017'de 0,05, Yaz 2017'de 0,11, Sonbahar 2017'de 0,12 ve Kış 2018'de 0,03 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre göle HCH girdisinin yakın zamanlarda yapıldığını ve belki hala kullanıldığı sonucunu vermektedir.



**Şekil 3.15.** Gölde yüzeyinde istasyonlara bağlı yıllık ortalama HCH seviyelerinin dağılımı (G; Göl istasyon kodları)

Şekil 2.4'de Sapanca gölü çevresindeki arazi durum haritası verilmiştir. Şekiller birlikte incelenirse HCH izomerlerinin en yüksek olduğu noktaların genel olarak tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu noktalar olduğu görülmektedir. 7. istasyon civarında dikili tarım arazileri yoğunken, 2. istasyon civarında hem ekili hem de dikili tarım yapılmaktadır. 2. İstasyon Arifiye İlçesi'nde mevcut süs bitkisi satışı yapan firmaların yoğun olduğu büyük arazilere de yakındır. Burada en yüksek konsantrasyonlar daha çok tarım dışı kullanımın olduğu ve Şekil 2.3' e göre nüfusun yoğun olduğu bölgeye yakın olan 6. istasyonda gözlenmiştir. 6. istasyon civarında yoğunlukla tarım yapılmasa da Sarp, Keçi, İstanbul ve Mahmudiye dereleri olmak üzere 4 dere o noktaya yakın dökülmektedir (Şekil 2.5.). Aynı zamanda Şekil 2.2.'ye



bakılırsa numune alma döneminde 6. ve 2. istasyonlar hâkim rüzgâr yönü doğrultusundadır. HCH izomerleri nispeten yüksek uçuculuğa sahiptir ve bu özellikleri onları uzun mesafeler taşınmalarına neden olmaktadır (Willett ve ark., 1998). Bu açıdan HCH izomerleri 6. istasyon civarına yukarıda sayılan birçok yolla taşınmış ve diğerlerine göre daha yüksek konsantrasyonlarda HCH izomeri bulunmasına neden olmuş olabilir.

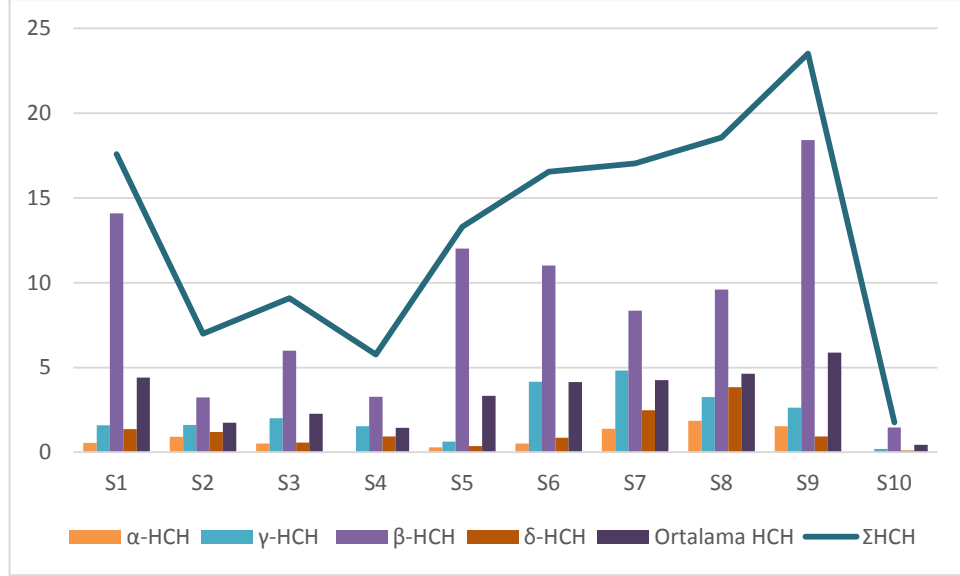
### 3.3.1.2. Sediment örneklerinde mevcut HCH konsantrasyonlar

Çalışma kapsamında Sapanca Gölü'nden 10 farklı noktadan toplanan sediment örneklerinde mevsimsel olarak OKP ölçümü yapılmıştır. Yapılan ölçümlerin sonuçları Tablo 3.13'te verilmiştir. Tabloya göre  $\alpha$ -HCH 2017 İlkbaharında en yüksek 7. istasyonda 2,25  $\mu\text{g}/\text{kg}$  konsantrasyonuna sahipken en düşük 1. istasyonda 0,33  $\mu\text{g}/\text{kg}$  değerini almıştır. 4, 6 ve 10. istasyonlarda ise ölçüm limitlerinin altında kalmıştır. Aynı dönemde  $\gamma$ -HCH 6. istasyonda 3,64  $\mu\text{g}/\text{kg}$  maksimum değerine sahipken en düşük konsantrasyonu 10. istasyonda 0,23  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 'dir. 4. ve 10. İstasyonlarda yapılan analizlerden ölçüm limitlerinin altında olduğu için sonuç alınamamıştır. Yine 2017 İlkbahar için  $\beta$ -HCH konsantrasyonlarını incelersek tüm izomerler arasında en yüksek olanın diğerlerinden daha kararlı olan  $\beta$ -HCH olduğunu görülebilir. Maksimum değerini 1. istasyonda 27,47  $\mu\text{g}/\text{kg}$  olarak alan  $\beta$ -HCH minimum değerini 8. istasyonda (12,39  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) almıştır. 2,3,4,6,7 ve 10. istasyonlarda ise bu mevsimde  $\beta$ -HCH tespit edilememiştir.  $\delta$ -HCH'ye bakıldığında tüm izomerler arasında en düşük konsantrasyonların bu izomerde olduğu sonucuna varılabilir. 2017 Yaz mevsiminde yapılan ölçümlerde tüm izomerlere rastlanmış olup en yüksek konsantrasyonlar yine  $\beta$ -HCH izomerinde gözlemlenmiştir. İzomerlere göre en yüksek konsantrasyonlar şöyledir  $\alpha$ -HCH, 1. istasyon 1,65  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,  $\gamma$ -HCH, 3. istasyon 1,18  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,  $\beta$ -HCH, 3. İstasyon 18  $\mu\text{g}/\text{kg}$  ve son olarak  $\delta$ -HCH, 2. istasyon 1,15  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Sonbahar 2017'de de  $\beta$ -HCH yine en yüksek miktarda karşılaşılan izomerdur ve maksimum konsantrasyonlar şu şekildedir;  $\alpha$ -HCH, 8. istasyon 6,19  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,  $\gamma$ -HCH, 7. istasyon 11,89  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,  $\beta$ -HCH, 9. İstasyon 42,92  $\mu\text{g}/\text{kg}$  ve  $\delta$ -HCH, 8. istasyon 9,97  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Kış mevsiminde de genel durum değişmemiş olup izomerlerin ölçüm sonuçlarına göre aldıkları maksimum değerler;  $\alpha$ -HCH, 5. istasyon 0,86  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,  $\gamma$ -HCH, 6. istasyon 6  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,  $\beta$ -HCH, 7. İstasyon 27,18  $\mu\text{g}/\text{kg}$  ve  $\delta$ -HCH, 8. istasyon 4,08  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 'dir.

**Tablo 3.14.** Nisan 2017-Nisan 2018 tarihleri arasında sediment örneklerinde mevcut HCH miktarlarının istasyonlara bağlı mevsimsel analiz sonuçları ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) (S; Sediment İstasyon Kodları)

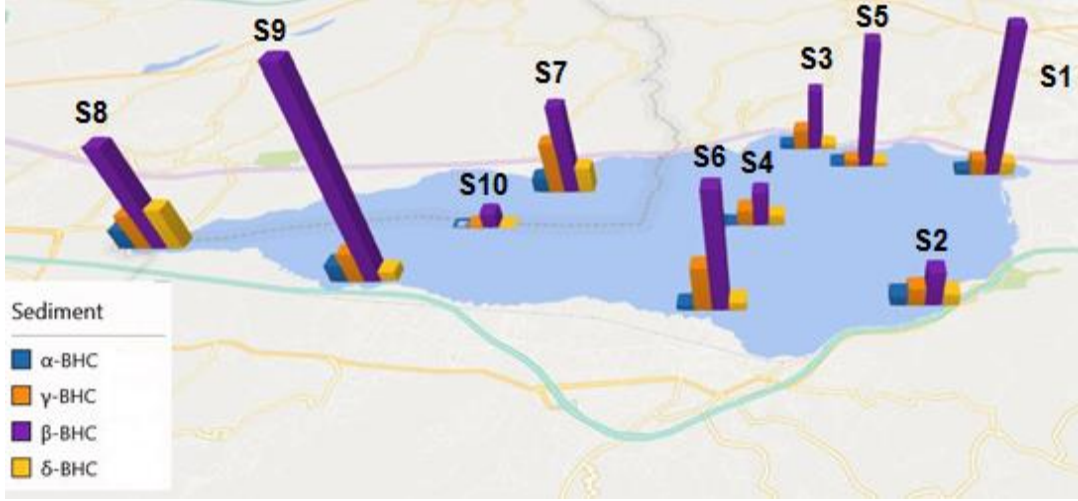
İstasyonlar	İlkbahar 17				Yaz 17			
	$\alpha$ -HCH	$\gamma$ -HCH	$\beta$ -HCH	$\delta$ -HCH	$\alpha$ -HCH	$\gamma$ -HCH	$\beta$ -HCH	$\delta$ -HCH
S1	0,333	2,098	27,468	TE	1,652	0,111	15,072	TE
S2	2,063	3,566	TE	TE	1,599	1,032	12,981	1,148
S3	1,532	0,440	TE	TE	TE	1,183	17,998	TE
S4	TE	TE	TE	0,500	TE	1,180	7,112	TE
S5	-	-	-	-	TE	0,600	3,600	TE
S6	TE	3,636	TE	TE	0,479	0,637	TE	TE
S7	2,250	2,330	TE	TE	0,279	0,937	6,267	TE
S8	0,654	0,940	12,393	1,314	0,623	0,894	5,431	TE
S9	1,644	TE	14,381	TE	0,475	0,418	16,364	TE
S10	TE	0,231	TE	TE	TE	0,326	TE	0,174
Sonbahar 17					Kış 18			
S1	0,205	1,294	TE	3,170	TE	2,902	13,817	2,269
S2	TE	1,567	TE	2,941	TE	0,318	TE	0,731
S3	TE	4,387	TE	1,708	-	-	-	-
S4	TE	4,238	TE	3,259	0,079	0,701	6,001	TE
S5	TE	TE	10,686	0,679	0,856	1,291	21,791	0,421
S6	1,409	6,380	40,312	0,724	0,163	5,999	3,735	2,716
S7	3,031	11,886	TE	8,292	TE	4,145	27,175	1,601
S8	6,187	9,335	TE	9,973	TE	1,868	20,551	4,083
S9	4,044	10,083	42,920	3,736	TE	TE	TE	TE
S10	TE	0,135	1,248	0,179	TE	0,080	4,634	0,076

Göllerde dip sedimenti pestisitlerin birikiminin tespit edilebileceği önemli bir kaynaktır (Hu ve Tao, 2022). Şekil 3.16’de Nisan 2017-Nisan 2018 tarihleri arasında sediment istasyonlarına bağlı HCH miktarlarının yıllık ortalamaları, ortalama HCH konsantrasyonları ve toplam HCH miktarları verilmiştir. Şekle göre HCH izomerlerinin en yüksek olduğu istasyon 9. istasyondur.  $\beta$ -HCH tüm istasyonlarda en baskın türdür ve toplam HCH,  $\beta$ -HCH konsantrasyonu ile paralel olarak ilerlemektedir. Dip sedimentindeki pestisit analiz sonuçları yıllar içinde gölün maruz kaldığı pestisitler ile ilgili bilgi vermektedir (Aydın ve ark., 2019). Bu birikim kaynaklı suda yapılan analizlere kıyasla sedimentte bulunan HCH konsantrasyonları oldukça yüksektir. Ancak sudan farklı olarak daha çok HCH içeren istasyonlar birbirinden farklıdır. Suda HCH izomerlerinin yıllık ortalamasının toplamı maksimum değerleri 2. ve 6. istasyonlarda ölçülürken, sedimentte bu değerler 1. ve 9. istasyonlarda gözlenmiştir.



**Şekil 3.16.** Nisan 2017-Nisan 2018 tarihleri arasında sediment istasyonlarına bağlı HCH miktarlarının yıllık ortalamaları, ortalama HCH ve toplam HCH miktarları ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) (S; Sediment istasyon kodları)

Şekil 3.16'da Sapanca gölü dip sedimentinde mevcut HCH tür ve miktarlarının istasyonlara göre, dağılımı ve Sapanca gölü üzerindeki konumları görülmektedir. Şekle göre HCH türleri 8,9,6 ve 1. istasyonlarda yüksek görülmektedir. Sapanca gölü havzası 1985 yılından bu yana mevcut tarım alanlarının yaklaşık % 5'ini ve orman arazilerinin %2,5'ünü kaybetmiştir. Bu kayıp özellikle Salmanlı Dağları'nın eteklerinde Sapanca ve Maşukiye İlçelerinin içinde bulunduğu bölgede nüfusun artması ile bu alanların yerleşim alanına dönüşmesi nedeniyle olmuştur (Kaçmaz ve ark., 2021). Yani geçmişte özellikle 1985 yılı öncesinde bu bölgede kullanılan HCH insektisi kalıntıları sedimentte gözlemlenebilmektedir. HCH izomerlerinin yüksek olduğu istasyonlarda tam olarak bu bölgeden yüzeysel akışla Sapanca Gölü'ne boşaldığı noktalaradır. Özellikle  $\beta$ -HCH'nin yüksekliği bu durumu kanıtlar niteliktedir. Aynı zamanda Yanık, Maşukiye ve Kurtköy dereleride 8 ve 9. istasyonlarının yakınına akmakta olup derelerle taşınımında HCH izomerlerindeki artışın önemli unsurlarındandır. Diğer yandan 1. istasyonda Sapanca Gölü'nün tek çıkış noktası olan Çark Deresi yakınında olup suyun akış yönünde olması nedeniyle de orada biriken sedimentte HCH kalıntılarını açıklamaktadır.



**Şekil 3.17.** Sapanca gölü dip sedimentinde mevcut HCH miktarlarının istasyonlara bağlı dağılımı (S; Sediment istasyon kodları) Şekil 3.15'in göl üzerinde görselleştirilmiş halidir.

Su ve sediment sürekli olarak birbiriyle etkileşim halindedir. Dolayısıyla da içerdikleri pestisit konsantrasyonunda birbirleri ile doğrudan ilişkilidir. Sedimentte mevcut organik karbon miktarına, su ve sedimentin pestisit konsantrasyonuna bağlı olarak su-sediment arasındaki pestisit geçişleri değişmektedir. Bu geçişin yönü fugasite oranı (uçuculuk kesri) yardımı ile belirlenmektedir (Eşitlik 2.1.  $f_{sed}/f_{su} = C_{sed} / (C_{su} \times 0.410 K_x K_{ow} x p_s)$ ).  $f_{sed}/f_{su} < 1$  ise pestisit geçişi sudan sedimente doğru,  $f_{sed}/f_{su} > 1$  ise sedimentten suya doğru pestisit geçişi vardır denilebilir (Mackay ve Paterson, 1981; Shen ve ark., 2017). Burada organik karbon verisi elimizde olmadığından Eşitlik 4.2. ( $OM = 1.7 \times OK$ ) kullanılmıştır. Mevsimlere ve istasyonlara göre yapılan fugasite değerleri  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\beta$  -HCH için  $< 1$  ve  $\delta$ -HCH ise  $> 1$  olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre  $\alpha$ ,  $\gamma$  ve  $\beta$ -HCH için yıl boyunca tüm istasyonlarda sudan sedimente geçiş söz konusu iken  $\delta$ -HCH sedimentten suya geçiş yapmaktadır.

### 3.3.1.3. Derelerde bulunan HCH konsantrasyonları

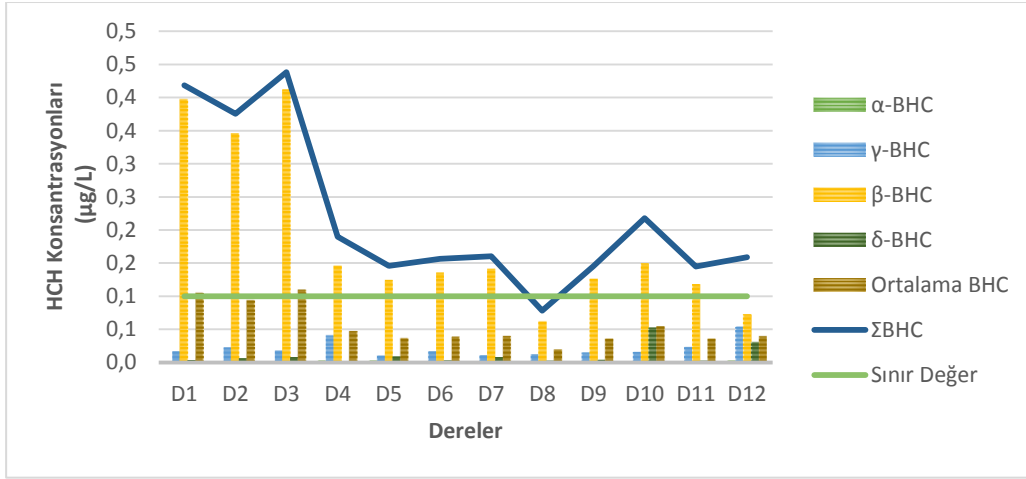
Çalışma kapsamında Sapanca Gölü'nü besleyen 11 ve gölden su taşıyan 1 olmak üzere 12 farklı derelerden numune alma dönemi boyunca ayda bir numune alınmıştır. OKP analizleri neticesinde tüm derelerde HCH izomerlerine rastlanmıştır. Analiz sonuçları Tablo A. 2.'de verilmiştir. Tabloya göre  $\alpha$ -HCH en az rastlanan izomerdur ve genel olarak ölçüm limitinin altında kalmıştır  $\alpha$ -HCH izomeri en sık 2017 Mayıs ayında görülmüş olup en yüksek derişimi Aralık 2017 ayında Mahmudiye deresinde (D4) 0,02  $\mu\text{g/L}$  şeklinde ölçülmüştür.  $\gamma$ -HCH, derelerde en sık rastlanan izomerdur ve analiz

yapılan 11 ayın 7'sinde en yüksek konsantrasyonları Çark deresi (D12)'nde ölçülmüştür. Tüm değerler içerisinde maksimum değerini  $\alpha$ -HCH 'ye benzer şekilde aralık ayında Mahmudiye Deresi'nde 0,23  $\mu\text{g/L}$  olarak tespit edilmiştir. Bu iki izomerin oranından su ortamına HCH girişinin geçmişi üzerinde yorum yapılabilmektedir. Aralık 2017'de Mahmudiye Deresi için  $\alpha$ -HCH/  $\gamma$ -HCH oranı 0,08'dir.  $\alpha$ -HCH/ $\gamma$ -HCH<1 olması geçmiş zamanlı deşarjları simgelemektedir. Tüm dereler için yıllık ortalamalarda bu oranı hesapladığımızda ise sonuçlar 0-0,15 arasında değişmekte olup Sapanca gölünü besleyen derelerde mevcut HCH kalıntılarının geçmiş zamanlı kullanımları işaret ettiği sonucuna varılmaktadır.

Diğer yandan  $\beta$ -HCH'ye ait sonuçlar incelendiğinde en sık rastlanan tür olmasa da en yüksek konsantrasyonlar bu izomerde görülmüştür. İzomerin maksimum konsantrasyonunu haziran ayında Sarp Deresi (D1)'nde 2,9  $\mu\text{g/L}$  olarak ölçülmüştür. Bu değer Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü yönetmeliğinde geçen 100 ng/L HCH sınır değerinin oldukça üzerindedir. Ancak Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde geçen 4  $\mu\text{g/L}$  sınırının da altındadır. Aralık 2017 ve Nisan 2018'de derelerde  $\beta$ -HCH kalıntısına rastlanmamıştır. Son olarak  $\delta$ -HCH maksimum değerini Ocak 2018'de Maden deresinde (0,5  $\mu\text{g/L}$ ) almıştır. Genel olarak  $\delta$ -HCH aylara bağlı en yüksek ortalama konsantrasyonunu Sapanca Gölü'nden çıkış yapan tek dere olan Çark Deresi'nde gözlemlenmiştir.

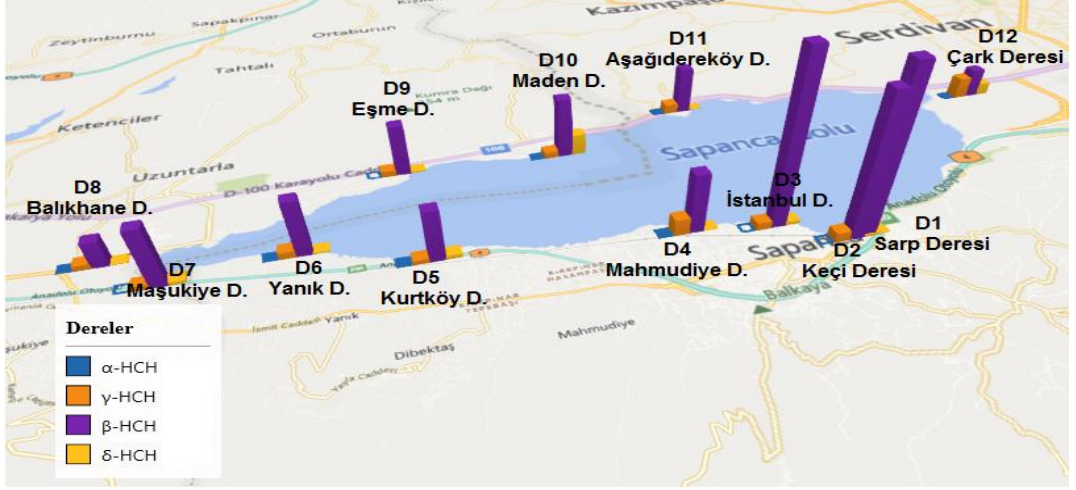
Şekil 3.18'de Sapanca gölünü besleyen derelerde mevcut HCH miktarlarının istasyonlara bağlı yıllık ortalamaları, tüm izomerlerin istasyonlara bağlı ortalamaları ve toplam HCH miktarları verilmiştir. Şekle göre yıllık ve istasyonlara bağlı olarak en yüksek konsantrasyonda bulunan HCH izomeri tüm derelerde  $\beta$ -HCH'dir. Toplam HCH miktarına bakıldığında da tüm istasyonlar için  $\beta$ -HCH ile paralel şekilde ilerlemiştir. Tüm dereler arasında toplamda en yüksek HCH konsantrasyonu Sarp (D1) ve İstanbul (D3) derelerinde görülmektedir. Ancak burada Çark Deresi (D12) dikkate değerdir çünkü tüm türler ortalama HCH miktarlarına yakın şekildedir. Çark Deresi gölden su çıkışının olduğu tek deredir ve bu özelliği ile gölün genel ortalamasını da temsil ettiği söylenebilir. Sapanca Gölü etrafındaki derelerin su kalitesi HCH kirliliği açısından, Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliklerine göre değerlendirildiğinde,  $\beta$ -HCH ve paralel şekilde  $\Sigma$ HCH Balıkhane deresi (D8) dışındaki tüm derelerde 0,1  $\mu\text{g/L}$  sınır değerinin üstünde seyretmektedir. Tüm dereler Yerüstü

Su Kalitesi Yönetmeliği'nde geçen 4 µg/L sınırının altında HCH içermektedir. Bu durumda tüm dereler HCH kirliliği açısından doğrudan içme suyu olarak kullanımları uygun olmasa da yer üstü su kalitesi yönetmeliğince uygun sınırlarda oldukları söylenebilir.



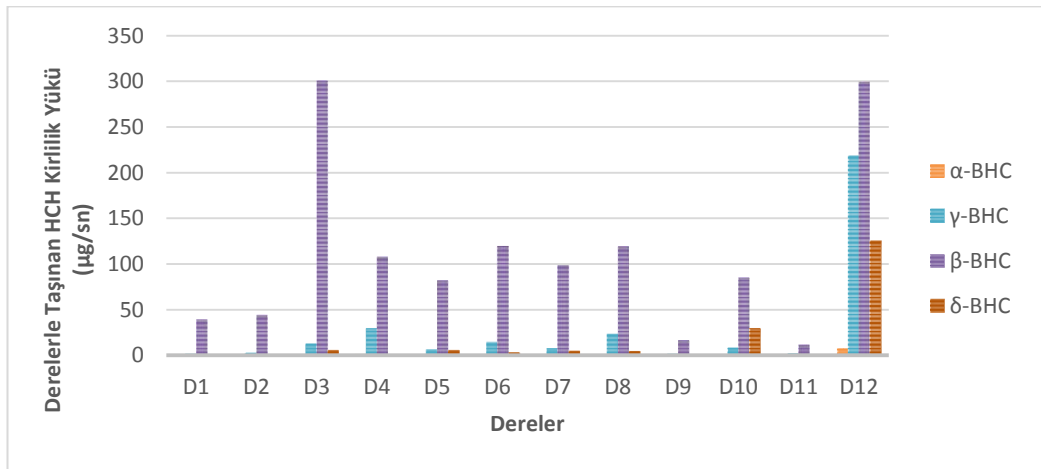
**Şekil 3.18.** Numune alma periyodunda Sapanca Gölü'nü besleyen derelerde mevcut HCH miktarlarının dağılımı, ortalama HCH miktarları ve toplam HCH miktarları (µg/L) (D; Dere istasyonları)

Şekil 3.19'da HCH izomerlerinin yıllık ortalamalarının Sapanca üzerinde konumlandırılmış hali verilmiştir. Şekle göre Sarp, Keçi ve İstanbul dereleri en yüksek HCH miktarlarına sahipken Balıkhane deresi en düşük konsantrasyona sahiptir. Şaşırtıcı şekilde yüksek miktarda HCH içeren dereler yerleşim alanları ve tarım arazilerinden daha ziyade yerleşim yerleri ve tarım yapılmayan ormanlık arazilerden geçerken Balıkhane deresi ekili ve dikili tarım yapılan arazilerle çevrilidir (Şekil 2.4). HCH izomerleri meyve, sebze ve ağaçları böceklere karşı korumak için kullanılmasının yanı sıra hayvan ve hayvan barınaklarında uyuz, baş biti tedavi ve kontrolü için kullanılmıştır (Chen, 2005). Bu bölgede yüksek miktarda tespiti böceklere karşı kullanımı da olmuş olabilir. Göl özelinde bütüncül bir yaklaşımla baktığımızda göl istasyonlarından 6 numaralı istasyonda hem suda hem de sedimentte mevcut HCH kontaminasyonunun derelerden etkilenmiş olması ihtimaller dahilindedir.



**Şekil 3.19.** Sapanca gölünü besleyen dereler ve konuma bağlı yıllık ortalama HCH miktarlarının dağılımı

Burada derelerin debilerine dikkat çekmek gereklidir (Tablo 3. 9). Balıkhane deresi Sapanca gölüne su taşıyan en yüksek debili dere iken Keçi ve Sarp dereleri en az suyu taşıyan derelerdendir (Demirel, 2021). Derelerdeki pestisit konsantrasyonunun yanı sıra Sapanca Gölü üzerindeki pestisit kirliliği üzerindeki etkileri de göz önünde bulundurulmalıdır. Tüm dereler arasında en yüksek debi gölden su taşıyan Çark deresine aittir. Şekil 3.20’de derelerin göle taşıdıkları su miktarına bağlı olarak hesaplanan yıllık ortalama HCH kirlilik yükleri verilmiştir. Şekil 3.18 ve Şekil 3.20 birlikte incelenmelidir. Şekil 3.18’e göre Sarp ve Keçi dereleri HCH açısından riskli görünmektedir. Ancak Şekil 3.20’ye bakıldığında debilerine bağlı olarak Sapanca Gölü’ne taşıdıkları kirlilik yükü açısından İstanbul Dere(D3), Yanık Deresi (D6) ve Balıkhane Deresi (D8) çok daha fazla risk teşkil etmektedir.



**Şekil 3.19.** Sapanca gölünü besleyen derelerin göle taşıdıkları HCH kirlilik yükleri(µg/sn) (D; Dere istasyonları)

Diğer yandan Çark deresi kendine en yakın debiye sahip Balıkhane deresinden bile 2 kat fazla su taşımaktadır. Buna bağlı olarak sahip olduğu HCH izomerlerinin konsantrasyonları düşük olsa da gölün dışına taşıdığı HCH yükü  $\beta$ -HCH dışında tüm izomerlerde maksimum miktardadır.

#### **3.3.1.4. Yeraltı suyunda mevcut HCH konsantrasyonları**

OKP'ler yarılanma ömürleri uzun olması sebebiyle kullanıldığı topraklarda uzun yıllar kalabilir ve yasaklanmalarına rağmen günümüzde bile toprakta varlıklarını sürdürerek topraktan sızma yoluyla yeraltı sularına karışabilirler. Tarım ilaçlarının yer altı sularına karışması toprağın özellikleri, aşırı ilaç kullanımı ve bilinçsiz/ aşırı sulama gibi etkenlere bağlıdır (Atasoy, 2019). Sapanca Gölü'ne yakın noktalarda bulunan 14 kuyudan yer altı suyunu temsilen numune alma dönemi içerisinde ilkbahar ve yaz mevsimlerinde su örnekleri alınıp OKP analizleri yapılmıştır. Tablo Tablo 3.15.'de yapılan OKP analizlerinde HCH izomerlerine ait sonuçlar listelenmiştir. Tabloya göre analizi yapılan HCH türlerinin tamamı neredeyse tüm kuyularda mevcuttur. Numune alınan tüm alanlarda olduğu gibi kuyularda da  $\beta$ -HCH baskın izomerdir.  $\alpha$ -HCH/  $\gamma$ -HCH oranları incelendiğinde genel olarak 1'in üstünde değerler aldıkları görülmüştür. Bu durumda buradaki kontaminasyonun tarihsel kaynaklı olduğu söylenebilir. 6 kuyuda  $\alpha$ -HCH izomerine rastlanmamıştır. Tüm izomerler için ölçülen en yüksek konsantrasyon 7. kuyuda 0,24  $\mu\text{g/L}$   $\beta$ -HCH'dir.

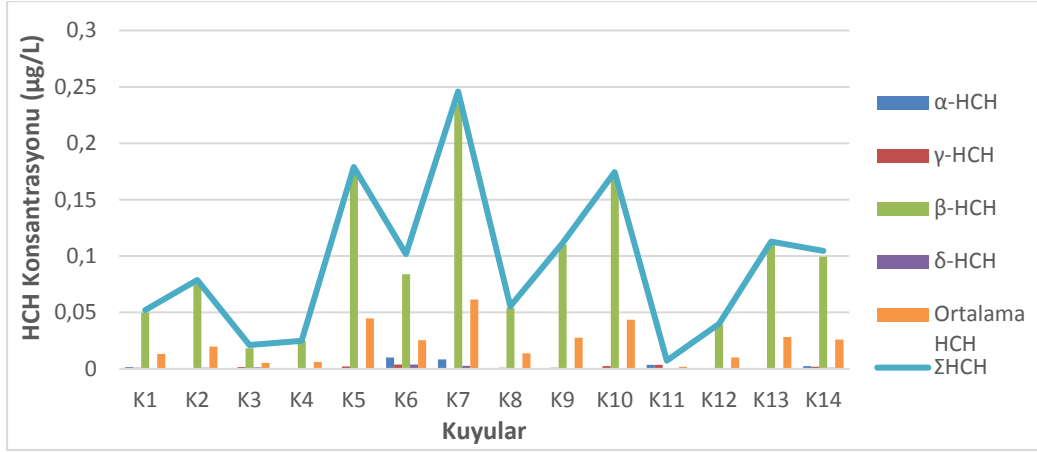


**Tablo 3.15.** Sapanca Gölü'nü besleyen kuyularda mevcut HCH konsantrasyonları ( $\mu\text{g/L}$ )

İstasyonlar	$\alpha$ -HCH	$\gamma$ -HCH	$\beta$ -HCH	$\delta$ -HCH	$\Sigma$ HCH	Ortalama HCH
K1	0,002	0,001	0,05	TE	0,05	0,01
K2	0,001	0,001	0,08	0,001	0,08	0,02
K3	0,0002	0,002	0,02	0,001	0,02	0,005
K4	TE	TE	0,03	TE	0,03	0,01
K5	TE	0,002	0,18	TE	0,18	0,05
K6	0,01	0,004	0,08	0,004	0,10	0,03
K7	0,01	0,001	0,24	0,003	0,25	0,06
K8	TE	0,001	0,05	0,0002	0,05	0,012
K9	TE	0,001	0,11	TE	0,11	0,03
K10	TE	0,002	0,17	0,0002	0,17	0,04
K11	0,003	0,004	TE	TE	0,01	0,002
K12	0,0003	TE	0,04	0,0002	0,04	0,01
K13	TE	0,001	0,11	TE	0,11	0,03
K14	0,002	0,002	0,09	0,001	0,11	0,03

K; Kuyu İstasyon Kodları, TE; Tespit Edilemedi

‘Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik’ gereğince tüm pestisit türleri için  $0,1 \mu\text{g/L}$  değeri aşılamazken, toplam pestisit konsantrasyonu  $0,5 \mu\text{g/L}$  üzerine çıkmamalıdır. Şekil 3.20’de kuyularda mevcut HCH miktarları, toplam HCH ve ortalama HCH değerleri verilmiştir. Buna göre en yüksek HCH kontaminasyonu 6 numaralı kuyuda görülürken en düşük kirlilik 3 numaralı kuyudadır. Sınır değerler üzerinden değerlendirilirse tür bazında  $0,1 \mu\text{g/L}$ ’lik sınır değeri 5,7,9,10 ve 13 numaralı kuyulardaki HCH kontaminasyonu aşmaktadır. Ancak toplam pestisit açısından diğer türlerden bağımsız bakıldığında tüm kuyular sınır değerler içerisinde. Tüm bu bilgiler ışığında Sapanca gölü civarındaki kuyuların HCH kirliliğine maruz kaldığı doğrudan kullanımının riskli olduğu düşünülmektedir. Sapanca gölü üzerindeki etkisinin ortalama değerler üzerinden olabileceği varsayımı ile ortalama HCH miktarları tüm kuyular için sınır değerler altındadır. Bu sebeple HCH açısından kuyuların Sapanca gölü için çok büyük bir etkiye sahip olmadığı söylenebilir.



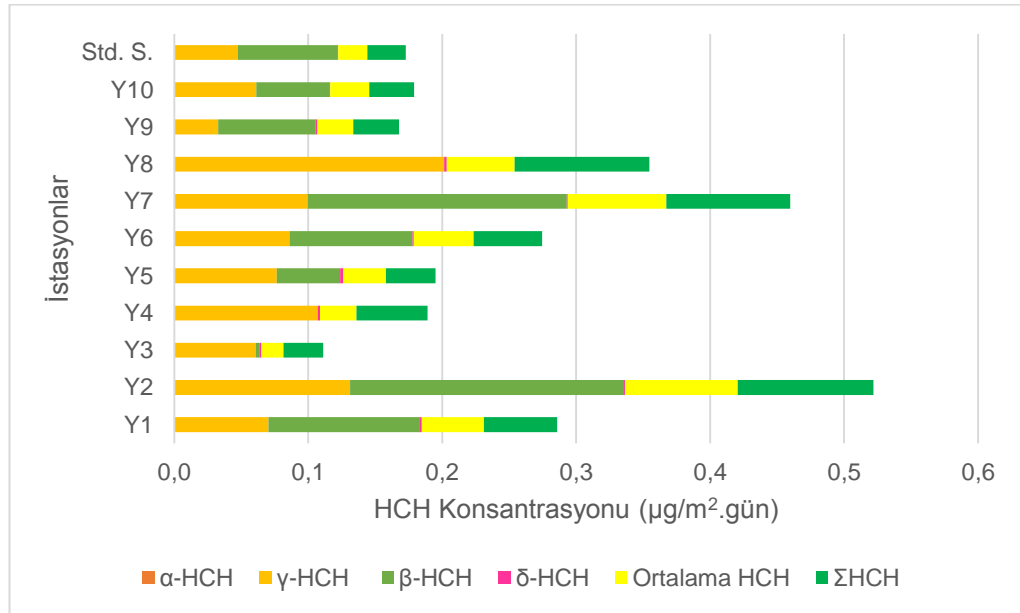
**Şekil 3.20.** Sapanca Gölü etrafındaki kuyularda mevcut HCH miktarları, toplam HCH ve ortalama HCH değerleri (µg/L).(K: Kuyu istasyonları)

### 3.3.1.5. Yağmur suyu numunelerinde mevcut HCH konsantrasyonları

Numune alma dönemi içerisinde alınan yağmur suyu örneklerinde OKP analizleri yapılmış tespit edilen HCH türlerinin Sapanca gölü üzerindeki akı değerleri Tablo A.3.'de görüldüğü gibidir. Tabloya göre yağmur suyunda tespit edilen HCH izomerlerinin en sık karşılaşılan türün  $\gamma$ -HCH (Lindan) olduğu görülmektedir.  $\gamma$ -HCH ölçüm yapılan 11 ayda neredeyse bütün istasyonlarda tespit edilmiştir. Maksimum konsantrasyonlarını ise Ocak ve Şubat 2018'de 8. istasyonda sırasıyla 1,24 ve 0,60  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{gün}$ 'dür. Su, sediment, dereler ve yeraltı sularında yapılan analizlerde en baskın tür  $\beta$ -HCH iken yağmur suyunda durum değişmiştir. Nisan, Ağustos, Kasım 2017 ve Ocak, Mart, Nisan 2018'de yağmur suyu örneklerinde  $\beta$ -HCH ölçüm sınırlarının altında kalmıştır. Diğer aylarda en az 1 istasyonda  $\beta$ -HCH görülürken en yüksek konsantrasyonları Ekim 2017'de (2,15  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{gün}$ ) ölçülmüştür.  $\alpha$ -HCH izomeri ise sadece Temmuz 2017'de 1. istasyonda 0,004  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{gün}$  olarak belirlenmiştir.  $\delta$ -HCH izomeri için en yüksek konsantrasyon Eylül 2017'de 9. istasyonda 0,0009  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{gün}$  'dür. Şubat ve Nisan 2018'de de  $\delta$ -HCH bütün istasyonlarda ölçüm limitlerinin altındadır.

Şekil 3.21'de yağmur numunelerinde ölçülen HCH konsantrasyonlarına bağlı Sapanca gölü üzerindeki akılarının yıllık ortalamaları, istasyon bazlı HCH izomerlerinin ortalaması, toplam HCH miktarları ve HCH izomerlerinin istasyonlara bağlı standart sapma değerleri verilmiştir. Diğer ortamlarda  $\beta$ -HCH'nin toplam HCH miktarını etkilediği gibi yağmur suyunda da genel olarak  $\gamma$ -HCH etkilidir. Grafik istasyonlar bazında incelendiğinde toplam HCH pik noktasına 2. istasyonda ulaşmaktadır. Burada hem  $\gamma$ -HCH hem de  $\beta$ -HCH'nin yüksek olması toplan HCH miktarını zirveye

çıkarmıştır. Onu takip eden 7. istasyonda da aynı durum söz konusudur. Yağmur suyunda yoğun şekilde HCH izomerlerinin özellikle de en toksik olan  $\gamma$  izomerin çok olması önem arz etmektedir. Pestisitler genel olarak üç şekilde havaya karışır, spreyleme uygulaması sırasında buharlaşarak, topraktan buharlaşma yoluyla ve rüzgarla taşınım yoluyla. Burada diğer ortamlara bakmak gerekir su, sediment, dere ve kuyularda daha çok bozunmaya en dayanıklı tür olan  $\beta$ -HCH yoğunluğu vardır. Ancak yağmur sularında kendi başına bir pestisit olan ve doğrudan kullanılabilen bir tür olan olarak  $\gamma$ -HCH daha yoğundur. Bu durum buharlaşmadan ziyade rüzgarlar taşınım yoluyla ve spreyleme sonucu bölgeye gelmiş olması ihtimallerini düşündürmektedir. Diğer yandan toplam HCH'nin en yüksek çıktığı 2. istasyonla derelerde maksimum toplam HCH ölçülen Sarp Deresi konumsal olarak birbirine çok yakındır.



**Şekil 3.21.** Yağmur Suyu Örneklerindeki HCH Konsantrasyonlarına Bağlı Akı Değerlerinin İstasyonlara Göre Dağılımı ( $\mu\text{g}/\text{m}^2.\text{gün}$ )

Yağmur sularında ölçülen HCH konsantrasyonu. Sapanca Gölü özelinde ve o bölgede dikkate değer bir bilgidir. Zira havadan gelen toksik bir kimyasal bölgede ve gölde yaşayan tüm canlılar için tehlike arz etmektedir.

### 3.3.1.6. Toprak örneklerinin HCH açısından değerlendirilmesi

Organoklorlu pestisitler grubundan olan HCH hidrofobik olması nedeni ile sudan ziyade toprak ve sedimentte adsorbe olur ve bu ortamlarda daha kalıcıdır. Düşük polariteleri nedeniyle, HCH' ler toprak ve sedimentte tutunma eğilimi içerisindedirler (Willett ve ark., 1998).

Sapanca gölü etrafından alınan toprak numunelerinde yapılan OKP analizlerinde elde edilen HCH konsantrasyonları Tablo 3.16.'da verilmiştir. Tabloya göre HCH izomerlerine ait en yüksek konsantrasyonlar İlkbahar mevsiminde görülürken onu takip eden Sonbahar mevsimindeki HCH miktarlarıdır. Kış mevsiminde en düşük konsantrasyonlar görülürken, Yaz mevsimi Kışa göre yüksek ancak bahar mevsimlerine göre düşük miktarda HCH içermektedir. HCH izomerlerinin uygulandıkları tarım arazisinden uzaklaşma hızları  $\alpha > \gamma > \delta > \beta$  şeklinde görülmektedir (Willett ve ark., 1998). Toprakta da su, sediment, dereler ve kuyularda olduğu gibi en yüksek konsantrasyonlara sahip izomer  $\beta$ -HCH'dir. Maksimum konsantrasyonu 8. istasyonda ilkbahar mevsiminde 17,34  $\mu\text{g}/\text{kg}$  olarak ölçülmüştür. Onu takip eden  $\alpha$ -HCH Sonbahar 2017'de 1.istasyonda 1,06  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 'lik en yüksek konsantrasyonda tespit edilmiştir. İlkbaharda  $\gamma$ -HCH diğer mevsimlere kıyasla oldukça yüksek konsantrasyonlarda (maksimum 2,22  $\mu\text{g}/\text{kg}$  2. istasyon) ölçülmüştür.  $\delta$ -HCH ise sadece İlkbaharda tüm istasyonlarda gözlemlenmiş ve 2.istasyonda 1,25  $\mu\text{g}/\text{kg}$  olarak belirlenmiştir.

HCH izomerlerinin toprakta tutunma ve bozunmasının yoğunluğu fizikokimyasal parametrelere (pH, redoks potansiyeli, %nem, %organik madde, sıcaklık ve toprağın özellikleri) ek olarak dağılım katsayısı ( $K_d$ )'de önem arz etmektedir (Manz ve ark., 2001; Connell, 2005). Tablo 3.6.'da numune alma döneminde alınan toprak örneklerinde yapılan pH, % nem ve % organik madde değerleri verilmiştir. Bu tablo ve Tablo 3.13. birlikte incelendiğinde parametrelerle ilişkileri gözlemlenebilir. Nitekim Tablo 3.13.'de yapılan korelasyon analizinde  $\gamma$ -HCH ve fizikokimyasal parametreler arasında ilişki gözlemlenmiştir.

Topraktaki HCH kontaminasyonunun sebebinin yakın tarihli ya da geçmiş kaynaklı olup olmadığını belirlemek için yapılan hesaplardan  $\alpha/\gamma$ -HCH oranları hesaplanmıştır. Sonuçlara göre ilkbaharda 0,026 – 3,2 arasındadır ancak istasyon bazlı bakıldığında sadece 8. istasyonda 1'den büyük çıkmıştır. Bu durum kontaminasyonun sadece 8. istasyonda yeni olmadığını diğerlerinin tamamında yeni bir deşarjın sözü konusu olduğunu göstermektedir. Diğer yandan ilkbahar dışındaki tüm mevsimlerde neredeyse bütün istasyonlar için  $\alpha/\gamma$ -HCH 1'in üzerinde çıkmıştır. Yani HCH maruziyeti yeni değildir. Bu durumda kullanımı yasak olan lindan'ın kullanımının ilkbahar mevsiminde yapıldığı düşünülebilir.

Ülkemiz yönetmeliklerinde topraktaki pestisit kontaminasyon miktarı ‘Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik’ kapsamında sınırlandırılmıştır. Tablo 3.12. 'de verilen sınır değerlere göre HCH kontaminasyonunu yorumlarsak toprağın deriyle teması veya yutulması gibi risklere karşı analizi yapılan bölgede HCH açısından sınır değerler aşılmamıştır. Ancak yer altı sularına karışması durumunda  $\alpha$  izomeri sınır değerlerin üzerinde seyrederken,  $\beta$  izomeri akiferin yakınlığına bağlı olarak sınır değerler üstüne çıkmıştır.

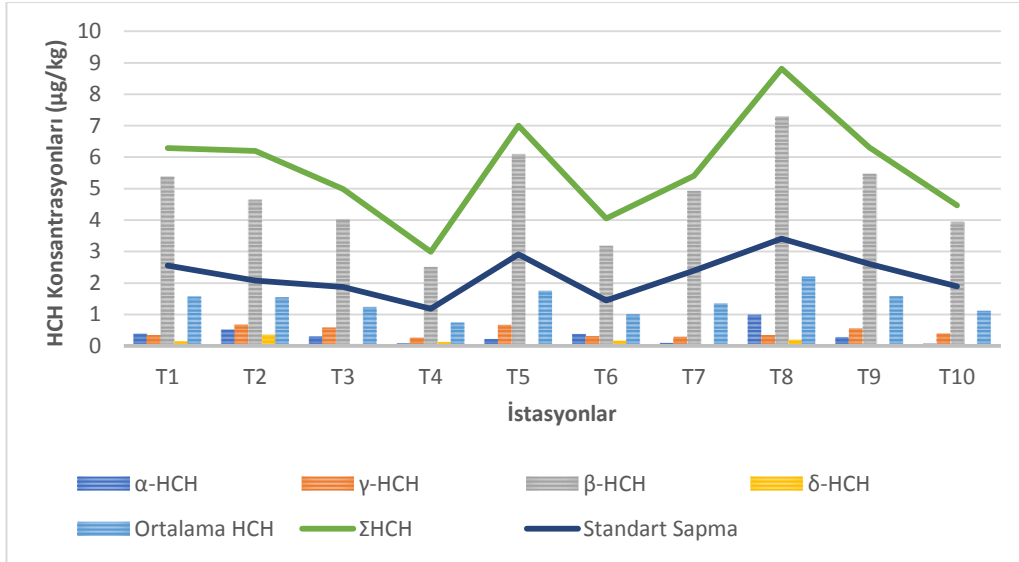
**Tablo 3.16.** Numune alma döneminde toprak örneklerinde bulunan HCH tür ve miktarları ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )

İstasyonla r	İlkbahar 17				Yaz 17			
	$\alpha$ - HCH	$\gamma$ - HCH	$\beta$ - HCH	$\delta$ - HCH	$\alpha$ - HCH	$\gamma$ - HCH	$\beta$ - HCH	$\delta$ - HCH
T1	0,29	1,16	12,21	0,36	0,26	0,12	3,51	0,083
T2	0,73	2,22	16,13	1,25	0,11	TE	TE	TE
T3	0,18	1,22	13,35	0,24	1,05	0,24	TE	TE
T4	0,13	0,43	5,21	0,034	0,017	0,21	TE	TE
T5	0,16	1,14	11,86	0,075	TE	0,50	TE	TE
T6	0,88	0,98	12,73	0,041	TE	0,18	TE	TE
T7	0,34	1,08	14,12	0,22	TE	0,003	TE	TE
T8	3,78	1,17	17,34	0,77	TE	TE	TE	TE
T9	0,33	1,14	13,16	0,021	TE	TE	TE	TE
T10	0,025	0,94	8,73	0,17	TE	0,51	TE	TE
	Sonbahar 17				Kış 17			
T1	1,06	0,11	TE	0,11	TE	TE	5,87	TE
T2	0,59	0,40	TE	0,15	0,65	0,049	2,48	TE
T3	TE	TE	TE	TE	TE	0,87	2,819	TE
T4	0,22	TE	TE	0,45	TE	0,46	4,83	TE
T5	0,75	0,99	11,05	TE	TE	TE	1,49	TE
T6	0,615	0,078	TE	0,61	0,046	0,047	TE	TE
T7	TE	0,068	5,65	TE	0,10	0,020	TE	TE
T8	TE	0,16	10,27	TE	0,13	0,040	1,59	TE
T9	0,53	1,02	TE	TE	0,25	0,016	8,73	TE
T10	TE	0,13	4,12	TE	0,32	0,004	2,93	TE

T; Toprak istasyon kodları, TE; Tespit edilemedi

Şekil 3.22’de toprak numunelerinde istasyonlarına bağlı HCH miktarlarının yıllık ortalamaları, ortalama HCH ve toplam HCH miktarları verilmiştir. Şekil incelendiğinde yıllık ortalama bazında tüm istasyonlarda ölçülen  $\beta$ -HCH diğer izomerlerden oldukça yüksektir ve toplam HCH’de bu izomerle paralel seyretmektedir. T8 ve T9 konum itibari ile hali hazırda ekili tarım arazileri arasındadır. T5 ise dikili tarım yapılan bir bitki yetiştiriciliği tesisinin yakınındadır. En düşük ortalamalara sahip olan T4 ise Sapanca kenarında halka açık bir piknik sahasıdır. T1

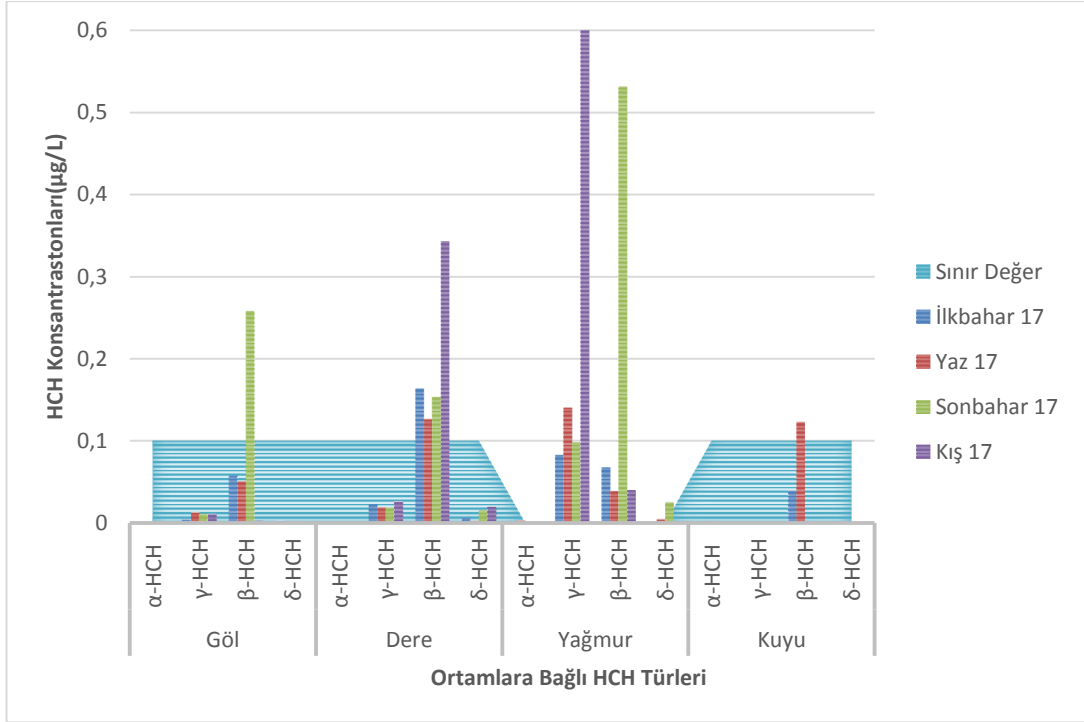
şu anda hali hazırda bir park arazisi olup geçmişte tarım arazisi olarak kullanılması muhtemel bir bölgede yer almaktadır. Tüm bu istasyonlarda parçalanması en zor izomer olan  $\beta$ -HCH'nin en yüksek konsantrasyonlarda çıkması da tarihsel kullanım ya da taşınım ile gelme olasılıklarını desteklemektedir.



**Şekil 3.22.** Nisan 2017-Nisan 2018 tarihleri arasında toprak numunelerinde istasyonlarına bağlı HCH miktarlarının yıllık ortalamaları, ortalama HCH, toplam HCH miktarları ve standart sapma değerleri (µg/kg)

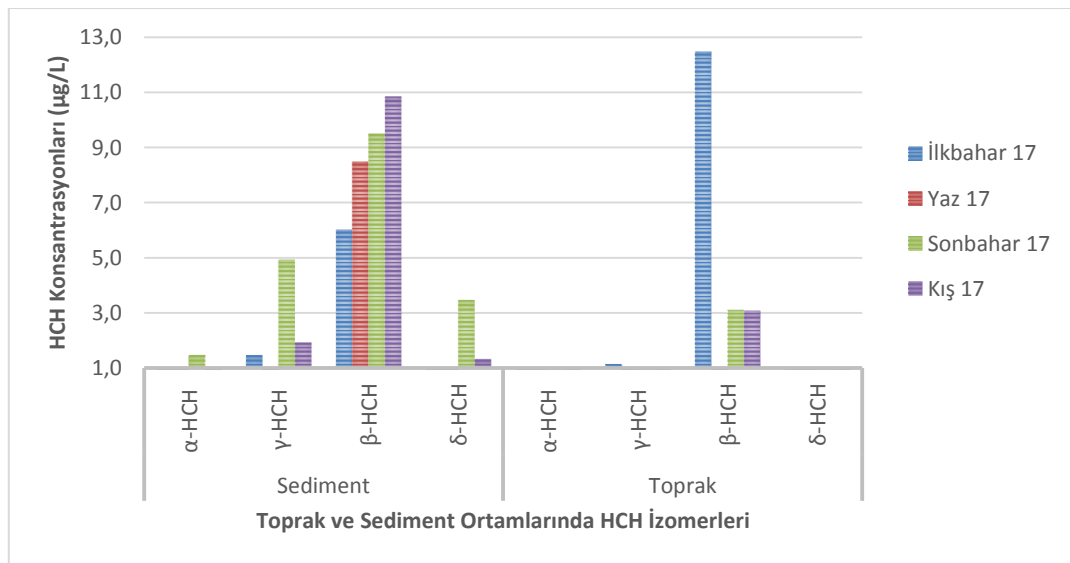
### 3.3.1.7. HCH kirliliğinin genel değerlendirmesi

Bu bölüme kadar HCH kontaminasyonunun farklı ortamlardaki durumu incelenmiştir. Genel bir değerlendirme yapılabilmesi için Sapanca gölüne etki eden tüm ortamlardaki HCH izomerlerinin konsantrasyonlarını mevsimsel olarak dağılımını gösteren Şekil 3.23 ve Şekil Şekil 3.24'teki grafikler çizilmiştir. Şekil Şekil 3.23'e göre göl, dereler ve kuyularda tüm mevsimlerde  $\beta$ -HCH en yüksek konsantrasyonlara sahiptir. Bu durum Şekil 3.24.'de gösterilen toprak ve sedimentte de aynı şekildedir Ancak yağmur analizlerinde maksimum seviyeler  $\gamma$  izomerinde görülmüştür. Gölde sonbaharda kirlenici düzeyleri yükselirken, derelerde ve yağmurda kış mevsiminde tepe noktasına çıkmıştır. Kuyular ise yaz mevsiminde en yüksek noktada gözlemlenirken kış ve sonbaharda numune alınamaması nedeniyle mevsimsel değerlendirmede bir sonuç çıkarmak doğru olmayacaktır.



**Şekil 3.23.** Göl, Dere, Yağmur ve kuyu suyu numunelerinde mevsimlere bağlı HCH miktarlarının karşılaştırılması

Şekil 3.24'te sediment ve toprak numunelerinde ölçülen HCH izomerlerinin mevsimlere göre dağılımı verilmiştir. Sediment analizlerinde sonbahar ve kış mevsimleri en yüksek değerler gözlemlenirken ilkbahardan kışa doğru artan bir trend görülmektedir. Ancak toprak numunelerinde ilkbaharda ölçülen β-HCH oldukça yüksektir.



**Şekil 3.24.** Sediment ve toprak numunelerinde mevsimlere bağlı HCH miktarlarının karşılaştırılması

Bu veriler mevcut HCH kontaminasyonunun tüm ortamlar için bir rezervuar görevi gören Sapanca gölünde de etkileri açıkça görülmektedir. Bu kirliliğin halihazırda sınır değerleri aşmadığı görülmekte ancak kontrol edilmemesi durumunda içme suyu kaynağı olan bir göl için tehlike arz edeceği düşünülmektedir.

### **3.3.2. Aldrin, Dieldrin, Endrin, Endrin Aldehit ve Endrin Ketone analiz sonuçları**

Aldrin, Dieldrin, Endrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton Sapanca Gölü'nde ve tüm diğer ortamlarda varlığı araştırılan OKP türlerindedir. Aldrin, Dieldrin, Endrin siklodien pestisitler grubundadırlar. Ortak özellikleri suda çok düşük çözünürlüklerinin olması, yağ tabakasında ise çözünürlükleri yüksek olması ve bozunmaya karşı dirençli olmalarıdır. Bu özellikleri dolayısıyla çevrede dağılımları ve kalıcılıkları yüksektir ve biyoküttelede birikim gösterirler. Log K<sub>ow</sub> değerleri Dieldrin hariç biyobirikim aralığındadır (5-7 arasında). Aynı zamanda K<sub>d</sub> değerleri 'de yüksektir ve bu sebeple toprak ve sediment üzerinde tutunmalarını sağlamaktadır (Zitko, 2003). Endrin, Aldrin ve Dieldrin 'den çok daha toksiktir (Syafudin ve ark., 2021).

#### **3.3.2.1. Gölde bulunan Aldrin, Dieldrin, Endrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton miktarlarının değerlendirilmesi**

Sapanca Gölü'nde yapılan Aldrin Dieldrin, Endrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton analizleri Nisan 2017 ile Nisan 2018 arasında her ay yapılmış olup tespit edildiği aylar ve sonuçları Tablo 3.17'de listelenmiştir. Tabloya göre Aldrin ve Dieldrin Nisan, Mayıs, Haziran 2017'de ve Nisan 2018'de tespit edilememiştir. Bunun yanında Aldrin kontaminasyonu ile Ekim 2017'de de karşılaşmamıştır. Genel olarak gölde çok karşılaşılmayan türlerden Aldrin'in maksimum konsantrasyonu Ocak 2018'de 1. istasyon yüzeyde 0,029 µg/L ölçülmüştür. Dieldrin, Aldrin'in parçalanma ürünüdür ve Aldrin'i daha az uçucu yapma girişimleri sonucunda ortaya çıktığı öne sürülmüştür (Zitko, 2003). Dieldrin'de Aldrin gibi Sapanca Gölü'nde sık karşılaşılmayan türlerden biri olup Ekim 2018'de 2. istasyon yüzey suyu numunesinde 1,34 µg/L gibi oldukça yüksek bir konsantrasyona rastlanmıştır. Aldrin ve Dieldrin maddelerinin her ikisi için 'Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği' kapsamındaki sınır değeri 10 ng/L iken 'Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde Aldrin için 0,01 µg/L ve Dieldrin için 0,93 µg/L'dir. Yıllık ortalama bazında incelediğimizde Aldrin 0,0008 µg/L ve Dieldrin 0,0115 µg/L 'dir ve bu değer



'Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği'ne göre sınırlar üzerindeyken 'Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'ne göre sınır değerler içerisinde. Aldrin ise her iki yönetmeliğe uygun değerler almıştır.

Yıl boyunca gölde sadece Temmuz 2017'de 1.(dip 0,301, yüzey 0,281 µg/L), 3. (orta 0,0981 µg/L) ve 4. (dip 0,222 ve orta 0,039 µg/L) istasyonlarda Endrin örneğine rastlanmıştır. Endrin'in 'Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği' kapsamındaki sınır değeri 5 ng/L iken 'Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde bu değer 0,01 µg/L'dir. Temmuz 2017'de Sapanca Gölü'nde ölçülen bu değerler, her iki yönetmelik içinde sınır değerler üzerindedir. Ancak Endrin'in hızlı bozunma özelliği ve suda düşük çözünürlüğü dolayısı ile diğer aylarda görülmemiştir. Ancak numune alma dönemi boyunca Endrin'in bozunma ürünleri Endrin Aldehit'e tüm aylarda, Endrin Keton'a ise Mayıs 2017 dışında her ay rastlanmıştır. Endrin Aldehit'in yıllık bazda genel ortalaması 0,016 µg/L iken Endrin Keton'un 0,031 µg/L'dir. Yönetmeliklerde bu iki madde yer almadığından Endrin ile aynı sınır değerlerde olduğu kabulünde bu maddeler her iki yönetmelik içinde sınır değerler üzerindedirler (Tablo 3.7). Endrin Aldehit'in en yüksek konsantrasyonu Ekim 2018'de 2. istasyon dip ve yüzeyde sırasıyla 0,46 ve 0,50 µg/L şeklinde ölçülmüştür. Endrin Keton'un ölçülen en yüksek konsantrasyonu da Endrin Aldehitte olduğu gibi Ekim 2018'da 2. istasyon yüzeyde 0,94 µg/L olarak tespit edilmiştir.

Diendrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton türlerinin üçünün de maksimum konsantrasyonlarının Ekim 2017'de 2. istasyonda ölçülmüştür. 2. istasyon tarım arazileri ve turistik tesislerin olduğu kıyılara yakındır. Bu birikim tarımsal kaynaklı ya da orman arazisinde zararlılarla mücadele için kullanılmış olabileceği gibi turistik tesislerden kaynaklı da olabilir. Teknik Endrin %96,6 saftır ancak içerisinde eser miktarda Aldrin, Diendrin ve bazı safsızlıklar mevcuttur. Endrin hızlıca Endrin Aldehit ve Endrin Keton'a ayrışır o yüzden çevrede kalması bulunduğu alanın koşulları ile bağlantılı olduğu gösterilmiştir (Syafudin ve ark., 2021). Atmosferik taşınım ihtimali için yağmur suyu analiz sonuçlarına bakıldığında ise yılın hiçbir dönemi herhangi bir kalıntıya rastlanmamıştır.

**Tablo 3.17.** Sapanca Gölü'nde istasyonlara ve derinliğe bağlı Aldrin, Dieldrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton konsantrasyonları (µg/L)

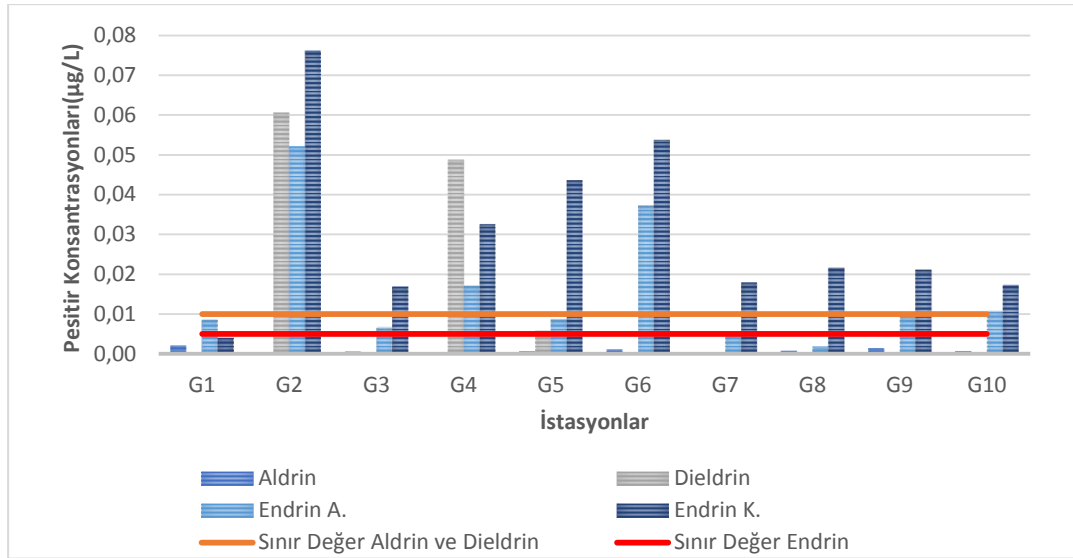
İST.	Nisan 17				Mayıs 17				Haziran 17				Temmuz 17				Eylül 17			
	A	DE	EA.	EK.	A	DE	EA.	EK.	A	DE	EA.	EK.	A	DE	EA.	EK.	A	DE	EA.	EK.
1-D	TE	TE	0,052	0,011	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,035	0,034	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
1-Y	TE	TE	0,022	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,012	TE	TE	0,012	TE	TE	TE	TE	TE
2-D	TE	TE	0,006	0,027	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,055	0,028	TE	0,117	TE	TE	TE	TE	TE	TE
2-O	TE	TE	0,042	0,040	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,032	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
2-Y	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,049	TE	TE	TE	TE	0,015	TE	TE	0,004	TE	TE	TE	TE	TE
3-D	TE	TE	TE	0,033	TE	TE	0,007	TE	TE	TE	0,010	0,010	-	-	-	-	TE	TE	TE	TE
3-O	TE	TE	0,022	0,028	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,021	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
3-Y	TE	TE	0,075	0,110	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,015	-	-	-	-	TE	TE	TE	TE
4-D	TE	TE	0,131	0,049	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,003	0,020	TE	TE	TE	TE	-	-	-	-
4-O	TE	TE	TE	0,031	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,006	0,064	TE	TE	TE	TE	-	-	-	-
4-Y	TE	TE	0,002	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,000	0,012	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,021
5-D	TE	TE	TE	0,031	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,018	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,038	TE
5-O	TE	TE	TE	0,087	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,018	-	-	-	-	TE	TE	0,010	0,007
5-Y	TE	TE	0,015	0,083	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,015	TE	TE	0,013	0,015	TE	TE	TE	TE
6-D	TE	TE	0,008	0,019	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,006	0,028	0,008	TE	TE	TE	TE	TE	0,026	0,038
6-O	TE	TE	0,111	0,203	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,016	0,060	TE	TE	TE	0,010	TE	TE	TE	0,003
6-Y	TE	TE	TE	0,056	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,020	TE	-	-	-	-
7-D	TE	TE	0,009	0,078	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,008	0,019	-	-	-	-	TE	TE	TE	0,002
7-O	TE	TE	0,027	0,071	TE	TE	TE	TE	-	-	-	-	-	-	-	-	TE	TE	TE	TE
7-Y	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	-	-	-	-	-	-	-	-	TE	TE	TE	TE
8-D	TE	TE	TE	0,168	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	-	-	-	-	TE	TE	TE	TE
8-Y	TE	TE	0,022	0,069	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,010	-	-	-	-	TE	TE	TE	0,001
9-D	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,005	0,019	-	-	-	-	TE	TE	TE	0,005
9-O	TE	TE	0,034	0,058	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,010	-	-	-	-	TE	TE	TE	TE
9-Y	TE	TE	0,014	TE	-	-	-	-	TE	TE	TE	0,006	-	-	-	-	TE	TE	TE	0,004
10-D	TE	TE	TE	TE	-	-	-	-	TE	TE	TE	TE	-	-	-	-	-	-	-	-
10-O	TE	TE	TE	0,006	-	-	-	-	TE	TE	0,004	0,015	-	-	-	-	-	-	-	-
10-Y	TE	TE	TE	TE	-	-	-	-	TE	TE	TE	0,044	-	-	-	-	TE	TE	TE	TE

**Tablo 3.17. Devam.** Sapanca Gölü'nde istasyonlara ve derinliğe bağlı Aldrin, Dieldrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton konsantrasyonları ( $\mu\text{g/L}$ )

İST.	Ekim 17				Aralık 17				Ocak 18				Nisan 18			
	A	DE	EA.	EK.	A	DE	EA.	EK.	A	DE	EA.	EK.	A	DE	EA.	EK.
1-D	-	-	-	-	TE	TE	TE	TE	0,029	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
1-Y	-	-	-	-	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
2-D	TE	TE	0,456	0,436	TE	TE	0,048	0,085	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
2-O	TE	TE	0,072	0,158	TE	TE	0,016	0,037	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
2-Y	TE	1,339	0,494	0,943	TE	TE	0,008	0,027	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
3-D	-	-	-	-	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	-	-	-	-
3-O	TE	TE	0,010	0,049	TE	TE	TE	TE	0,011	TE	TE	TE	-	-	-	-
3-Y	TE	TE	TE	0,045	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	-	-	-	-
4-D	TE	1,171	TE	0,178	TE	TE	0,003	0,046	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,046	TE
4-O	TE	TE	TE	0,042	TE	TE	0,015	0,048	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,092	TE
4-Y	TE	TE	0,026	0,060	TE	TE	TE	0,033	TE	TE	0,068	0,180	TE	TE	0,021	TE
5-D	TE	0,123	0,031	0,161	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	-	-	-	-
5-O	TE	TE	0,070	0,279	TE	TE	0,003	0,037	0,012	TE	TE	TE	-	-	-	-
5-Y	-	-	-	-	TE	TE	TE	0,017	TE	TE	0,031	0,054	-	-	-	-
6-D	TE	TE	0,148	0,461	0,006	TE	0,032	0,003	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,057	TE
6-O	TE	TE	0,456	0,355	TE	TE	0,017	0,071	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,0004	TE
6-Y	TE	TE	TE	TE	0,013	TE	0,020	0,003	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,005	0,023
7-D	TE	TE	TE	0,023	TE	TE	0,012	0,024	TE	TE	TE	TE	-	-	-	-
7-O	TE	TE	TE	0,036	0,006	TE	0,011	0,025	TE	TE	TE	TE	-	-	-	-
7-Y	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,018	0,017	TE	TE	TE	TE	-	-	-	-
8-D	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,015	-	-	-	-
8-Y	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,009	TE	TE	TE	-	-	-	-
9-D	TE	TE	TE	0,001	TE	TE	0,010	0,015	TE	TE	0,086	0,170	-	-	-	-
9-O	TE	TE	TE	TE	-	-	-	-	TE	TE	TE	0,023	-	-	-	-
9-Y	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,010	0,025	0,016	TE	TE	0,024	-	-	-	-
10-D	-	-	-	-	TE	TE	0,032	0,029	TE	TE	TE	0,021	-	-	-	-
10-O	TE	TE	TE	TE	0,005	TE	0,081	0,059	TE	TE	TE	0,020	-	-	-	-
10-Y	TE	TE	TE	TE	0,005	TE	0,038	0,055	TE	TE	TE	TE	-	-	-	-

A: Aldrin , DE: Dieldrin, EA; Endrin Aldehit, EK; Endrin Keton, TE; Tespit Edilemedi

Şekil 3. 25.'de göl istasyonlarında ölçülen Aldrin, Dieldrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton konsantrasyonlarının yıllık ortalamaları istasyonlara bağlı grafiği ve 'Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği'ne göre sınır değerleri verilmiştir. Şekle göre 1. istasyon dışındaki tüm istasyonlarda Endrin Keton sınır değerler üzerinde ölçülmüştür. Endrin Aldehit ise 7 ve 8. istasyon dışında sınır değerler üzerindedir. Diğer yandan Aldrin Sapanca gölü için tehdit oluşturabilecek sınırları hiçbir istasyonda geçmezken, Dieldrin 2. ve 4. istasyonlarda yönetmelik değerinin üzerinde seyretmektedir. İstasyon konumlarına bağlı değerlendirme yapılırsa 2. istasyonda diğer istasyonlardan farklı olarak Dieldrin, Endrin A. ve Endrin K. maksimum seviyelerini görmüşlerdir ancak yukarıda açıklandığı gibi bu bölgeye yakın kıyılarda tarım arazisi mevcut değildir. Yüksek konsantrasyonların ölçüldüğü diğer istasyon ise gölün ortasında en derin noktalardandır. 5. istasyon Sakarya İli için içme suyu çekilen bölgeye yakın olan istasyon iken 6. istasyonda Sapanca İlçesi yerleşim bölgelerine yakın kısımlardadır. O noktaya yakın 2 derenin deşarjı söz konusudur. Yüksek konsantrasyonlardaki bölgelerin tamamı gölün doğu tarafında yer alırken 5. istasyon hariç kuzey doğu bölümündedir. Gölün kuzey doğu kıyılarında daha çok süs bitkisi ve ağaç fidanları yetiştirip satan tesisler mevcuttur. Bu durumda o tesislerden pestisit taşınımı da bir diğer kontaminasyon ihtimali olarak karşımıza çıkmaktadır. Gölün genelinde Endrin K. kontaminasyonunun görülmesi de tarihsel bir kullanımı işaret etmektedir. Çünkü Endrin doğada parçalanırken önce Endrin A. sonrasında Endrin K.'ya dönüştüğü gösterilmiştir (Zitko, 2003).



**Şekil 3. 25.** Gölde ölçülen istasyonlara bağlı yıllık ortalama Aldrin, Dieldrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton konsantrasyonları ( $\mu\text{g/L}$ ) (G; Göl istasyon kodları, Endrin A.; Endrin Aldehit, Endrin K.; Endrin Keton)

### 3.3.2.2. Sediment örneklerinde mevcut Endrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton konsantrasyonları

Sapanca gölü dip sedimentinde yapılan OKP analizleri neticesinde belirlenen Aldrin, Dieldrin, Endrin A. ve Endrin K.'nin mevsimlere bağlı konsantrasyonları Tablo 3.18'de verilmiştir. Tablo incelendiğinde Kış 2018'de dip sedimentinde herhangi bir istasyonda Aldrin gözlemlenmezken, Yaz 2017'de ise Dieldrin kalıntısına rastlanmamıştır. Aldrin'in en yüksek değeri İlkbahar 2017'de 9. istasyonda  $46,02 \mu\text{g/kg}$ 'dır ve Sonbahar 2017'de 1. ve 5. istasyonlarda tespit edilmiştir. Yaz mevsiminde ise yine ilkbaharda olduğu gibi 9. istasyonda  $18,17 \mu\text{g/kg}$  Aldrin bulunmaktadır. Dieldrin'de Aldrin'le paralel şekilde en sık Sonbahar 2017'de gözlemlenirken Aldrin'e göre çok daha düşük miktarlarda kontaminasyonu görülmüştür. Ölçülen en yüksek Dieldrin Sonbahar 2017'de 9. istasyonda  $1,65 \mu\text{g/kg}$  olmakla birlikte genel olarak ölçüm limitlerinin altında seyretmiştir.

Numune alma periyodunda sediment örneklerinde Endrin ile karşılaşılmazken, Endrin A ve Endrin K. her mevsimde en az bir istasyonda görülmüş olup Yaz 2017'de sadece bir istasyonda karşılaşmıştır. Endrin A.'in ölçülen en yüksek konsantrasyonu İlkbahar 2017'de 2. istasyonda  $5,75 \mu\text{g/kg}$  olarak kaydedilirken, Su analizlerinde de genel olarak maksimum değerlerin gözlemlendiği 2. istasyon gibi Endrin K.'nin da maksimum değerini (İlkbahar 2017'de  $10,66 \mu\text{g/kg}$ ) aldığı 3. istasyonda yine gölün doğu kısmında yer almaktadır. Yaz döneminde Endrin A. ve Endrin K. sadece birer

istasyonda görülmüş olup ilkbahar ve sonbaharda beş ila altı istasyonda tespit edilmişlerdir. Kış mevsiminde Endrin A. yine beş istasyonda görülürken Endrin K. sadece iki istasyonda görülmüştür.

**Tablo 3.18.** Numune alma döneminde sediment örneklerinde ölçülen Aldrin, Dieldrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton miktarları ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )

Mevsim	Pestisit T.	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
İlkb. 17	Aldrin	TE	TE	TE	TE	-	TE	TE	TE	46,02	TE
	Dieldrin	TE	TE	TE	TE	-	TE	TE	1,35	TE	TE
	Endrin A.	3,32	5,75	3,58	TE	-	0,87	2,14	3,13	TE	TE
	Endrin K.	6,32	6,52	10,66	TE	-	TE	TE	TE	TE	2,30
Yaz 17	Aldrin	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	18,17	TE
	Dieldrin	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	Endrin A.	TE	TE	0,21	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	Endrin K.	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,13
Sonb. 17	Aldrin	23,45	TE	TE	TE	8,59	TE	TE	TE	TE	TE
	Dieldrin	TE	0,82	0,37	TE	TE	0,041	TE	TE	1,645	TE
	Endrin A.	11,82	3,14	18,88	2,14	0,24	11,99	TE	TE	TE	TE
	Endrin K.	5,98	5,31	0,52	TE	0,009	1,215	TE	TE	TE	TE
Kış 18	Aldrin	TE	TE	-	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	Dieldrin	TE	TE	-	0,032	0,049	TE	TE	TE	TE	TE
	Endrin A.	1,21	1,18	-	0,48	0,90	TE	4,60	TE	TE	TE
	Endrin K.	TE	0,052	-	TE	TE	TE	TE	0,26	TE	TE

TE; Tespit Edilemedi, Endrin A.; Endrin Aldehit, Endrin K; Endrin Keton

Şekil 3.26’de Sapanca Gölü dip sedimentinde istasyona bağlı olarak Aldrin, Dieldrin, Endrin A. ve Endrin K. konsantrasyonlarının yıllık ortalamalarının dağılımı görülmektedir. Burada 9. istasyonda Aldrin’in yüksekliği dikkate değerdir ki bu istasyon tarım arazilerine yakın bir bölgededir. Gölün geçmişten günümüze maruz kaldığı kirleticilerin sediment analizleri ile belirlenmesi mümkün olduğundan burada da Aldrin kullanımının geçmişle bağlantılı olduğu düşünülebilir. Nitekim gölde yapılan su analizlerinde de Aldrin kış mevsiminde görülmüştür. Gölde sıcaklık tabakalarının nispeten az olduğu kış mevsiminde sedimentten olası geçişlerle suya taşınmış olması Aldrin’in suda görünmesini açıklayabilir. 9. istasyonun yanı sıra 1. istasyon ve 5. istasyonda Aldrin’in gözlemlendiği istasyonlardır. 1. istasyon gölün su çıkışının olduğu Çark Deresi’ne yakındır ve akıntılarla kontaminasyonun o bölgeye taşınması olası sonuçlardandır.

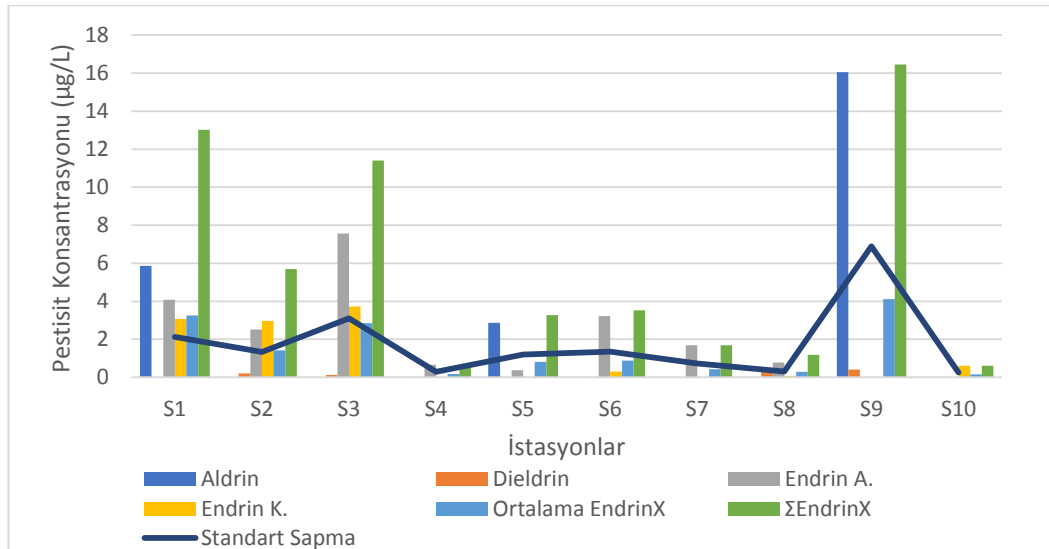
Aldrin’in su ve sediment arasındaki geçiş yönünün belirlenmesi için Eşitlik 2.1.’e göre fugasite katsayısı ( $f_{\text{sed}}/f_{\text{su}}$ ) hesaplanmıştır. Yapılan hesaba göre Aldrin’in göl ve sedimentteki yıllık ortalama konsantrasyonları kullanıldığında fugasite değeri 1’den büyük çıkmıştır. Dolayısıyla su ve sediment arasındaki geçişin yönü sedimentten suya doğru olduğu söylenebilir.

Diieldrin ise 8 ve 9. istasyonlarda karşılaşılan bir türdür ki bu da geçmiş kaynaklı birikmeler sonucu tespit edilmiştir diye düşünülebilir. Diieldrinin fugasite katsayısı (Eşitlik 2.1.) 1,28 olarak hesaplanmıştır. Bu durum bize Diieldrin için sedimentten suya doğru geçiş halinde olduğu sonucunu vermektedir.

Grafiği Endrin A ve Endrin K. için incelersek Endrin A.'nın 9 ve 10. istasyonlarda görülmediğini yıllık ortalama değerlerde en yüksek seviyeyi 3. istasyonda aldığını gördüğü tespit edilmiştir. Su analizlerinde bütün istasyonlarda karşılaşılan Endrin A. sedimentte 9. ve 10. istasyonlarda yoktur. 1. istasyondaki baskınlığı Aldrin'de de olduğu gibi suyun akış yönü nedeniyle yüksektir.

Endrin A.'nın fugasite değerleri 9 ve 10. istasyonlarda hesaplanamazken diğer istasyonlarda tüm mevsimler için genel olarak 1'in üzerindedir ki bu bize sedimentten suya geçişi gösterir.

Endrin K. ise diğerlerinden farklı olarak 7 ve 9. istasyonda hiç görülmemiştir ve onunda en yüksek ortalama değeri 3. istasyonda gözlemlenmektedir. Fugasite değerlerine bakılınca İlkbahar ve Yaz 2017 'de hesaplamanın yapıldığı tüm istasyonlar için 1'den büyük değer almıştır ancak Sonbaharda 5. ve Kış mevsiminde 2. istasyonda 1 değerinin altında kalmıştır. Diğer yandan iki mevsimde de geri kalan tüm istasyonlarda 1'in üstündedir ve Endrin K. için su ve sediment arasında kısmen çift yönlü bir geçişin olduğu sonucuna varılmıştır.



**Şekil 3.26.** Sapanca gölü dip sedimentinde ölçülen istasyonlara bağlı yıllık ortalama Aldrin, Dieldrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton miktarları (µg/kg) (S; Sediment istasyon kodları, Endrin A.; Endrin Aldehit, Endrin K.; Endrin Keton, EndrinX; Aldrin, Dieldrin, Endrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton)

### **3.3.2.3. Derelerde bulunan aldrin,dielddrin,endrin, endrin aldehit ve endrin keton konsantrasyonları**

Nisan 2017-Nisan 2018 döneminde Sapanca gölünü besleyen derelerde yapılan Aldrin, Dielddrin, Endrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton ölçümlerinde yıl boyunca Dielddrin örneğine rastlanmamıştır. Tablo 3.19 'de derelerde tespit edilen Aldrin, Endrin, Endrin A.,ve Endrin K. konsantrasyonları verilmiştir. Tablo incelendiğinde sadece ocak ayında Eşme (D9), Aşağıdereköy (D11) ve Çark (D12) derelerinde Aldrin kontaminasyonu tespit edildiği görülmektedir. Endrin ve metabolitleri açısından bakıldığında ise bu üç maddenin herhangi birinin tespit edilmediği Ağustos 2017, Aralık 2017 ve Nisan 2018 tabloya eklenmemiştir. Nisan, Haziran ve Eylül 2017'de Endrin A. ve Endrin K. kontaminasyonu görülmemiştir. Ekim 2017 ve Şubat 2017'de Endrin A.'ya rastlanmazken, Temmuz 2017 ve Ocak 2018'de derelerde Endrin K. kontaminasyonu tespit edilmemiştir.

Diğer yandan Haziran 2017'de sadece Maden Deresi'nde (D10)0,079 µg/L, Eylül 2017'de Maşukiye Deresi (D7) 2,86 µg/L ve Ocak 2018'de de Eşme Deresi'nde (D9) 0,67 µg/L Endrin tespit edilmiştir. Endrin'in ölçülen en düşük konsantrasyonu Haziran 2017'de Maden Deresi'nde (D10) 0,79 µg/L iken bunun dışında Endrin'e Eylül 2017'de ise Maşukiye (D7) ve Şubat 2018'de ise Maşukiye ve Balıkhane (D8) derelerinde rastlanmıştır.

Endrin Aldehit'e baktığımızda Temmuz 2017'de Sarp Deresi (D1) 0,0024 µg/L ve Ocak 2018'de Yanık deresi 0,0005 µg/L olarak tespit edilmiştir. Endrin Keton ise Ekim 2017'de Balıkhane Deresi'nde (D8) 0,025 µg/L ve Şubat 2018'de Kurtköy Deresi'nde (D5) 0,014 µg/L olarak ölçülmüştür.

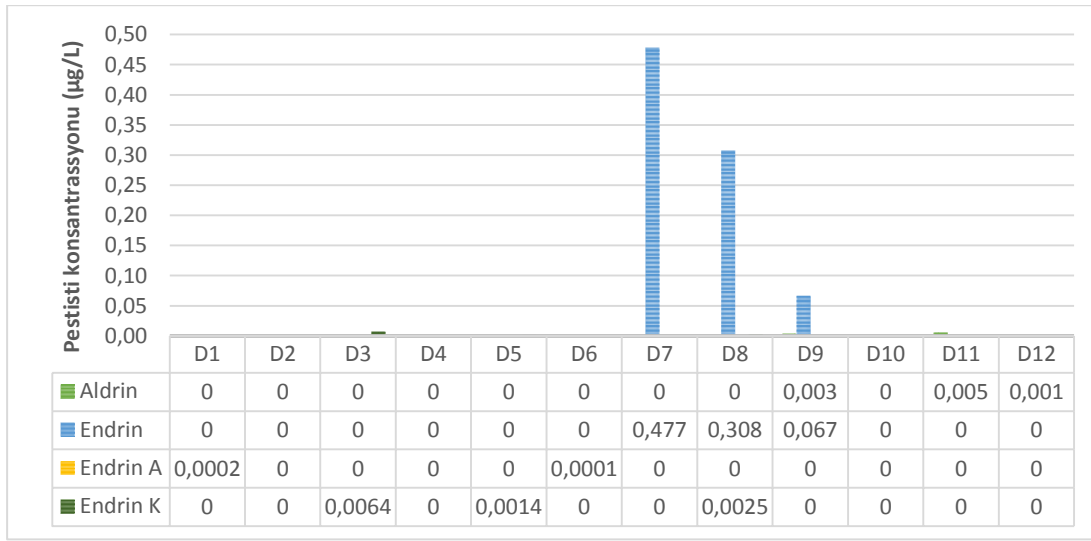


**Tablo 3.19.** Sapanca gölünü besleyen derelerde yapılan analizlerde belirlenen Aldrin, Endrin, Endrin A. ve Endrin K. Konsantrasyonları ( $\mu\text{g/L}$ )

Tarih	Pestisit	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12
Nis.17	Aldrin	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	Endrin	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	Endrin A	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	Endrin K	TE	TE	0,058	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
Haz.17	Aldrin	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	Endrin	TE	-	TE	TE	TE	TE	TE	TE	-	0,079	TE	TE
	Endrin A	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	Endrin K	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
Tem.17	Aldrin	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	Endrin	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	Endrin A	0,0024	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	Endrin K	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
Eyl.17	Aldrin	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	Endrin	TE	TE	TE	TE	TE	TE	2,86	TE	TE	TE	TE	TE
	Endrin A	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	Endrin K	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
Eki.17	Aldrin	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	Endrin	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	Endrin A	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	Endrin K	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,025	TE	TE	TE	TE
Oca.18	Aldrin	TE	TE	-	TE	TE	TE	-	TE	0,033	TE	0,051	0,011
	Endrin	TE	TE	-	TE	TE	TE	-	TE	0,67	TE	TE	TE
	Endrin A	TE	TE	-	TE	TE	0,0005	-	TE	TE	TE	TE	TE
	Endrin K	TE	TE	-	TE	TE	TE	-	TE	TE	TE	TE	TE
Şub.18	Aldrin	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	Endrin	TE	TE	TE	TE	TE	TE	1,44	3,08	TE	TE	TE	TE
	Endrin A	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	Endrin K	TE	TE	TE	TE	0,014	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE

D; Dere istasyonları, TE; Tespit Edilemedi, Endrin A.; Endrin Aldehit, Endrin K.; Endrin Keton

Şekil 3.27.'de Sapanca Gölü'nü besleyen derelerde mevcut Aldrin, Endrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton miktarlarının istasyonlara bağlı yıllık ortalamalarını göstermektedir. Şekle göre derelerde en yüksek tür Endrin iken diğer türler Endrin'in çok altında kalmıştır. Endrinin yıllık bazda en yüksek ortalama değeri D7-Maşukiye Deresi'nde 0,48 µg/L olarak tespit edilmiştir. Onu 0,31µg/L D8-Balikhane Deresi takip etmektedir ve Endrin için D9-Eşme Deresi 3. sırayı almaktadır. Bu 3 derenin ortak özelliği gölün güney batı kıyılarındaki tarım arazilerine yakın konumda yer almalarıdır.. Aldrin'e bakılırsa oda D9-Eşme Deresi, D11-Aşağıdereköy Deresi ve D12-Çark Deresi'nde yıllık ortalama değerler vermektedir ki bu dereler de ekili dikili tarım arazileri ve yerleşim yerlerinden geçmektedir. Bunlar arasında sadece Çark deresi gölden çıkış suyunu temsil etmektedir ve gölde var olan Aldrin'i taşıdığı düşünülmektedir. Aynı zamanda o bölgede yer alan tarım arazilerinden yüzeysel akışla da Aldrin'in derelere ulaşması mümkündür. Endrin A. kontaminasyonuna oldukça düşük ortalamalarla D1-Sarp Deresi'nde 0,0002 µg/L ve D6-Yanık Derelesi'nde 0,0001 µg/L gibi oldukça düşük yıllık ortalama konsantrasyonlar gözlemlenmiştir. Endrin K. D3-İstanbul, D5-Kurtköy ve D8-Balikhane derelerinde ortalama değerler vermişlerdir.

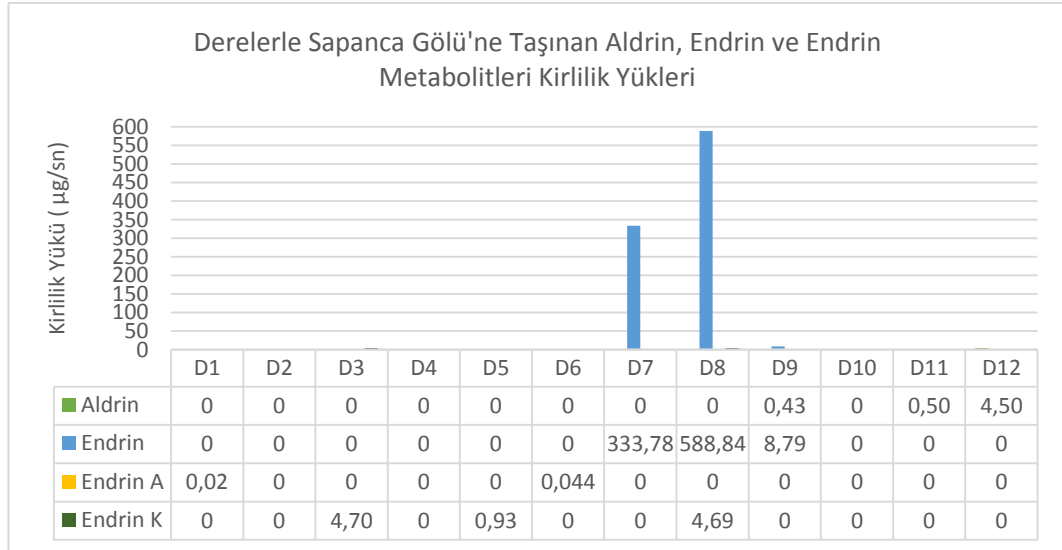


**Şekil 3.27.** Sapanca gölü'nü besleyen derelerde mevcut Aldrin, Endrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton miktarları (µg/L) (D; Dere istasyon kodları, Endrin A.; Endrin Aldehit, Endrin K.; Endrin Keton)

'Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği' ve 'Yerüstü Su Kalitesi Yönetmelik'lerine göre Aldrin 10 ng/L olması gerekmektedir. Derelerde ölçülen Aldrin değerleri yıllık ortalama açısından incelendiğinde aldığı değerler sınır değerinin altında kalmaktadır. Yine aynı yönetmelikler de Endrin için sınır değerler sırasıyla 0,005 ve 0,010 µg/L'dir. Bu

değerler Balıkhane, Maşukiye, ve Eşme derelerinde ölçülen yıllık ortalama Endrin konsantrasyonlarının altındadır.

**Şekil 3. 28.**'de derelerde ölçülen Aldrin, Endrin, Endrin A. ve Endrin K. konsantrasyonlarına ve derelerin ortalama debilerine bağlı kirlilik yükü değerleri verilmiştir. Derelerde belirlenen konsantrasyonların Sapanca gölü üzerindeki etkisinin görülmesi açısından kirlilik yükleri belirlenmiştir. Şekle göre göle en yüksek miktarda aldrin, endrin, endrin aldehit ve endrin keton kirliliği taşıyan dere en yüksek debiye sahip olan Balıkhane Deresi'dir. Su kirliliği açısından bu kimyasalların konsantrasyonları Balıkhane deresinde ikinci sıradayken kirlilik yükü açısından bakıldığında Sapanca Gölü'ne en yüksek düzeyde Aldrin, Endrin, Endrin A. ve Endrin K. kirliliği taşıyan deredir. Su kalitesi açısından en yüksek konsantrasyonda aldrin, endrin, endrin aldehit ve endrin keton kirliliği taşıyan Maşukiye Deresi'de kirlilik yükü açısından ikinci sırayı almaktadır.



**Şekil 3. 28.** Sapanca gölü ile bağlantılı derelerin sahip olduğu Aldrin, Endrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton yükleri ( $\mu\text{g}/\text{sn}$ ) (D; Dere istasyon kodları, Endrin A.; Endrin Aldehit, Endrin K.; Endrin Keton)

#### 3.3.2.4. Yağmur suyu numunelerinde bulunan Aldrin, Dieldrin, Endrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton konsantrasyonları

Nisan 2017-Nisan 2018 döneminde Sapanca gölü etrafından alınan yağmur suyunda yapılan OKP analizlerinde elde edilen Aldrin, Dieldrin, Endrin, Endrin A. ve Endrin K. konsantrasyonlarına bağlı akı değerleri Tablo 3.20.'de verilmiştir. Yağmur suyu ile göle taşınan kirlilik akı değerleri Eşitlik 2.3'e göre hesaplanmıştır. Yağmur suyu numunelerinde Dieldrin kontaminasyonuna rastlanmamış olup Aldrin ise sadece Kasım 2017'de tespit edilmiştir. Yağmur suyu ile göle taşınan maksimum Aldrin akısı

Kasım 2017’de Y10’da 0,0034  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{g}ün$  iken aynı ayda diğer istasyonlarda 0,0021  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{g}ün$  (Y4), 0,0020  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{g}ün$  (Y5), 0,0005  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{g}ün$  (Y6), 0,0011  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{g}ün$  (Y7) ve 0,0017  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{g}ün$  (Y9) şeklindedir.

Yağmur suyu numunelerindeki endrin konsantrasyonuna bağlı Endrin akısı Kasım 2017’de 5. istasyonda 0,0044  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{g}ün$  ve Şubat 2018’de 6. istasyonda 0,22  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{g}ün$  şeklindedir. Bu iki ölçüm dışında Endrin kalıntısına rastlanmamıştır. Nisan ve Temmuz 2017 ve Şubat ve Mart 2018’de Endrin A. ve Endrin K. türlerinin her ikisi de tespit edilirken, Ekim 2017 ve Nisan 2018’de sadece Endrin K. belirlenmiştir. Nisan 2017’de Y1, Y3, Y4, Y9. ve Y10 istasyonlarında görülürken bu ayda tespit edilen en yüksek Endrin A. akı değeri 9. istasyonda 0,0029  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{g}ün$ ’dür. Tüm yıl boyunca yağmurlar ile göle ulaşan Maksimum Endrin A. akısı ise Şubat 2017’de 7. istasyonda 0,0047  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{g}ün$  şeklinde kaydedilmiştir. Yine Nisan 2017’de Endrin K. 6 istasyonda tespit edilirken bunlar arasında belirlenen en yüksek Endrin K. akısı 3. istasyonda ölçülen 0,0092  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{g}ün$ ’dür. Temmuz 2017’de Endrin K. Y1, Y3, Y5 ve Y8 istasyonlarında tespit edilmiş olup en yüksek akı değeri 1. istasyonda 0,0032  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{g}ün$  olarak hesaplanmıştır. Numune alma periyodu boyunca yağmur suyu ile Sapanca Gölü’ne ulaşan en yüksek Endrin K. akısı Şubat 2018’de 6. istasyonda belirlenen 0,034  $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{g}ün$ ’dür.

Organoklorlu pestisitlerin kimyasal yapılarından dolayı uygulandıkları bölgelerde spreyleme ve buharlaşma gibi yollarla havaya ulaştığı ve atmosferde uzun mesafeler kaydedebildiği gösterilmiştir (Yildiz ve ark., 2005). Yağmur suyu numunelerinde hem endrin hem de parçalanma ürünleri bir arada bulunmaktadır. Bu durum Endrin’in uzak mesafelerden Sapanca’ya taşınması ve bu sırada fotokimyasal/kimyasal bozunmaya uğrayarak hem kendisinin hem de parçalanma ürünlerinin aynı numunede görülmesine neden olmuş olabilir.

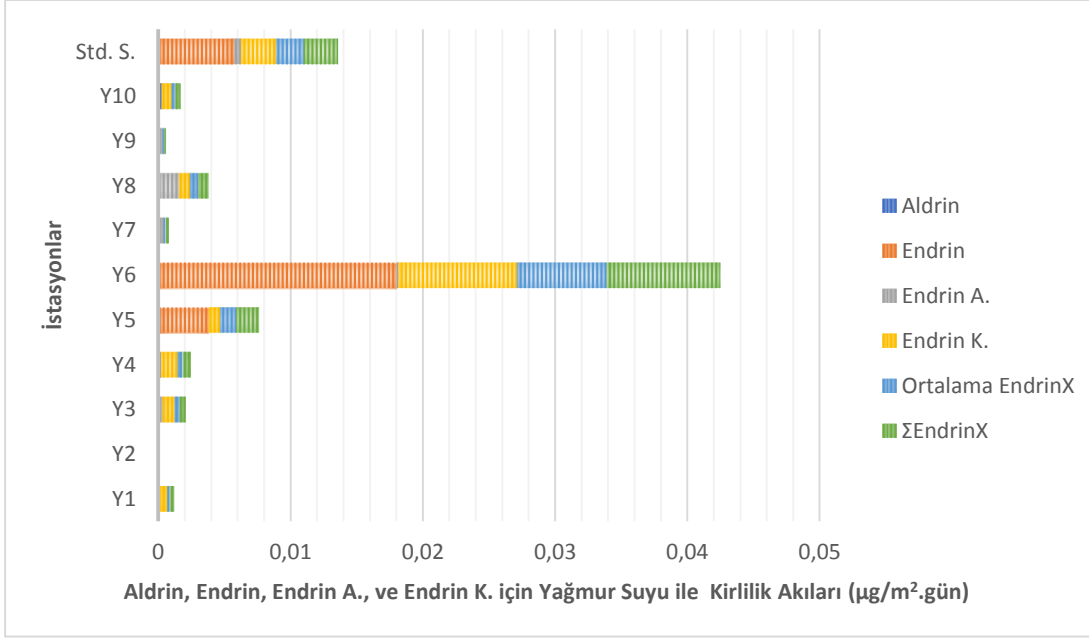
**Tablo 3.20.** Yağmur Suyunda Mevcut Aldrin, Endrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton Konsantrasyonlarına Bağlı Kirletici Akıları ( $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{gün}$ )

Tarih	Pestisit	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
Nis.17	Aldrin	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	Endrin	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	Endrin A.	0,002	-	0,002	0,001	TE	TE	-	0	0,003	0,0001
	Endrin K.	0,004	-	0,009	0,004	0,008	TE	-	0,004	0	0,004
Tem.17	Aldrin	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	Endrin	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	Endrin A.	TE	TE	0,003	TE	TE	TE	TE	0,019	TE	TE
	Endrin K.	0,003	TE	0,002	TE	0,001	TE	TE	0,003	TE	TE
Eki.17	Aldrin	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	Endrin	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	Endrin A.	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	Endrin K.	TE	TE	TE	TE	TE	0,074	TE	TE	TE	0,006
Kas.17	Aldrin	TE	TE	TE	0,002	0,002	0,001	0,001	TE	0,002	0,003
	Endrin	TE	TE	TE	TE	0,044	TE	TE	TE	TE	TE
	Endrin A.	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	Endrin K.	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
Şub.18	Aldrin	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	Endrin	TE	TE	TE	TE	TE	0,22	TE	TE	TE	TE
	Endrin A.	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,005	TE	TE	TE
	Endrin K.	TE	TE	TE	TE	TE	0,034	TE	TE	TE	TE
Mar.18	Aldrin	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	Endrin	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	Endrin A.	TE	TE	-	TE	TE	0,001	-	TE	TE	TE
	Endrin K.	TE	TE	-	0,012	0,002	TE	-	TE	TE	TE
Nis.18	Aldrin	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	Endrin	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	Endrin A.	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	Endrin K.	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,003	TE	TE

Y; Yağmur İstasyon Kodları, Endrin A.; Endrin Aldehit, Endrin K.; Endrin Ketone, TE; Tespit Edilemedi

Şekil 3.29’de yağmur suyunda tespit edilen Aldrin, Endrin, Endrin A., ve Endrin K., türlerinin tespit edilen konsantrasyonlarının yıllık ortalama değerlerinin istasyonlara göre dağılımı gösterilmektedir. Yıllık ortalamalara bakıldığında en yüksek türün 6. istasyonda Endrin olduğu gözlemlenmiştir. Onu yine aynı istasyonda Endrin K. takip

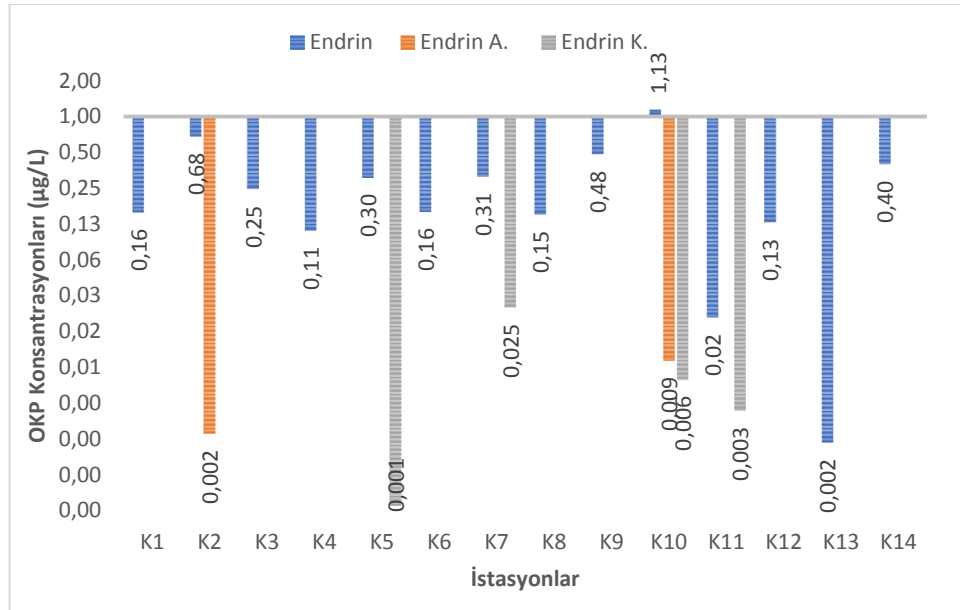
etmektedir. O istasyon oldukça yüksek miktarda Endrin taşıyan Maşukiye ve Yanık derelerinin yakınındadır. Aynı zamanda tarım arazileri arasında yer almaktadır. Yine yüksek ortalamada Endrin görülen 5. istasyon ise Kurtköy deresi ve tarım arazileri arasında yer almaktadır.



**Şekil 3.29.** Yağmur suyunda ölçülen aldrin, endrin, endrin aldehit, ve endrin keton konsantrasyonlarına bağlı olarak belirlenen, istasyonlara bağlı kirlilik akıları ( $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{gün}$ ) (Y; Yağmur suyu istasyon kodları, EndrinX; Aldrin, Dieldrin, Endrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton)

### 3.3.2.5. Yeraltı suyunda mevcut aldrin, dieldrin, endrin, endrin aldehit ve endrin keton konsantrasyonları

Sapanca Gölü'ne yakın kuyularda yapılan OKP analizlerinde Aldrin ve Dieldrin kalıntısına rastlanmazken; Endrin, Endrin A. ve Endrin K. tespit edilmiştir. Şekil 3.30'de kuyu sularında mevcut Endrin, Endrin A. ve Endrin K miktarlarının İlkbahar 2017 ve Yaz 2017 dönemindeki ortalamaları verilmiştir. Şekle göre tüm kuyularda ölçülmüş maksimum Endrin 10. kuyuda  $2,03 \mu\text{g}/\text{L}$ 'dir. Derelerdeki durumla kıyasladığımızda orada da İlkbahar mevsiminde yoğun şekilde Endrin türü ile karşılaşmış iken burada da yine İlkbaharda yapılan ölçümlerde Endrinle sık karşılaşmaktayız. Endrini Endrin K.ve Endrin A. takip etmektedir. Endrin K.'nın ölçülen en yüksek konsantrasyonu 7. istasyonda  $0,025 \mu\text{g}/\text{L}$  iken Endrin A.'nın 10. istasyonda  $0,009 \mu\text{g}/\text{L}$ 'dir.



**Şekil 3.30.** Kuyularda mevcut Endrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton konsantrasyonları (µg/L) (Logaritmik ölçekte çizilmiştir.)

‘Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik’ kapsamında ilgili metabolitler, bozulma ve reaksiyon ürünlerini içeren pestisitlerdeki aktif maddeler için sınır değer 0,1 µg/L, toplam pestisit ise 0,5 µg/L ile sınırlandırılmıştır. Ancak çalışmada ölçülen değerlere incelendiğinde İlkbahar ve Yaz 2017’de bazı kuyularda sadece Endrin bile bu değerlerin oldukça üzerindedir. Yukarıdaki grafikte yıllık ortalama bazında 10. istasyonda toplam pestisit miktarı 1,15 µg/L olarak karşımıza çıkmaktadır ki buda sınır değerini iki katıdır. Bu konuda acilen önlem alınmazsa Sapanca için tehlikeli sonuçları olabileceği düşünülmektedir.

### 3.3.2.6. Toprak örneklerinde mevcut Aldrin, Dieldrin, Endrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton konsantrasyonları

Nisan 2017-Nisan 2018 döneminde Sapanca Gölü çevresinde belirlenen istasyonlardan alınan toprak numunelerinde yapılan OKP analizleri sonucunda Dieldrin ve Endrin kontaminasyonuna rastlanmamıştır. Tablo 3.21’de Aldrin, Endrin A ve Endrin K konsantrasyonları verilmiştir. Tabloya göre Aldrin yaz mevsimi dışında tüm mevsimlerde görülmektedir. Ancak kış mevsiminde 2 farklı istasyonda görülürken ilkbahar ve sonbaharda sadece birer istasyonda tespit edilmiştir. Aldrin’in ölçülen en yüksek konsantrasyonunu Sonbahar 2017’de 6. istasyonda 6,35 µg/kg’dir. Endrin A.’e baktığımızda tüm mevsimlerde en az bir istasyonda tespit edilmiş olup İlkbahar 2017’de 3 istasyonda, Yaz 2017’de 1, Sonbahar 2017’de 2 ve son olarak Kış 2018’de sadece 1 istasyonda görülmüştür. En yüksek konsantrasyonları ilkbaharda 5.

istasyonda 1, 26 µg/kg ve yaz mevsiminde de yine 5. istasyonda 1,85 µg/kg şeklinde tespit edilmiştir. Endrin K. ise ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde sıklıkla görülürken yaz ve kış mevsimlerinde yapılan ölçümlerde belirlenememiştir. Endrin K.'ya ait maksimum konsantrasyonlar ilkbaharda 8. istasyon 1,46 µg/kg ve sonbaharda 6. istasyonda 1,37 µg/kg olarak analiz edilmiştir. Tablo 3.12'de verilen 'Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmeliği'ne göre belirlenen sınır değerler Aldrin için 8 µg/kg ve Endrin için 100 µg/kg'dır. Yönetmeliğe göre Aldrin ve Endrin sınır değerleri geçmemektedir. Ancak bu maddelerin toksisitesi göz önüne alındığında, bu konudaki kontrolünün devamlı yapılması gerektiği düşünülmektedir.

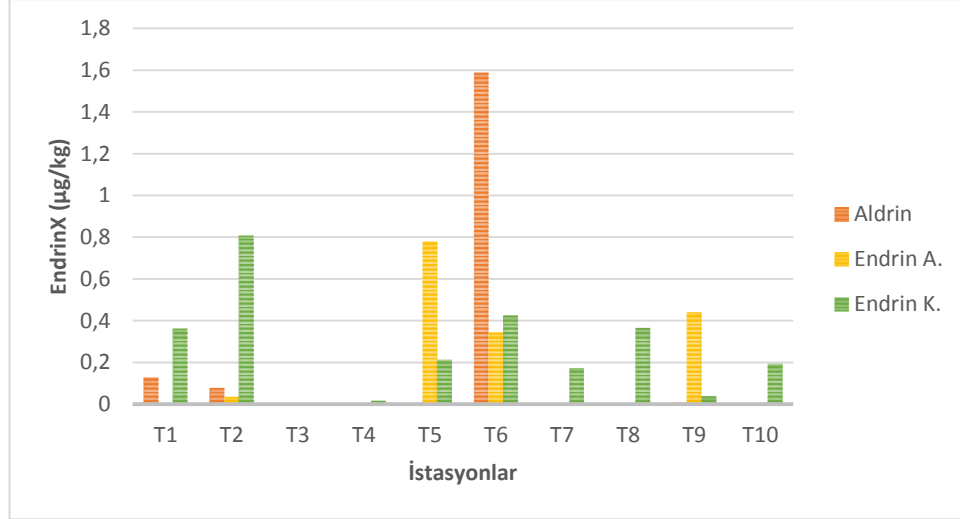
**Tablo 3.21.** Numune alma döneminde toprak örneklerinde ölçülen Aldrin, Endrin Aldehit ve Endrin Ketone miktarları (µg/kg)

İst.	İlkbahar 17			Yaz 17			Sonbahar 17			Kış 18		
	Aldrin	Endrin A.	Endrin K.	Aldrin	Endrin A.	Endrin K.	Aldrin	Endrin A.	Endrin K.	Aldrin	Endrin A.	Endrin K.
T1	TE	TE	1,00	TE	TE	TE	TE	TE	0,45	0,52	TE	TE
T2	0,31	0,14	0,40	TE	TE	TE	TE	TE	2,83	TE	TE	TE
T3	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
T4	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,07	TE	TE	TE
T5	TE	1,26	TE	TE	1,85	TE	TE	TE	0,86	TE	TE	TE
T6	TE	0,01	TE	TE	TE	TE	6,35	1,37	1,70	TE	TE	TE
T7	TE	TE	0,69	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
T8	TE	TE	1,46	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,0024	TE
T9	TE	TE	0,15	TE	TE	TE	TE	1,76	TE	0,031	TE	TE
T10	TE	TE	0,78	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE

T; Toprak numunesi istasyon kodları, TE; Tespit edilemedi, Endrin A.; Endrin Aldehit, Endrin K.; Endrin Keton

Şekil 3.31.'de toprak numunelerinde var olan Aldrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton miktarlarının istasyonlara bağlı yıllık ortalamaları verilmiştir. Grafiğe göre maksimum ortalama Aldrin değerini 6. istasyonda almış olup, Endrin A.'nın en yüksek değeri ise 5. istasyonda tespit edilmiştir. Endrin K.'nun maksimum yıllık ortalama değeri 2. istasyonda gözlemlenmiştir. Burada dikkat çekici bir husus vardır; Endrin göl, dereler, kuyular ve yağmur sularında tespit edilmesine karşın toprakda belirlenememiştir. Bu durum bu kimyasalın taşınım yoluyla bu bölgeye ulaştığını düşündürmektedir.





**Şekil 3.31.** Toprak numunelerinde ölçülen istasyonlara bağlı yıllık ortalama Aldrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton konsantrasyonları ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) (T; İstasyon Kodları, EndrinX; Aldrin, Dieldrin, Endrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton)

### 3.3.3. Endosülfan I, Endosülfan II ve Endosülfan Sülfat analiz sonuçları

#### 3.3.3.1. Gölde bulunan Endosülfan I, Endosülfan II ve Endosülfan Sülfat miktarlarının değerlendirilmesi

Sapanca Gölü su numunelerinde derinliğe bağlı OKP analizleri yapılmıştır ve bu bölümde Endosülfan I (ES I), Endosülfan II (ES II) ve Endosülfan sülfat (ESS) konsantrasyonları değerlendirilmiştir. Tablo 3.22’de Sapanca gölünde ESI, ES II, ESS konsantrasyonları istasyonlara ve derinliğe bağlı olarak gösterilmektedir. Analizler için numuneler Sapanca Gölü’nde 10 istasyondan ve 3 farklı derinlikte (dip, orta ve yüzey) alınmıştır. Tablodan görüleceği üzere Sapanca Gölü’nde ES türlerinden en fazla ES I mevcuttur ve ES I pek çok istasyonda diğer ES türlerinden yüksek konsantrasyonlarda belirlenmiştir.

Nisan 2017’de ES I 2. İstasyon dip, 6. İstasyon orta ve 9. İstasyon dip ve orta numunelerinde bulunmuştur. Nisan 2017’de en yüksek ES I miktarı 6. İstasyon orta numunesinde  $0,23 \mu\text{g}/\text{L}$  olarak ölçülmüştür. Nisan 2017’de ölçülen ES II konsantrasyonları 2. İstasyon dip derinliğinde  $0,069 \mu\text{g}/\text{L}$  ve 4. İstasyon yüzey derinliğinde  $0,0005 \mu\text{g}/\text{L}$ ’dir. ESS ise Nisan 2017’de sadece 8. İstasyon yüzeyde tespit edilmiş olup  $0,127 \mu\text{g}/\text{L}$  konsantrasyona sahiptir.

Mayıs 2017’de Sapanca Gölü’nde ES I ve ES II’ye rastlanmıştır. ES I, 2. İstasyon yüzey numunesinde  $0,031 \mu\text{g}/\text{L}$  olarak ölçülürken bu değer diğer istasyonlarda ölçülenlerden daha yüksektir. Bununla birlikte ES I 6.istasyon orta ve yüzey

derinliklerinde ve 7. İstasyon orta derinliklerinde de tespit edilmiştir. Mayıs 2017' de ES II 6. İstasyon yüzey ve 9. İstasyon orta derinliklerinde 0,001 µg/L gözlemlenmiştir. Haziran 2017' de ES I 1. İstasyon yüzey, 2. İstasyon orta, 3. İstasyon dip, 4. İstasyon dip ve orta, 6. İstasyon orta ve yüzey, 7. İstasyon dip, 8. İstasyon dip e, 9. İstasyon yüzey ve 10. İstasyon orta ve yüzey suyu numunelerinde gözlemlenmiştir. En yüksek ES I konsantrasyonu 8. İstasyon dip derinliğinde 0,060 µg/L olarak tespit edilmiştir. ES II ise sadece 9. İstasyon yüzey derinliğinde 0,003 µg/L olarak ölçülmüştür. Temmuz 2017' de ES I 3., 4. ve 6. İstasyonlarda mevcut olup maksimum derişimi 3. istasyon orta numunesinde 0,041 µg/L' dir. Aynı ay içerisinde ES II kalıntısı ile 1., 4. ve 5. istasyonlarda karşılaşılmış, en yüksek konsantrasyon 1. İstasyon dip numunesinde 0,033 µg/L' dir.

Eylül 2017' de ES I 8. İstasyon yüzeyden ve 9. İstasyondan alınan tüm su örneklerinde ortalama 0,0007 µg/L konsantrasyonlarda mevcuttur. ES II ise sadece 5. İstasyon dip numunesinde 0,013 µg/L seviyesinde belirlenmiştir.

Ekim 2017' de ES I 2., 4., 5., 6. ve 8. İstasyonlarda saptanmış ve numune alma dönemi boyunca ölçülen en yüksek konsantrasyonu da bu ayda 4. İstasyon dipte 0,33 µg/L olarak tayin edilmiştir. ES II'ye ise yalnızca 2. ve 3. İstasyonlarda rastlanmıştır.

Aralık 2017' de ES I 9. ve 10. İstasyonlarda, ES II 2., 9. ve 10. istasyonlarda görülmüştür.

Endosülfan türevlerinin tespit edildiği son ay olan Ocak 2018' de ES I diğer aylara göre pek çok istasyonda görülürken olup en yüksek konsantrasyonu 4. İstasyon yüzey 0,084 µg/L' dir. Ayrıca yine aynı tarihlerde ES II ve ESS kontaminasyonları da görülürken özellikle 9. İstasyon dip derinliğinde gözlemlenen ESS 0,95 µg/L gibi oldukça yüksek bir konsantrasyona sahiptir. Endosülfan, 'Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği'nde daha az tehlikeli maddeler sınıfında olup sınır değeri 0,2 µg/L' dir. 'Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde ise 0,01 µg/L değerleri ile sınırlandırılmıştır. Tabloya göre bu üç türünde farklı ay ve istasyonlarda sınır değerler üzerinde yer aldığı görülmektedir.

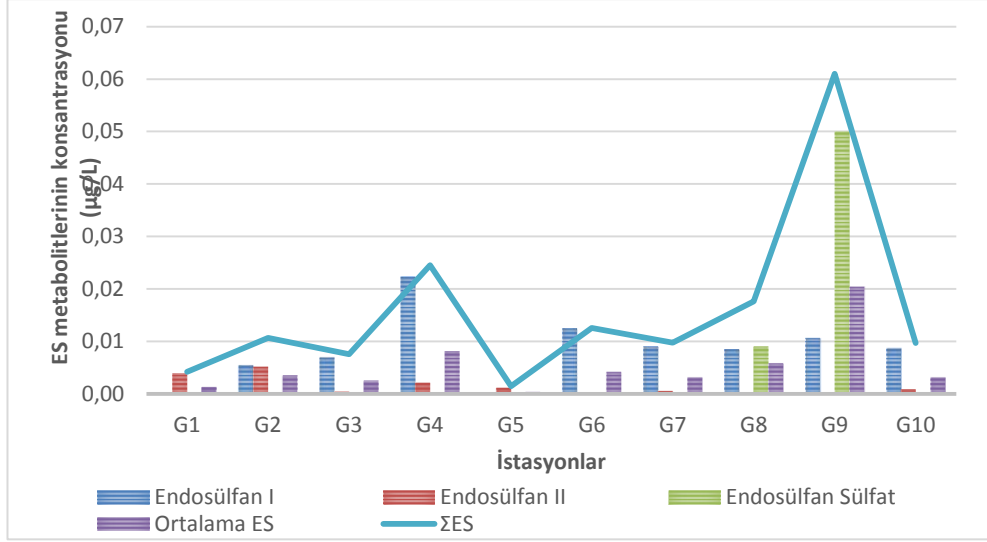
**Tablo 3.22.** Sapanca Gölü'nde istasyonlara ve derinliğe bağlı Endosulfan I (ES I), Endosulfan II (ES II) ve Endosülfan Sülfat (ES S.) Konsantrasyonları ( $\mu\text{g/L}$ )

Pestisit	Nis.17			May.17			Haz.17			Tem.17			Eyl.17			Eki.17			Ara.17			Oca.18		
	ES I	ES II	ES S.	ES I	ES II	ES S.	ES I	ES II	ES S.	ES I	ES II	ES S.	ES I	ES II	ES S.	ES I	ES II	ES S.	ES I	ES II	ES S.	ES I	ES II	ES S.
1-D	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,033	TE	TE	TE	-	-	-	TE	TE	TE	TE	TE	TE	
1-Y	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,005	TE	TE	TE	0,029	TE	TE	TE	-	-	-	TE	TE	TE	TE	TE	TE	
2-D	0,004	0,069	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,052	0,066	TE	TE	0,003	TE	0,016	TE	TE	
2-O	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,001	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,020	TE	TE	
2-Y	TE	TE	TE	0,031	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,027	TE	TE	
3-D	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,023	TE	TE	-	-	-	TE	TE	TE	-	-	-	TE	TE	TE	TE	TE	TE
3-O	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,041	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,011	TE	TE	TE	0,036	TE	TE	
3-Y	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	-	-	-	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,049	TE	TE	
4-D	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,005	TE	TE	0,005	0,004	TE	-	-	-	0,327	TE	TE	TE	TE	0,073	0,017	TE	
4-O	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,011	TE	TE	TE	0,001	TE	-	-	-	TE	TE	TE	TE	TE	0,054	0,027	TE	
4-Y	TE	0,005	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,084	TE	TE	
5-D	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,002	TE	TE	0,013	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	
5-O	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	-	-	-	TE	TE	TE	0,005	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	
5-Y	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,011	TE	TE	TE	-	-	-	TE	TE	TE	TE	TE	TE	
6-D	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,004	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,019	TE	TE	
6-O	0,228	TE	TE	0,002	TE	TE	0,014	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,016	TE	TE	TE	TE	0,030	TE	TE	
6-Y	TE	TE	TE	0,006	0,001	TE	0,006	TE	TE	TE	TE	TE	-	-	-	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	
7-D	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,022	TE	TE	-	-	-	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,038	TE	TE	
7-O	TE	TE	TE	0,007	TE	TE	-	-	-	-	-	-	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,050	TE	TE	
7-Y	TE	TE	TE	TE	TE	TE	-	-	-	-	-	-	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,055	TE	TE	
8-D	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,060	TE	TE	-	-	-	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,052	TE	TE	
8-Y	TE	TE	0,127	TE	TE	TE	TE	TE	TE	-	-	-	0,007	TE	TE	0,001	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	
9-D	0,014	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	-	-	-	0,006	TE	TE	TE	TE	TE	0,010	0,003	TE	TE	0,951	
9-O	0,053	TE	TE	TE	0,001	TE	TE	TE	TE	-	-	-	0,008	TE	TE	TE	TE	TE	-	-	-	0,042	TE	TE
9-Y	TE	TE	TE	-	-	-	0,018	0,003	TE	-	-	-	0,008	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,044	TE	TE	
10-D	TE	TE	TE	-	-	-	TE	TE	TE	-	-	-	-	-	-	-	-	TE	0,004	TE	0,032	0,006	TE	
10-O	TE	TE	TE	-	-	-	0,022	TE	TE	-	-	-	-	-	-	TE	TE	TE	0,019	TE	TE	TE	TE	
10-Y	TE	TE	TE	-	-	-	0,006	TE	TE	-	-	-	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,005	TE	TE	0,049	0,003	TE

D; Dip, O; Orta, Y; Yüzey, ES I; Endosulfan I, ES II; Endosulfan II, ES S; Endosulfan Sülfat

Şekil 3.32’de Sapanca gölünde bulunan Endosülfan I, Endosülfan II, Endosülfan Sülfat, ortalama Endosulfan türleri ve toplam Endosülfan türleri miktarları yıllık olarak 10 farklı istasyon için verilmektedir. ESI, ESII ve ESS ortalamalarına göre en yüksek konsantrasyona sahip endosülfan türevi ESS olarak belirlenmiştir. ES II ise tüm istasyonlarda en düşük ortalamalara sahip olan endosülfan türüdür. G2, G3, G6, G7, G8, G9 ve G10 istasyonlarında ESI mevcuttur ve en yüksek ortalama değeri G4 istasyonunda ölçülmüştür. ES G1, G2, G4 G5, G7 ve G10 istasyonlarında görülmüştür ve özellikle G5 istasyonunda sadece ES II’ ye rastlanmaktadır. ESS sadece G8 ve G9’da tespit edilmiş olsa dahi özellikle 9. istasyonda diğer endosülfan türevlerinden oldukça yüksektir.

Toplam Endosülfan’a bakıldığında G4’te ve G9’da en yüksek değerlerini almaktadır. Özellikle G9 istasyonunda ESS ‘Yer Üstü Su Kalitesi Yönetmeliği’ne göre 0,01 µg/L sınır değerlerin çok üzerinde bir değer almıştır. Endosülfan, Endosülfan Sülfat ve Endosülfan Diol metabolize olabilen Endosülfan I ve Endosülfan II izomerleri olarak bulunduğu belirtilmiştir (Chopra ve Mahfouz, 1977). Endosulfan’ın yapısı %70 ES I, %30 ESII izomerlerini içerdiği işaret edilmiştir (Singh ve ark., 2014). Grafiği incelediğimizde Sapanca Gölü’nde konsantrasyon olarak ESS>ESI>ESII gibi bir sıralama ortaya çıkmaktadır ki bu durum Endosülfanla ilgili bilgiyi doğrular niteliktedir. Geçmişte kullanılan Endosülfan tarım ilacının büyük kısmının bozunmaya uğrayarak ESS formuna dönüşmesi veya ESI/ESII formunda kalması da mümkündür. 9.istasyon konum olarak şu anda yerleşim yerlerine yakın olmakla birlikte geçmişte o bölge tarımsal alan olarak kullanılmıştır. Bu nedenle elde edilen sonuçlar geçmiş kullanımların kalıntısı olarak yorumlanabilir. Diğer yandan Sapanca gölü çevresinde kullanılsa da yine parçalanma ürünleri başka bir bölgeden Sapanca Bölge’sine taşınmış da olabilir.



**Şekil 3.32.** Sapanca gölünde mevcut ESI, ESII ve ESS kontaminasyonlarının istasyonlara bağlı yıllık ortalama değerleri (µg/L) (G; Göl istasyon kodları, ES I; Endosülfan I, ES II; Endosülfan II, ES S; Endosülfan Sülfat)

### 3.3.3.2. Sediment örneklerinde mevcut Endosulfan I, Endosulfan II ve Endosulfan Sülfat konsantrasyonları

Sapanca gölü dip sedimentinde var olan Endosülfan metabolitlerinin mevsimsel olarak analiz sonuçları Tablo 3.23’de listelenmiştir. Buna göre İlkbahar 2017’de için Endosülfan parçalanma ürünlerinden ESS’a dip sedimentinde rastlanmamışken, ES II S2 ve S5 istasyonları hariç tüm istasyonlarda tespit edilmiştir. ES I ise S1, S2 ve S9 istasyonlarında mevcuttur ve maksimum konsantrasyonu 2. istasyonda 2,42 µg/ kg olarak belirlenmiştir. ES II ilkbaharda, ES I’e kıyasla oldukça yüksek konsantrasyonlarda olup, bu mevsimde en yüksek konsantrasyonu 24.52 µg/kg ile S8 bulunmuştur.

Yaz 2017’de ES I ve ESS kontaminasyonu bulunmazken, ES II S6 hariç tüm istasyonlarda mevcuttur. Sonbahar 2017’de ES türlerinin üçü de saptanmıştır. ES I 10. istasyon dışında tüm istasyonlarda gözlemlenmiş olup ölçülen en yüksek değeri 6. istasyonda 25,15 µg/ kg’ dır. ES II ise sadece 7. istasyonda 0,71 µg/kg konsantrasyonda belirlenmiştir. ESS 1., 3. ve 6. istasyonlarda mevcuttur ve tespit edilen en yüksek değeri 3. istasyonda 1.01 µg/kg’ dır.

Kış mevsiminde ise ESS kontaminasyonu görülmezken, ESII sadece 8. istasyonda (6,84 µg /kg) saptanmıştır. ES I kalıntısı 1., 5., 6., 8. ve 10 istasyonlarda tespit edilmiş olup, 10. istasyonda o mevsime ait maksimum konsantrasyon olan 3,12 µg/kg belirlenmiştir.

Mevsimplere göre tüm ES türleri incelendiğinde sonbaharda ES I en sık ve en yüksek konsantrasyonlarda bulunmuştur. ES II ise yaz mevsiminde 9 istasyonda görülürken tüm diğer ES türlerinden yüksek konsantrasyonlardadır. ESS ise tüm yıl boyunca sadece Sonbahar 2017’ de 3 istasyonda tespit edilmiştir.

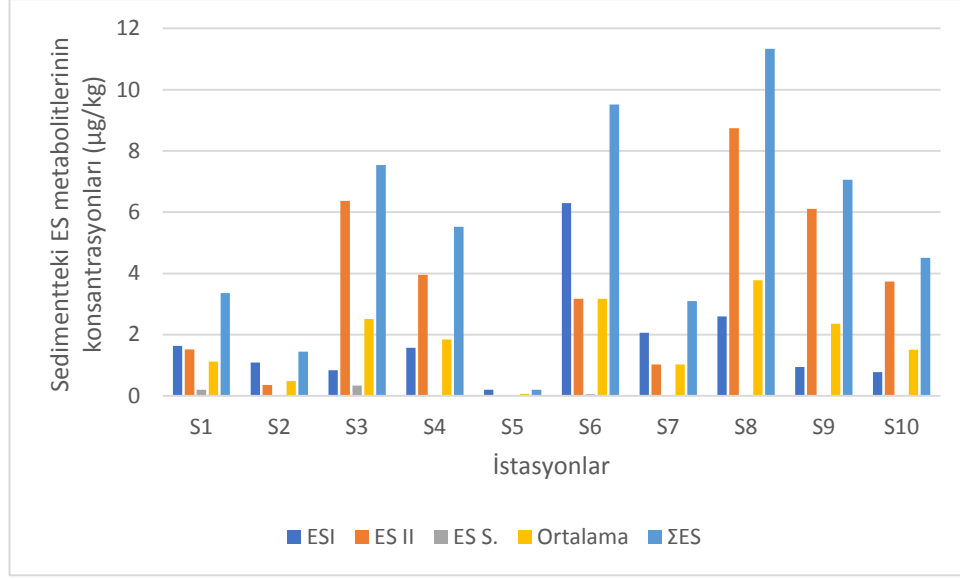
**Tablo 3.23.** Sapanca gölü dip sedimentinde tespit edilen Endosülfan I (ES I), Endosülfan II (ES II) ve Endosülfan Sülfat (ES S) Konsantrasyonları

	İlkbahar 17			Yaz 17			Sonbahar 17			Kış 18		
	ESI	ES II	ES S.	ESI	ES II	ES S.	ESI	ES II	ES S.	ESI	ES II	ES S.
<b>S1</b>	0,73	5,08	TE	TE	1,01	TE	5,36	TE	0,81	0,44	TE	TE
<b>S2</b>	2,42	TE	TE	TE	1,07	TE	1,92	TE	TE	TE	TE	TE
<b>S3</b>	TE	15,31	TE	TE	3,79	TE	2,52	TE	1,01	-	-	-
<b>S4</b>	TE	10,19	TE	TE	1,67	TE	6,28	TE	TE	TE	TE	TE
<b>S5</b>	-	-	-	TE	TE	TE	0,26	TE	TE	0,34	TE	TE
<b>S6</b>	TE	8,76	TE	TE	0,76	TE	25,15	TE	0,20	0,028	TE	TE
<b>S7</b>	TE	TE	TE	TE	2,37	TE	8,26	0,71	TE	TE	TE	TE
<b>S8</b>	TE	24,52	TE	TE	1,70	TE	9,12	TE	TE	1,28	6,84	TE
<b>S9</b>	1,50	16,15	TE	TE	2,19	TE	2,29	TE	TE	TE	TE	TE
<b>S10</b>	TE	7,49	TE	TE	3,70	TE	TE	TE	TE	3,11	TE	TE

S; Sediment istasyon kodları, TE; Tespit Edilemedi, ES I; Endosülfan I, ES II; Endosülfan II, ES S; Endosülfan Sülfat

Şekil 3.33’de sedimentte mevcut ES türlerine ait yıllık ortalama konsantrasyonlar, tüm ES türlerinin ortalamaları ve toplam ES konsantrasyonları 10 farklı istasyonda ayrı ayrı verilmektedir. Şekile göre Nisan 2017 ve Nisan 2018 arasında tüm istasyonlarda ES I kalıntısı ile karşılaşmıştır. Ancak ES I 6. istasyonunda en yüksek ortalama değerini almaktadır. ES II 5. hariç tüm istasyonlarda tespit edilmiştir ve özellikle S3 ve S8 istasyonlarında ΣES’nin büyük kısmını oluşturmaktadır.

ESS 1., 3. ve 6. istasyonlarda mevcut olup konsantrasyonu ES I ve ES II’ ye göre oldukça düşüktür. Yıllık bazda ES II 5 istasyonda en yüksek ES türü iken geriye kalan 5 istasyonda da ES I daha yüksek miktarda görülmüştür. Toplam ES konsantrasyonu ise artış azalış şeklinde dalgalanmakta ve 3., 6. ve 8. istasyonlarında en yüksek pikleri oluşturmaktadırlar. Bu istasyonlardan 8. ve 3. tarım arazilerine yakın konumdayken 6. istasyon yerleşim ve turizmin yaygın olduğu bölgededir. Aynı zamanda bu üç istasyon birbirine konum olarak uzaktayken; gölün kuzey, güney ve batı kıyılarına yakındır. Sudaki miktarları da göz önünde bulundurulduğunda geçmiş kullanım kaynaklı olma ihtimali daha yakın görünmektedir.



**Şekil 3.32.** Sapanca gölü dip sedimentinde belirlenen ES I, ES II, ESS, Ortalama ES ve ΣES konsantrasyonları (ES I; Endosülfan I, ES II; Endosülfan II, ES S; Endosülfan Sülfat)

Göldeki ES kontaminasyonunun su ve sediment arasındaki geçiş yönünü belirlemek amacıyla, ES I, ES II ve ESS için Eşitlik 2.1' e göre fugasite katsayıları hesaplanmıştır.

Yapılan hesaba göre yıllık ortalama bazında ESS'nin fugasite değeri 1'in altındadır. Yani ESS'nin sudaki taşınımının yönü sudan sedimentte doğrudur.

ESI'in fugasite katsayısı daha sık karşılaşılan bir tür olduğundan mevsimsel olarak hesaplanabilmiştir ve fugasite değerlerinin tamamının 1'den büyük olduğu saptanmıştır. Sedimentte birikim yapmış olan ESI pestisiti sedimentten suya doğru geçiş halindedir.

Son olarak ES II için fugasite katsayısı değerleri incelendiğinde, fugasite katsayısının 1'den büyük olduğu ve dolayısıyla geçişin sedimentten suya olduğu sonucuna varılmıştır.

### 3.3.3.3. Derelerde bulunan Endosulfan I, Endosulfan II ve Endosulfan Sülfat miktarlarının değerlendirilmesi

Sapanca Gölü'nü besleyen derelerden alınan su numunelerinde yapılan OKP analizlerinden elde edilen ES türleri ile ilgili sonuçlar Tablo 3.24'te verilmiştir. Analizler Nisan 2017-Nisan 2018 tarihleri arasında Kasım 2017 ve Mart 2018 dışındaki tüm aylarda yapılmıştır, ancak tabloda sadece ES tespiti yapılan aylar verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre bu tarihler arasında 12 derenin hiçbirinde ESS kontaminasyonu ile karşılaşmamıştır.

Nisan 2017’ de ES türlerinden sadece ES II (0,014 µg/L) D10-Maden Deresi’nde görülmüştür. Mayıs 2017’ ye gelindiğinde ES II hiçbir derede görülmezken Maden Deresi’nde 0,016 µg/L ES I saptanmıştır. Haziran 2017 ‘de D2-Keçi Deresi’nde 0,19 µg/L ES II ve Ağustos 2017’ de yine aynı derede 0,0036 µg/L ES I tespit edilmiştir. Eylül 2017’ de D7-Maşukiye Deresi’nde 0,061 µg/L ES II ve son olarak Şubat 2018’ de D8-Balikhane Deresi’nde 0,057 µg/L ES I belirlenmiştir.

Bir yıl kadar uzun bir sürede 12 dereeden su numuneleri alınmasına rağmen ES türleri aylara bağlı en fazla 1 dereede 1 tür olacak şekilde karşılaşılmıştır. Tablo 3.7’de yer alan yönetmeliklerde ES’ye ait sınır değerler incelendiğinde ‘Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği’ne göre 0,2 µg/L ve ‘Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği’ne göre ise 0,01 µg/L’dir. Verileri bu açıdan tekrar incelediğimizde ise Nisan ve Ağustos 2017 dışında tespit edildikleri her noktada sınır değerlerin üzerinde seyretmişlerdir. Endosülfan kullanımı oldukça uzun bir süre önce yasaklanmasına rağmen halihazırda hala tespit ediliyor olması topraktaki kalıntıların dereler yoluyla çözündürülerek tekrar yüzeysel sulara karışması şeklinde açıklanabilir. Diğer yandan Sapanca bölgesinde kullanımı sonlandırılmış olsa bile kimyasal yapısı gereği uzun mesafelerden atmosferik taşınım ile yeniden bu bölgedeki derelerde tespit edilmiş olması da başka bir olasılıktır. Ancak kullanımın devam etmemesi sınır değerler üzerinde çıkmasının risklerini ortadan kaldırmamaktadır.

**Tablo 3.24.** Sapanca gölünü besleyen derelerde tespit edilen ES I ve ES II konsantrasyonları (µg/L)

	Nis.17		May.17		Haz.17		Ağu.17		Eyl.17		Şub.18	
	ES I	ESII	ESI	ESI I	ES I	ESII	ESI	ESI I	ES I	ESII	ESI	ESI I
<b>D1</b>	TE	TE	TE	TE	TE	0,19	TE	TE	TE	TE	TE	TE
<b>D2</b>	TE	TE	TE	TE	-	-	0,004	TE	TE	TE	TE	TE
<b>D3</b>	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
<b>D4</b>	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
<b>D5</b>	TE	TE	0,016	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
<b>D6</b>	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
<b>D7</b>	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,061	TE	TE
<b>D8</b>	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,057	TE
<b>D9</b>	TE	TE	TE	TE	-	-	TE	TE	TE	TE	TE	TE
<b>D10</b>	TE	0,0014	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
<b>D11</b>	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
<b>D12</b>	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE

D; İstasyon Kodları, (ES I; Endosülfan I, ES II; Endosülfan II, ES S; Endosülfan Sülfat)



#### **3.3.3.4. Yağmur suyu numunelerinde bulunan endosülfan I, endosülfan II ve endosülfan sülfat konsantrasyonları**

Sapanca gölüne atmosferik birikim ile taşınan OKP türlerinin belirlenmesi için toplanan yağmur suyu örneklerinde araştırılan türleri arasında ES I, ES II ve ESS'de yer almaktadır. Tablo 3.25'te 10 istasyonda toplanan yağmur sularında tespit edilen ES I ve ES II konsantrasyonları aylık olarak listelenmiştir. Analizler Nisan 2017 – Nisan 2018 arasında aralık ayı dışında tüm aylarda yapılmış olup tabloda sadece ES türlerinin belirlendiği aylar listelenmiştir. 12 ay boyunca yapılan analizlerde ESS kontaminasyonu ile karşılaşılmamıştır ve bu nedenle tabloda yer almamaktadır. Nisan, Mayıs 2017 ve Mart 2018'de sadece ES I saptanmıştır. Nisan ayında 4., 6., ve 10. istasyonlarda tespit edilmiş ancak bu aya ait en yüksek akı değeri 6. istasyonunda  $0,023 \mu\text{g}/\text{m}^2.\text{gün}$ 'dür. Mayıs ayında 1. istasyonda yağmurlar aracılığı ile göle taşınan ESI kirliliği  $0,014 \mu\text{g}/\text{m}^2.\text{gün}$  ölçülürken Mart 2018'de 1., 5. ve 6. istasyonlarda belirlenen ES I'in yıl boyunca ölçülen maksimum derişimi 1. istasyonda  $0,15 \mu\text{g}/\text{L}$  iken yağmur suyu miktarına bağlı olarak kirlilik akısı olarak  $0,045 \mu\text{g}/\text{m}^2.\text{gün}$ 'dür.

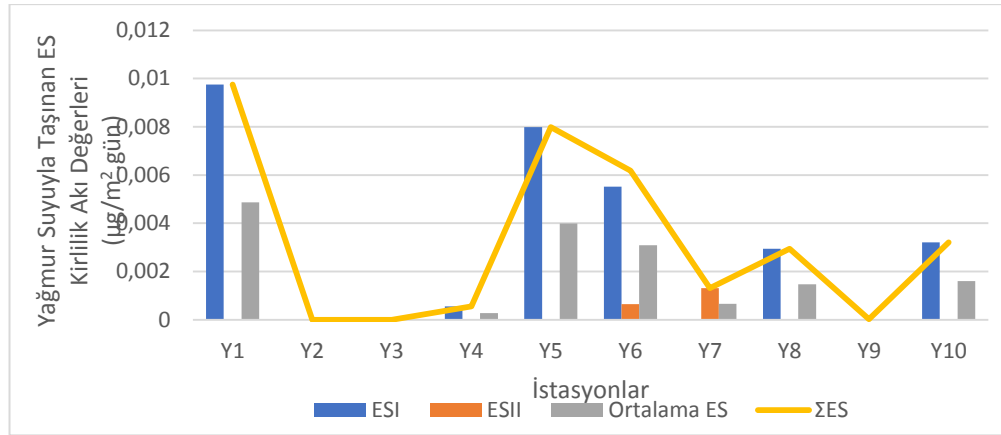
Kasım 2017 de ES I ve ES II türlerinin ikisi birden görülmüştür. 10. istasyonda yağmur suyunda  $0,027 \mu\text{g}/\text{L}$  ESI konsantrasyonu görülürken miktarına bağlı kirletici akısı  $0,0007 \mu\text{g}/\text{m}^2.\text{gün}$ 'dür. 6. ve 9. istasyonlarda ise sırasıyla  $0,0058$  ve  $0,0008 \mu\text{g}/\text{L}$  ES II konsantrasyonu ölçülürken bu değerlerin kirletici akısı olarak karşılığı tabloda  $0,0001$  ve  $0,0002 \mu\text{g}/\text{m}^2.\text{gün}$  olarak hesaplanmıştır. Şubat 2017' de ES I 4. ve 10. istasyonlarda, ES II ise 6. ve 7. istasyonlarda bulunmuştur.

Genel olarak yağmur sularında ES I konsantrasyonu ES II konsantrasyonundan daha yüksek bulunmuştur. ES I' in yıllık bazda en yüksek değeri Mart 2018' de 1. istasyonunda gözlemlenirken, ES II' nin en yüksek konsantrasyonu ise Şubat 2017'de 7. istasyonda  $0,031 \mu\text{g}/\text{L}$  konsantrasyonda ve akı değeri  $0,008 \mu\text{g}/\text{m}^2.\text{gün}$  olarak belirlenmiştir.

**Tablo 3.25.** Yağmur suyu ile Sapanca Gölü'ne taşınan ES I ve ES II kirlilik akıları ( $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{gün}$ )

İstasyon	Pestisit	Nis.17	May.17	Tem.17	Kas.17	Şub.18	Mar.18
Y1	ESI	TE	0,014	TE	TE	TE	0,045
	ESII	TE	TE	TE	TE	TE	TE
Y2	ESI	-	TE	TE	TE	TE	TE
	ESII	-	TE	TE	TE	TE	TE
Y3	ESI	TE	TE	TE	TE	TE	-
	ESII	TE	TE	TE	TE	TE	-
Y4	ESI	0,0034	TE	TE	TE	TE	TE
	ESII	TE	TE	TE	TE	TE	TE
Y5	ESI	TE	TE	0,0066	TE	0,012	0,03
	ESII	TE	TE	TE	TE	TE	TE
Y6	ESI	0,010	TE	TE	TE	TE	0,023
	ESII	TE	TE	TE	0,001	0,003	TE
Y7	ESI	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	ESII	TE	TE	TE	TE	0,008	TE
Y8	ESI	TE	TE	0,018	TE	TE	TE
	ESII	TE	TE	TE	TE	TE	TE
Y9	ESI	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	ESII	TE	TE	TE	0,0002	TE	TE
Y10	ESI	0,0030	TE	TE	0,0007	0,016	TE
	ESII	TE	TE	TE	TE	TE	TE

Şekil 3.34' de yağmur suları aracılığı ile göle taşınan ES I, ES II, ortalama ES ve toplam ES kirlilik akı değerlerinin istasyonlara bağlı yıllık ortalamaları verilmektedir. Şekilden anlaşılacağı üzere yağmur suları ile ES I, ES II' ye göre daha fazla miktarda göle taşınmaktadır. ESI, ESII' den daha fazla istasyonda tespit edilmiştir. ESI'in göle en yoğun şekilde taşındığı istasyon 1. istasyon iken ESII 7. istasyonunda maksimum akı değerini almaktadır. 1., 5. ve 6. istasyonlarda ortalama ES akısı diğer istasyonlardan daha yüksek değer alırken, 2. ve 3. istasyonlarda ES türüne rastlanmamıştır. Toplam ES akısı, ortalama ES ile paralellik göstermektedir. Bu istasyonlardan 5 ve 6 numaralı istasyonlar tarım arazileri içerisinde yer alırken, 1 numaralı istasyon park arazisinde yer almaktadır. ES metabolitlerinin yağmur suyunda yer alması atmosferik taşınım ile yakın ya da uzak bölgelerden taşınım ile Sapanca bölgesine gelmiş olabileceği gibi tarım arazilerinde geçmiş kullanımlardan kalıntıların buharlaşması yoluyla havaya karışmış da olabilir.



**Şekil 3.33.** Yağmur suyu numuneleri ile taşınan yıllık ortalama Endosülfan I, ve Endosülfan II, ortalama ES ve ΣES akı değerleri (µg/m<sup>2</sup>.gün), (ES; Endosülfan, Y; Yağmur suyu istasyon kodları)

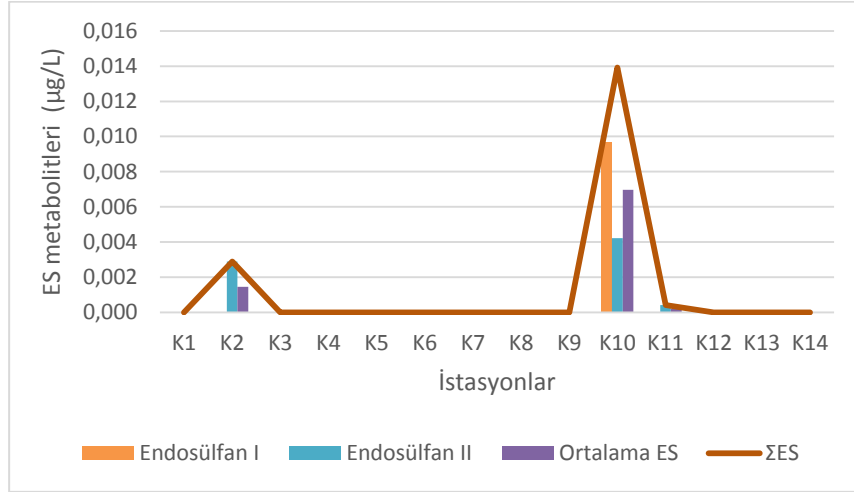
### 3.3.3.5. Yeraltı suyunda mevcut Endosülfan I, Endosülfan II ve Endosülfan Sülfat Konsantrasyonları

Sapanca Gölü'ne yakın 14 kuyudan İlkbahar ve yaz mevsimlerinde alınan su numunelerinin analizinden elde edilen ES konsantrasyonları Tablo 3.26'de verilmiştir. Yaz 2017 mevsiminde kuyu sularında herhangi bir ES türüne rastlanılmamıştır. İlkbahar 2017 mevsiminde ise ES I ve ES II türü kuyu suyunda tespit edilmişken ES S türüne rastlanılmamıştır. ES I sadece K10 istasyonunda ve 0,019 µg/L konsantrasyonunda bulunmuştur. ES II K2, K10 ve K 11 istasyonlarında tespit edilmiş olup en yüksek konsantrasyon K 10'da 0,008 µg/L ölçülmüştür. Yeraltı suyu örneklerinde ES metabolitleri sadece İlkbahar 2017'de tespit edilmiştir.

**Tablo 3.26.** Kuyularda tespit edilen Endosülfan I ve Endosülfan II türlerinin istasyonlara bağlı konsantrasyonları

İST.	İlkbahar 17			Yaz 17		
	ES I	ES II	ESS	ES I	ES II	ESS
K1	TE	TE	TE	TE	TE	TE
K2	TE	0,006	TE	TE	TE	TE
K3	TE	TE	TE	TE	TE	TE
K4	TE	TE	TE	TE	TE	TE
K5	TE	TE	TE	TE	TE	TE
K6	-	-	TE	TE	TE	TE
K7	-	-	TE	TE	TE	TE
K8	TE	TE	TE	TE	TE	TE
K9	TE	TE	TE	TE	TE	TE
K10	0,02	0,008	TE	TE	TE	TE
K11	TE	0,001	TE	TE	TE	TE
K12	TE	TE	TE	TE	TE	TE
K13	TE	TE	TE	TE	TE	TE
K14	TE	TE	TE	TE	TE	TE

‘Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik’ kapsamında her bir pestisit için sınır değeri  $0,1 \mu\text{g/L}$  iken toplam pestisit sınır değeri  $0,5 \mu\text{g/L}$ ’dir. Şekil 3.35’i incelediğimizde ES I ve ES II türlerinin her ikisi de 10. kuyuda bir arada bulunduğu görülmektedir. Diğer yandan 2 ve 11 numaralı kuyularda sadece ES I bulunmaktadır. Yönetmelik değerleri ile kıyasladığımızda ES I veya ES II’nin bu kuyularda  $0,1 \mu\text{g/L}$  değerini aşmadığını görebiliriz. Aynı zamanda toplam pestisit açısından da ES türlerinin toplamı  $0,5 \mu\text{g/L}$  değerinin oldukça altında kalmıştır.



**Şekil 3.34.** Kuyulardan alınan su numunelerinde tespit edilen ES türlerinin istasyonlara göre dağılımı ( $\mu\text{g/L}$ ) (ES; Endosülfan, K; Yeraltı suyu istasyon kodları)

### 3.3.3.6. Toprak örneklerinde mevcut Endosülfan I, Endosülfan II ve Endosulfan Sülfat konsantrasyonları

Endosülfan I, Endosülfan II ve Endosülfan Sülfat, Sapanca Gölü çevresinde bulunan arazilerden alınan toprak numunelerinde yapılan analizlerde araştırılan türlerdendir. Tablo 3.27’de 10 istasyondan ayrı ayrı alınan toprak numunelerinde ES II pestisitine ait konsantrasyonlar mevsimsel olarak verilmektedir. Toprak numunelerinde ES türlerinden sadece ES II’nin bulunduğu görülmüştür. İlkbahar 2017’de ES II sadece 1. istasyonda ve  $0,037 \mu\text{g/kg}$  konsantrasyonunda ölçülmüştür. Yaz 2017’de ise 10 istasyonun hepsinde ES II varlığı görülmüştür ve en yüksek konsantrasyon 3. istasyonda  $1,30 \mu\text{g/kg}$ ’dır. Sonbahar 2017’de T1, T2, T3, T4 ve T9 istasyonlarında ES II tespit edilmiş olup en yüksek miktarda ES II  $1,89 \mu\text{g/kg}$  konsantrasyon ile 9. istasyonda gözlemlenmiştir. Kış 2018’de T9 ve T10 istasyonları hariç tüm istasyonlarda ES II tespit edilmiştir. Bu mevsimde ölçülen en yüksek ES II konsantrasyonu  $1,10 \mu\text{g/kg}$  ile 3. istasyonda tespit edilmiştir. Tabloya göre ES II kontaminasyonu yıl boyunca tüm istasyonlarda görülmüştür. Tablo 3.12’de ‘Toprak

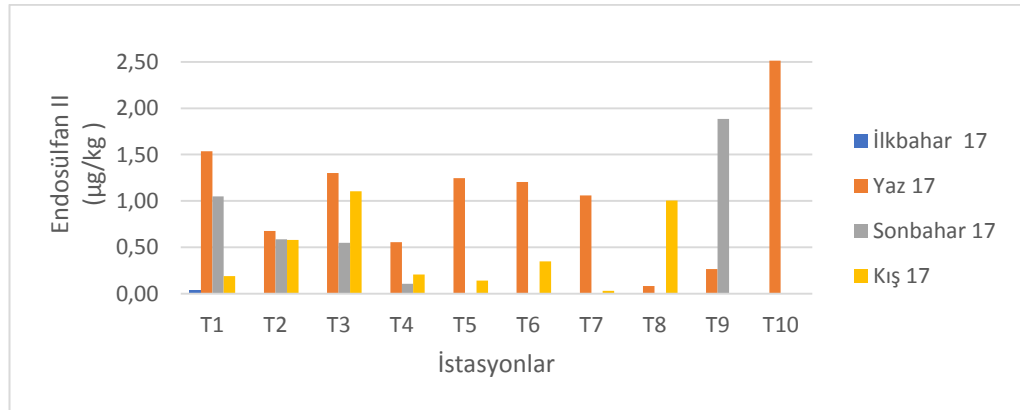
Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmeliği'ne göre Endosülfan sınır değeri 97 mg/L'dir ki bu değer Sapanca Gölü çevresindeki topraktaki belirlenen miktarların oldukça üzerindedir.

**Tablo 3.27.** Toprak Numunelerinde mevcut Endosülfan II Konsantrasyonları ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
İlkbahar 17	0,037	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
Yaz 17	1,54	0,68	1,30	0,56	1,25	1,21	1,06	0,08	0,27	2,52
Sonbahar 17	1,05	0,59	0,55	0,11	TE	TE	TE	TE	1,89	TE
Kış 17	0,19	0,58	1,10	0,21	0,14	0,35	0,03	1,00	TE	TE

T; Toprak numunesi alma istasyon kodları, TE; Tespit edilemedi

Şekil 3.34'te 10 istasyondan alınan toprak numunelerinde mevsimlere göre ES II konsantrasyonları verilmektedir. ES II konsantrasyonları tüm istasyonlarda yaz mevsiminde en yüksek derişime sahiptir. En düşük konsantrasyon değerleri ise ilkbahar mevsimindedir. 1. istasyonda her mevsimde ES II varlığı gözlemlenmişken, 10. istasyonda sadece yaz mevsiminde ES II tespit edilmiştir ki bu tüm istasyonlar arasında görülen en yüksek konsantrasyondur. ES II kontaminasyonu yaz mevsiminden sonra en çok kış mevsiminde saptanmıştır. 9. ve 10. istasyonlar dışında geriye kalan 8 istasyonda da kış mevsiminde ES II kalıntısı bulunmuştur



**Şekil 3.35.** Toprak numunelerinde ölçülen Endosülfan II miktarlarının mevsimsel değişimi ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) (T; Toprak İstasyon Kodları)

Tüm bu veriler den sonra Sapanca gölü çevresindeki arazilerde ES pestisitine ait kalıntıların var olduğu söylenebilir. Göl suyu ve derelerde zaman zaman yönetmelik değerlerinin üstünde görülse de toprakta tespit edilen miktarlar yönetmelik sınır değerlerinin (Tablo 3.12) çok altında kalmıştır. Diğer yandan oldukça uzun zaman önce kullanımı bırakılmış bir türe ait kalıntıların hala tespit ediliyor olması, bu tip

kimyasalların kullanımının ne kadar dikkatle yapılması gerektiği konusunda da bir farkındalık yaratmalıdır.

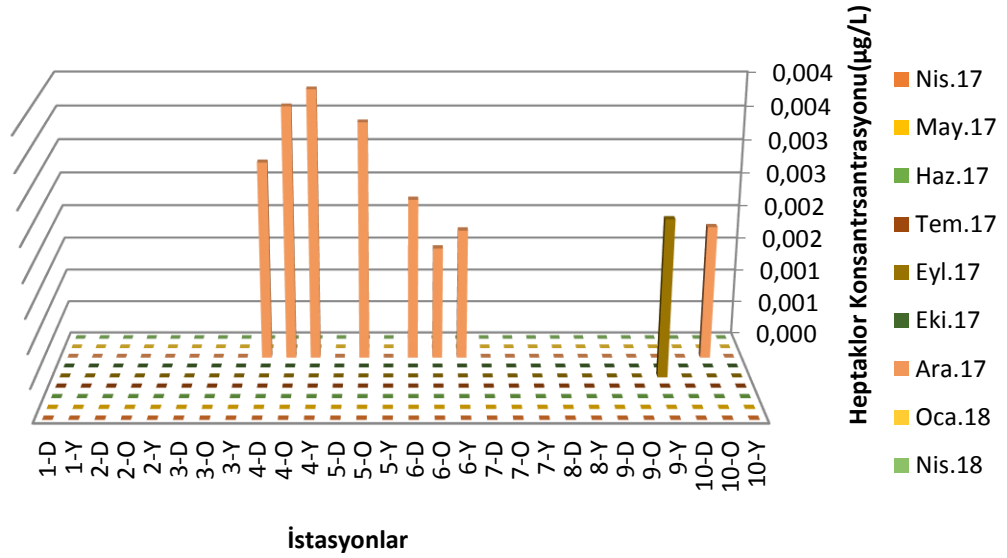
### **3.3.4. Heptaklor analiz sonuçları**

Stockholm sözleşmesinde de yer alan heptaklor kalıcı bir organik kirletici türü olan disiklopentadien insektisit olarak tespit edilmiştir (Reed ve Koshlukova, 2014). Okside olup kendinden daha kararlı bir tür olan heptaklor epoksite dönüşebildiği bildirilmiştir (Bidleman ve ark., 1998). Aynı zamanda heptaklor epoksitin heptaklorla kıyasla çevrede bulunma olasılığı daha fazla olduğu rapor edilmiştir (Jakobi ve ark., 2015). Sapanca göl suyu, sedimenti, Sapanca gölünü besleyen derelerde, yakın kuyularda, yakın noktalardan toplanan yağmur sularında ve göl etrafındaki arazilerin topraklarında OKP analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre Sapanca göl suyunda, sedimentinde, yağmur sularında ve toprakta heptaklor tespit edilmiştir. Derelerde ve yer altı sularını temsil eden kuyularda heptaklor kontaminasyonuna rastlanmamıştır.

#### **3.3.4.1. Gölde bulunan heptaklor konsantrasyonları**

Sapanca Gölü'nün dip, orta ve yüzey derinliklerinden alınan su numunelerinde analizi yapılan pestisit türlerinden biri de Heptaklor'dur. Şekil 3.37'de 'Nisan 2017- Nisan 2018 döneminde Sapanca Gölü'nde istasyonlara bağlı olarak dip, orta ve yüzey derinliklerde ölçülen Heptaklor miktarları aylara göre verilmektedir. Eylül 2017' de 9. İstasyon yüzey suyu numunesinde 0,0024 µg/L Heptaklor bulunmuştur. Aralık 2017'de 4., 5., 6., ve 10. istasyonlarda ise Heptaklor varlığı tespit edilmiştir. En yüksek Heptaklor konsantrasyonu 4. İstasyon yüzeyinden alınan su numunesinde 0,0043 µg/L olarak bulunmuştur. Ayrıca 4. İstasyonda diğer derinlikler için heptaklor miktarları dip derinlikte 0,0029 µg/L ve orta derinlikte 0,0038 µg/L'dir. Diğer istasyonlarda belirlenen Heptaklor konsantrasyonları; 5. İstasyon orta derinlik için 0,0035 µg/L, 6. İstasyon dip, orta ve yüzey derinliklerde sırasıyla 0,0024 µg/L, 0,0017 µg/L ve 0,0019 µg/L, 10. istasyon orta derinlik için ise 0,0020 µg/L'dir. Heptaklor gölde diğer OKP türlerine göre az tespit edilen türlerdendir ve genel itibari ile ölçüm sınırlarının altında kalmıştır. Aralık 2017'de daha sık tespit edilmesi gölün sıcaklık tabakalaşmasının olmadığı bu dönemde karışması ile ortaya çıktığı düşünülmektedir. Heptaklorun tespit edildiği istasyonlar Endrin A. ve Endrin K. gibi gölün doğu kesiminde kalmaktadır. İstasyonlar birbirilerinden oldukça uzak ve yüksek derinliklere sahiptirler. Heptaklor Epoksit, Heptaklorun oksidasyon ürünü olduğu ve çevrede bulunma olasılığının

heptaklardan yüksek olduğu, ayrıca suda çözünürlüğünün Heptaklardan fazla olduğu belirtilmiştir (Jakobi ve ark., 2015). Su ortamında herhangi bir istasyonda Heptaklor Epoksit tespit edilememiştir. Bu durumda ya suda yer alan Heptaklor'un okside olmadığı ya da zaten az miktardaki Heptaklor'un oksidasyonu ile ortaya çıkan Heptaklor Epoksit'in ölçüm limitlerinin altında kalması nedeniyle tespit edilemediği düşünülebilir. Diğer yandan 'Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nce verilen Heptaklor sınır değeri 0,0003 µg/L'dir. Yönetmelikçe verilen sınır değer açısından bakıldığında aralık ayında Sapanca Gölü Heptaklor kirliliği açısından tehlikeli bulunabilir. Ancak yıllık ortalama değeri 0,0001 µg/L şeklinde hesaplandığından Sapanca Gölü için Heptaklor açısından riskin tehlikeli boyutlarda olmadığı düşünülebilir.



**Şekil 3.36.** Numune alma döneminde Sapanca gölünde ölçümü yapılan Heptaklor konsantrasyonları (µg/L) (D; Dip, O; Orta, Y; Yüzey)

### 3.3.4.2. Sediment örneklerinde mevcut Heptaklor konsantrasyonları

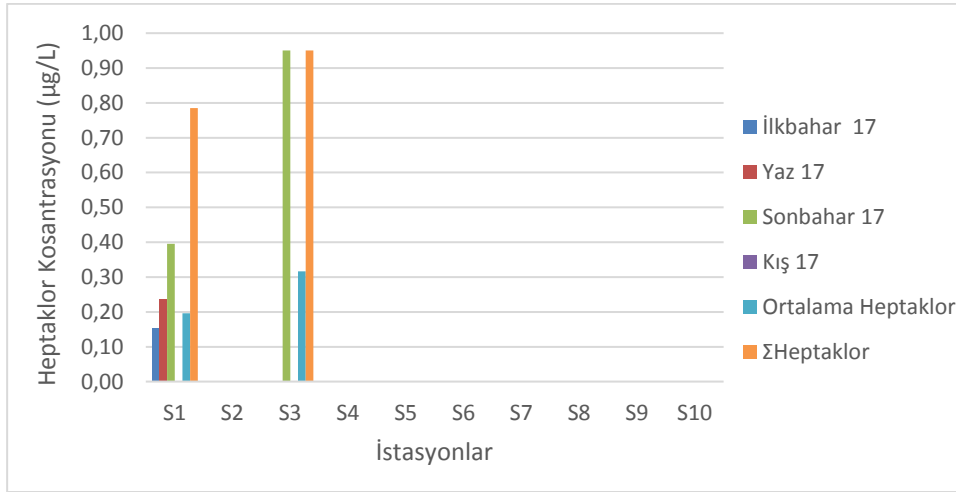
Tablo 3.28' de numune alma dönemlerinde Sapanca Gölü dip sedimentinden alınan numunelerde tespit edilen Heptaklor miktarları mevsimsel olarak verilmektedir. 1. istasyondan alınan sedimentlerde 2017 yılı ilkbahar döneminde 0,15 µg/kg, yaz döneminde 0,24 µg/kg ve sonbahar döneminde 0,40 µg/kg konsantrasyonunda Heptaklor saptanmıştır. Buna ek olarak 3. istasyonda 2017 yılı sonbahar döneminde 0,95 µg/kg Heptaklor'a rastlanmıştır ki bu değer ölçülen en yüksek Heptaklor miktarıdır.

**Tablo 3.28.** Numune alma döneminde Sapanca gölü dip sedimentinde mevcut Heptaklor konsantrasyonları ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )

	İlkbahar 17	Yaz 17	Sonbahar 17	Kış 18
<b>S1</b>	0,15	0,24	0,40	TE
<b>S2</b>	TE	TE	TE	TE
<b>S3</b>	TE	TE	0,95	-
<b>S4</b>	TE	TE	TE	TE
<b>S5</b>	-	TE	TE	TE
<b>S6</b>	TE	TE	TE	TE
<b>S7</b>	TE	TE	TE	TE
<b>S8</b>	TE	TE	TE	TE
<b>S9</b>	TE	TE	TE	TE
<b>S10</b>	TE	TE	TE	TE

TE; Tespit edilemedi, S; Sediment istasyon kodları

Sediment örneklerinde bulunan Heptaklor konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi, yıllık ortalamaları ve yıllık toplam Heptaklor miktarları Şekil 3.38’de özetlenmiştir. Şekle göre Sapanca Gölü dip sedimentinde yıl boyunca yapılan ölçümlerde sadece 2 istasyonda Heptaklor kalıntısına rastlanırken, 1. istasyonda 3 dönemde ölçülen Heptaklor miktarlarının toplamı dahi 3. istasyondaki değer altındadır. Sonbahar mevsimi diğer mevsimlere göre en yüksek miktarda Heptaklor’un tespit edildiği dönemken, kışın herhangi istasyonda Heptaklor ile karşılaşılması mümkün değildir.



**Şekil 3.37.** Numune alma döneminde sediment numunelerinde mevsimsel olarak ölçümü yapılan, yıllık ortalama ve toplam heptaklor miktarları ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )

Gölde su sediment arası geçiş yönünü belirlemek için Eşitlik 2.1.’e göre fugasite katsayısını hesaplıyoruz. Buna göre Heptaklor’un fugasite değeri 0,0009 çıkmıştır. Bu değer 1’in altında olması geçişin sudan sedimente doğru olduğunu göstermektedir.



### 3.3.4.3. Yağmur suyu numunelerinde mevcut Heptaklor konsantrasyonları

Tablo 3.29' te Nisan 2017- Nisan 2018 döneminde aylık yağmur suyu numunelerinde mevcut heptaklor konsantrasyonları verilmektedir. Kasım 2017' de 3. istasyonda 0,0041 µg/L Heptaklor tespit edilmiştir. Tabloda bu değer kirlilik akısı cinsinden 0,001 µg/m<sup>2</sup>.gün Heptaklor kirlilik akısı olarak görülmektedir. Heptaklor uçuculuğu yüksek bir inseksitsit türüdür ve bu eğer ortamda mevcutsa atmosferik birikim numunelerinde saptanması beklenir (Xiao ve ark., 2011). Bu durumda Heptaklor'un Sapanca Gölü ve çevresinde çok az miktarda olduğu ve atmosferik birikim numunelerinde olsa da ölçüm limitlerinin altında kalması nedeniyle tespit edilemediği sonucuna varılabilir.

**Tablo 3.29.** Numune alma döneminde yağmur suyunda ölçümü yapılan Heptaklor konsantrasyonlarının toplanan yağmur suyu miktarına bağlı kirlilik akıları (µg/m<sup>2</sup>.gün)

Tarih	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
Nis.17	TE	-	TE	TE	TE	TE	-	TE	TE	TE
May.17	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
Haz.17	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
Tem.17	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
Ağu.17	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
Eyl.17	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
Eki.17	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
Kas.17	TE	TE	0,0010	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
Oca.18	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
Şub.18	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
Mar.18	TE	TE	-	TE	TE	TE	-	TE	TE	TE
Nis.18	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE

TE; Tespit edilemedi, Y; Yağmur numunesi istasyonları

### 3.3.4.4. Toprak örneklerinde mevcut Heptaklor konsantrasyonları

Tablo 3.30'de, 2017 Nisan- 2018 Nisan dönemlerinde alınan toprak örneklerinde mevcut Heptaklor konsantrasyonları verilmektedir. T1 istasyonu yaz döneminde 0,22 µg/kg, T6 istasyonda sonbahar döneminde 0,22 µg/kg ve T10 kış döneminde 0,62 µg/kg Heptaklor tespit edilmiştir. T1 ve T5 istasyonlarından alınan örneklerde tespit edilen Heptaklor konsantrasyonları birbirine yakın çıkmıştır. Diğer taraftan T10 istasyonunda kış mevsiminde en yüksek Heptaklor miktarı ölçülmüştür

Tabloyu yıllık ortalama değerler açısından incelersek 1. istasyonda 0,022 µg/kg, 5. istasyonda 0,055 µg/kg ve 10. istasyonda maksimum ortalama değer olan 0,15 µg/kg Heptaklor mevcuttur.

**Tablo 3.30.** Numune alma döneminde Sapanca Gölü çevresinde toprak numunelerinde mevcut Heptaklor konsantrasyonları (µg/kg)

İst.	İlkbahar 17	Yaz 17	Sonbahar 17	Kış 18	Ortalama
T1	TE	0,22	TE	TE	0,055
T2	TE	TE	TE	TE	0
T3	TE	TE	TE	TE	0
T4	TE	TE	TE	TE	0
T5	TE	TE	0,22	TE	0,055
T6	TE	TE	TE	TE	0
T7	TE	TE	TE	TE	0
T8	TE	TE	TE	TE	0
T9	TE	TE	TE	TE	0
T10	TE	TE	TE	0,62	0,15

T; Toprak İstasyon Kodları, TE; Tespit Edilemedi

Tablo 3.12’de verilen yönetmelik sınır değerlerine göre toprakta mevcut Heptaklor miktarı için sınır değer 20 µg/kg’dir. Bu çalışma kapsamında toprak numunelerinde elde edilen yıllık ortalama değerlere bakıldığında sınır değerlerin çok altında kaldığı görülmektedir.

### 3.3.5. (Diklorodifeniltrikloroetan), DDE ve DDD analiz sonuçları

Diklorodifeniltrikloroetan (DDT) suda çözünürlüğü çok az olan, canlıların yağ dokusunda birikim yapan ve atmosferik hareketlerle uzun mesafeler katedebilen bir kimyasaldır ve bu özellikleri nedeniyle Stockholm sözleşmesi kapsamında kullanımı yasaklanan kimyasallar arasında yer almaktadır (Cheremisinoff ve Rosenfeld, 2011) . Teknik olarak DDT benzer kimyasal özellikleri taşıyan metabolitleri Diklorodifenildikloroetilen (DDE) ve Diklorodifenildikloroetan (DDD) bileşiklerini içerir. Tüm OKP türleri gibi spreyleme sırasında ve topraktan buharlaşma yollarını kullanarak atmosfere ulaşır (Zitko, 2003; Xiao ve ark., 2011; Zhang ve ark., 2018). DDT 1985 yılında yasaklanmasından önce tarımda sıklıkla ve kontrolsüzce kullanılan kanserojen bir pestisit türüdür. Bu nedenle kullanıldığı dönemlerde tarım arazilerine yakın su kaynaklarında yüzeysel akışla fazla miktarda taşınmış olduğu düşünülmektedir. Ancak yasaklanmasının üzerinden ve uzun bir zaman geçmesine rağmen literatüre bakıldığında hala bir çok çalışmada DDT ve metabolitleri DDE ,DDD’nin kalıntılarına rastlanmaktadır (Vagi ve ark., 2005; Zhou ve ark., 2006; Sevim, 2008; Jakobi ve ark., 2015; Qiang ve ark., 2021; Hu ve Tao, 2022)

Bu çalışma kapsamına dahil tüm alanlarda DDT, DDE ve DDT analizleri yapılmış olup, bu türlerin kontaminasyonuna sadece toprak ve sedimentte rastlanmıştır.

### 3.3.5.1. Sediment örneklerinde mevcut DDT, DDE ve DDD konsantrasyonları

Tablo 3.31’de Sapanca Gölü dip sedimentinde bulunan DDT, DDE ve DDD konsantrasyonları mevsimsel olarak verilmektedir. Sapanca gölü dip sedimentinde 7. ve 8. istasyonlarda DDT, DDE ve DDD konsantrasyonları 2017 sonbahar mevsimi ile 2018 kış mevsiminde tespit edilmiştir. Ayrıca 2 numaralı istasyonda sadece Kış 2018’de 1,51 µg/kg konsantrasyonda DDT kontaminasyonu saptanmıştır. 7. istasyonda 2017 sonbahar mevsiminde DDE, DDD ve DDT kalıntıları gözlemlenirken konsantrasyonları sırasıyla 0,42 µg/kg, 0,71 µg/kg ve 3,06 µg/kg şeklindedir. Kış 2018’de ise DDT ve bozunma ürünlerinden sadece DDE 0,27 µg/kg konsantrasyonda ölçülmüştür. 8. istasyonda 2017 Sonbaharında 6,66 µg/kg DDT bulunurken, Kış 2018’de 6,84 µg/kg DDD tespit edilmiştir.

S7 ve S8 istasyonları kıyaslandığında S8’de DDE’ye hiç rastlanmamasına rağmen toplam DDT açısından daha yüksek miktarda pestisit bulunmaktadır. Bunun yanında ölçüm alınan diğer 8 istasyonda DDT ve metabolitleri ölçüm limitlerinin altında kaldığı için tespit edilememiştir.

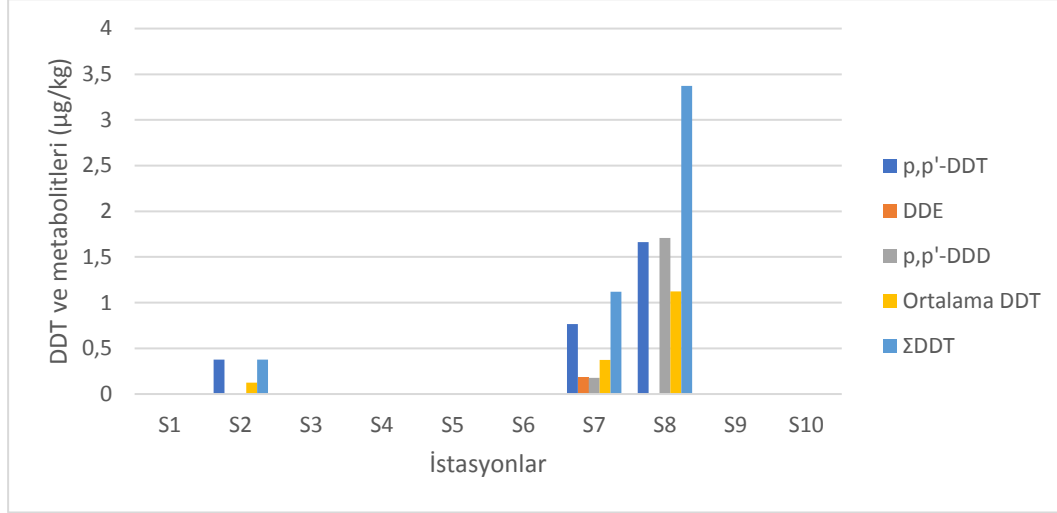
**Tablo 3.31.** Sapanca gölü dip sedimentinde ölçülen DDT, DDE ve DDD konsantrasyonları(µg/kg)

	İlkbahar 17			Yaz 17			Sonbahar 17			Kış 18		
	P,P'- DD E	P,P'- DDD	P,P'- DD T	P,P'- DD E	P,P'- DD D	P,P'- DD T	P,P'- DD E	P,P'- DD D	P,P'- DD T	P,P'- DD E	P,P'- DD D	P,P'- DDT
S1	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
S2	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	1,51
S3	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	-	-	-
S4	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
S5	-	-	-	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
S6	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
S7	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,42	0,71	3,06	0,29	TE	TE
S8	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	6,66	TE	6,84	TE
S9	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
S10	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE

S; Sediment istasyon kodları, TE; Tespit edilemedi

Şekil 3.38’de Sapanca Gölü dip sedimentinde DDT, DDE ve DDD konsantrasyonları, DDT türevlerinin yıllık ortalamaları ve toplam DDT miktarları istasyonlara bağlı olarak verilmektedir. Şekilde görüleceği üzere S7 istasyonunda DDT, DDE ve DDD mevcut iken S8 istasyonunda DDT ve DDD mevcuttur. Her iki istasyonda DDT değerleri yüksek iken S8 istasyonunda DDT konsantrasyonunun en yüksek seviyelerdedir. S2 istasyonunda ise sadece düşük konsantrasyonda DDT mevcuttur

Yıllık ortalama DDT türevleri incelendiğinde S2 istasyonunda en düşük konsantrasyonlar bulunurken S8 istasyonunda en yüksek DDT türevleri konsantrasyonları bulunmaktadır. Ayrıca toplam DDT türevleri incelendiğinde S2 istasyonunun en düşük konsantrasyona sahip iken S7 istasyonunda toplam DDT türevleri konsantrasyonları artarak S8 istasyonunda maksimum konsantrasyona ulaşmaktadır.



**Şekil 3.38.** Sapanca Gölü dip sedimantinde ölçülen DDT, DDE ve DDD miktarlarının istasyonlara bağlı yıllık ortalama, ortalama DDT türevleri ve toplam DDT türevleri değerleri(µg/kg)

### 3.3.5.2. Toprak örneklerinde mevcut DDT, DDE ve DDD konsantrasyonları

Sapanca Gölü etrafından alınan toprak numunelerinde mevsimlere bağlı olarak DDT, DDE ve DDD konsantrasyonları verilmektedir. T1 istasyonunda 2017 Sonbahar DDE ve DDD tespit edilirken ve 2018 Kış mevsimlerinde DDD gözlemlenmiştir. 2017 Sonbahar mevsimin DDE konsantrasyonu 55,17 µg/kg ve DDD konsantrasyonu 18,70 µg/kg olarak ölçülmüştür. 2018 Kış mevsiminde ise DDE konsantrasyonun 12.49 µg/kg olduğu görülmektedir.

1.istasyon halka açık bir park arazisinde yer almaktadır ve DDT türevleri gibi tehlikeli kimyasalların bu arazide yer alması toplum sağlığı açısından risk oluşturmaktadır.

**Tablo 3.32**'de Sapanca Gölü etrafından alınan toprak numunelerinde mevsimlere bağlı olarak DDT, DDE ve DDD konsantrasyonları verilmektedir. T1 istasyonunda 2017 Sonbahar DDE ve DDD tespit edilirken ve 2018 Kış mevsimlerinde DDD gözlemlenmiştir. 2017 Sonbahar mevsimin DDE konsantrasyonu 55,17 µg/kg ve DDD konsantrasyonu 18,70 µg/kg olarak ölçülmüştür. 2018 Kış mevsiminde ise DDE konsantrasyonunun 12.49 µg/kg olduğu görülmektedir.

1.istasyon halka açık bir park arazisinde yer almaktadır ve DDT türevleri gibi tehlikeli kimyasalların bu arazide yer alması toplum sağlığı açısından risk oluşturmaktadır.

**Tablo 3.32.** Toprak numunelerinde ölçülen mevsime bağlı DDT, DDE ve DDD konsantrasyonları(µg/kg)

	İlkbahar17		Yaz 17		Sonbahar 17		Kış 18	
	p,p'- DDE	p,p'- DDD	p,p'- DDE	p,p'- DDD	p,p'- DDE	p,p'- DDD	p,p'- DDE	p,p'- DDD
T1	TE	TE	TE	TE	55,17	18,71	12,48	TE
T2	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
T3	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
T4	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
T5	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
T6	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
T7	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
T8	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
T9	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
T10	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE

Tabloyu yıllık ortalama değerler açısından incelersek 1. istasyonda tespit edilen ortalama DDE konsantrasyonu 16,91 µg/kg iken DDD'nin ortalaması 4,68 µg/kg'dır. Tablo 3.12. 'de verilen yönetmelik sınır değerlerine göre toprakta mevcut DDE miktarı için sınır değer 600 µg/kg, DDD için ise 900 µg/kg'dır. Yani bu çalışma kapsamında toprak numunelerinde görülen DDD ve DDE'nin yıllık ortalama değerleri sınır değerlerin çok altında kaldığı görülmektedir. Diğer yandan DDT'nin yıl boyunca hiç görülmemesi ve sadece metabolitlerinin bulunması burada tespit edilen DDT türevlerinin geçmiş kaynaklı kullanımlardan olduğu sonuçlarını vermektedir. Bu

durum Sapanca Bölgesi ve Sakarya İli'nin içme suyu kaynağı olan Sapanca Gölü'ne bu tehlikeli kimyasalların taşınarak su kalitesini olumsuz yönde etkilenmesi riskini ortadan kaldırmaktadır.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sapanca gölü havzası içerisinde bulunan Sapanca Gölü Sakarya İli'nin büyük bir kısmında içme suyu kaynağı olarak kullanılmaktadır. Geçmişten günümüze Sapanca Gölü Havzası'nın büyük bir kısmında yoğun şekilde tarımsal faaliyetler yürütülmektedir. Bu arazilerde uzun yıllardır pestisitlerin kullanımı sürmekte olduğundan, yaklaşık 30 yıl önce yasaklanan organoklorlu pestisitlerin tarihsel kullanımının günümüzde hala göl üzerinde etkisinin belirlenmesi bu tez çalışmasının çıkış noktası olmuştur. Sapanca Gölü'nde mevcut olan organoklorlu pestisit kirliliğinin tespiti amacıyla; göl suyundan, göl sedimentinden, gölü besleyen derelerden, gölü besleyen kuyulardan, yağmur suyundan ve göl çevresinden alınan toprak numunelerinde organoklorlu pestisit analizleri yapılmıştır.

Sapanca gölünden alınan su numunelerinde 20 farklı OKP türü araştırılmış ve bunun 13'ü tespit edilmiştir. Bu türler arasında en yüksek konsantrasyona sahip olanı daha ziyade böcek öldürücü olarak kullanılan heksaklorosikloheksan izomerlerinden  $\beta$ -HCH olduğu sonucu elde edilmiştir. Sonuçlara göre Sapanca Gölü 'İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliği' ve 'Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği' sınır değerlerince incelendiğinde göl suyunun pestisit kirliliği açısından bazı aylarda sınır değerler üzerinde pestisit kontaminasyonuna maruz kaldığı görülmüştür. İstasyon bazlı değerlendirmelerde OKP kontaminasyonunun yüksek olduğu istasyonların hali hazırda tarım arazisi olarak kullanılan ya da geçmişte tarım arazisi olan bölgelere yakın olduğu görülmüştür.

Sedimentte kirleticilerin çökelme yoluyla uzun yıllar boyunca birikir üstelik suya yeni kirleticiler girişi olmasa da yıllarca biriken kirleticilerin kalıntıları sedimentten geçişle içme suyu kaynaklarını tekrar tekrar kirletebilir. Bu nedenle göldeki pestisit kontaminasyonunun belirlenmesi amacıyla incelenen ortamlardan biri de gölün dip sedimentidir. Mevsimsel olarak yapılan analiz sonuçlarına göre Sapanca Gölü dip sedimentinde  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\beta$  ve  $\delta$  HCH izomerleri, Heptaklor, Aldrin, Endosülfan I, II, Dieldrin, p,p' DDT, p,p' DDE, p,p' DDT, Endosülfan Sülfat, Endrin Aldehit ve Endrin Keton türleri tespit edilmiştir. Bu türler arasında en yüksek konsantrasyonlar kış mevsiminde Endosülfan II ve  $\beta$ -HCH olarak belirlenmiştir.

Göle pestisit taşıyan en önemli kaynaklardan bir diğeri de gölü besleyen derelerdir. Aylık olarak analizi yapılan 20 tür OKP'nin sadece 11'i derelerde gözlemlenmiştir. Tespit edilen en yüksek pestisit türü Endrin ve  $\beta$ -HCH'dir. Derelerin su kalitesi açısından OKP değerlendirildiğinde, toplam pestisit açısından en yüksek miktarda OKP İstanbul dereinde bulunmuştur. İstanbul Dere tarım arazileri, orman arazileri ve yerleşim alanları arasından geçerek Sapanca Gölü'ne ulaşmaktadır. Mevsimsel değerlendirmelerde derelerde pestisit yoğunluğu ilkbahar ve yaz mevsiminde en yüksek seviyeye ulaştığı görülmüştür. Bu mevsimler Sapanca Bölgesi'nin aldığı yağış miktarının arttığı dönemlerdir. Pestisitler derelere yağmurların artışına bağlı olarak yüzeysel akışla, atmosferik taşınım ve topraktan sızma şeklinde ulaştığı tespit edilmiştir. Derelerin göle taşıdığı kirlilik yükü açısından inceleme yapıldığında ise, Sapanca Gölü'ne en yüksek miktarda OKP kirliliği taşıyan derenin yüksek debisine bağlı olarak Balıkhane deresi olduğu görülmüştür. Ortalama OKP açısından bakıldığında ise en yüksek kirliliği göle taşıyan dere Balıkhane Deresi'dir. Diğer yandan, gölden çıkış yapan Çark Deresi de ortalama Balıkhane Deresi'nden sonra 2. sırada en yüksek kirlilik yüküne sahiptir. OKP türleri açısından bakıldığında ise tüm derelerde en baskın OKP türü olan  $\beta$ -HCH, Sapanca Gölü'nü besleyen derelerin tümünün toplamında göle en yüksek miktarda taşınan OKP türüdür.

Yer altı suları Sapanca gölünü besleyen kaynaklardan en temel kaynaklardan biridir. Yeraltı sularını temsilen kuyularda yapılan OKP analizlerinin sonuçlarına göre  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\beta$  ve  $\delta$  HCH izomerleri, Endosülfan I, II, Endrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton olmak üzere 9 farklı tür OKP'e rastlanmıştır. Kuyularda tespit edilen en yüksek konsantrasyondaki pestisit türleri göl ve derelerde de olduğu gibi Endrin ve  $\beta$ -HCH'dir.

Atmosferik taşınım yoluyla Sapanca Gölü'ne ulaşan organoklorlu pestisitlerin belirlenmesi için yapılan analizlerin sonuçlarına göre  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\beta$  ve  $\delta$  HCH izomerleri, Heptaklor, Aldrin, Endosülfan I, II, Endrin, Endrin Aldehit ve Endrin Keton olmak üzere 11 farklı tür OKP yağmur suyu numunelerinde tespit edilmiştir. Tespit edilen en yüksek pestisit türü diğer ortamlara benzer şekilde  $\beta$ -HCH'dir. En sık maksimum ortalamanın ölçüldüğü istasyon tarım arazilerinin arasında yer alan 6. istasyondur.

Yüzeysel akışla ve topraktan sızma tarımsal alanlardan yüzeysel sulara pestisit taşınım yollarından ikisidir. Sapanca Gölü çevresinde göle yakın kısımlarda su numunesi alma noktalarının paralelinde belirlenen 10 farklı noktadan, mevsimsel olarak toprak



numuneleri alınarak OKP analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda toprakta  $\alpha, \gamma, \beta$  ve  $\delta$  HCH, Heptaklor, Aldrin, p,p' DDE, p,p' DDD, Endosülfan II, Endrin Aldehit ve Endrin Keton olmak üzere 11 farklı tür organoklorlu pestisit tespit edilmiştir. Toprakta belirlenen türler arasında en yüksek konsantrasyona sahip olan organoklorlu insektisit türü gölde de olduğu gibi yaz mevsimi dışında  $\beta$ -HCH'dir.

Sapanca gölünde yer alan pestisitlerin bugün ve gelecekte halk sağlığını ve çevreyi tehdit etmesini engellemek için önlemler alınması gerekmektedir. Tarım alanlarında kullanılan pestisitlerin birçok yolla yüzeysel sulara taşındığı bilinmektedir. Bu nedenle pestisit kullanımı konusunda bölgede yaşayan çiftçilerin bilinçlendirilmesi amacıyla eğitimler düzenlenebilir ve uygun ilaçların gereksiz kullanımının zararları konusunda bilgiler verilmelidir. Yanlış ve aşırı kullanımın engellenmesi için İl Tarım ve Orman Müdürlüklerince kullanılan pestisit türlerinin, uygulama yöntemlerinin ve miktarlarının düzenli kontrollerinin yapılması yüzeysel sular için önemlidir.

Kullanım yöntemlerinin yanı sıra pestisit uygulamalarının yapıldığı cihaz ve kapların temizlenme yöntemleri kontrol edilmeli ve ortaya çıkabilecek tehlikeli durumlar için bilinçlendirme çalışmaları yapılmalıdır.

Ülkemizde piyasada satılan pestisitlerin içerikleri sık sık denetimden geçirilmektedir, bu sıkı kontrollerle devam ettirilmeli, yasaklı ve kullanımı sınırlı pestisit türlerinin kullanımının mutlaka engellenmelidir.

Bölge halkı iyi tarım uygulamalarına yönlendirilmeli ve sürdürülebilirlik konusunda çalışmalar yapılmalıdır. Pestisitlerin kullanımı sırasında ortaya çıkacak riskler açık şekilde gösterilmelidir. Ekolojik dengenin korunmasını sağlamak amacıyla kirletici kaynaklarının belirlenmesi gerekmektedir.

Sapanca gölü havzasında göle giriş yapan tüm kaynaklarda sürekli izlemelerle düzenli şekilde pestisit analizleri yapılarak bu konuda yapılacak su kalitesi modellerine olanak sağlanmalıdır.

Bu çalışmanın bir örneği hem yasaklı pestisitler hem de halihazırda kullanılan tüm pestisit türlerini kapsayacak şekilde tekrarlanabilir. Yapılacak çalışmanın modelleme çalışmalarına olanak verecek şekilde uzun yıllar devam ettirilmesi ve kapsamının genişletilmesi hem bilim dünyası için hem de Sapanca Gölü için oldukça faydalı olacaktır.



## KAYNAKLAR

- Acara, A., Kurusakız, K., Yeniova, M., Aksu, P., Düzgün, M. ve Sönmez, D. (2008) *Kalıcı organik kirleticilere (kok'lar) ilişkin stockholm sözleşmesi için ulusal uygulama planı*. Ankara.
- Aerts, R., Van Overmeire, I., Colles, A., Andjelković, M., Malarvannan, G., Poma, G., Den Hond, E., Van de Mierop, E., Dewolf, M. C., Charlet, F., Van Nieuwenhuysse, A., Van Loco, J. ve Covaci, A. (2019) "Determinants of persistent organic pollutant (POP) concentrations in human breast milk of a cross-sectional sample of primiparous mothers in Belgium", *Environment International*, 131.
- Agus, S., Akkaya, H., Daglioglu, N., Eyuboglu, S., Atasayan, O., Mete, F., Colak, C., Sandal, S. ve Yilmaz, B. (2022) "Polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in breast milk samples and their correlation with dietary and reproductive factors in lactating mothers in Istanbul", *Environmental Science and Pollution Research*, 29(3), 3463–3473.
- Altıkat, A., Turan, T., Torun, F. E. ve Bingül, Z. (2009) "Türkiye’de Pestisit Kullanımı ve Çevreye Olan Etkileri / Use of Pesticides in Turkey and its Effects on Environment", *Journal of the Faculty of Agriculture*.
- Ashesh, A., Singh, S., Linthoingambi Devi, N. ve Chandra Yadav, I. (2022) "Organochlorine pesticides in multi-environmental matrices of India: A comprehensive review on characteristics, occurrence, and analytical methods", *Microchemical Journal*, 177, 107306.
- ASTDR (2023) *Agency for Toxic Substances and Disease Registry*. <https://www.atsdr.cdc.gov/> (Erişim Tarihi: 01 Şubat 2023).
- Atasoy, A. D. (2019) "YERALTI SULARINDA PESTİSİT KİRLİLİĞİNİN PESTİSİT ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM MİKTARLARI BAKIMINDAN İRDELENMESİ", *Ziraat Mühendisliği*, (368), 46–52.
- Avnimelech, Y., Ritvo, G., Meijer, L. E. ve Kochba, M. (2001) "Water content, organic carbon and dry bulk density in flooded sediments", *Aquacultural Engineering*, 25(1), 25–33.
- Aydin, M. E., Aydin, S., Beduk, F., Ulvi, A. ve Bahadır, M. (2019) "Accumulation of micropollutants in aqueous media and sediment, a risk assessment for konya main drainage channel, Turkey", *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 791, 286–295.
- Beasley, V. R. (2020) "Direct and Indirect Effects of Environmental Contaminants on Amphibians", *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*.
- Berntssen, M. H. G., Maage, A. ve Lundebye, A. K. (2017) "Chemical Contamination of Finfish With Organic Pollutants and Metals", *Chemical Contaminants and Residues in Food: Second Edition*, 517–551.
- Bertoni, R. (2011) "Limnology of Rivers and Lakes", *Encyclopedia of Life Support Systems*, 68.

- Bidleman, T. F., Jantunen, L. M. M., Wiberg, K., Harner, T., Brice, K. A., Su, K., Falconer, R. L., Leone, A. D., Aigner, E. J. ve Parkhurst, W. J. (1998) "Soil as a source of atmospheric heptachlor epoxide", *Environmental Science and Technology*, 32(10), 1546–1548.
- Burr, S. A. (2014) "DDT (Dichlorodiphenyltrichloroethane)", *Encyclopedia of Toxicology: Third Edition*, 1141–1143.
- Can-Güven, E., Gedik, K. ve Kurt-Karakuş, P. B. (2022) "Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls from a greenhouse area on the Mediterranean coast of Turkey: Distribution, air-soil exchange, enantiomeric signature, and source implications", *Atmospheric Pollution Research*, 13(1), 101263.
- Chapman, D. (ed.) (1996) *Water Quality Assessments : A Guide to The Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. London.
- Chapman, R. A. ve Cole, C. M. (2008) "Observations on the influence of water and soil pH on the persistence of insecticides", <http://dx.doi.org/10.1080/03601238209372336>, 17(5), 487–504.
- Chen, C., Luo, J., Shu, X., Dai, W., Guan, M. ve Ma, L. (2022) "Spatio-temporal variations and ecological risks of organochlorine pesticides in surface waters of a plateau lake in China", *Chemosphere*, 303, 135029.
- Chen, G. (2005) "Hexachlorocyclohexanes", *Encyclopedia of Toxicology*, 515–517.
- Cheremisinoff, N. P. ve Rosenfeld, P. E. (2011) "Handbook of Pollution Prevention and Cleaner Production Vol. 3: Best Practices in the Agrochemical Industry", *Handbook of Pollution Prevention and Cleaner Production Vol. 3: Best Practices in the Agrochemical Industry*.
- Chopra, N. M. ve Mahfouz, A. M. (1977) "Metabolism of Endosulfan I, Endosulfan II, and Endosulfan Sulfate in Tobacco Leaf", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 25(1), 32–36.
- Connell, D. W. (2005) *Basic Concepts of Environmental Chemistry*. FL,USA.
- Deck, A. T., Reinke, E. N. ve McCain, W. C. (2015) "Wildlife Toxicity Assessment for Aldrin and Dieldrin", *Wildlife Toxicity Assessments for Chemicals of Military Concern*, 367–384.
- Demirel, H. (2021) *Sapanca Gölü Havzasında Ağır Metallerin Birikim Etkisi ve Kütle Denge Modeli*. Sakarya Üniversitesi.
- Dich, J., Zahm, S. H., Hanberg, A. ve Adami, H. O. (1997) "Pesticides and cancer", *Cancer Causes and Control*, 420–443.
- Emoyan, O. O., Peretiemo-Clarke, B. O., Tesi, G. O. ve Ohwo, E. (2021) "Occurrence, Origin, Ecological and Human Health Risks of Organochlorine Pesticides in Soils from Selected Urban, Suburban and Rural Storm Water Reservoirs", <https://doi.org/10.1080/15320383.2021.1913993>, 31(2), 152–175.
- EPA, U. (1996) *METHOD 3630C Silica Gel Clean Up*.
- EPA, U. (1998) *EPA Method 3535A (SW-846): Solid-Phase Extraction*. <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-06/documents/epa-3535a.pdf> (Erişim Tarihi: 20 Temmuz 2016).
- EPA, U. (2007) *EPA Method 3550C Ultrasonic Extraction*.

- EPA, U. (2014) *Priority Pollutant List*.
- EPA, U. (2017) “CHAPTER 5 . POTENTIAL FOR HUMAN EXPOSURE Figure 5-1 . Number of NPL Sites with Isophorone Contamination”, (Atsdr), 57–76.
- García-García, C. R., Parrón, T., Requena, M., Alarcón, R., Tsatsakis, A. M. ve Hernández, A. F. (2015) “Occupational pesticide exposure and adverse health effects at the clinical, hematological and biochemical level.”, *Life sciences*.
- Glotfelty, D. E. (1978) “The atmosphere as a sink for applied pesticides”, *Journal of the Air Pollution Control Association*, 28(9), 917–921.
- Gouda, A. A., elsheikh, R., Shaltout, M. ve Hamed, K. A. (2022) “Assessment of Organochlorine pesticides and heavy metals in groundwater in Belbis region, El-Sharqia, Egypt”, *Bulletin of Faculty of Science, Zagazig University*, 2022(1), 64–70.
- Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z. (1997) *Pestisitler, T.C. Sağlık Bakanlığı*. 52. baskı. Ankara.
- Gündüz, Ö. C. (2015) *Sapanca (Sakarya) Göl Havzasının Hidrojeoloji İncelemesi ve Kavramsal Yeraltı Suyu Modellemesi*. Kocaeli Üniversitesi.
- Gungormus, E., Sofuoğlu, A., Celik, H., Gedik, K., Mulder, M. D., Lammel, G., Sofuoğlu, S. C., Okten, E., Ugranli, T., Birgul, A., Jones, K. C. ve Kurt-Karakus, P. B. (2021) “µg/L”, *Environmental Science and Technology*, 55(14), 9434–9443.
- Gürbüz, A. ve Gürer, Ö. F. (2008) “Tectonic Geomorphology of the North Anatolian Fault Zone in the Lake Sapanca Basin (eastern Marmara Region, Turkey)”, *Geosciences Journal 2008 12:3*, 12(3), 215–225.
- Hassan, M. A. ve El Nemr, A. (2020) “Pesticides pollution: Classifications, human health impact, extraction and treatment techniques”, *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 46(3), 207–220.
- Hassan, H. F., Elaridi, J., Kharma, J. A., Abiad, M. G. ve Bassil, M. (2022) “Persistent Organic Pollutants in Human Milk: Exposure Levels and Determinants among Lactating Mothers in Lebanon”, *Journal of food protection*, 85(3), 384–389.
- Helou, K., Harmouche-Karaki, M., Karake, S. ve Narbonne, J. F. (2019) “A review of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in Lebanon: Environmental and human contaminants”, *Chemosphere*, 231, 357–368.
- Holoubek, I., İmamoğlu, İ., Egeli, G. ve Şilt, E. (2014) *Türkiye’de Kalıcı Organik Kirlenmelerin (KOK’lar) Yönetimi Ulusal Uygulama Planı*.
- Hu, C. ve Tao, Y. (2022) “Spatial–temporal occurrence and sources of organochlorine pesticides in the sediments of the largest deep lake (Lake Fuxian) in China”, *Environmental Science and Pollution Research*, (0123456789).
- İlhan, A. İ., Öz, N., Dündar, C., Kenet, F. ve Balta, T. (2006) *Asit Yağmurları ve Hava Kirliliği Değerlendirme Raporu*. Ankara.

- Ismail, M., Alam, S., Khan, M. S., Shah, L. A., Mukaram Shah, S. M., Wahab, M., Rukh, G., Rahman, N. U., Rehman, N., Amin, N. U., Burlakovs, J., Kallistova, A., Pimenov, N., Vincevica-Gaile, Z., Jani, Y., Zahoor, M. ve Zekker, I. (2021) “Levels and Potential Health Hazards of Chlorinated Pesticides in Surface Water Samples of Charsadda Area of Pakistan Using SPME-GC-ECD Technique”, *Water* 2021, Vol. 13, Page 2468, 13(18), 2468.
- Jakobi, G., Kirchner, M., Henkelmann, B., Körner, W., Offenthaler, I., Moche, W., Weiss, P., Schaub, M. ve Schramm, K.-W. (2015) “Atmospheric bulk deposition measurements of organochlorine pesticides at three alpine summits”, *Atmospheric Environment*, 101, 158–165.
- Kaçmaz, M. ve Döker, M. F. (2021) “Sapanca Gölü Havzası’nda Arazi Kullanımı ve Mekânsal Değişim Land Use and Spatial Change in Sapanca Lake Basin \*”, *Turkish Journal of Geographical Sciences*, 19(1), 161–194.
- Kaçmaz, M., Fatih Döker, M., Bilgisi, M., Makalesi, A., Arazi, C., Coğrafi, K., Sistemleri, B., Değişim, M. ve Havzası, S. G. (2021) “Sapanca Gölü Havzası’nda Arazi Kullanımı ve Mekânsal Değişim Land Use and Spatial Change in Sapanca Lake Basin \*”, *Turkish Journal of Geographical Sciences*, 19(1), 161–194.
- Laura, M., Snchez-Salinas, E., Dantn Gonzlez, E. ve Luisa, M. (2013) “Pesticide Biodegradation: Mechanisms, Genetics and Strategies to Enhance the Process”, *Biodegradation - Life of Science*.
- Lewis, K. A., Tzilivakis, J., Warner, D. J. ve Green, A. (2016) “An international database for pesticide risk assessments and management”, *Human and Ecological Risk Assessment*, 22(4), 1050–1064.
- López, S. L., Aiassa, D., Benítez-Leite, S., Lajmanovich, R., Mañas, F., Poletta, G., Sánchez, N., Simoniello, M. F. ve Carrasco, A. E. (2012) “Pesticides Used in South American GMO-Based Agriculture: A Review of Their Effects on Humans and Animal Models”, *Advances in Molecular Toxicology*, 6, 41–75.
- Mackay, D. ve Paterson, S. (1981) “Calculating fugacity”, *Environmental Science and Technology*, 15(9), 1006–1014.
- Majewski, M. S., Foreman, W. T. ve Goolsby, D. A. (2000) “Pesticides in the atmosphere of the Mississippi River Valley, part I — rain”, *Science of The Total Environment*, 248(2–3), 201–212.
- Manz, M., Wenzel, K. D., Dietze, U. ve Schüürmann, G. (2001) “Persistent organic pollutants in agricultural soils of central Germany”, *The Science of the total environment*, 277(1–3), 187–198.
- Matthews, G. A. (2018) *A History of Pesticides* . Editör W. Cooper. Gloucecester.
- Mattina, M. J. I., Iannucci-Berger, W., Dykas, L. ve Pardus, J. (1999) “Impact of long-term weathering, mobility, and land use on chlordane residues in soil”, *Environmental Science and Technology*, 33(14), 2425–2431.
- Moretto, A. (2004) *Occupational Aspects of Pesticide Toxicity in Humans, Pesticide Toxicology and International Regulation*.
- Nations, B. K. ve Hallberg, G. R. (1992) “Pesticides in Iowa Precipitation”, *Journal of Environmental Quality*, 21(3), 486–492.

- Ogbeide, O., Tongo, I. ve Ezemonye, L. (2015) "Assessing the distribution and human health risk of organochlorine pesticide residues in sediments from selected rivers.", *Chemosphere*, 144, 1319–1326.
- Pedroso, T. M. A., Benvindo-Souza, M., de Araújo Nascimento, F., Woch, J., dos Reis, F. G. ve de Melo e Silva, D. (2022) "Cancer and occupational exposure to pesticides: a bibliometric study of the past 10 years", *Environmental Science and Pollution Research*, 29(12), 17464–17475.
- Popp, J., Pető, K. ve Nagy, J. (2013) "Pesticide productivity and food security. A review", *Agronomy for Sustainable Development*, 33(1), 243–255.
- Prajapati, S., Challis, J. K., Jardine, T. D. ve Brinkmann, M. (2022) "Levels of pesticides and trace metals in water, sediment, and fish of a large, agriculturally-dominated river", *Chemosphere*, 308, 136236.
- Qiang, L., Jinping, Z., Zhongling, G. ve Chunnan, F. (2021) "Sources and health risk of organochlorine pesticides in surface water from buerhatong river and Hunchun river in northeast China", *Water, Air, and Soil Pollution*, 232(10).
- Rayment, G. E., Lyons, D. J. ve Shelley, B. (2011) *Soil chemical methods- australasia, soil chemical methods - Australasia*.
- Reed, N. R. ve Koshlukova, S. (2014) "Heptachlor", *Encyclopedia of toxicology: Third Edition*, 840–844.
- Rezaei Kalantary, R., Barzegar, G. ve Jorfi, S. (2022) "Monitoring of pesticides in surface water, pesticides removal efficiency in drinking water treatment plant and potential health risk to consumers using Monte Carlo simulation in Behbahan City, Iran", *Chemosphere*, 286, 131667.
- Sakarya Çevre Şehircilik İl Müdürlüğü (2019) *Sakarya İli 2018 yılı çevre durum raporu*. Sakarya.
- SASKİ (2022) *Sapanca Gölü*. <http://www.sakarya-saski.gov.tr/Sayfalar/Su/Sapanca-Golu.aspx> (Erişim Tarihi: 22 Ekim 2015).
- Sawyer, C. N., McCarty, P. L. ve Parkin, G. F. (2003) *Chemistry for environmental engineering and science*.
- Sevim, P. (2008) *Topraktaki yillanmış p,p-DDE'nin aşılı kabakgillere alınışı*. Sakarya Üniversitesi.
- Shen, B., Wu, J. ve Zhao, Z. (2017) "Organochlorine pesticides and polycyclic aromatic hydrocarbons in water and sediment of the Bosten Lake, Northwest China", *Journal of Arid Land* 2017 9:2, 9(2), 287–298.
- Silva, E., Mendes, M. P., Ribeiro, L. ve Cerejeira, M. J. (2012) "Exposure assessment of pesticides in a shallow groundwater of the Tagus vulnerable zone (Portugal): a multivariate statistical approach (JCA)", *Environmental Science and Pollution Research*, 19(7), 2667–2680.
- Şimşek Uygun, B. ve Albek, E. A. (2022a) "Modeling of organochlorine pesticides in surface water, sediment and soil of a small pond watershed", *Research Square*.
- Şimşek Uygun, B. ve Albek, E. A. (2022b) "Seasonal monitoring of organochlorine pesticides in water, soil, and sediment in a small pond and determining ecotoxicological risk assessment", *Environmental Quality Management*.

- Singh, P., Volger, B. ve Gordon, E. (2014) “Endosulfan”, *Encyclopedia of toxicology: Third Edition*, 341–343.
- Srivastava, P. K., Pratap Singh, V. S., Singh, A., Kumar Tripathi, D., Singh, S., Mohan Prasad, S. ve Kumar Chauhan, D. D. (2020) *Pesticides in crop production, pesticides in crop production*. 1. baskı. Editör P. K. Srivastava, V. S. Pratap Singh, A. Singh, D. Kumar Tripathi, S. Singh, S. Mohan Prasad, ve D. D. Kumar Chauhan.
- Stefan, H. G. ve Fang, X. (1994) “Dissolved oxygen model for regional lake analysis”, *Ecological Modelling*, 71(1–3), 37–68.
- Syafrudin, M., Kristanti, R. A., Yuniarto, A., Hadibarata, T., Rhee, J., Al-Onazi, W. A., Algarni, T. S., Almarri, A. H. ve Al-Mohaimed, A. M. (2021) “pesticides in drinking water—A review”, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(2), 1–15.
- T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2022) *Stockholm Sözleşmesi - Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Kimyasallar Yönetimi Dairesi Başkanlığı*. <https://onceliklikimyasallar.csb.gov.tr/stockholm-sozlesmesi-i-5175> (Erişim Tarihi: 14 Ağustos 2022).
- Tang, X., Zhu, B. ve Katou, H. (2012) “A review of rapid transport of pesticides from sloping farmland to surface waters: Processes and mitigation strategies”, *Journal of Environmental Sciences*, 24(3), 351–361.
- Tarrant, K. R. ve Tatton, J. O. G. (1968) “Organochlorine pesticides in rainwater in the British Isles”, *Nature* 1968 219:5155, 219(5155), 725–727.
- Tokatlı, C. (2020) “Pesticide accumulations in water and sediment of dam lakes located in Thrace part of Marmara Region (Turkey)”, *Aquatic Research*, 3(3), 124–134.
- Toxicology, N. R. C. (US) C. on (1982) *Aldrin/Dieldrin*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK217623/> (Erişim Tarihi: 21 Ağustos 2022).
- TÜİK, 2022 (2022) *31 ARALIK 2021 TARİHLİ ADRESE DAYALI NÜFUS KAYIT SİSTEMİ (ADNKS) SONUÇLARI*. <https://data.tuik.gov.tr/Search/Search?text=il nüfus&dil=1> (Erişim Tarihi: 26 Haziran 2022).
- Uçkun, A. A. (2017) “Ecotoxicological Evaluation of Pesticide Pollution in Atatürk Dam Lake (Euphrates River), Turkey”, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 17(2), 313–321.
- US EPA (1995) *National Drinking Water Regulations Endrin*. <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/9100PO3O.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1995+Thru+1999&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=> (Erişim Tarihi: 30 Ağustos 2022).
- Uzun, A., Keleş, R. ve Bal, İ. (2014) “Otoyol araçlardan kaynaklanan çevre kirliliği ve Sapanca gölüne etkileri”, *Journal of Engineering and Science*, 1359–1363.
- Vagi, M. C., Petsas, A. S., Karamanoli, M. K. ve Kostopoulou, M. N. (2005) “Determination of Organochlorine Pesticides in Marine Sediments Samples Using Ultrasonic Solvent Extraction Followed by GC-ECD”, 1–3.



- Vink, J. P. M. ve van der Zee, S. E. A. T. M. (1997) "Effect of oxygen status on pesticide transformation and sorption in undisturbed soil and lake sediment", *undefined*, 16(4), 608–616.
- Ware, G. W. ve Whitacre, D. M. (2004) "The pesticide book", 488.
- Weber, J. B., Wilkerson, G. G. ve Reinhardt, C. F. (2004) "Calculating pesticide sorption coefficients ( Kd ) using selected soil properties", *Chemosphere*, 55(2).
- Wetzel, R. G. (2001) "Limology Lake and River Ecosystems 3rd ed", *Low Temperature Physics*, Academic P(California), 17.
- Willett, K. L., Ulrich, E. M. ve Hites, R. A. (1998) "Differential toxicity and environmental fates of hexachlorocyclohexane isomers", *Environmental Science and Technology*, 32(15), 2197–2207.
- Xiao, P., Mori, T., Kamei, I. ve Kondo, R. (2011) "Metabolism of organochlorine pesticide heptachlor and its metabolite heptachlor epoxide by white rot fungi, belonging to genus *Phlebia*", *FEMS Microbiology Letters*, 314(2), 140–146.
- Xu, W., Wang, X. ve Cai, Z. (2013) "Analytical chemistry of the persistent organic pollutants identified in the Stockholm Convention: A review", *Analytica Chimica Acta*, 790, 1–13.
- Yildiz, M., Gürkan, D., Turgut, C., Kaya, D. ve Ünal, G. (2005) "TARIMSAL SAVAŞIMDA KULLANILAN PESTİSİTLERİN YOL AÇTIĞI ÇEVRE SORUNLARI", *VI. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi*, 3-7 Ocak 2005. Ankara.
- Yu, R., Liu, Q., Liu, J., Wang, Q. ve Wang, Y. (2016) "Concentrations of organophosphorus pesticides in fresh vegetables and related human health risk assessment in Changchun, Northeast China", *Food Control*, 60, 353–360.
- Zhang, Y., Qi, S., Xing, X., Yang, D., Devi, N. L., Qu, C., Liu, H. X., Zhang, J. Q. ve Zeng, F. M. (2018) "Legacies of Organochlorine Pesticides (OCPs) in Soil of China—A Review, and Cases in Southwest and Southeast China", *Environmental Geochemistry: Site Characterization, Data Analysis and Case Histories: Second Edition*, 543–565.
- Zheng, Y., Han, B., Xu, X., Liu, A. ve Zheng, L. (2022) "Distribution characteristics, source analysis and risk assessment of organochlorine pesticides in Ny-Ålesund, Arctic", *Marine Pollution Bulletin*, 181, 113862.
- Zhou, R., Zhu, L., Yang, K. ve Chen, Y. (2006) "Distribution of organochlorine pesticides in surface water and sediments from Qiantang River, East China", *Journal of Hazardous Materials*, 137(1), 68–75.
- Zitko, V. (2003) "Chlorinated Pesticides: Aldrin, DDT, Endrin, Dieldrin, Mirex", *Persistent Organic Pollutants*, 47–90.

## **EKLER**

### **EK A. Tablolar**

**Tablo A. 1** Nisan 2017-Nisan 2018 Arası Sapanca Gölünde Mevcut HCH'lerin İstasyonlara ve Derinliğe Bağlı Değişimi (µg/L)

İST.	Nis.17				May.17				Haz.17			
	α-HCH	γ-HCH	β-HCH	δ-HCH	α-HCH	γ-HCH	β-HCH	δ-HCH	α-HCH	γ-HCH	β-HCH	δ-HCH
1Y	0,0008	0,0188	0,1033	0,0084	TE	0,0117	0,0221	0,0024	TE	0,0134	0,0576	0,0002
1D	0,0042	0,0255	TE	0,0108	TE	0,0049	TE	TE	0,0026	0,0220	TE	0,0008
2Y	0,0039	0,0064	0,1938	0,0002	TE	0,0007	TE	TE	TE	0,0047	0,0626	0,0003
2O	TE	0,0075	0,1977	TE	0,0004	TE	TE	TE	TE	0,0024	0,0336	0,0013
2D	TE	0,0121	0,1864	0,0086	TE	0,0073	0,1436	0,0042	0,0005	0,0041	TE	TE
3Y	TE	0,0258	0,0000	TE	TE	TE	0,0596	0,0018	TE	0,0125	0,0318	0,0016
3O	TE	0,0029	0,1284	0,0117	TE	0,0046	0,0185	0,0054	0,0010	0,0072	0,0228	TE
3D	TE	0,0080	0,1259	TE	TE	0,0023	TE	TE	TE	0,0073	0,0158	TE
4Y	TE	TE	0,0695	0,0002	TE	TE	TE	TE	TE	0,0032	TE	TE
4O	TE	TE	0,0203	TE	TE	0,0016	TE	TE	0,0014	0,0010	TE	TE
4D	TE	0,0008	0,0375	0,0021	TE	0,0044	0,0343	0,0032	TE	0,0072	TE	TE
5Y	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,0743	0,0026	0,0016	0,0026	0,0163	TE
5O	TE	0,0140	TE	0,0008	TE	0,0013	TE	TE	TE	0,0019	0,0184	TE
5D	TE	0,0003	0,0364	0,0008	TE	0,0016	0,0097	TE	TE	0,0073	0,0158	TE
6Y	TE	0,0008	TE	TE	TE	0,0020	TE	0,0034	TE	0,0206	0,0171	0,0001
6O	TE	0,0110	TE	0,0079	TE	0,0006	0,0491	0,0017	TE	0,0016	TE	TE
6D	TE	0,0190	TE	TE	TE	0,0039	TE	0,0026	0,0029	0,0117	TE	0,0004
7Y	TE	0,0126	0,2259	0,0209	TE	0,0107	TE	TE	0,0047	0,0197	TE	0,0019
7O	TE	TE	0,1099	0,0076	TE	0,0034	0,0336	0,0025	-	-	-	-
7D	TE	TE	0,1000	0,0016	TE	0,0017	0,1021	0,0078	-	-	-	-
8Y	TE	0,0023	TE	TE	TE	0,0035	TE	TE	TE	0,0086	0,0771	0,0010
8D	TE	0,0175	0,2443	0,0097	TE	0,0011	TE	TE	TE	0,0111	0,0165	TE
9Y	TE	0,0040	0,0869	TE	TE	TE	TE	TE	0,0022	0,0028	0,0160	TE
9O	TE	0,0019	0,1890	0,0046	TE	0,0015	0,0911	0,0041	TE	0,0137	0,0124	0,0012
9D	TE	0,0002	0,0624	0,0021	-	-	-	-	TE	0,0145	TE	0,0005
10Y	TE	TE	0,0758	0,0048	-	-	-	-	0,0005	0,0005	0,0127	TE
10O	0,0023	0,0002	0,1665	0,0140	-	-	-	-	TE	0,0016	0,0223	TE
10D	TE	0,0055	0,1153	TE	-	-	-	-	TE	0,0086	0,0157	0,0002

**Tablo A.1. Devam** Nisan 2017-Nisan 2018 Arası Sapanca Gölünde Mevcut HCH'lerin İstasyonlara ve Derinliğe Bağlı Değişimi ( µg/L)

İST.	Tem.17				Eyl.17				Eki.17			
	α-HCH	γ-HCH	β-HCH	δ-HCH	α-HCH	γ-HCH	β-HCH	δ-HCH	α-HCH	γ-HCH	β-HCH	δ-HCH
1Y	TE	0,0190	0,1650	0,0053	TE	0,0159	TE	TE	-	-	-	-
1D	0,0046	0,0306	0,1114	0,0047	TE	0,0134	TE	TE	-	-	-	-
2 Y	TE	TE	0,2227	0,0094	TE	0,0330	TE	0,0100	TE	0,0097	1,7705	TE
2 O	TE	TE	TE	TE	TE	0,0191	TE	0,0064	TE	0,0104	0,7153	TE
2 D	TE	0,0190	0,0186	0,0005	TE	0,0173	TE	TE	TE	TE	TE	TE
3 Y	-	-	-	-	TE	0,0176	TE	0,0096	-	-	-	-
3 O	TE	0,0124	TE	TE	TE	0,0346	TE	0,0076	TE	0,1031	TE	TE
3 D	-	-	-	-	TE	0,0189	TE	TE	0,0070	0,0098	0,0242	TE
4 Y	TE	0,0061	0,0078	0,0006	-	-	-	-	TE	TE	TE	TE
4 O	TE	0,0128	0,0996	0,0046	-	-	-	-	TE	TE	0,4523	TE
4 D	TE	0,0261	TE	TE	TE	0,0018	0,0056	TE	TE	0,0037	0,0896	0,0021
5 Y	TE	0,0432	TE	0,0004	TE	0,0032	0,1467	0,0002	TE	TE	0,6290	TE
5 O	-	-	-	-	TE	0,0025	TE	TE	TE	0,0077	0,6121	0,0056
5 D	0,0095	0,0334	0,1039	0,0071	TE	0,0123	0,0049	TE	-	-	-	-
6 Y	TE	0,0086	0,2870	0,0125	TE	0,0159	TE	0,0007	TE	TE	1,0629	0,0037
6 O	0,0075	0,0264	0,0687	0,0059	TE	0,0155	TE	0,0005	TE	0,0205	1,1160	0,0086
6 D	0,0031	0,0216	0,1144	0,0049	-	-	-	-	TE	0,0097	2,8250	TE
7 Y	-	-	-	-	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,0193	TE
7 O	-	-	-	-	TE	0,0001	TE	TE	0,0021	0,0069	0,0165	TE
7 D	-	-	-	-	TE	0,0001	TE	TE	0,0447	0,0175	1,2005	TE
8 Y	-	-	-	-	TE	TE	TE	TE	0,0069	0,0191	0,0098	0,0001
8 D	-	-	-	-	TE	TE	0,0043	TE	TE	0,0035	0,0047	TE
9 Y	-	-	-	-	TE	TE	TE	TE	0,0160	0,0194	TE	0,0010
9 O	-	-	-	-	TE	TE	TE	TE	TE	0,0126	0,0108	0,0004
9 D	-	-	-	-	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,0127	TE
10 Y	-	-	-	-	TE	-	-	-	-	-	-	-
10 O	-	-	-	-	TE	-	-	-	TE	TE	0,0178	0,0019
10 D	-	-	-	-	TE	0,0302	TE	0,0034	TE	0,0198	1,1245	TE

**Tablo A.1. Devam** Nisan 2017-Nisan 2018 Arası Sapanca Gölünde Mevcut HCH'lerin İstasyonlara ve Derinliğe Bağlı Değişimi ( µg/L)

İST.	Ara.17				Oca.18				Nis.18			
	α-HCH	γ-HCH	β-HCH	δ-HCH	α-HCH	γ-HCH	β-HCH	δ-HCH	α-HCH	γ-HCH	β-HCH	δ-HCH
1Y	TE	0,0183	0,0133	TE	TE	0,0212	TE	TE	TE	TE	0,5802	0,0316
1D	TE	0,0026	0,0133	0,0037	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,3907	0,0135
2Y	TE	0,0764	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,3525	0,0047
2O	TE	0,0776	TE	0,0399	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,2206	TE
2D	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,0006	0,2757	TE
3Y	TE	0,0027	0,0063	0,0156	TE	TE	0,0042	TE	-	-	-	-
3O	TE	0,0084	0,0073	TE	TE	TE	0,0034	TE	-	-	-	-
3D	TE	0,0076	0,0056	TE	TE	TE	TE	TE	-	-	-	-
4Y	0,0030	0,0265	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,2021	TE
4O	TE	0,0076	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,2034	TE
4D	TE	TE	TE	TE	TE	0,0209	0,0004	TE	TE	0,0012	0,0475	TE
5Y	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,0147	0,0397	-	-	-	-
5O	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,0114	0,0023	-	-	-	-
5D	TE	0,0149	TE	TE	TE	0,0116	TE	TE	-	-	-	-
6Y	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,1285	TE	TE
6O	TE	0,0105	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,1427	TE	TE
6D	TE	0,0158	TE	TE	TE	0,0011	0,0113	TE	TE	0,1179	TE	TE
7Y	TE	TE	TE	TE	TE	0,0034	0,0110	0,0064	-	-	-	-
7O	TE	0,0262	TE	TE	TE	0,0040	TE	TE	-	-	-	-
7D	TE	0,0073	TE	TE	TE	0,0089	TE	TE	-	-	-	-
8Y	0,0099	0,0062	0,0127	0,0004	TE	TE	TE	TE	-	-	-	-
8D	TE	0,0069	TE	TE	TE	0,0132	TE	TE	-	-	-	-
9Y	TE	TE	TE	0,0097	TE	0,1438	TE	TE	-	-	-	-
9O	-	-	-	-	TE	0,0064	TE	TE	-	-	-	-
9D	TE	0,0609	TE	TE	TE	TE	TE	TE	-	-	-	-
10Y	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,0088	TE	-	-	-	-
10O	TE	0,0009	TE	TE	TE	0,0026	0,0078	TE	-	-	-	-
10D	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,0101	TE	-	-	-	-

**Tablo A. 2.** Nisan 2017-Nisan 2018 Arası Sapanca Gölünü Besleyen Derelerde Mevcut Organoklorlu Pestisit Miktarları ( $\mu\text{g/L}$ )

Tarih	Pestisit Türü	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12
Nis.17	$\alpha$ -HCH	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	$\gamma$ -HCH	0,0154	0,0105	0,0434	0,0143	0,0013	TE	0,0054	0,0048	TE	0,0484	0,0255	0,0968
	$\beta$ -HCH	0,1860	0,2458	0,6150	0,3526	0,4424	0,3765	0,1900	0,1442	0,1763	0,7460	0,2499	0,1946
	$\delta$ -HCH	0,0130	TE	0,0054	TE	0,0101	0,0189	0,0006	0,0023	0,0004	0,0366	0,0061	0,0206
May.17	$\alpha$ -HCH	0,0020	TE	TE	0,0009	TE	0,0055	TE	0,0045	TE	0,0019	0,0061	0,0196
	$\gamma$ -HCH	0,0109	0,0076	0,0041	0,0077	0,0113	0,0358	0,0199	0,0080	0,0153	0,0163	0,0327	0,1048
	$\beta$ -HCH	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	$\delta$ -HCH	0,0079	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,0034	TE	0,0188
Haz.17	$\alpha$ -HCH	TE	-	TE	TE	TE	TE	TE	TE	-	TE	TE	TE
	$\gamma$ -HCH	0,0460	-	0,0231	0,0473	0,0177	0,0293	0,0069	0,0000	-	0,0047	0,0164	0,0293
	$\beta$ -HCH	2,8821	-	TE	TE	TE	TE	TE	TE	-	TE	TE	TE
	$\delta$ -HCH	TE	-	TE	TE	TE	TE	0,0027	TE	-	TE	TE	TE
Tem.17	$\alpha$ -HCH	TE	TE	TE	TE	0,0116	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	$\gamma$ -HCH	0,0065	0,0201	0,0197	0,0133	0,0049	0,0261	0,0160	TE	0,0156	0,0500	0,0229	0,0184
	$\beta$ -HCH	TE	TE	TE	0,0701	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,0884
	$\delta$ -HCH	TE	0,0101	TE	0,0048	TE	TE	TE	TE	TE	0,0270	0,0075	TE
Ağu.17	$\alpha$ -HCH	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	$\gamma$ -HCH	0,0181	0,0130	0,0255	0,0032	0,0316	0,0125	0,0181	0,0225	0,0193	0,0064	0,0289	0,0176
	$\beta$ -HCH	TE	TE	0,1760	TE	TE	TE	TE	0,0313	0,0485	TE	0,1323	0,5207
	$\delta$ -HCH	TE	0,0105	0,0135	0,0061	0,0126	TE	TE	TE	TE	0,0043	TE	0,0031
Eyl.17	$\alpha$ -HCH	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	$\gamma$ -HCH	0,0263	0,1063	TE	0,0072	TE	0,0168	0,0279	0,0268	0,0284	TE	0,0336	0,0062
	$\beta$ -HCH	TE	TE	2,1665	TE	TE	TE	0,9916	TE	TE	TE	TE	TE
	$\delta$ -HCH	0,0124	0,0241	0,0113	0,0056	0,0175	TE	0,0755	0,0071	0,0194	0,0016	0,0069	0,0117

**Tablo A.2.** Devamı Nisan 2017-Nisan 2018 Arası Sapanca Gölünü Besleyen Derelerde Mevcut HCH Konsantrasyonları (µg/L)

	$\alpha$ -HCH	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
Eki.17	$\gamma$ -HCH	0,0139	0,0085	0,0467	0,0167	0,0006	TE	0,0033	0,0077	0,0024	0,0151	TE	0,0663
	$\beta$ -HCH	TE	0,5307	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	$\delta$ -HCH	0,0058	0,0165	0,0527	TE	TE	TE	TE	0,0039	0,0057	0,0115	0,0049	0,0747
Ara.17	$\alpha$ -HCH	TE	TE	TE	0,0210	0,0062	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	$\gamma$ -HCH	0,0055	TE	TE	0,2472	0,0256	0,0472	0,0091	0,0117	0,0136	TE	0,0003	TE
	$\beta$ -HCH	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,0309	TE
Oca.18	$\delta$ -HCH	TE	TE	TE	TE	0,0612	TE	TE	0,0019	TE	TE	TE	TE
	$\alpha$ -HCH	TE	TE	-	TE	TE	TE	-	TE	TE	TE	TE	TE
	$\gamma$ -HCH	0,0023	0,0026	-	TE	0,0136	TE	-	0,0051	TE	TE	0,0188	0,0742
Şub.18	$\beta$ -HCH	0,0447	1,5954	-	TE	0,0899	TE	-	0,0440	0,0069	0,0105	TE	TE
	$\delta$ -HCH	TE	0,0055	-	TE	TE	TE	-	TE	TE	0,4895	TE	0,0201
	$\alpha$ -HCH	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
Nis.18	$\gamma$ -HCH	0,0345	0,0335	0,0163	0,0607	0,0031	0,0159	0,0043	0,0436	0,0482	0,0310	0,0762	0,1049
	$\beta$ -HCH	1,2633	1,0892	1,1659	1,1851	0,8387	1,1172	0,2318	0,4668	1,0347	0,8907	0,8867	TE
	$\delta$ -HCH	TE	TE	TE	TE	TE	0,0003	TE	0,0133	0,0145	0,0022	0,0076	TE
Nis.18	$\alpha$ -HCH	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	$\gamma$ -HCH	0,0075	0,0255	0,0000	0,0256	0,0038	0,0003	0,0006	0,0082	0,0038	0,0009	0,0010	0,0690
	$\beta$ -HCH	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE
	$\delta$ -HCH	0,0017	TE	TE	TE	TE	0,0191	TE	TE	TE	0,0015	TE	0,1890

**Tablo A.3.** Nisan 2017-Nisan 2018 Arası Sapanca Gölü Çevresinde İstasyonlara Bağlı Yağmur Suyu Örneklerinde Mevcut HCH Konsantrasyonları ( $\mu\text{g/L}$ )

İstasyon	Nis.17				May.17				Haz.17				Tem.17			
	$\alpha$ -HCH	$\gamma$ -HCH	$\beta$ -HCH	$\delta$ -HCH	$\alpha$ -HCH	$\gamma$ -HCH	$\beta$ -HCH	$\delta$ -HCH	$\alpha$ -HCH	$\gamma$ -HCH	$\beta$ -HCH	$\delta$ -HCH	$\alpha$ -HCH	$\gamma$ -HCH	$\beta$ -HCH	$\delta$ -HCH
1	TE	0,0165	TE	TE	TE	0,0358	0,7711	0,0024	TE	0,3770	0,1066	0,0134	0,0449	0,0835	TE	TE
2	-	-	-	-	TE	TE	TE	TE	TE	0,4803	TE	TE	TE	TE	TE	0,0087
3	TE	0,1575	TE	TE	TE	0,1225	TE	TE	TE	0,6087	TE	TE	TE	0,3664	0,1430	0,0083
4	TE	0,0569	TE	0,0007	TE	0,1527	TE	0,0023	TE	0,4815	TE	TE	TE	0,0223	TE	TE
5	TE	0,3913	TE	TE	TE	TE	0,4540	TE	TE	0,1036	TE	0,0096	TE	0,0092	TE	TE
6	TE	0,0018	TE	TE	TE	0,0047	TE	TE	TE	TE	TE	TE	TE	0,1589	TE	TE
7	-	-	-	-	TE	TE	0,1334	0,0120	TE	0,2141	TE	TE	TE	0,0170	TE	TE
8	TE	0,1618	TE	TE	TE	0,0741	TE	0,0016	TE	0,7275	TE	0,0463	TE	0,1872	TE	0,0012
9	TE	0,0734	TE	TE	TE	0,0387	TE	0,0031	TE	0,2360	TE	0,0176	TE	0,0654	TE	0,0062
10	TE	0,0671	TE	TE	TE	0,0754	TE	TE	TE	0,2489	0,2523	0,0233	TE	0,0694	TE	0,0103
İstasyon	Ağu.17				Eyl.17				Eki.17				Kas.17			
	$\alpha$ -HCH	$\gamma$ -HCH	$\beta$ -HCH	$\delta$ -HCH	$\alpha$ -HCH	$\gamma$ -HCH	$\beta$ -HCH	$\delta$ -HCH	$\alpha$ -HCH	$\gamma$ -HCH	$\beta$ -HCH	$\delta$ -HCH	$\alpha$ -HCH	$\gamma$ -HCH	$\beta$ -HCH	$\delta$ -HCH
1	TE	0,0057	TE	0,0153	TE	TE	TE	TE	TE	0,0851	1,9706	TE	TE	0,0700	TE	0,1434
2	TE	0,1432	TE	TE	TE	0,0054	TE	0,0134	TE	0,0061	3,4330	TE	TE	0,0317	TE	0,0232
3	TE	TE	TE	0,0260	TE	0,4307	TE	TE	TE	0,0579	TE	TE	TE	0,0269	TE	TE
4	TE	0,0918	TE	0,0040	TE	0,0218	TE	0,0489	TE	0,1204	TE	0,0272	TE	0,4400	TE	TE
5	TE	0,0446	TE	TE	TE	0,0332	1,0218	0,1279	TE	0,0650	0,8505	TE	TE	0,0363	TE	0,0693
6	TE	TE	TE	TE	TE	0,0637	TE	0,1559	TE	0,1464	2,3084	TE	TE	0,0215	TE	TE
7	TE	TE	TE	0,0065	TE	0,1199	TE	TE	TE	0,0819	3,5409	TE	TE	0,0166	TE	TE
8	TE	0,1490	TE	TE	TE	0,0604	TE	TE	TE	0,2615	TE	TE	TE	0,0404	TE	TE
9	TE	0,0606	TE	0,0057	TE	0,0678	TE	0,1612	TE	0,0707	1,6820	TE	TE	0,0493	TE	TE
10	TE	0,1705	TE	TE	TE	0,3675	TE	TE	TE	0,1185	1,1132	TE	TE	0,0346	TE	TE



**Tablo A.3. Devamı.** Nisan 2017-Nisan 2018 Arası Sapanca Gölü Çevresinde İstasyonlara Bağlı Yağmur Suyu Örneklerinde Mevcut HCH Konsantrasyonları (µg/L)

İstasyon	Oca.18				Şub.18				Mar.18				Nis.18			
	α-HCH	γ-HCH	β-HCH	δ-HCH	α-HCH	γ-HCH	β-HCH	δ-HCH	α-HCH	γ-HCH	β-HCH	δ-HCH	α-HCH	γ-HCH	β-HCH	δ-HCH
1	TE	1,6243	TE	TE	TE	1,0016	TE	TE	TE	0,4170	TE	TE	TE	TE	TE	TE
2	TE	2,6114	TE	TE	TE	1,1593	0,3548	TE	TE	0,3394	TE	0,0030	TE	0,0768	TE	TE
3	TE	0,1739	TE	TE	TE	0,9768	TE	TE	-	-	-	-	TE	TE	TE	TE
4	TE	1,1883	TE	TE	TE	1,0797	TE	TE	TE	0,4649	TE	TE	TE	0,4823	TE	TE
5	TE	1,2911	TE	TE	TE	0,7102	TE	TE	TE	0,1953	TE	TE	TE	TE	TE	TE
6	TE	1,6440	TE	TE	TE	0,9946	TE	TE	TE	0,2304	TE	TE	TE	TE	TE	TE
7	TE	1,1669	TE	0,0124	TE	1,2272	0,4433	TE	-	-	-	-	TE	0,6394	TE	TE
8	TE	3,1313	TE	TE	TE	2,4405	TE	TE	TE	0,0616	TE	TE	TE	TE	TE	TE
9	TE	0,0460	TE	TE	TE	0,8454	TE	TE	TE	0,0126	TE	TE	TE	TE	TE	TE
10	TE	1,0152	TE	TE	TE	0,6029	TE	TE	TE	0,0000	TE	TE	TE	0,0162	TE	TE

## ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Meryem AKSU

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2008, Anadolu Ü., Müh. Fak. Çevre Müh.
- **Yükseklisans** : 2011, University of Birmingham, School of Geography, Earth and Environment, Air Pollution Management and Control MSc.

### MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2009 yılında Milli Eğitim Bakanlığı 1416 Sayılı Kanun Kapsamında Yurtdışı Eğitim Bursu kazanarak yüksek lisansını yurt dışında tamamladı.
- 2011 yılından beri Sakarya Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.

### TEZDEN TÜRETİLEN ESERLER:

-

### DİĞER ESERLER:

- Aksu, M., Has, M., Tanattı, N.P., Erden, B., Katircioğlu Sınmaz, G., Boysan, F., Şengil, İ.A., (2022), Assessment of Photocatalytic n-TiO<sub>2</sub>/UV and n-TiO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV Methods to Treat DB 86, RY 145 and AV 90 Dye Mix Containing Wastewater, Desalination and Water Treatment , 266(2022)226-235, <https://dx.doi.org/10.5004/dwt.2022.28656>
- Tanattı, N.P.,Aksu, M., Şengil, İ.A., Aksu, H., Emin, E.,(2019) Kinetics and Thermodynamics of Biodiesel Wastewater Treatment by Using Ozonation Process, Desalination and Water Treatment, 161,108–115, <https://dx.doi.org/10.5004/dwt.2019.24276>
- Aksu, M., Tanattı, N.P., Şengil, İ.A., Erden, B., (2021), Investigation of Microalgal Treatment for Poultry Slaughterhouse Wastewater after the Dissolved Air Flotation Unit, Environmental Research and Technology, Volume 4, Issue 2, 140- 144. <https://doi.org/10.35208/ert.845761>
- Tanattı, N.P., Şengil, İ.A., Aksu, H., Mehmetbaşoğlu, M. Ve Erden, B.,(2018) Biyodizel Atıksularında MeOH ve KOİ Gideriminin Elektrokoagülasyon Yöntemi ile Arıtımı, Sakarya University Journal of Science, 22, 600-606.