

**ORGANAKLORLU PESTİSİTLERİN KIYI
BÖLGESİNDEKİ ISLAK-KURU ÇÖKELMELERİ**

Erman ÖZTÜRK



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ORGANOKLORLU PESTİSİTLERİN KIYI
BÖLGESİNDEKİ ISLAK-KURU ÇÖKELMELERİ**

Erman ÖZTÜRK

Doç. Dr. S. SİDDİK CİNDORUK
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2012

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Erman ÖZTÜRK tarafından hazırlanan “Organoklorlu Pestisitlerin Kıyı Bölgesindeki Islak-Kuru Çökelmeleri ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. S. Sıddık CİNDORUK

Başkan : Prof. Dr. Yücel TAŞDEMİR
U.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Üye : Doç. Dr. S. Sıddık CİNDORUK
U.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Üye : Doç .Dr. Eftade GAGA
Anadolu Üniversitesi, Müh.-Mim. Fakültesi
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Kadri ARSLAN

Enstitü Müdürü

/10/2012

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

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

beyan ederim.

/10/2012

Erman ÖZTÜRK

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ORGANOKLORLU PESTİSİTLERİN KIYI BÖLGESİNDEKİ ISLAK-KURU ÇÖKELMELERİ

Erman ÖZTÜRK

Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. S. Sıddık CİNDORUK

Bu çalışma kapsamında, Bursa İli, Mudanya İlçesi'nden 4 mevsim boyunca toplanan çökeltme örneklerinde organoklorlu pestisitlerin (OCP'lerin) ıslak ve kuru çökeltme akıları tespit edilmiştir.

Örneklerin toplanmasında Islak Kuru Çökeltme Örnekleyicisi (İKÇÖ) kullanılmıştır. Islak Kuru Çökeltme Örnekleyicisi üzerine yerleştirilmiş yağış sensörü sayesinde yağışlarda ıslak çökeltme haznesinin, kuru hava şartlarında ise kuru çökeltme haznesinin açık tutularak, kuru ve ıslak çökeltme örneklerini ayrı ayrı toplayabilen bir örnekleyicidir.

Örneklemeye süresince alınan örnekler için partikül+gaz faz ortalama toplam atmosferik konsantrasyon değeri $550,9 \pm 277,6$ olarak tespit edilmiştir.

Örneklemeye bölgesinden Haziran 2008 – Haziran 2009 tarihleri arasında 17 adet ıslak çökeltme örneği alınmıştır. Islak çökeltme akı ortalamaları partikül ve çözünmüş fazlar için sırasıyla $794,26 \pm 756,70$ ng/m².gün ve $800,77 \pm 672,63$ ng/m².gün olarak tespit edilmiştir.

Belirtilen tarihler arasında alınan 18 adet kuru çökeltme örneğinin ortalama akıları ise $142,5 \pm 222,6$ ng/m².gün olarak tespit edilmiştir.

Partikül fazda tespit edilen en düşük yıkanma oranı 3.840 ± 13.500 ile Hepta Endo Epox iso A türüne aitken, en yüksek değer ise $497.593 \pm 1.419.781$ ile Metoksiklor türüne aittir. Çözünmüş fazda ise en düşük en düşük yıkanma oranı 10.170 ± 26.523 ile p,p'-DDT türüne aitken, en yüksek değer ise 247.524 ± 420.506 ile Endosülfan Beta türüne aittir.

Bu çalışma sonunda ıslak çökeltmenin atmosferik çökeltmenin büyük kısmını teşkil ettiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Organoklorlu Pestisit, Islak Kuru Çökeltme Örnekleyicisi, Atmosferik Çökeltme, Akı.

2012, vii+78 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

WET-DRY DEPOSITION OF ORGANOCHLORINE PESTICIDES ON COASTAL AREA

Erman ÖZTÜRK

Uludag University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. S. Sıddık CİNDORUK

In this study, wet dry deposition fluxes of the organochlorine pesticides (OCP's) for a four seasons period from Mudanya City/Bursa were determined.

Deposition samples were collected by a Wet Dry Deposition Sampler (WDDS). Wet Dry Deposition Sampler is a sampler that can collect both of wet and dry deposition samples via rain sensor which opens or closes the deposition boxes due to rain status.

During the sampling period, particle+gas phase average total atmospheric concentration was calculated as $550,9 \pm 277,6 \text{ pg/m}^3$.

Seventeen deposition samples were collected during the sampling period between June 2008 – June 2009. The particle phase and dissolved phase deposition fluxes were calculated as $794,26 \pm 756,70 \text{ ng/m}^2 \cdot \text{day}$, $800,77 \pm 672,63 \text{ ng/m}^2 \cdot \text{day}$ respectively.

Dry deposition flux values which were determined for same sampling period was $142,5 \pm 222,6 \text{ ng/m}^2 \cdot \text{day}$.

Washout ratios were calculated using the atmospheric concentrations and dissolved phase concentration in rain samples. The minimum washout ratio for particle phase was determined as $3,840 \pm 13,500$ for Hepta Endo Epox iso A while the maximum one was for Methoxychlor as $497,593 \pm 1,419,781$. The minimum washout ratio for dissolved phase was determined $247,524 \pm 420,506$ for Endosulfan Beta while the maximum one was for p,p'-DDT as $10,170 \pm 26,523$.

As a result of this study wet deposition processes accounted for a large part of the whole deposition event.

Key Words: Organochlorinated Pesticides, Wet Dry Deposition Sampler, Atmospheric Deposition, Flux.

2012, vii+78 pages.

TEŞEKKÜR

Tüm hayatım boyunca maddi ve manevi hiçbir desteklerini esirgemeyen, her zaman yanımda olan babam Kadir ÖZTÜRK'e, annem Sibel ÖZTÜRK'e ve kardeşim Melek ÖZTÜRK'e,

Lisans ve Yüksek lisans eğitimim süresince her zaman yanımda olan, hem okul, hemde iş hayatım için desteğini, bilgisini ve tavsiyelerini esirgemeyerek bana yol gösteren, sevgili danışman hocam Doç. Dr. S.Sıddık CİNDORUK'a,

Tez çalışmasının başlatılıp sonuçlandırılmasına kadar geçen sürede, desteğini ve bilgisini esirgemeyen saygıdeğer hocam Prof. Dr. Yücel TAŞDEMİR'e,

Örnekleme ve analiz sürelerince desteklerini esirgemeyen saygıdeğer hocalarım Araş. Gör. Aşkın BİRGÜL'e, Araş. Gör. Gizem KARACA'ya ve Araş. Gör. Özge SİVRİOĞLU'na,

Bölümümde görev yapan ve desteklerini gördüğüm bölüm öğretim üyelerine ve yardımcılarına, manevi desteklerinden dolayı arkadaşlarım Esra ŞAHİN'e, İbrahim ATAŞ'a ve Yusuf ATALAY'a ve tüm arkadaşlarıma,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Erman ÖZTÜRK
/10/2012

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
TABLolar DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
1.GİRİŞ.....	1
2.KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	2
2.1.Pestisitlerin Genel Özellikleri.....	2
2.2. Pestisitlerin Türleri.....	4
2.3.Pestisitlerin Kullanım Amaçları.....	6
2.4.Pestisitlerin Zararları.....	7
2.5.Pestisitlerin İnsanlara Olan Etkileri.....	8
2.6.Pestisitlerin Çevre Üzerine Etkileri.....	8
2.7.Dünya’da ve Türkiye’de Pestisit Kullanımı.....	11
2.8.Organoklorlu Pestisitler (OCP).....	15
2.9. OCP’lerin Dünya Genelinde Çökemeleri.....	19
3.MATERYAL VE YÖNTEM.....	22
3.1.Örnekleme Bölgesi ve Meteorolojik Veriler.....	22
3.2.Örnekleyici.....	25
3.3.Analiz.....	31
3.3.1.Örnek Ekstraksiyonu.....	31
3.3.2.Örnek Süzme.....	32
3.3.3.Döner Buharlaştırıcı İle Hacim Azaltma.....	32
3.3.4.Fraksiyonlarına Ayırma.....	33
3.3.5.Kalite Kontrol-Kalite Güvenirlik.....	34
4.ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	36
4.1.Atmosferik Konsantrasyonlar.....	36
4.2.Islak Çökemeler.....	40
4.3.Kuru Çökemeler.....	60
5.SONUÇ.....	68
KAYNAKLAR.....	74
ÖZGEÇMİŞ.....	80

SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar	Açıklama
AB	Avrupa Birliği
ACE	Aseton
DCM	Diklormetan
DDD	Dikloro Difenol Dikloroetan
DDT	Dikloro Difenol Trikloroetan
ECD	Elektron Yakalama Dedektörü
EPA	Çevre Koruma Ajansı
EUREPGAP	AB Ülkeleri Perakende Tarım Ürünleri Çalışma Grubu
GC	Gaz Kromotograf
HCH	Hekzaklorosikloheksan
HEX	Hekzan
İKÇÖ	Islak Kuru Çökeltme Örnekleyicisi
LOD	Bulma Sınır Değerleri
OCP	Organoklorlu Pestisit
PAH	Poliaromatik Hidrokarbon
PCB	Poliklorlu Bifenil

TABLolar DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2.2.1. Pestisitlerin sınıflandırılması.....	5
Tablo 2.7.1. Bazı AB Ülkelerinde birim alanda tüketilen pestisit miktarları.....	12
Tablo 2.7.2. Türkiye’de Yıllara Göre Pestisit Tüketimi (ton).....	14
Tablo 2.8.1. OCP’lerin fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	17
Tablo 3.1.1. Örnekleme periyodu meteorolojik verileri.....	25
Tablo 4.1.1. OCP türlerine göre atmosferik konsantrasyon değerleri.....	37
Tablo 4.1.2. Çeşitli Çalışmalarda Atmosferik Konsantrasyon Değerleri	38
Tablo 4.2.1. Dünya genelinde yapılan çeşitli çalışmalarda tespit edilen ıslak çökme akı değerleri.....	49
Tablo 4.2.2. Bazı Bölgelerde Çeşitli Kalıcı Organik Kirleticiler İçin Tespit Edilmiş Yıkama Oranları	59
Tablo 4.3.1. Dünya genelinde yapılan çeşitli çalışmalarda tespit edilen kuru çökme akı değerleri	65

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.8.1. Organoklorlu Pestisitlerin yapısal sınıflandırılması ve genel formülleri.....	16
Şekil 3.1.1. Mudanya İlçesinin haritadaki yeri.....	23
Şekil 3.1.2. Mudanya İlçesi.....	23
Şekil 3.2.1. Islak kuru çökeltme örnekleyicisi şematik gösterimi.....	26
Şekil 3.2.2. Islak kuru çökeltme örnekleyicisi önden görünüşü.....	29
Şekil 3.2.3. Islak kuru çökeltme örnekleyicisi üstten görünüşü.....	29
Şekil 3.2.4. Islak kuru çökeltme örnekleyicisi, absorblama sistemleri görünüşü.....	30
Şekil 3.3.1.1 Ekstraksiyon cihazı genel görünümü.....	31
Şekil 3.3.3.1 Döner buharlaştırıcı cihazı genel görünümü.....	33
Şekil 3.3.4.1 Temizleme kolunu şematik çizimi.....	34
Şekil 4.1.1. Atmosferik konsantrasyon değerlerinin, örnekleme periyoduna göre değişimi..	39
Şekil 4.2.1. Islak çökeltme akılarının, örnekleme periyoduna göre değişimi.....	42
Şekil 4.2.2. Islak çökeltme akılarının, OCP türlerine göre değişimi	44
Şekil 4.2.3. Partikül faz ıslak çökeltme akısı ve partikül faz atmosferik konsantrasyon ilişkisi.....	45
Şekil 4.2.4. Çözünmüş faz ıslak çökeltme akısı ve çözünmüş faz atmosferik konsantrasyon ilişkisi.....	46
Şekil 4.2.5. 15 günlük ıslak çökeltme akılarının, örnekleme periyoduna göre değişimi.....	47
Şekil 4.2.6. 15 günlük ıslak çökeltme akılarının, OCP türlerine göre değişimi.....	48
Şekil 4.2.7. Yağmur suyu konsantrasyonlarının örnekleme periyoduna göre değişimi.....	50
Şekil 4.2.8. Yağmur suyu konsantrasyonlarının, OCP türlerine göre değişimi	51
Şekil 4.2.9. Partikül faz yağmur suyu konsantrasyonu, yağmur şiddeti ilişkisi.....	52
Şekil 4.2.10. Gaz faz yağmur suyu konsantrasyonu, yağmur şiddeti ilişkisi.....	53
Şekil 4.2.11. Islak çökeltme hızlarının, örnekleme periyoduna göre değişimi.....	54
Şekil 4.2.12. Islak çökeltme hızlarının, OCP türlerine göre değişimi	55
Şekil 4.2.13. Yıkama oranlarının örnekleme periyoduna göre değişimi	56
Şekil 4.2.14. Yıkama oranlarının OCP türlerine göre değişimi	57
Şekil 4.3.1. Kuru çökeltme akılarının, örnekleme periyotlarına göre değişimi	61
Şekil 4.3.2. Kuru çökeltme akılarının, OCP türleri göre değişimi	62
Şekil 4.3.3. 15 günlük kuru çökeltme akılarının, örnekleme periyotlarına göre değişimi	63
Şekil 4.3.4. 15 günlük kuru çökeltme akılarının, OCP türleri göre değişimi.....	64
Şekil 4.3.5. Kuru çökeltme hızlarının örnekleme periyoduna göre değişimi.....	66
Şekil 4.3.6. Kuru çökeltme hızlarının OCP türleri göre değişimi.....	67

1. GİRİŞ

Dünya nüfusu her geçen gün hızla artmaktadır. Dünya nüfusunun son yıllardaki ortalama artış oranı %1,7 veya %17 civarındadır (Çamurcu 2005). Söz konusu nüfus artışı neticesinde doğal kaynaklara olan talepte aynı oranda artmaktadır. İşte bu nedenle insanlar doğal kaynakları en verimli kullanabilme adına çeşitli yöntemler kullanmaya yönelmişlerdir. Enerji kaynaklarını verimli kullanabilme adına yeni teknolojiler üretmeye, alternatif enerji kaynakları aramaya, tarımda en verimli ürünü elde edebilmek adına kimyasal ve biyolojik yöntemler geliştirmeye yönelik çalışmalar yapılmıştır.

Tarım, bütün dünya ülkeleri için en önemli beslenme kaynağıdır. Artan nüfusun beslenme ihtiyacını sürekli karşılayabilmek için daha fazla ürün elde edebilmek amacıyla, ürüne zarar verecek ve verimliliği etkileyecek nitelikteki her tür zararlı otların, bitkilerin ve böceklerin, ürüne zarar vermesinin önüne geçilmeye çalışılmaktadır. Tarımda üretimi arttırabilmek, üretime zararlı canlı ve doğa etkilerini en aza indirmek amacıyla kullanılan kimyasal ve biyolojik ürünlerin başında pestisitler gelmektedir. Pestisitler, besin maddelerinin üretimi, tüketimi, depolanmaları sırasında besinlere zarar veren ve değerini bozan mikroorganizma ve zararlıları uzaklaştırmak, yok etmek, ayrıca bitki büyümesini düzenlemek amacıyla kullanılan kimyasal ya da biyolojik ürünlerdir (Ündeğer 2010).

Pestisitlerin yarılanma ömürleri oldukça uzun olup toprak, pestisitler sebze ve meyve üzerinde kalıntılar oluşturmakta, besin zinciri ile insanlara kadar ulaşabilmektedir. Pestisitlerin aşırı derecede ve bilinçsiz olarak kullanılması, suya, toprağa ve havaya karışması ile insan ve diğer canlı yaşamları tehlike altına girmektedir. Pestisitlerin yanlış kullanımı insan sağlığını etkilemesinin yanında, bitki ve hayvan türlerinin yok olmasına, su ve hava ile taşınarak hedef alınmayan birçok organizmanın etkilenmesine neden olarak bütün ekosistemi etkilemektedir. Canlıları direk olarak etkilemesinin yanında bazı zararlıların belli bileşiklere karşı direnç kazanarak güçlenmesi de büyük sorun teşkil etmektedir. Öyle ki yapılan araştırmalarda bu zamana kadar 450 böcek türünün insektisitlere karşı direnç geliştirdiği ortaya konmuştur (Kence ve Kence 1992). Gelişen bu dayanıklılık, kimyasalların etkinliğini yitirmesine,

dolayısıyla yoğun ilaçlama sonucu ürünlerdeki pestisit kalıntılarının artmasına neden olmaktadır (Topuz 2005).

Tarımsal alanlara, orman veya bahçelere uygulanan tarım ilaçları havaya, suya ve toprağa, oradan da bu ortamlarda yaşayan diğer canlılara geçmekte ve dönüşüme uğramaktadır. Bir tarım ilacının çevredeki hareketlerini onun kimyasal yapısı, fiziksel özellikleri, uygulama şekli, iklim ve tarımsal koşullar gibi faktörler etkilemektedir (Öğüt 2010).

Pestisitlerin kullanımı sırasında etki eden çeşitli etkenler neticesinde pestisitler ekolojik çevreye taşınmaktadır. Suya, toprağa ve havaya karışan pestisitler, hedef organizmalar dışındaki türlere de etki etmektedir. Tarım ilaçlarının püskürtülerek kullanılması sırasında bir kısmı buharlaşma ile havaya geçerken, diğer kısmı bitki, meyve üzerinde ve toprak yüzeyinde kalıntı oluşturmaktadır.

Havaya karışan pestisitler rüzgarlarla uzak mesafelere taşınabilmekte, ardından yağmur, sis ve kar gibi yağış olaylarıyla tekrar yeryüzüne dönmektedir. Bu şekilde hedef olmayan ortamlara taşınan pestisitler, buralarda diğer organizmaları etkilemekte, buralarda kalıntı ve toksisiteye neden olmaktadır.

Bu çalışmanın amacı:

Bursa İli, Mudanya İlçesi'nden 4 mevsim boyunca toplanan çökeltme örneklerinde (OCP'lerin) pestisitlerin ıslak ve kuru çökeltme akıllarını tespit etmektir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Pestisitlerin Genel Özellikleri

Dünyada ve ülkemizde artan nüfus her geçen gün beraberinde daha fazla ihtiyaç ve tüketimi getirmektedir. Bu kapsamda, yapılan faaliyetlerin geliştirilmesi adına yeni uygulamalar, alternatif çözümlere başvurulmaktadır. Bu amaçla özellikle tarımsal

Üretim amacıyla verimin ve kalitenin arttırılmasına yönelik çeşitli kimyasal ve yan destekleyicilerin kullanılması yaygın hale gelmekte ve hatta zorunluluk haline dönüşmektedir.

Tarım bütün dünya ülkeleri için en önemli beslenme kaynağıdır. Artan nüfusun beslenme ihtiyacını sürekli karşılayabilmek için daha fazla ürün elde edebilmek amacıyla, ürüne zarar verecek ve verimliliği etkileyecek nitelikteki her tür zararlı ot, bitki ve böceklerin, ürüne zarar vermesinin önüne geçilmeye çalışılmaktadır. Bu zararlı ot, bitki ve böceklerle mücadele için geliştirilen tarımsal ilaçlara genel olarak pestisit adı verilmektedir (Akal Solmaz ve ark. 2010).

Pestisit, zararlı organizmaları engellemek, kontrol altına almak, ya da zararlarını azaltmak için kullanılan madde ya da maddelerden oluşan karıımlardır. Pestisit, kimyasal bir madde, virüs ya da bakteri gibi biyolojik bir yapısı olan, antimikrobik, dezenfektan ya da herhangi bir araç olabilir. Zararlı organizmalar, insanların besin kaynaklarına, mal varlıklarına zarar veren, hastalık yayan böcekler, bitki patojenleri, yabani otlar, yumuakalar, kuşlar, memeliler, balıklar, solucanlar ve mikroplar olabilir (Akgönül ve ark. 2009).

Pestisitler, insan ve hayvan vücudu ile bitkiler üzerinde veya çevresinde yaşayan, besin kaynaklarının üretim, depolanma ve tüketimi sırasında besin değerini düşüren ya da zarara uğratan böcek, kemirici, yabani ot, mantar gibi canlı formlarının yıkıcı etkilerini azaltmak için kullanılan kimyasal maddelerdir (Sataloğlu ve ark. 2007).

Pestisitlerin dünya çapında kullanım oranları 1975 yılından beri her be yılda yaklaşık olarak iki katına çıkmaktadır. Birleşmiş milletler tarafından yapılan araştırmalara göre kullanılan pestisit miktarının yalnızca %1'i mahsule ulaşmakta, kalan kısmı ise toprağı, havayı ve özellikle su kaynakları kirletmektedir (Morsünbül 2010).

Tarım topraklarının ve yer altı su kaynaklarının, kullanılan tarım ilaçları tarafından kirletilmesi önemli bir evre sorununa neden olmaktadır. Özellikle de son zamanlarda tarım ilacı kullanımındaki hızlı artış bu sorunun daha fazla iddetlenmesine

neden olmaktadır. Toprağın pestisitlerle kirlenmesi, kullanılan kimyasal maddeler kalıcı olduğu zaman önemli sakıncalar doğurur. Eğer bir pestisit bakterisi, fungus, güneş ışığı veya kimyasal yollarla ayrışmamışsa, zamanla toprakta birikerek bitkiler tarafından az miktarda da olsa alınabilir. Tarım ilaçları doğrudan toprak yüzeyine ve içine, bitki üzerine veya tohum ilaçlaması şeklinde uygulanır. Bitki yüzeyine uygulanan ilacın büyük bir kısmı toprağa düşer. Toprağa düşen ilaçlar toprak tipi, çözünübilirlik ve iklim faktörlerine bağlı olarak toprak içinde zamanla hareket edebilirler. Pestisitlerin toprak organik maddesi ve kil mineralleri tarafından tutulması ya da salınması, pestisitlerin çevredeki durumunu etkileyen önemli faktörlerdir (Yılmaz ve Alagöz 2008).

Son yıllarda yeraltı sularında, yüzeysel sularda ve bu ortamlarda yaşayan canlılarda yüksek konsantrasyonlarda toksik ve kanserojen pestisitlerin tespit edilmesi, bu maddelerin yeraltı sularına kadar taşındığını ve su kaynaklarını kirlettiğini ifade etmektedir (Akal Solmaz ve ark. 2010).

2.2.Pestisitlerin Türleri

Pestisitler, hedef aldıkları zararlı organizmaya göre çeşitli türlere ayrılırlar (USEPA 1998). Besin maddelerinin üretim, tüketim ve depolanmaları sırasında; besin değerini bozan ve tahrip eden hastalık ve zararlıları, yabancıotları, mikroorganizmaları yok etmek için kullanılan kimyasal maddelere tarım ilaçları (pestisit) denir. Pestisit terimi; insektisitler ve akarisitleri, insekt ve akarların repellentlerini, fungusitleri, herbisitleri, nematositleri, rodentisitleri, maluskusitleri, kuş ve vahşi hayvan repellentlerini, bakterisitleri, defoliantları ve bitki gelişim düzenleyicileri kapsamına alır. Pestisitlerin gıda maddeleri üzerinde veya içinde kalan ilaç ve ilaç türevlerine de pestisit kalıntısı denilmektedir.(Anonim 2010)

Tablo 2.2.1. Pestisitlerin sınıflandırılması (Zirai mücadele ilaçları üretimi yapılan işyerlerinde iş sağlığı ve güvenliği proje denetimi değerlendirme raporu 2005)

İnsektisit	Böceklerle karşı kullanılan ilaçlardır.
Fungusit	Funguslara (mantarlara) karşı kullanılan ilaçlardır.
Fungustatik	Fungusların (mantarların) faaliyetini durduran ilaçlardır.
Herbisit	Yabancı otlara karşı kullanılan ilaçlardır.
Akarisit	Örümceklere, akarlara karşı kullanılan ilaçlardır..
Bakterisit	Bakterilere karşı kullanılan ilaçlardır.
Afisit	Yaprak bitlerine karşı kullanılan ilaçlardır.
Rodentisit	Kemirgenlere karşı kullanılan ilaçlardır.
Nematosit	Nematodlara karşı kullanılan ilaçlardır.
Mollussisit	Salyangozlara karşı kullanılan ilaçlardır.
Algisit	Algilere karşı kullanılan ilaçlardır.
Auensit	Kuşları öldüren veya uzaklaştıran ilaçlardır.
Repellent	Kaçırıcı ilaçlardır.
Atrakant	Çekici ilaçlardır.

Türkiye’de tarım ilaçları kullanımına, pestisit gruplarına göre bakıldığında; en önemli grubun %47 ile insektisit olduğu, bunu %24 ile herbisitlerin izlediği, fungusitlerin ise %16 payı olduğu görülmektedir. Türkiye’de tarım ilaçları sektörünün en önemli bölümü olan insektisit satışlarının %47’si pamuk, %20’si ise meyve pazarında yer almaktadır. İnsektisitsatışlarında %40 ile organik fosforlular en büyük pazardır. Başlıca organik fosforlu aktif maddeler chlorpyrifos, diazinon, dichlorvos, dimethoate, malathion, methamidophos, methidathion, monocrotophos ve parathionmethyl’dir. İnsektisit satışlarının %21’ni sentetik piretroidler kapsamakta olup, en önemlileri arasında cypermethrin, lambdacyhalothrin, tralomethrin, zetacypermethrin ve alphacypermethrin yer almaktadır. Carbamatlar geniş kullanım alanı bulmakta olup carbosülfan, carbaryl, furathiocarb en önemlileridir (Balkaya ve Arslan 2004).

Dünya çapında, üretimin ve kalitenin artırılması amacıyla modern tarım uygulamaları kapsamında yoğun pestisit kullanımı sıklıkla rastlanan bir kirlilik problemine yol açmaktadır. Su kaynaklarının pestisit kalıntıları tarafından kirletilmesi,

çevresel koruma ve sürdürülebilirlik açısından en önemli konulardan biridir (Üstün ve ark. 2010).

2.3.Pestisitlerin Kullanım Amaçları

Pestisitler tarımsal mücadele de en fazla kullanılan yöntemdir. Çok fazla kullanılmasının nedenleri yüksek etkinliğe sahip olması, hızlı sonuçlar vermesi ve ekonomik olması olarak sıralanabilir. Yeterli ve yüksek kaliteli tarımsal üretim için pestisit kullanımı şarttır.

Tarımsal savaşım, bitkilerin hastalık, zararlı ve yabancı otların etkilerinden ekonomik ölçüler içinde korunması, ürünün ve kalitenin artırılmasıdır. Bu basit tanımdan da anlaşılacağı gibi, tarımsal savaşım, bir yandan ürünü ve kalitesini arttırmak, bir yandan da ekonomiklik hedeflenmektedir. Bu amaca ulaşabilmek için, tarımsal savaşımın entegre savaş (entegre zararlı yönetimi) görüşüne uygun olarak yürütülmesi gerekmektedir. Entegre zararlı yönetimi dendiğinde ise; tarımsal savaşımında bilinen tüm yöntemlerden yararlanan, insan ve çevre sağlığına olumsuz etkileri en az olanların uygulanmasına yönelik çalışmalar anlaşılmaktadır (Delen ve Ark. 2005).

Yeterli ve yüksek kaliteli tarımsal üretim için pestisitlerin kullanılması kaçınılmazdır. Pestisit kullanılmaksızın üretim yapılması halinde, üretim miktarında % 60 hatta % 100 kayıp olabilmektedir. Pestisitler, uygun koşullarda ve öneriler doğrultusunda kullanmak koşuluyla; üreticiye yüksek kazanç sağlarlar ve yetiştirme sezonunun ve muhafaza süresinin de uzamasını sağlarlar. Ülkemizde tarımı yapılan kültür bitkileri, sayıları 500'ü aşan hastalık ve zararlıların tehdidi altında olup yeterli mücadele yapılmadığı için toplam ürünün yaklaşık 1/3'i kayba uğramaktadır. Bu kayıpların önlenmesi bakımından pestisitlerin daha uzun yıllar büyük bir kullanım potansiyeline sahip olacağı kuşkusuzdur. Bitkisel üretim miktarının pestisit kullanımı sayesinde arttırıldığı bir gerçektir. Pestisit kullanımı, dünyada tarımsal üretimi artırmanın yanında kalitesini de yükseltmiştir. Buğdayda, hastalıkların, böceklerin ve yabancıotların neden olduğu kayıplar % 27 oranındadır, ancak tarım ilaçları olmasaydı bu oran % 53'e çıkardı. Aynı şekilde kimyasal mücadelenin yapılmadığı durumda arpa

kayıpları iki kat daha fazla artarak % 40, mısır kayıpları ise % 52'ye ulaşırdı. Benzer şekilde, 1983-1995 döneminde domates, buğday, pirinç ve mısırın verimi sırasıyla % 1,7, %30, %17 ve % 28 artış göstermiştir (Türkoğlu 2006).

1961 yılında 3 milyar olan dünya nüfusu, 2007 haziran itibariyle 6.6 milyara çıkmıştır. Tarıma ayrılan alan, 1950'den günümüze kadar 1.4 milyar hektar olarak sabit kalmıştır. Nüfus 2 katına çıkıp ekim alanı sabit kaldığına göre beslenme için gerekli olan tarımsal gıda üretimi ancak modern tarım tekniklerinin kullanılmasıyla ve entansif tarım yapılmasıyla mümkün olmuştur. Yemeklik yağ, et, meyve ve sebze gibi kaynak-yoğun gıda üretimini üç katına çıkartılabilmektedir. Başlangıçta değinildiği gibi bu tekniklerden biri de pestisit kullanımınıdır. Bilinçli ve etkili bitki koruma önlemleri alınmadan entansif tarımın yapılabilme olanağı yoktur (Tiryaki ve ark 2010).

Yeterli düzeyde yüksek kaliteli tarımsal ürünlerin, özellikle de sağlıklı bir yaşam için gerekli olan taze meyve ve sebzenin üretiminde bitki koruma ürünlerinin kullanımının rolü büyüktür. Geçmişte Avrupa'da yüz binlerce ızdıraplı ölüme yol açmış olan çavdar mahmuzu gibi yaşamı tehdit eden fungal hastalıklar ve aflatoksin gibi fungal toksinlerin neden olduğu kanserler, hububat ve fıstık üretimi ve depolanmasında fungusitler kullanılarak önlenmektedir (Türkoğlu 2006).

2.4.Pestisitlerin Zararları

Aşırı ve bilinçsiz kullanım sonucu artan pestisit tüketimi çevre kirlenmesi ve insan sağlığı açısından çeşitli sorunların ortaya çıkmasını neden olmaktadır. Aşırı ve bilinçsiz pestisit kullanımının neden olduğu sorunlar aşağıda sıralanmaktadır;

- Pestisitler kanser, doğum anormallikleri, sinir sistemi zararları ve uzun dönemde oluşan yan etkilere neden olurlar.
- Pestisitler ve parçalanma ürünleri toksik maddeleri içerirler.
- Parçalanma ürünlerinden bazıları ana pestisitten daha toksik ve kalıcıdır.
- Uygulanan pestisite ve uygulama koşullarına bağlı olarak, çevre kirliliğine neden olmaktadır.

- Aşırı buharlaşabilenler soluduğumuz havayı kirletmektedir.
- Aşırı kullanımı organizmalarda ilaca karşı direnç oluşturmakta, pestisit uygulaması başarısız olmaktadır.
- Hedef alınan ve alınmayan zararlıların doğal düşmanlarını ve faydalı organizmaları da öldürerek yeni salgınlar oluşturmaktadır.

2.5.Pestisitlerin İnsanlara Olan Etkileri

Pestisitler toksik kimyasallardır. Toksik hücrelere ve yaşayan dokulara kimyasal, biyokimyasal ve ya radyoaktif nitelikte zararlar veren her türlü maddeye verilen isimdir. Bu nedenle insanların pestisit kullanımı sırasında meydana gelebilecek potansiyel zararlardan sakınmaları gerekir. İnsanlar pestisitten ağız yolu, solunum yolu ve deri yoluyla etkilenebilirler. İnsanların pestisitlere maruz kalması mesleki zehirlenmeler veya kaza ile meydana gelebilmektedir. Her iki tür maruziyetin ana nedenleri;

- Yetersiz eğitim,
- Uygun olmayan depolama, saklama koşulları,
- Yanlış uygulama,
- Dikkatsiz yükleme ve taşıma,
- İyi yıkanmamış pestisit kaplarının kullanılması,

olarak sıralanabilir (Tiryaki ve ark 2010).

2.6.Pestisitlerin Çevre Üzerine Etkileri

Pestisitler, tarımsal alanlara uygulanmaları neticesinde havaya, suya ve toprağa, nihayetinde de diğer canlılara geçerek dönüşüme uğramaktadırlar. Pestisitlerin çevredeki hareketleri uygulama şekli, iklim ve tarımsal koşullar gibi birçok faktöre bağlıdır.

Pestisitler kullanıldıkları yerlerde toprağı, suyu kirlettikleri gibi, buldukları yerlerden biyolojik ve fiziksel yollarla çok uzak bölgelere kadar taşınmaktadır (*translokasyon*). Özellikle çevrede dayanıklı olanlar (biyolojik parçalanma hızları yavaş olanlar) ve lipide çözünenler biyoekosistemlerde birikerek (*biyolojik kümülasyon* ve *biyokonsantrasyon*) tüm canlılar için zararlı olmaktadır (Vural 2005).

Hızlı nüfus artışına paralel olarak artan besin ihtiyacı problemi tarım alanlarından maksimum ürün alınabilmesi hususundaki çalışmalarını hızlandırmıştır. Tarımsal zararlılar ve bitki hastalıklarıyla mücadele de mekaniksel, fiziksel, biyolojik ve kimyasal birçok yöntem olmasına karşın, uygulama kolaylığı ve kesin sonuç nedeniyle insanlar en çok kimyasal mücadeleden yararlanmışlardır.

Pestisitler, insan ve hayvan vücudu ile bitkiler üzerinde veya çevresinde yaşayan, besin kaynaklarının üretim, depolanma ve tüketimi sırasında besin değerini düşüren ya da zarara uğratan böcek, kemirici, yabancı ot, mantar gibi canlı formlarının yıkıcı etkilerini azaltmak için kullanılan kimyasal maddelerdir. Bu amaçla dünyada onlarca değişik kimyasal formulasyona sahip madde, her yıl yaklaşık 1,5 milyon ton civarında üretilmekte ve 30 milyon dolarlık bir ticari hacim oluşturmaktadır. Mevcut tarım alanlarından yüksek verim sağlamak amacıyla kullanılan pestisitlerin bilinçsiz ve denetimsiz kullanımının insan sağlığına ve çevreye olumsuz etkileri göz ardı edilmemelidir (Sataloğlu ve ark. 2007)

Dünya genelinde tarım ürünleri üretimini artırma çabaları yanında yaşadığı çevrenin korunması gerekliliği bilincinde olan insanlar, özellikle 1970'li yıllardan sonra tarım ilaçlama çalışmalarının kontrollü yapılması, çevreye olumsuz etkileri çok daha az olan tarım ilaçlarının kullanımı konularında çalışmalara başlamışlardır. Bu amaçla tarım ilaçlarında bazı standartlar aranır olmuştur. Bu değerlendirmeye göre tarım ilaçlarında aranan standartlar;

- Tarım ilaçları etkili olmalı,
- Tarım ilaçları biyolojik olarak aktif olmalı,
- Güvenilir olmalı,

- Stabil olmalı,
- Üçüncü şahıslar açısından güvenilir olmalı,
- Tüketiciler açısından güvenilir olmalı,
- Besi hayvanları açısından güvenilir olmalı,
- Yabani hayata zararlı olmamalı,
- Faydalı organizmalara zararlı olmamalı,
- Çevre için kabul edilebilir olmalı,
- Ticarete probleme sebep olmamalı,

olarak sıralanabilir (Baker 1998, Öğüt 2010).

Çevrede dayanıklı ve lipofil özellikleri nedeni ile biyoakkümüle olan pestisitlere klorlu hidrokarbon yapısındaki insektisitler örnek verilebilir. 1944-1969 yılları arasında DDT üretimi 2 milyon tonu geçmiştir. Ancak 1950'lerden itibaren besinlerin DDT ile kontamine olarak hayvan dokularında birikmesi, zamanla bazı böceklerle beslenen kuşların DDT'ye rezistan olmaları nedeni ile kullanımları sınırlanmıştır. Klorlu hidrokarbon yapısındaki insektisitlerden dieldrin ve aldrinin de benzeri özelliklerle bazı kuş cinslerinin yok olmasına neden olduğu gözlenmiştir. Ayrıca bazılarının karsinojenik, mutajenik veya teratojenik özelliklerinin gösterilmesi de önemli bir çevre sorunu oluşturmaktadır (Vural 2005).

Pestisitlerin başlangıçta hayat kurtaran ürünler olarak görülüyor olmasına karşın, daha sonra yapılan çalışmalar bunun tersine bir duruma işaret etmiştir. Özellikle Organochlorine içeren pestisitlerin çevrede kalıcı özellik gösteren bir kimyasal yapısı bulunmaktadır. Bu pestisitler, organizmalarda veya atmosferde birikim yapmaktadır. Bu maddeler ayrıca üremeyle ilgili sorunlara, sakat doğumlara, bağışıklık ve endokrin sistemlerinde yıkıma yol açmakta olup, kansere neden olabilmektedir (Acara 2006).

Sonuç olarak; pestisitlerin kullanılmaları ile ortaya çıkan sorunlar, toksikologları, bir taraftan doğrudan insanlar üzerindeki sistemik ve özel toksisiteleri; diğer taraftan çevredeki etkileşimler sonucu diğer canlılara ve insanlara olan zararları; ve ayrıca ekolojik denge üzerindeki etkileri açısından ilgilendirmektedir (Vural 2005).

2.7.Dünya’da ve Türkiye’de Pestisit Kullanımı

Dünyada tarım ilacı üretimi 3 milyon ton, yıllık satış tutarı ise 25-30 milyar \$ arasında değişmektedir. Dünya pestisit pazarında tonaj olarak yılda % 1 civarında bir büyüme beklenmektedir. Herbisitler tarım ilaçları içinde % 47'lik bir payla birinci sırayı almaktadır. Bunu % 29 ile insektisitler izlemekte, fungusitlerin ise % 19'luk bir payı bulunmaktadır. Herbisitler ve insektisitler, kullanımın % 70'den fazla bir bölümünü kapsamaktadır. Diğer pestisit grupları ise % 5'lik bir paya sahiptir. Parasal olarak değerlendirildiğinde tüketimin % 31'ini insektisitler, % 26'sını herbisitler, % 20'sini de fungusitler oluşturmaktadır (Tiryaki ve ark. 2010).

Çeşitli ülkelerin hektar başına kg olarak pestisit tüketimleri aşağıdaki tabloda görülmektedir. Ülkemizdeki pestisit tüketimi, AB ülkelerinininki ile kıyaslandığında AB ülkelerinin çok gerisinde olduğumuz görülmektedir. Hollanda ve Yunanistan AB'nin en yoğun, Belçika ve Finlandiya ise en az pestisit tüketen ülkelerdir. Türkiye'nin tüketimi ise, yıllara göre hektara 400-700 g arasında değişmektedir. Hektara düşen etkili madde miktarı 1990'larda 400-500 g iken, 2006 yılında 705 g'a ulaşmıştır. Bu değerler, Türkiye'nin AB ülkelerine göre oldukça az pestisit tükettiğini göstermektedir. Ancak bilindiği gibi, Türkiye'de oldukça heterojen bir pestisit tüketimi vardır. 1998 yılında, ülke tüketiminin % 42.02 si Akdeniz ve Ege Bölgesi'nde, % 4.8'i ise Doğu Anadolu Bölgesinde gerçekleşmiştir. Ayrıca Türkiye'de hektar başına daha az pestisit tüketilmesine karşın, en yoğun tüketilen pestisitler çevre ve sağlık açısından önemli risk taşıyanlardır (Tiryaki ve ark. 2010)

Tablo 2.7.1.Bazı AB ülkelerinde birim alanda tüketilen pestisit miktarları (Tiryaki ve ark. 2010)

ÜLKELER	PESTİSİT TÜKETİMİ (kg/ha)
Hollanda	13,8
Yunanistan	13,5
İtalya	9,3
İrlanda	8
İngiltere	6,4
Portekiz	6
Fransa	5,6
İsveç	4,4
Lüksemburg	4,4
Avusturya	4
Almanya	2,6
İspanya	2,3
Danimarka	1,7
Belçika	1,2
Finlandiya	1,2
Türkiye	0,7

Pestisitlerin bilinçsiz ve kontrolsüz kullanımı sonucu, zararlı organizmalarda dayanıklılık oluşturabilme riskleri ve kalıntılar yoluyla insan sağlığına ve çevreye olumsuz etkileri kesinlikle göz ardı edilmemelidir. Söz konusu riskler nedeniyle, özellikle gelişmiş ülkelerde pestisitler daha bilinçli ve kontrollü kullanılmaktadır. Bunu sağlayabilmek için, örneğin Avrupa Birliği (AB) ülkelerinde ve Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'nde bir çok yasa çıkarılmış, resmi örgütler kadar, sivil toplum örgütleri de bu yönde söz sahibi duruma gelmişlerdir (Delen ve ark 2005).

Modern tarımsal savaşımında, pestisitlerin çevreye zarar vermeyecek düzeyde ve gerçekten gerekli olduğunda kullanılması benimsenmiştir. Bunun bir sonucu olarak, başta ABD olmak üzere, gelişmiş ülkelerde “düşük risk” ya da “doğa dostu” pestisitler adı altında toplanmışlardır. Örneğin ABD Çevre Koruma Örgütü (EPA), böyle pestisitlerin hem ruhsatlandırılmasını kolaylaştırmış ve hem de kullanılmalarını teşvik etmeye başlamıştır (EPA, 1999 a, b). Diğer yandan, pestisit kullanılmadan modern anlamda bitkisel ürün yetiştirmenin olanaksızlığı gelişmiş ülkelerce bilinmesi yanında, pestisit kullanımının sürekli arttırarak verimin de sürekli artmayacağı anlaşılmıştır. Bu nedenle, maliyetleri yükseltmemek açısından gereksiz ilaçlamalardan kaçınılmaya

başlanmıştır. Yukarıda da değinildiği gibi, bu uygulamalarda sivil toplum örgütlerinin ve tüketicilerin de baskıları olmuştur. Örneğin, Avrupa ülkelerinde fungusit kullanımı patatesten %30 ve elmada %20 azaltılmasına karşın verimde bir düşüş gözlenmemiştir (Delen ve ark 2005).

Pestisitlerin gerek çevre, gerek sağlık ve gerekse ekonomik açıdan getirebilecekleri olumsuzluklar gelişmiş ülkelerde gayet iyi bilinmektedir. Bunun için, başta AB olmak üzere, tüm gelişmiş ülkelerde tüketilecek tarım ürünleri çevre ve sağlık açısından sürekli denetlenmektedir. Bu denetimlerde sivil toplum örgütlerinin de payının ve baskısının olması konuyu daha da ciddi hale sokmuştur. Bunun için de, örneğin AB Ülkeleri Perakendecileri Tarım Ürünleri Çalışma Grubu, İyi Tarım Uygulamaları Protokolü (EUREPGAP)'nü 1 Ocak 2004'te yürürlüğe koymuşlardır. Bu protokol ile AB perakendecileri, raflarına koydukları ürünlerin müşterilerine zararlı olmayacağına dair garanti ve güvence vermektedirler. EUREPGAP Sertifikası, yabancı perakendecilerin üreticinin ürünü satın alması açısından bir garantidir (Delen ve ark 2005).

Türkiye'de tarım ilacı tüketimi ortalama 33.000 tondur. Bu miktarın % 47'sini insektisitler, %24'ünü herbisitler, % 16'sını fungusitler , % 13'ünü de diğer gruplar oluşturmaktadır. Bu pestisitlerin yıllık satış tutarı da yaklaşık 230-250 milyon dolardır. Türkiye'de 2008 yılı sonu itibariyle 4100 adet ruhsatlı bitki koruma ürünü bulunmaktadır. Ülkemizde ruhsatlı etkili madde sayısı ise 418 adettir. Ancak AB mevzuatı uyum çalışmaları kapsamında olumsuz özellikleri nedeniyle, 01.01.2009 tarihi itibariyle 75 adet, 31.08.2009 tarihi itibariyle de 49 adet pestisit imalatı ve ithalatı durdurulmuştur. Şu anda AB'de kullanımdan kaldırılan, ama Türkiye'de hala piyasada olan 101 etkili madde kalmıştır (Tiryaki ve ark 2010).

Ülkemizde 1979 yılından 2002 yılına kadar etki ettikleri canlı gruplarına göre pestisitlerin tüketimleri tablo 2.7.2.'de verilmektedir.

Tablo 2.7.2. Türkiye’de yıllara göre pestisit tüketimi (ton) (Delen ve ark. 2005, Durmuşoğlu ve ark. 2010)

Pestisit Grupları	1979	1987	1994	1996	2002	2006	2007
İnsektisitler	2.288	3.303	2.065	3.027	2.251	3.406	7.304
Akaristler	203	240	192	224	297	219	315
Yağlar	1.595	2.147	2.147	2.871	2.428	2.144	2.447
Fumigant ve Nemasitler	316	322	531	1.077	1.559	2.650	3.031
Rodentisit Mollusititler	5,6	2,1	2,5	3,3	1,8	6,7	11,0
Fungisitler	1.537	2.612	2.201	2.951	1.964	4.432	4.945
Herbisitler	2.452	3.495	3.903	3.644	3.697	5.400	4.638
TOPLAM	8.396	12.112	10.872	13.797	12.199	18.258	22.681

*Göztaşı ve toz kükürt dahil değildir.

Tablo 2.7.2.’de görüldüğü gibi, 1979’da 8.395.84 kg veya L olan tüketim, 2002’de 12.198.917 kg veya L’ye ulaşmıştır. 22 yıllık sürede, ekonomik duruma, hastalık ve zararlıların epidemiy yapmasına göre, tüketim bazı inişler ve çıkışlar göstermekle birlikte, tüketimde %45,29’luk bir artış olmuştur. Bu da, ortalama %2,05’lik yıllık artışı göstermektedir. Durum parasal olarak düşünöldüğünde tüketimde değer olarak insektisitlerin %31, herbisitlerin %26 ve fungisitlerin de %20’lik payı ortaya çıkmaktadır (Delen ve ark. 2005).

Türkiye’de pestisit (tarım ilacı) tüketimi 1980’lerden 2008’e kadar gerek aktif madde ve gerekse preparat olarak bazı istisnalar dışında her yıl az ya da çok artmıştır. Bu artışa karşın ölkemizde pestisit tüketimi gelişmiş ölkelere göre halen düşüktür. Fakat seracılığın yoğun olduğu Akdeniz ve Ege Bölgelerindeki pestisit tüketimi, ölkelerin toplamının üçte ikisine yakındır. Diğer yandan tüketilen pestisitlerin özelliklerine bakıldığında, büyük çoğunluğunun insan ve çevre sağlığı açısından önemli riskler taşıdığı dikkat çekmektedir (Durmuşoğlu ve ark. 2010).

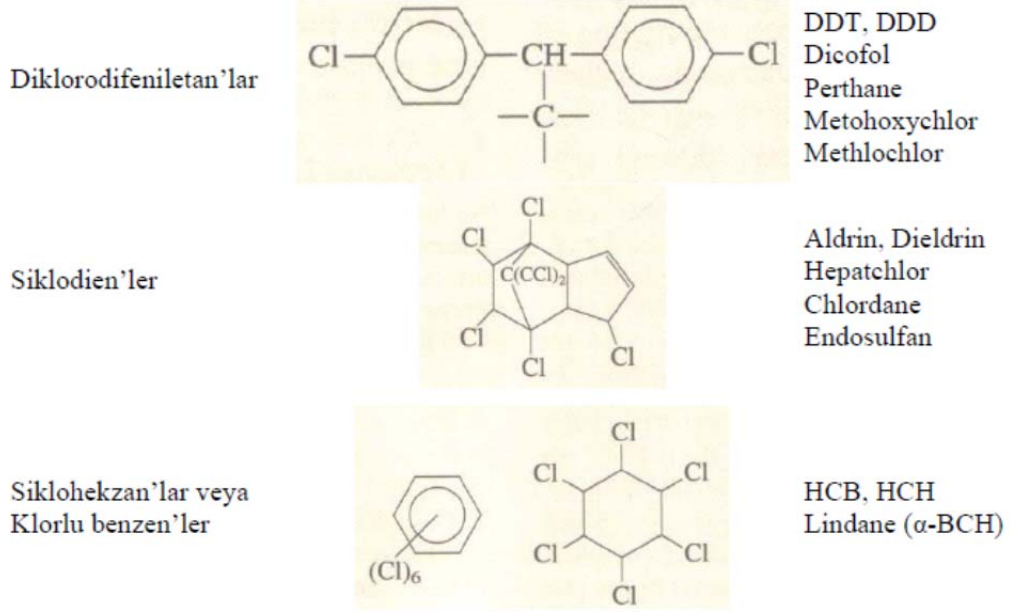
Dünya pestisit tüketimindeki artış her ne kadar son yıllarda bir duraklama trendine girdiyse de, 1983-1993 döneminde %3,4, 1993-1994'de ise %18,5'lik yıllık artış hızına ulaşmıştır. Bu değerlere göre, Türkiye'nin 22 yıldaki pestisit tüketimindeki ortalama yıllık artış, özellikle 1983-1995 yıllarındaki dünya pestisit tüketimindeki yıllık artışın altında kalmaktadır. Eğer ülkemizin 1983-1995 yılları pestisit tüketimi temel alınrsa, 1983 yılında 12.145.611 kg veya L pestisit tüketilmesine karşın, 1995 yılında tüketim 11.516.007 kg veya L'ye düşmüştür. Diğer bir deyişle 1983'e oranla 1995'de, yani 12 yıllık periyotta Türkiye'de pestisit tüketimi yaklaşık %5 kadar azalmıştır (Delen ve ark. 2005).

Bursa ili incelendiğinde en çok kullanılan pestisit türlerinin endosülfan ve metoksiklor olduğu bilinmektedir. Bursa'da yetiştirilen başlıca tarım ürünleri patates, domates, soğan, biber, enginar, çilek, şeftali, armut ve zeytindir. Söz konusu ürünlerin yetiştirilmesi esnasında böceklere ve yabancı bitkilere karşı başta endosülfan bileşikler olmak üzere birçok OCP türünün kullanıldığı bilinmektedir (Cindoruk 2011).

2.8. Organoklorlu Pestisitler (OCP)

Pestisitlerin önemli bir üyesi olan organoklorlu pestisitler canlılar için ciddi sağlık ve çevre sorunları oluşturan; zararlı, kanserojenik ve doğada çok uzun yıllar bozunmadan kalan organik kirleticilerdendir (Zhang ve ark 2007). Pestisitler genellikle doğrudan toprağa ya da ürünlerin üzerine serpilerek uygulanırlar. Uygulama sonrası uçucu özellikleri sebebiyle atmosfere yayılırlar. Havada bulunan pestisitler, rüzgarla taşınır ve rüzgarın etkisiyle farklı bölgelere kuru (gaz ve parçacık) veya yağ (sis, yağmur ve kar çökmesi) olarak çökelirler (Majewski ve ark. 2000, Köprü ve ark. 2012).

Organoklorlu Pestisitler yapılarında klor bulunan aromatik veya alifatik klorlu hidrokarbon bileşiklerdir. Kimyasal yapılarına göre üç gruba ayrılırlar. Bu bileşiklerin yapısal sınıflama ve genel formülleri şekil 2.8.1.'de verilmiştir.



Şekil 2.8.1. Organoklorlu pestisitlerin yapısal sınıflandırılması ve genel formülleri

Organoklorlu pestisitler, kimyasal olarak dayanıklı olmaları, yağda yüksek, suda düşük çözünürlüğe sahip olmaları, biyotransformasyonlarının, parçalanmalarının ve vücuttan atılımlarının yavaş olması nedeniyle çevrede ve canlılarda birikerek uzun süre etki göstermektedirler.

Organoklorlu pestisitler yapılarında klor bulunan aromatik veya alifatik bileşiklerdir. Kimyasal yapılarına göre 3 sınıfta toplanırlar;

- diklorodifeniletan yapısında olanlar (DDT, metoksiklor gibi),
- klorlu siklodien yapısında olanlar (aldrin, dieldrin gibi),
- klorlu benzen (BHC gibi) ve sikloheksan yapısında olanlar

Bazı Organoklorlu Pestisitlerin (OCP'lerin) fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 2.8.1.'de verilmektedir.

Tablo 2.8.1. OCP'lerin fiziksel ve kimyasal özellikleri (Öztaş 2008)

OCP Türü	Molekül Ağırlığı	Fiziksel Hali	Sudaki Çözünürlüğü (mg/L)	Buhar Basıncı (mPa)	Log Kow	Log Koc	Yarılma Ömrü
Aldrin	365	Katı	0,03	3,1	7,4	4,7	365
DDD	320	Katı	0,05	0,14	6,2	5,4	5694
DDE	318	Katı	0,14	0,86	6,9	5,9	5694
DDT	354	Katı	0,04	0,02	1,0	5,6	5694
Dieldrin	381	Katı	0,25	0,05	6,2	4,1	1000
Endosülfan Beta	407	Katı	0,32	0,83	3,1	4,1	43
End Sülfat	423	Katı	0,22	-	3,7	4,1	-
Endrin	381	Katı	0,23	0,02	5,3	4,0	4300
Beta HCH	291	Katı	7,3	5,61	3,8	3,1	423
Heptaklor	373	Katı	0,06	53,05	5,5	4,4	250
Metoksiklor	346	Katı	0,1	0,35	4,3	4,9	170

Organoklorlu insektisitler 1940-1960 yılları arasında tarımda ve ormancılıkta yaygın olarak kullanılmışlardır. Ancak çevrede uzun süre bozulmadan kalmaları, lipide çözünür olmaları, biyotransformasyonlarının ve biyolojik parçalanmalarının yavaş olması nedeni ile çeşitli çevre canlılarında biyomagnifikasyona uğrayarak olumsuz etki gösterirler. OCP'ler besin zinciri ile insana ulaşarak kendileri ve metabolitleri yağ dokusunda toplanırlar. Bu nedenle Organoklorlu pestisitler Kuzey Amerika ve Avrupa'da (Türkiye dahil) kullanımları yasaklanmış veya sınırlanmıştır.

En çok bilinen OCP türü DDT'dir. Lindane, aldrin ve heptachlor geçmişte en çok ve en yaygın kullanılmış OCP türleri oldukları bilinmektedir. Gelişmiş ülkelerde, söz konusu OCP türlerinin çoğunun kullanımı kalıcı olmaları, canlılara zarar vermeleri ve yağ dokularında kalıntı oluşturmaları nedeniyle sınırlandırılmış yada yasaklanmıştır (Öztaş 2008).

Amerika'da DDT kullanımı 1972'de yasaklanmıştır. Türkiye'de 1982'den sonra klorlu hidrokarbon pestisit etken maddelerinden sadece DDT, Hekzaklorosikloheksan (HCH), endosulfan, heptaklor ve toksafenin kısıtlı kullanımına izin verilmiştir. 1985

yılından sonra ise endosulfan ve toksafen hariç diğer organoklorlu pestisitlerin kullanımı yasaklanmıştır.

Getirilen kısıtlama ve yasaklamalarla toplam kullanım miktarlarında önemli düşüşler görülmesine rağmen biyokonsantrasyon faktörü nedeni ile organoklorlu pestisitler ülkemizde çevre kirliliği yönünden önemini korumaktadır. Bazı organoklorlu pestisitlerin tarımda kullanılmalarının yanısıra, endüstriyel kullanımlarına bağlı olarak da çevrede biyokonsantrasyon oldukları bilinmektedir. Bu konuda en belirgin olarak heksaklorobenzen (HCB) verilebilir. Ülkemizde HCB'nin fungusit olarak kullanımı 1959 yılından sonra yasaklanmıştır, ancak HCB'in önemli miktarlarda üretilen ve kullanılan diğer pestisit formülasyonları içerisinde ve diğer endüstriyel aktiviteler aracılığıyla çevreye geçtiği düşünülmektedir (Dağlıoğlu 2009).

OCP türlerine göre uygulama alanları irdelendiğinde dünya genelinde farklı OCP türleri için farklı uygulama alanlarının söz konusu olduğu görülmektedir.

Örneğin HCH bileşikleri daha çok tohumların ilaçlanması amacıyla tohumlama aşamasında kullanılmaktadır. Bu nedenle tohumlama faaliyetlerinin gerçekleştirildiği yaz aylarında HCH atmosferik konsantrasyon değerlerini dünya genelinde yapılan birçok araştırmada diğer örnekleme zamanlarına oranla yüksek tespit edilmiştir (Huang ve ark. 2010). Bunun yanında başka bir çalışmada belirtildiği üzere HCH bileşikleri tahıl ürünlerinde de yaygın olarak kullanılmıştır (Qiu ve ark. 2008).

Endosulfan bileşikleri ise bütün dünya genelinde tarım ürünlerinin üretiminde böceklere karşı koruma ve kontrol, bunun yanında tahta ve ahşap sektöründe ürünlerin korunması amacıyla en yaygın olarak kullanılmış pestisit türüdür (Shen ve ark. 2005). Özellikle pamuk üretiminde pamuk kurdu ve güveye karşı kullanımı söz konusudur (Zhang ve ark. 2007). Bursa'da da en yaygın olarak kullanılan pestisit türünün endosulfan bileşikleri olduğu bilinmektedir (Cindoruk 2011).

Dieldrin ve aldrin bileşiklerinin termitlere karşı olarak mısır, buğday ve yulaf gibi tahıl ürünlerinin yanı sıra turunçgillerin üretiminde de yoğun olarak kullanımı söz konusudur (Pozo ve ark. 2009).

DDT bileşikleri özellikle sıtma virüsünün kontrolü amacıyla taşıyıcı böceklere ve sivrisineklere karşı geçmişte kullanılmış bir OCP türüdür. Dünya genelinde yapılan araştırmalara göre söz konusu OCP türünün illegal olarak halen kullanıldığı tahmin edilmektedir (Pozo ve ark. 2009). Bir başka araştırmada ise DDT'lerin balıkçı tekneleri dış boyalarına %4'lük oranlarda katıldıkları belirtilmektedir. Söz konusu uygulamanın, teknelerin dış yüzeylerinin yosun ile kaplanmasını önlemesi nedeniyle tercih edildiği belirtilmektedir (Huang ve ark. 2010).

2.9.OCP'lerin Dünya Genelindeki Çökelme Seviyeleri

Kalıcı organik kirleticiler ile ilgili olarak dünya genelinde yapılan çalışmalar incelendiğinde özellikle ıslak çökelme ile alakalı olarak sınırlı sayıda çalışmanın mevcut olduğu görülmektedir. O nedenle kalıcı organik kirleticilerin ıslak kuru çökelmeleri, atmosferik konsantrasyonları, toprak, hava ve su arasındaki hareketlerini inceleyen benzer çalışmalar incelenerek aşağıda özetlenmiştir.

Söz konusu çalışmalardan ilki Horozgediği köyü, Aliğa/İzmir'de yapılmıştır. Çalışmada endüstriyel alanda OCP'lerin toprak ve hava arasındaki hareketleri incelenmiştir. Örnekleme bölgesi olarak belirlenen Horozgediği köyü, İzmir İli'nin 50 km kuzeyinde, Aliğa İlçesinin ise 5 km güneyinde yer almaktadır. Söz konusu bölgede birçok tarım ürünü yetiştirilmektedir. Örnekler gelişmiş yüksek hacim örnekleyicisi ile toplanmıştır. Örnekleme periyodu olarak ise Ağustos 2004 - Mart 2005 tarihleri belirlenmiştir. Çalışma neticesinde gaz ve partikül faz konsantrasyon değeri toplamlarının ortalamaları en yüksek olarak yaz ayları için 2152 ± 2974 pg/m³ ile endosulfan türünde, kış ayları için ise 121 ± 160 pg/m³ ile chlorpyrifos türünde tespit edilmiştir. Söz konusu durum ise belirtilen türlerin halen kullanılan pestisit türleri olması ile açıklanmıştır. Bunun yanında OCP ortalama toplam konsantrasyon değerlerinin yaz aylarında, kış aylarına oranla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun nedeni olarak ise tarım uygulamaları pestisitlerin sezonlara bağlı daha az veya daha fazla kullanılması, ayrıca yaz aylarında buharlaşmanın daha fazla olması ile açıklanmıştır. Aynı çalışmada tespit edilen bir diğer husus ise OCP'lerin kuru çökelme akıdır. Atmosferik konsantrasyon değerlerinde olduğu gibi en yüksek akı değeri yaz

ayları için 503 ± 455 pg/m³gün ile endosülfan türünde, kış ayları için ise 110 ± 157 pg/m³gün ile chlorpyrifos türünde tespit edilmiştir (Bozlaker ve ark. 2005).

OCP'lerin atmosferik konsantrasyonları ve çökelmeleri ile alakalı bir diğer çalışma ise Amerika, Orta Atlantik Bölgesinde yapılmıştır. Örnekler Şubat 2000 - Mayıs 2001 tarihleri arasında 12 günü aşan örnekleme sürelerince New Jersey'in altı farklı bölgesinden toplanmıştır. Örnekleme için geliştirilmiş yüksek hacim örnekleme cihazı kullanılmıştır. Örnekleme için seçilen altı farklı bölge farklı yapıda olup söz konusu örnekleme noktaları banliyö alanı, sahil kesimi, kentsel, endüstriyel, kırsal ve ormanlık alanları temsil etmektedir. Çalışma neticesinde bütün mevsimler genelinde gaz faz konsantrasyonlarının partikül faza göre daha baskın olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanında en yüksek konsantrasyon değerleri kırsal alanı temsil eden Camden ve New Brunswick bölgesinde tespit edilmiştir. Bu durum kırsal alanı temsil eden bölgede geçmişte kullanılmış ve halen kullanılmaya devam eden pestisit kullanımı ile açıklanmıştır (Gioia ve ark. 2005).

OCP'ler konusunda başka bir çalışma ise OCP'lerin atmosferik dağılımları ve uzun mesafelere taşınmaları hususunda Kuzey Amerika'da yapılmıştır. Çalışma 2000-2001 yılları arasında Kuzey Amerika'da bulunan kırk istasyondan toplanan örnekler ile gerçekleştirilmiş olup, örnekleme için XAD-reçineli pasif örnekleme cihazı kullanılmıştır. Çalışma neticesinde en yüksek konsantrasyon değerlerine tarım alanları yakın çevresinde bulunan istasyonlarda tespit edilirken, en düşük konsantrasyon değerleri dağlık ve kutup bölgesine yakın alanlarda tespit edilmiştir. Dağlık alanlarda az olması durumu organik bileşiklerin yükseklere ulaşamaması ile açıklanırken, kutup bölgeleri yakın alanlarda az tespit edilmesi ise bu alanların tarım faaliyetlerine çok uzak mesafelerde bulunması ile açıklanmıştır. Bunun yanında araştırma neticesinde tespit edilen bir diğer hususta endosülfan türünün bütün istasyonlarda en yüksek oranlarda tespit edildiğidir. Bu durum ise söz konusu OCP türünün Kuzey Amerika'da halen kullanılmasına devam edilmesiyle açıklanmıştır (Shen ve ark. 2005).

Güney Çin Denizinin kuzey bölgelerinde yapılan bir diğer çalışmada ise OCP'lerin hava deniz arasındaki hareketleri incelenmiştir. Güney Çin Denizi, Asya'nın

güneydoğusunda yer alan gelişmekte olan ülkeler ile çevrenmiştir. Söz konusu ülkelerde kalıcı organik kirleticilerin, özellikler OCP'lerin kullanımları legal ve illegal olarak halen devam etmektedir. Bu çalışma için örnekleme 6 – 22 Eylül tarihlerinde 2005 yılında gerçekleştirilmiştir. Çalışma neticesinde OCP konsantrasyonlarının oldukça yüksek seviyelerde olduğu tespit edilmiş ve bu durum örnekleme bölgesini çevreleyen gelişme olan Vientam, Tayland, Endonezya, Filipinler ve Malezya gibi gelişmekte olan ülkelerde OCP'lerin zirai uygulamalarda yoğun olarak kullanılmasıyla açıklanmıştır (Zhang ve ark. 2007).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

OCP'lerin ıslak kuru çökelme akıplarının belirlenmesi amacıyla yapılmış olan bu çalışmada, 1 yıllık periyotta Bursa ili, Mudanya İlçesinden örnekler toplanmıştır. Örnekler 2008 yılı Haziran ayı ile 2009 yılı Haziran ayları arası geçen 1 yıllık sürede toplanmıştır. Mudanya İlçesi Bursa ili sahil kesiminde yer almaktadır. Örnekleme noktası kıyıya 700 m mesafede bulunmaktadır. Örnekleme noktası için meteorolojik koşullar sürekli olarak ölçülmüştür.

3.1.Örnekleme Bölgesi ve Meteorolojik Veriler

Bu çalışmada örnek bölgesi olarak Bursa İli, Mudanya İlçesi seçilmiştir. Örnekler 2008 yılı Haziran ayı ile 2009 yılı Haziran ayları arası geçen 1 yıllık sürede toplanmıştır. Mudanya İlçesi Bursa ili sahil kesiminde yer almaktadır. Örnekleme noktası kıyıya 700 m mesafede bulunmaktadır. Örnekleme noktası için meteorolojik koşullar sürekli olarak ölçülmüştür.

Mudanya İlçesi kuzeyinde Marmara Denizi ve deniz aşırı olmak üzere İstanbul İli, kuzey batısında geniş sanayiye sahip Tekirdağ İli, batısında bor, asit, gübre ve gıda fabrikalarına sahip sanayi kenti Bandırma, güney ve güney doğusunda sanayi bakımından oldukça gelişmiş olan Bursa İli şehir merkezi ve doğusunda Zeytinyağı, sabun ve ağır sanayi fabrikalarına sahip Gemlik İlçesi bulunmaktadır. Mudanya İlçesi 28-29 derece doğu boylamları ile 40-41 derece kuzey enlemleri arasında bulunmaktadır. Mudanya İlçesinin harita ki yeri aşağıda verilmektedir.



Şekil 3.1.1. Mudanya İlçesinin haritadaki yeri



Şekil 3.1.2. Mudanya İlçesi

Mudanya İlçesinin nüfusu yaklaşık olarak 85.000'dir. Mudanya'ya bağlı 1 Belde ve 36 köy bulunmaktadır. İlçe merkezinde 8 mahalle bulunmaktadır.

Zeytincilik, ilçe halkının birinci derecede gelir kaynağıdır. Bağcılık, sebze ve meyvecilik, ayçiçeği, soğan ve tahıl gibi diğer tarımsal faaliyetler, az miktarda da olsa yapılmaktadır.

İlçede iş hacminin bir çoğunu ithalat-ihracat işlemleri oluşturmaktadır. İthalat, hem deniz ve hem de karayoluyla gelen sanayi mamulleri ve yarı mamullerinden; ihracat ise Bursa Organize Sanayi bölgesinde faaliyet gösteren sanayi kuruluşlarının ürettikleri mamullerden ve gemilerle yapılan maden cevheri ihracatından meydana gelmektedir.

Mudanya'da ılıman Marmara iklimi görülür. Yazlar çok sıcak değil ama kurak geçer. Kışlar ılık ve yağışlıdır. En soğuk ay Şubat, en sıcak ay Ağustos'tur. Yıllık yağış miktarı 614 mm'dir. En çok poyraz ve yıldız yönünden esen rüzgârları alır.

Örnekleme periyotlarınca kaydedilen meteorolojik verilere Tablo 3.1.1.'de verilmektedir.

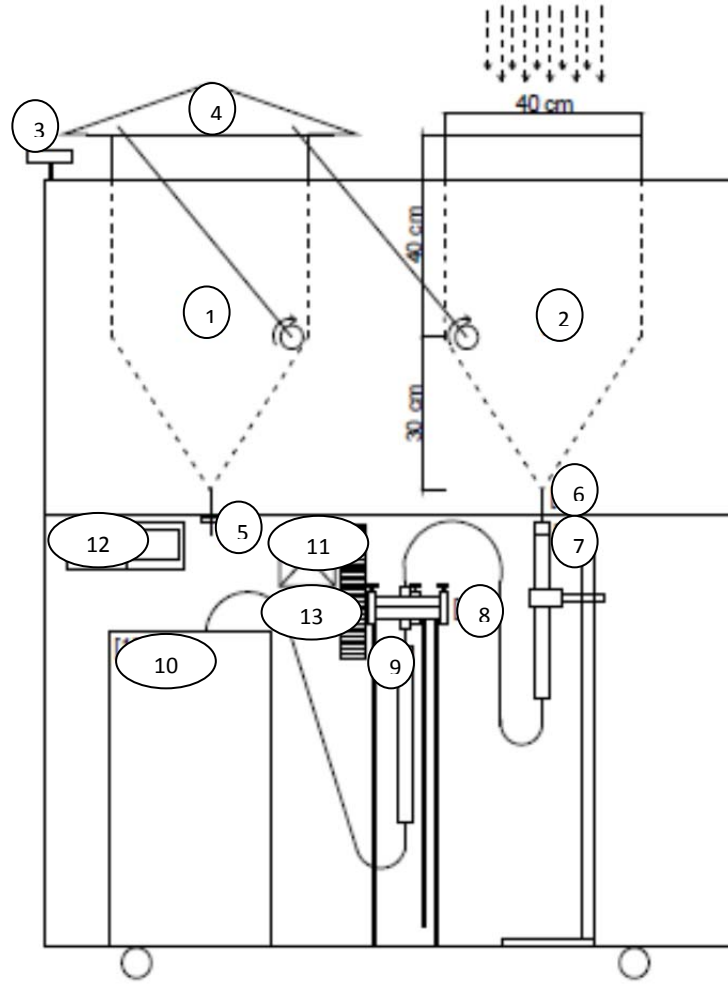
Tablo 3.1.1. Örnekleme periyodu meteorolojik verileri

Örnekleme Dönemi	Sıcaklık (°C)	Rüzgar Hızı (m/s)	Nem (%)	Yağmur Hacmi (L)	Yağış Süresi (dak)	Yağmur Şiddeti (mm/sa)
28.08.2008 – 24.09.2008	23,71	2,05	58,32	11,2	1311	3,20
24.09.2008 – 16.10.2008	16,73	2,05	54,45	9,1	1915,8	1,78
16.10.2008 – 03.11.2008	20,46	1,07	62,73	2,75	186	5,54
03.11.2008 – 17.11.2008	14,53	1,51	61,92	11,84	291,6	15,22
17.11.2008 – 01.12.2008	12,56	2,04	54,02	11,84	291,6	15,22
01.12.2008 – 16.12.2008	12,7	2,1	47,44	9,3	373,8	9,33
16.12.2008 – 02.01.2009	6,54	2,79	44,79	9,3	373,8	9,33
02.01.2009 – 17.01.2009	6,37	2,56	46,13	13,77	18723	23,22
17.01.2009 – 02.02.2009	11,48	1,66	50,4	3	14575,8	3,09
02.02.2009 – 17.02.2009	10,32	1,58	50,54	29	20974,2	5,88
17.02.2009 – 02.03.2009	5,98	2,75	45,32	2,5	1380	0,64
02.03.2009 – 16.03.2009	7,83	0,76	42,91	10,6	2014,2	1,97
16.03.2009 – 01.04.2009	9,62	1,41	46,82	17	1215	5,24
01.04.2009 – 17.04.2009	11,97	1,15	54,53	1	1365,6	0,27
17.04.2009 – 01.05.2009	12,81	1,35	52,97	0,55	869,4	0,23
01.05.2009 – 16.05.2009	17,37	1,29	56,69	1,25	211,8	2,21
16.05.2009 – 01.06.2009	20,31	1,2	62,08	0,25	595,8	0,62
01.06.2009 – 16.06.2009	23,02	1,58	59,68	2,6	941,4	1,03
16.06.2009 – 01.07.2009	24,27	1,67	54,33	0,3	407,4	0,27

3.2.Örnekleyici

Örneklerin toplanmasında Islak Kuru Çökeltme Örnekleyicisi (İKÇÖ) kullanılmıştır.

Islak Kuru Çökeltme Örnekleyicisi üzerine yerleştirilmiş yağış sensörü sayesinde yağışlarda ıslak çökeltme haznesinin, kuru hava şartlarında ise kuru çökeltme haznesinin açık tutularak, kuru ve ıslak çökeltme örneklerini ayrı ayrı toplayan bir örnekleyicidir. Islak Kuru Çökeltme Örnekleyicinin şematik gösterimi aşağıda verilmektedir.



- | | | |
|---------------------------|----------------------------|---------------------|
| [1] Kuru Çökeltme Haznesi | [2] Islak Çökeltme Haznesi | [3] Yağmur Sensörü |
| [4] Hareketli Kapak | [5] Tahliye Vanası | [6] Bağlantı Kanalı |
| [7] Su Haznesi | [8] Filtre Tutucu | [9] Reçine Kolonu |
| [10] Bidon | [11] Motor | [12] Saat |
| [13] Isıtıcı | | |

Şekil 3.2.1. Islak kuru çökeltme örnekleyicisi şematik gösterimi

Örnekleme dönemlerinde yağış olmaması halinde ıslak çökeltme örnekleri alınmamıştır. Islak Kuru Çökeltme Örnekleyicisi simetrik iki bölüm olan kuru ve ıslak çökeltme haznelerinden oluşmaktadır. Örnekleyici tamamen paslanmaz çelik ve teflondan imal edilmiştir.

Örnekleyci üzerine yerleştirilmiş yağış sensörü sayesinde yağış başladığında kapak kuru çökeltme haznesinin üstünü kapatarak, ıslak çökeltme haznesinin açılmasını ve yağmur sularının bu haznede toplanmasını sağlamaktadır. Yağış durduğunda ise

kapak yer değiştirerek tekrar ıslak ökelleme haznesinin üstünü kapatmakta, kuru ökelleme haznesinin ise üstü açılmaktadır. Bu sayede kuru ve ıslak örneklerin ayrı ayrı toplanması sağlanmaktadır.

Örnekleme süreleri içinse cihaz içerisinde yerleştirilmiş bir saat bulunmaktadır. Saat üzerinde açık hazneyi ve kapalı hazneyi gösteren iki farklı gösterge bulunmaktadır. Örnekleme süresince hangi haznenin kapağı açıksa, o haznenin göstergesi ilerlemekte, diğerini göstergesi ise durmaktadır. Bu sayede ıslak ve kuru ökelmelerin örnekleme süreleri ayrı ayrı kaydedilebilmektedir.

Bunun yanında örnekleme süresi yıllık olarak planlandığı için örnekleyci içerisine fanlı ısıtıcı yerleştirilmiştir. Isıtıcı sayesinde soğuk hava şartlarında suyun filtre ve reçine içerisinde donarak sistemi durdurmasının, reçine kolonunun genleşerek patlamasının önüne geçilmiştir. Fazla ısınma durumlarında muhtemel buharlaşmayı önleyebilmek adına ısıtıcının fanlı olması tercih edilmiştir.

Kuru ökelleme haznesinde, yağışsız zamanlarda haznenin üstü açık olduğundan kuru ökelleme örnekleri toplanmıştır. Haznenin yüzeyinde su gibi gaz fazdaki kirlilikleri absorblayabilecek bir tutucu bulunmamaktadır. Bu haznedeki toplanan örnekler partikül fazı temsil etmektedir. Örnekleme periyodu sonunda hazne yüzeyi ACE/HEX karışımında oluşan özelti ile silinerek yüzeyde toplanan kirlilikler ve haznede birikmiş yaprak, toprak, vb. partikül formdaki kirlilikler haznenin alt tarafında bulunan tahliye vanası açılarak örnek şişesine aktarılmaktadır.

Islak ökelleme haznesinde ise yağış sensörü sayesinde yağışlı zamanlarda haznenin üstü açılarak ıslak ökelleme örnekleri toplanmaktadır. Sensör sayesinde yer değiştirerek haznelerin üstüne kapatan kapak bir motor yardımıyla alışmakta, hazne kapağının yer değiştirmesi 2 sn gibi kısa bir sürede gerekleşmektedir. Islak ökelleme haznesine gelen yağmur suları, burada hi beklemeden haznenin daralan şekli dolayısıyla hazne göbeğinde toplanmakta, ardından teflon kanal yardımıyla filtrenin bulunduğu filtre tutucu bölüme iletilmektedir. Filtre tutucu bölümde hava sıkışmasını, yağmur sularının sorunsuzca filtreden geişine sağlamak amacıyla ıslak ökelleme

haznesi altında su haznesi bulunmaktadır. Filtre tutucunun sürekli ıslak kalması için her örnekleme başlangıcında 1 L kadar saf su ıslak çökeltme eklenerek su haznesinde depolanmaktadır. Filtre tutucu ile su haznesi arasındaki kot farkı ayarlanarak eklenen suyun yavaş bir şekilde filtre tutucuya geçmesi ve örnekleme süresi boyunca filtre tutucunun ıslak kalması sağlanmıştır.

Yağışlı zamanlarda sırasıyla yağmur suları sensör sayesinde üstü açılan ıslak çökeltme haznesinde toplanmakta, oradan yüksek uçucu organik bileşikleri tutmaya yarayan filtre tutucuya iletilmekte, filtre tutucunun ardından reçine kolonuna iletilmekte, reçineden geçmesinin ardından da hazne altına yerleştirilmiş bidonda toplanmaktadır. Sırasıyla gerçekleşen bu aşamalarda suyun hareketi yer çekimi etkisiyle sağlanmaktadır. Filtre tutucu 14,2 cm çaplı cam elyaf filtre (sartorius) 'den oluşmaktadır. Reçine kolonunda ise reçine malzemesi olarak 80 g. XAD-2 reçine (Amberlite Supelco) kullanılmıştır. Filtre ve reçineden geçirilerek içerdiği yüksek uçucu organik bileşiklerden arındırılan suyun bidonda toplanmasının amacı örnekleme periyodunda ki yağmur hacminin belirlenmesidir.

Örnekleme süresi sonunda filtre ve reçine örnekleri (ACE/HEX) karışımı yardımıyla ayrı şişelere aktarılmıştır. Bunun yanında ıslak çökeltme haznesi temizlenirken, (ACE/HEX) ile ıslatılarak peçete yardımıyla silinmiştir. Söz konusu temizleme işleminde kullanılan peçetelerde filtre örneklerine dahil edilmiştir.

Islak Kuru Çökelme Örnekleycisine ait görüntüler aşağıda verilmektedir.



(Islak Çökelme Haznesi Açık)



(Kuru Çökelme Haznesi Açık)

Şekil 3.2.2. Islak kuru çökelme örnekleycisi önden görünüşü



Şekil 3.2.3. Islak kuru çökelme örnekleycisi üstten görünüşü



Şekil 3.2.4. Islak kuru çökeltme örnekleyicisi, absorblama sistemleri görünüşü

3.3. Analiz

Örneklerin analizi aşamasında sırasıyla sırasıyla; ekstraksiyon, su alma ve süzme, döner buharlaştırıcıda hacim azaltma, fraksiyonlarına ayırma, azot gazı ile hacim azaltma ve gaz kromatograf (GC-ECD) analizi işlemleri gerçekleştirilmiştir. Belirtilen işlemler aşağıda anlatılmaktadır.

3.3.1. Örnek Ekstraksiyonu

Ekstraksiyon işlemi için örneklerin bulunduğu şişeler ekstraksiyon cihazına dikkatlice yerleştirilir. Ardından 30 dk boyunca cihaz çalıştırılarak ultrasonik banyoda ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilir. Ardından örnekler yeni şişelere süzülerek reçine örneklerine 150 ml ACE/HEX, filtre ve kuru çökeltme örneklerine 50 ml ACE/HEX ilave edilir. Belirtilen işlem üç sefer tekrarlanır. Ardından örnekler muhtemel faz ayrımını önleyebilmek için derin donduruculara yerleştirilerek, sonra ki analiz aşamaları yapılmak üzere burada bekletilir.

Ekstraksiyon cihazı genel görünümü aşağı verilmektedir.



Şekil 3.3.1.1 Ekstraksiyon cihazı genel görünümü

3.3.2. Örnek Süzme

Bu aşamada amaç, örneklerin süzme kolonundan geçirilerek, içerisinde bulunan kirliliklerin kolonda tutulmasıdır. Kolonda kirliliklerin tutulması amacıyla üzerine bir miktar sodyum sülfat ilave edilmiş cam yünü kullanılmıştır. Süzme işleminin ardından örnek şişesinde kalması muhtemel kirlilikleri tam anlamıyla kolonda tutabilmek amacıyla, örnek şişesine ACE/HEX karışımı eklenerek, şişe çalkalanır ve tekrar süzme işlemi yapılır.

3.3.3. Döner Buharlaştırıcı İle Hacim Azaltma

Bu aşamada amaç örneklerin buharlaştırılarak konsantre hale getirilmesidir. Bu amaçla örnekler döner buharlaştırıcı balon joesine aktarılır. Ardından cihaz çalıştırılarak ısınmada etkisiyle çözeltinin yavaş yavaş ve dönerek buharlaşması sağlanır. Bu şekilde hacmin 5 ml'ye kadar düşürülmesi sağlanır. Ardından örnek şişesinin içerisinde kalan muhtemel kirlilikleri giderebilmek için şişeye 15 ml hekzan eklenerek, şişe çalkalanır ve içindeki örnekte döner buharlaştırıcı balon joesine aktarılarak buharlaştırma işlemi tekrarlanır. Yeniden 5 ml'ye indirilen örnek, 40 ml'lik örnek şişesine alınır. Balon josenin temizlenmesi boş jojeye 15 ml hekzan ilave edilir. Çalkalandıktan sonra buda örneğin bulunduğu 40 ml'lik şişeye alınır. Yapılan işlem sonucunda 20 ml'ye indirilen örnek, yavaş bir azot gazı akımı etkisi ile 2 ml'ye kadar azaltılır.

Döner buharlaştırıcı cihazının genel görünümü aşağı verilmektedir.

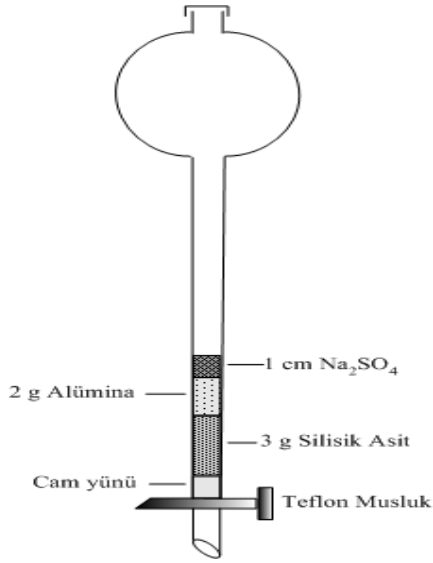


Şekil 3.3.3.1 Döner buharlaştırıcı cihazı genel görünümü

3.3.4. Fraksiyonlarına Ayırma

Fraksiyonlarına ayırma işlemi örneklerin alümina-silisik asit kolonundan geçirilmesi ile sağlanmıştır. Kolona koyulmadan önce silisik asitin neminin alınması gerekmektedir. Bu amaçla silisik asit kullanılmadan önce boş temiz bir behere konularak, üzeri alüminyum folya ile sarılmış ve 100 °C'de birkaç saat fırında bekletilmiştir. Fırından çıkartıldıktan sonra da desikatöre yerleştirilip oda sıcaklığı getirilmiştir. Ardından üç gram silisik asite 100 µL saf su (silisik asit-%3 su) eklenerek deaktivite için hızla çalkalanmıştır. Deaktivite edilmiş silisik asit 1 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir. Bu şekilde hazırlanan silisik asitin hazırlanmasının akabinde 12 saat içerisinde kullanılması gerekmektedir. Bu hususta çok dikkatli davranılmıştır. Alümina ise 450 °C'de birkaç saat fırında tutulmuştur. Ardından oda sıcaklığına getirilmiştir. Alümina için ise 2 gr alüminaya 120 µL saf su (alümina-%6 su) eklenerek deaktive edilmesi sağlanmıştır.

Temizleme kolonu ise önce 20 mL diklorometan (DCM) ardından 20 mL petrol eter (PE) ile yıkanarak kirliliklere karşı temizlenmiştir. Ardından 2 ml hekzanın içinde bulunan örnek kolona boşaltılır. Önce PCB fraksiyonu 25 ml PE ile toplanır ve ardından 20 ml DCM ile OCP-PAH türlerini içeren fraksiyon alınır.



Şekil 3.3.4.1 Temizleme kolunu şematik çizimi

Ardından kolondan süzülen yaklaşık 20 ml olan OCP fraksiyonu üçüncü analiz aşamasında olduğu gibi tekrardan önce döner buharlaştırıcı ile 5 mL'ye ardından da saf azot gazı ile 1 ml'ye indirilmiştir. Fraksiyonlara ayırma işlemi bu şekilde gerçekleştirilmiş olur ve GC analizine hazır hale gelir.

3.3.5. Kalite Kontrol-Kalite Güvenilirlik

Gaz kromatograf analizleri HP 7890A GC- μ ECD (Mikro-Electron Capture Detector) (Agilent, ABD) ile gerçekleştirilmiştir. OCP miktarlarının belirlenmesinde kullanılan sıcaklık programı: fırın sıcaklık programı 70 °C (2 dak), 25 °C/dak ile 150 °C'ye, 3 °C/dak ile 200 °C'ye, 8 °C/dak ile 280 °C'ye çıkış ve 8 dak 280 °C'de bekletme, 10 °C/dak ile 300 °C'ye çıkış ve 2 dak bekletme. Inlet sıcaklığı 250 °C'de dedektör sıcaklığı ise 320 °C'de tutulmuştur. Taşıyıcı gaz olarak helyum, make-up gazı olarak azot kullanmıştır. Helyum 1,9 ml/dak ayrımsız(splitless), (1 dak sonra ayırım vanası açılır) 25 mL/dak tasfiye debisi olacak şekilde ayarlanmıştır. Capillary column olarak HP5-MS, 30mx0,32mmx0,25 μ m (Agilent 19091J-413) kullanmıştır.

1 ml hacimli teflon kapaklı şişelerde, derin dondurucularda muhafaza edilen örnekler, sırasıyla yukarıda belirtilen şartlar sağlanmış Gaz Kromatograf-Elektron

Yakalama Detektörü (GC-ECD) cihazına yerleştirilmiş ve cihaz ekranından analiz sonuçları gözlemlenerek kayıt altına alınmıştır.

Ekstraksiyon, fraksiyon ve analiz metodlarının verimliliklerini belirlemek amacıyla harici düzeltme faktörleri kullanılmıştır. Partikül faz OCP örneklemeleri için dış düzeltme faktörlerinin verimlilikleri alpha-HCH için $74,4 \pm \%10$, beta-HCH için $76,3 \pm \%9,1$, gamma-HCH için $72,8 \pm \%8,8$, delta-HCH için $84,6 \pm \%7,6$, Heptachlor epoxide için $73,8 \pm \%3,6$, Endrin için $72,7 \pm \%8,9$, Endosulfan beta için $102,9 \pm \%12,1$, Endrin aldehyde için $101,2 \pm \%13,3$, p,p'-DDT için $55,8 \pm \%6,3$ ve Methoxychlor için ise $69,9 \pm \%7,3$ 'dür. Gaz faz OCP örneklemeleri için değerler ise sırasıyla $83,0 \pm \%15,5$, $81,1 \pm \%19,7$, $93,2 \pm \%25,6$, $116,9 \pm \%5,8$, $110,3 \pm \%16$, $83,3 \pm \%14,5$, $111,1 \pm \%19,9$, $68,8 \pm \%2,3$ ve $94,2 \pm \%2,8$ 'dir. Söz konusu düzeltme faktörlerinin genellikle yüksek olması nedeniyle raporlanan veriler düzeltilememiştir.

Gaz faz örneklemelerinin toplanması amacıyla kartuşların baş kısmına iki adet PUF (poliüretan köpük) yerleştirilmiştir. İkinci PUF daha çok birinci PUF'tan geçmeyi başarabilen OCP miktarının, tutulabilen OCP miktarına göre oranının $\%17$ 'nin altında olduğunu kanıtlayabilmek amacıyla yerleştirilmiştir. Aynı zamanda bu durum çalışmada kullanılan PUF'ların güvenli bir sorpsiyon kapasitesine sahip olduğunun da göstergesidir.

Bulma sınır değerleri her bir OCP türü belirlenmiştir. Söz konusu değerler $0,04$ pg (Heptachlor epoxide)'dan $0,15$ pg(Methoxychlor)'a kadar değişmektedir. Her OCP türü için bulma sınırları (LOD) boşlukların ortalamasına esas üç standart sapma mesafede belirlenmiştir. LOD değerlerinden küçük olarak bulunan değerler hesaplamalara dahil edilmemiştir. LOD değerleri partikül faz örneklemeleri için $0,71$ ng (alpha-HCH)'dan $2,13$ ng(gamma-HCH)'a, gaz faz örneklemeleri içinse $1,19$ ng(Endrin)'dan $1,87$ ng(gamma-HCH)'a kadar çeşitlilik göstermektedir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Örneklerin toplanmasında üzerine yerleştirilmiş yağış sensörü sayesinde yağışlarda ıslak çökeltme haznesinin, kuru hava şartlarında ise kuru çökeltme haznesinin açık tutularak, kuru ve ıslak çökeltme örneklerini ayrı ayrı toplayan Islak – Kuru Çökeltme Örnekleycisi (İKÇÖ) adı verilen bir örnekleyci kullanılmıştır.

Örneklerin analizleri neticesinde 10 farklı OCP bileşiği hedef seçilmiştir. Bunlar; alfa-HCH, beta-HCH, gamma-HCH, delta-HCH, Heptaklor epoksite, Endrin, Endosulfan beta, Endrin aldehit, pp'-DDT, ve Metoksiklor bileşikleridir.

Haziran 2008 – Haziran 2009 tarihleri arasında, bir yıl boyunca gerçekleştirilen örnekleme periyodu neticesinde ıslak çökeltme örneklerinde partikül fazda toplam 202,5 µg/yıl kirletici, gaz faz da ise 204,2 µg/yıl kirletici toplanırken, kuru çökeltme örneklerinde 38,5 µg/yıl kirletici toplanmıştır.

4.1. Atmosferik Konsantrasyonlar

Örnekleme periyodu boyunca söz konusu örnekleme bölgesinde gerçekleştirilen bir diğer çalışmada hem partikül faz hemde gaz faz için atmosferik konsantrasyon değerleri belirlenmiştir. Bu çalışma kapsamında örnekleyci olarak partikül faz ve gaz faz örneklerini ayrı ayrı toplayabilen Yüksek Hacim Hava Örnekleycisinden yararlanılarak 30 adet örnek toplanmıştır. Islak çökeltme ve kuru çökeltme bölümlerinde söz konusu çalışmada tespit edilen değerlerden yararlanılmıştır (Cindoruk 2010).

Örnekleme süresince hem örnekleme periyoduna, hem de OCP türüne göre atmosferik konsantrasyon değerleri tespit edilmiştir. Çalışma neticesinde tespit edilen atmosferik konsantrasyon değerlerinin OCP türlerine göre ortalama değerleri, hem partikül faz örnekleri hemde gaz faz örnekleri için Tablo 4.1.1'de listelenmektedir.

Örnekleme bölgesinden Haziran 2008 – Haziran 2009 tarihleri arasında alınan örnekler için partikül+gaz faz ortalama toplam atmosferik konsantrasyon değeri $550,9 \pm 277,6$ pg/m³ olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4.1.1. OCP türlerine göre atmosferik konsantrasyon değerleri (Cindoruk 2010)

OCP Türleri	Partikül Faz (pg/m³)	Gaz Faz (pg/m³)
Alpha-HCH	0,86 ± 1,45	52,03 ± 45,19
Beta-HCH	38,37 ± 36,71	626,38 ± 660,21
Gamma-HCH (lindane)	7,02 ± 8,59	38,08 ± 27,95
Delta-HCH	4,47 ± 4,14	7,59 ± 5,65
Hepta Endo Epox İso A	5,69 ± 9,64	7,41 ± 14,26
Endrin	6,79 ± 6,22	61,68 ± 134,99
Endosülfan Beta	91,42 ± 84,06	46,67 ± 72,16
Endrin Aldehyde	22,19 ± 24,13	5,52 ± 6,09
p-p' DDT	15,44 ± 14,58	10,21 ± 6,55
Methoxychlor	65,87 ± 67,48	121,26 ± 267,80
Toplam	227,76 ± 234,75	861,88 ± 917,92

Partikül faz için maksimum atmosferik konsantrasyon değeri 91,42 ± 84,06 pg/m³ ile Metoksiklor türünde, minimum atmosferik konsantrasyon değeri ise 0,86 ± 1,45 pg/m³ ile Alpha-HCH türünde tespit edilmiştir. Gaz faz için ise maksimum atmosferik konsantrasyon değeri 626,38 ± 660,21 pg/m³ ile Beta HCH türünde, minimum atmosferik konsantrasyon değeri ise 5,52 ± 6,09 pg/m³ ile Endrin Aldehyde türünde tespit edilmiştir.

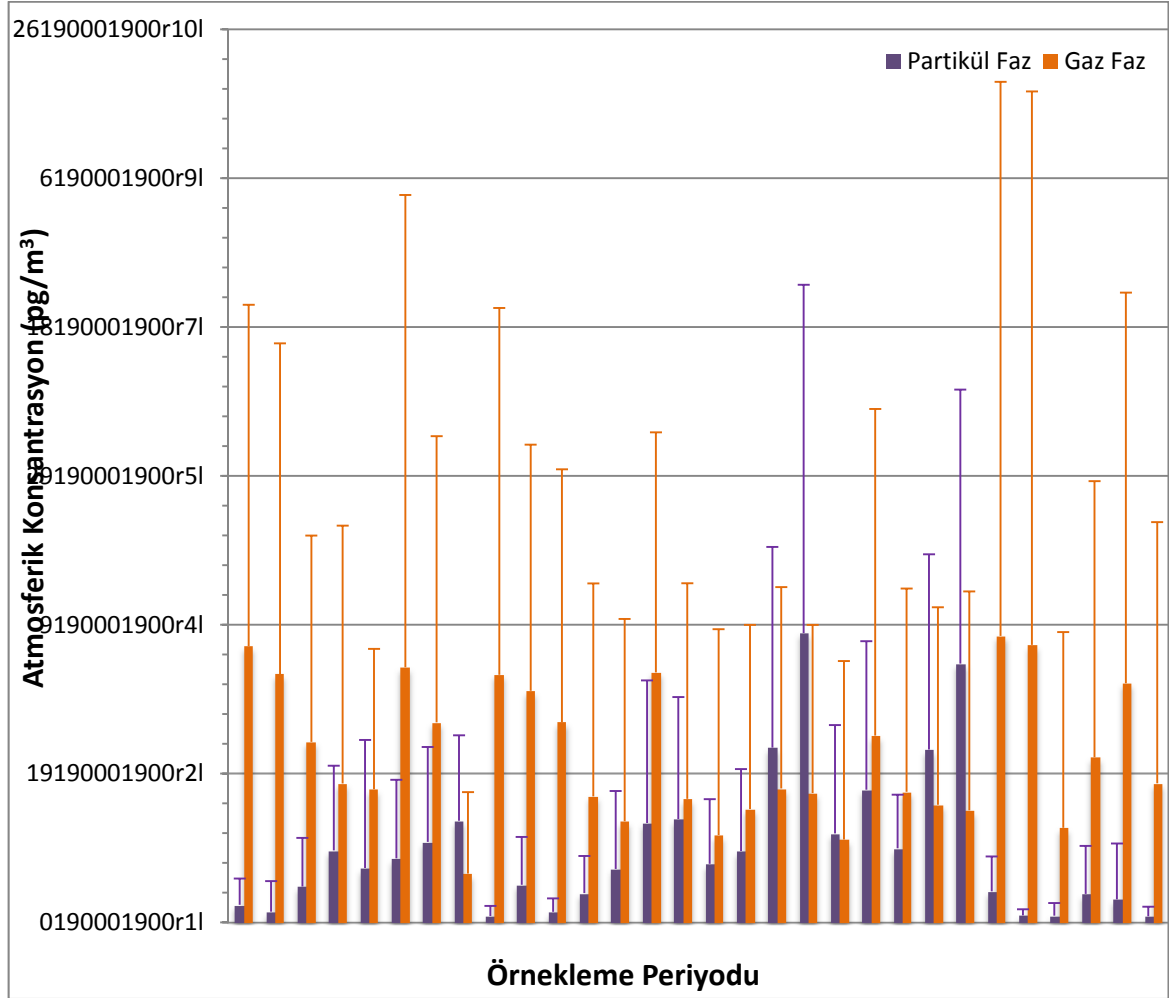
Örnekleme gerçekteştirildiği dönemde endosülfan, alpha, beta, sulfat ve metoksiklor bileşiklerinin halen Bursa İli genelinde kullanılmakta olduğu bilinmektedir. Bu türlerin dışındaki diğer türler ise 1971 – 2010 yılları arasında yasaklanmıştır. Ancak yasaklanmaların kullanımdan ziyade belirtilen türlerin üretimlerine ilişkin olması nedeniyle stoklarda bulunan pestisitlerin halen illegal olarak kullanıldığı düşünülmektedir. Gelecek yıllar için de bütün yasaklanmalara karşın, yasaklı OCP türlerinin atmosferde tespit edileceği tahmin edilmektedir. Çalışma sonuçlarından da anlaşıldığı üzere endosülfan beta ve metoksiklor türleri diğer türlere nazaran daha yüksek atmosferik konsantrasyon seviyelerinde tespit edilmiştir. Bu durum söz konusu türlerin örnekleme gerçekteştirildiği dönemde halen kullanılmakta olmalarıyla açıklanmaktadır (Cindoruk 2010).

Tablo 4.1.2. Çeşitli çalışmalarda atmosferik konsantrasyon değerleri (pg/m³) (Cindoruk 2010, Yenisoy Karakaş ve ark. 2012)

Örnekleme Yeri ve Periyodu	Alpha-HCH	Beta-HCH	Gamma-HCH (lindane)	Delta-HCH	Hepta Endo Epox Iso A	Endrin	Endosülfan Beta	Endrin Aldehyde	p-p' DDT	Methoxychlor	Referans
İzmir, Türkiye (P + G) (2003)	4-462	63-631	1-666	24-53	8-110	5-25	3-30	19-149	5-75	43-990	Sofuoğlu ve ark. 2004
Mexico, Meksika (G) (2005-2006)	11.0	-	42.0	-	-	-	39.0	-	258.0	-	Wong ve ark. 2009
Bolu, Türkiye (P + G) (2007-2008)	-	-	-	-	22	188	42,9	42,4	-	208	Yenisoy Karakaş ve ark. 2012
Norveç (G) (2002)	59.7	-	15.5	-	-	-	-	-	0.53	-	Choi ve ark. 2008
İzmir, Türkiye (P+G) (2004)	-	-	-	-	34	16	20	48	-	220	Sofuoğlu ve ark. 2004
Strasbourg, Fransa (P + G) (1993-1994)	287.0	-	1533	-	-	-	-	-	-	-	Sanusi ve ark. 2000
Birmingham, İngiltere (P + G) (1999-2000)	29.0	-	449.0	-	-	-	-	-	3.1	-	Harrad ve Mao 2004
Durban, Güney Afrika (P + G) (2004-2005)	1.6	-	133.0	-	0.62	0.06	-	-	42.0	-	Batterman ve ark. 2008
Tianjin, Çin (G)(2008-2009)	532.0	288.0	162.0	37.0	-	-	-	-	653	-	Zheng ve ark. 2010
Mudanya, Bursa, Türkiye (P+G)(2008-2009)	52,8	664,7	45,1	12,1	13,1	68,5	138,1	27,7	25,6	187,1	Bu çalışma

P: Partikül Faz Atmosferik Konsantrasyon Değerleri, G: Gaz Faz Atmosferik Konsantrasyon Değerleri

Şekil 4.1.1.'de patikül faz ve gaz faz atmosferik konsantrasyonlarının örnekleme periyoduna göre değişimi verilmektedir. Grafikte belirtilen partikül faz ve gaz faz atmosferik konsantrasyon değerleri örnekleme boyunca tespit edilen OCP türlerinin atmosferik konsantrasyon değerlerinin toplamını göstermektedir.



Şekil 4.1.1. Atmosferik konsantrasyon değerlerinin, örnekleme periyoduna göre değişimi

Yapılan çalışma neticesinde partikül faz için en yüksek atmosferik konsantrasyon değeri $97,2 \pm 116,9 \text{ pg/m}^3$ ile Mart tespit edilirken, en düşük atmosferik konsantrasyon değeri $2,0 \pm 3,2 \text{ pg/m}^3$ ile Haziran ayında tespit edilmiştir. Gaz faz için ise için en yüksek en yüksek atmosferik konsantrasyon değeri $96,3 \pm 186,1 \text{ pg/m}^3$ ile Mayıs tespit edilirken, en düşük atmosferik konsantrasyon değeri $16,4 \pm 27,4 \text{ pg/m}^3$ ile Ağustos ayında tespit edilmiştir.

4.2. Islak Çökelmeler

Örnekleme süresince üzerine yerleştirilmiş yağış sensörü sayesinde atmosfere açık hale gelen ıslak çökeltme haznesi ile ıslak çökeltme örnekleri toplanmıştır. Islak çökeltme akılarının belirlenebilmesi amacıyla belirli bir zamanda, belirli bir alanda çöken kirleticilerin miktarı doğrudan ölçülmüştür. Örnekleme süresince yüzey alanı 0,16 m²'dir. Örnekleme süreleri ise yaklaşık olarak 15 gün sürmekle birlikte, örnekleme süresince yüzey alanına bölünmesi ile belirlenmiştir (Denklem 4.2.1.).

Akı değerlerinin tespit edilen kütle değerlerinin, yağış süresi ve örnekleme süresince yüzey alanına bölünmesi ile belirlenmiştir (Denklem 4.2.1.).

$$F_{\text{part}} = \frac{M_{\text{part}}}{\text{yağış süresi} \times \text{yüzey alanı}} \quad F_{\text{çöz}} = \frac{M_{\text{çöz}}}{\text{yağış süresi} \times \text{yüzey alanı}} \quad (4.2.1.)$$

F_{part}: Partikül faz akı değeri

F_{çöz}: Çözünmüş faz akı değeri

M_{part}: Partikül faz için tespit edilen kütle değeri

M_{çöz}: Çözünmüş faz için tespit edilen kütle değeri

Yağış Süresi: Örnekleme süresince bulunan saatten elde edilen yağışlı süreler

Yüzey Alanı: Örnekleme süresince yüzey alanı (çökeltme yüzey alanı)

OCP'lerin yağmur suyu konsantrasyonları ise elde edilen kütle değerlerinin, örnekleme süresince toplanan yağmur suyu hacmine oranları ile belirlenmiştir (Denklem 4.2.2.).

$$C_{\text{yağmur, part}} = \frac{M_{\text{part}}}{V_{\text{yağmur}}} \quad C_{\text{yağmur, çöz}} = \frac{M_{\text{çöz}}}{V_{\text{yağmur}}} \quad (4.2.2.)$$

C_{yağmur, part}: Partikül faz yağmur suyu konsantrasyonu

C_{yağmur, çöz}: Çözünmüş faz yağmur suyu konsantrasyonu

M_{part}: Partikül faz için tespit edilen kütle değeri

M_{çöz}: Çözünmüş faz için tespit edilen kütle değeri

V_{yağmur}: Yağış hacmi

Bunların yanında değerlendirilme yapılabilmesi amacıyla örneklerin ıslak çökme hızları belirlenmiştir. Islak çökme hızları, partikül faz ve gaz faz akı değerlerinin atmosferik konsantrasyon değerine oranı ile tespit edilmiştir (Denklem 4.2.3.).

$$\text{Partikül Faz Islak Çökme Hızı} = \frac{F_{part}}{C_{hava,part}} \quad (4.2.3.)$$

$$\text{Gaz Faz Islak Çökme Hızı} = \frac{F_{\text{çöz}}}{C_{hava,gaz}}$$

F_{part}: Partikül faz akı değeri
F_{çöz}: Çözünmüş faz akı değeri
C_{hava, part}: Partikül faz atmosferik konsantrasyonu
C_{hava, gaz}: Gaz faz atmosferik konsantrasyonu

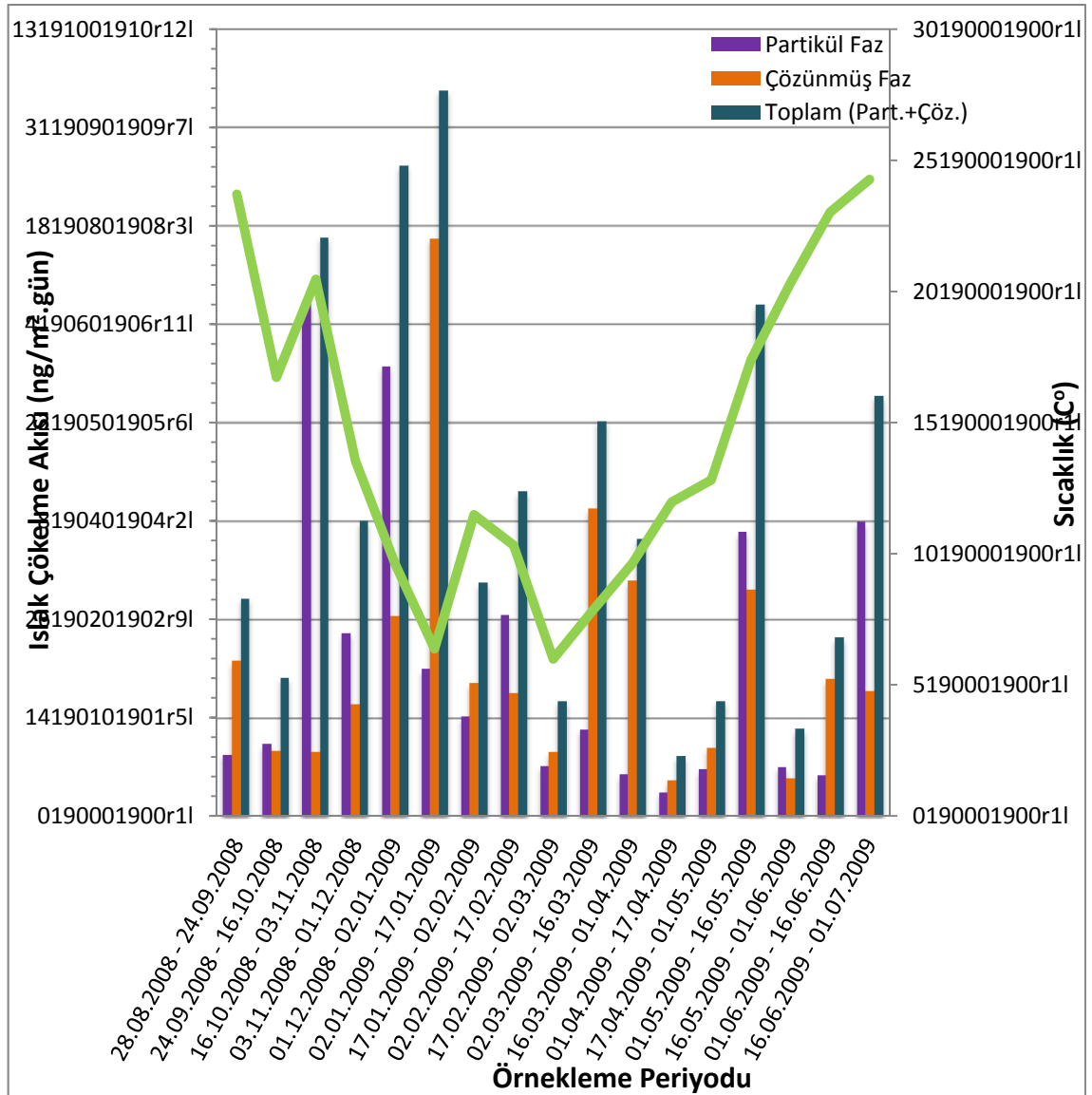
Çalışma neticesinde tespit edilen bir diğer parametre ise örneklerin yıkanma oranlarıdır. Yıkanma oranları yağmur suyu konsantrasyon değerlerinin, atmosferik konsantrasyon değerlerine oranı ile tespit edilmiştir (Denklem 4.2.4.)

$$W_{part} = \frac{C_{yağmur,part}}{C_{hava,part}} \quad W_{gaz} = \frac{C_{yağmur,çöz}}{C_{hava,gaz}} \quad (4.2.4.)$$

W_{part}: Partikül faz yıkanma oranı
W_{gaz}: Gaz faz yıkanma oranı
C_{yağmur, part}: Partikül faz yağmur suyu konsantrasyonu
C_{yağmur, çöz}: Çözünmüş faz yağmur suyu konsantrasyonu
C_{hava, part}: Partikül faz atmosferik konsantrasyonu
C_{hava, gaz}: Gaz faz atmosferik konsantrasyonu

Örnekleme bölgesinden Haziran 2008 – Haziran 2009 tarihleri arasında alınan 17 adet ıslak çökeltme örneği ile ıslak çökeltme akıları partikül ve çözülmüş fazlar için sırasıyla akı ortalamaları $794,26 \pm 756,70 \text{ ng/m}^2.\text{gün}$ ve $800,77 \pm 672,63 \text{ ng/m}^2.\text{gün}$ olarak tespit edilmiştir.

Şekil 4.2.1.'de çözülmüş faz, partikül faz ve toplam ıslak çökeltme akı değerlerinin örnekleme periyotlarına ve sıcaklığa bağlı değişimleri verilmiştir. Grafikte belirtilen partikül faz ve çözülmüş faz akı değerleri tespit edilen OCP türlerinin akı değerlerinin toplamıdır.



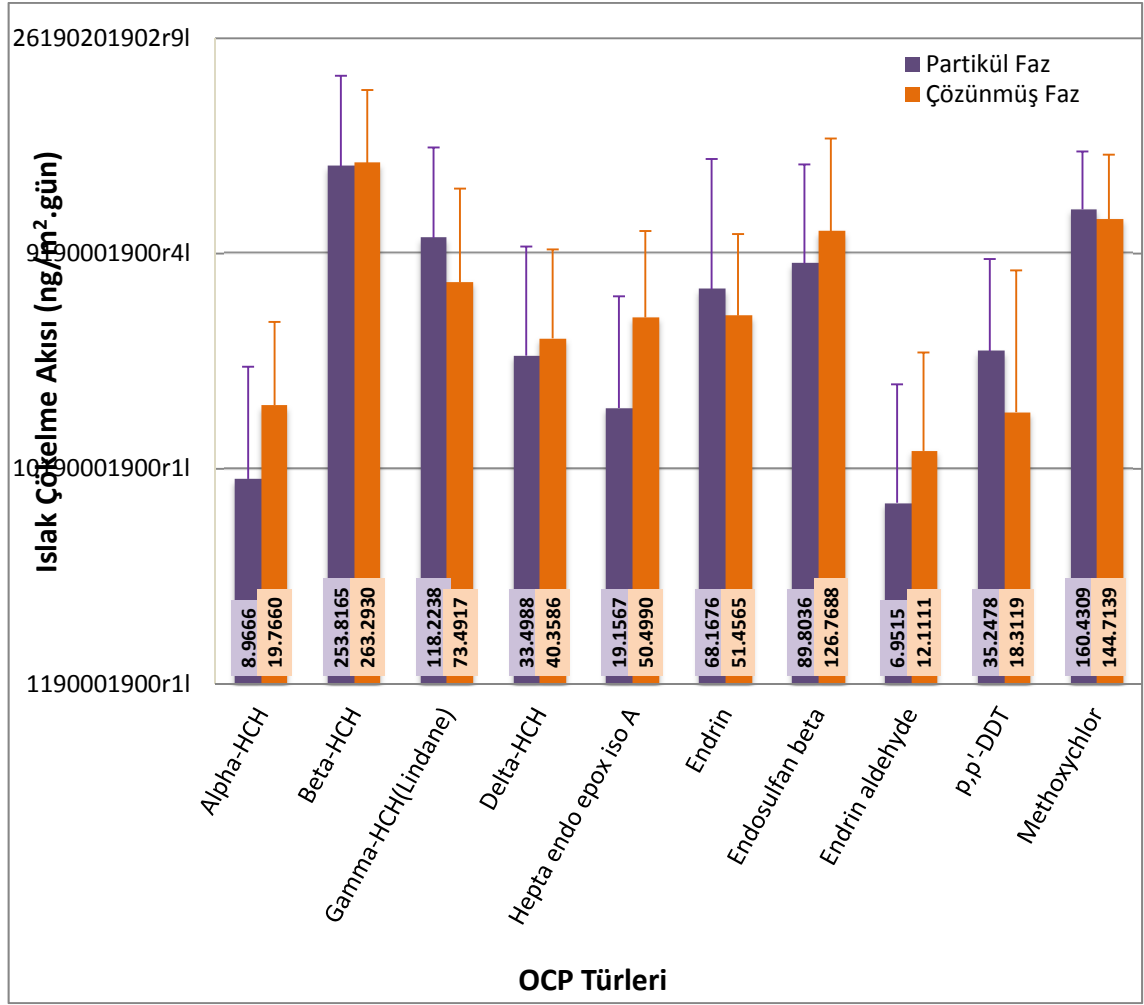
Şekil 4.2.1. ıslak çökeltme akılarının, örnekleme periyoduna göre değişimi

Yapılan çalışma neticesinde partikül faz için en yüksek ıslak çökme akı değeri 2.612,1 ng/m².gün ile Ekim ayının ikinci yarısında tespit edilirken, en düşük ıslak çökme akı değeri 125,2 ng/m².gün ile Nisan ayının ilk yarısında tespit edilmiştir. Çözünmüş faz için ise için en yüksek ıslak çökme akı değeri 2.940,0 ng/m².gün ile Ocak ayının ilk yarısında tespit edilirken, en düşük ıslak çökme akı değeri 183,4 ng/m².gün ile Nisan ayının ilk yarısında tespit edilmiştir.

Şekil 4.2.1. incelendiğinde ıslak çökme akıları ile sıcaklık arasında net bir ilişkinin olmadığı görülsede yaz ve kış aylarında hem partikül faz, hem de çözünmüş faz akı değerlerinde farklılıkların olduğu görülmektedir. Bu durum pestisit kullanımının mevsimlere göre farklılıklar göstermesi ile açıklanmaktadır. Pestisitler üretilecek tarım ürününün üretim dönemine bağlı olarak az yada yoğun olarak kullanılmıştır. Buna bağlı olarak akı değerlerinde de dönemsel farklılıklar olduğu görülmüştür.

Akı değerlerinde farklılıkların görülmesinde bir diğer etkenin ise buharlaşma olduğu bilinmektedir. Daha fazla buharlaşmanın gerçekleşmesi halinde, daha fazla OCP'nin atmosfere geçmesi ve ardından çeşitli etkenlerle yeniden yeryüzüne dönmesi oluşan farklılıkların bir diğer nedeni olarak görülmektedir. Bununla birlikte kış dönemlerinde tespit edilen yüksek akı değerlerinin ise yağmur, kar gibi çeşitli yağışların etkisiyle daha fazla OCP'nin yağış bünyesine geçerek çökeldiği görüşüyle açıklanmaktadır.

Şekil 4.2.2.'de çözünmüş ve partikül faz ıslak çökme akı değerlerinin OCP türlerine göre değişimleri verilmiştir. Grafikte belirtilen partikül faz ve çözünmüş faz akı değerleri tespit edilen OCP türlerinin akı değerlerinin toplamıdır.



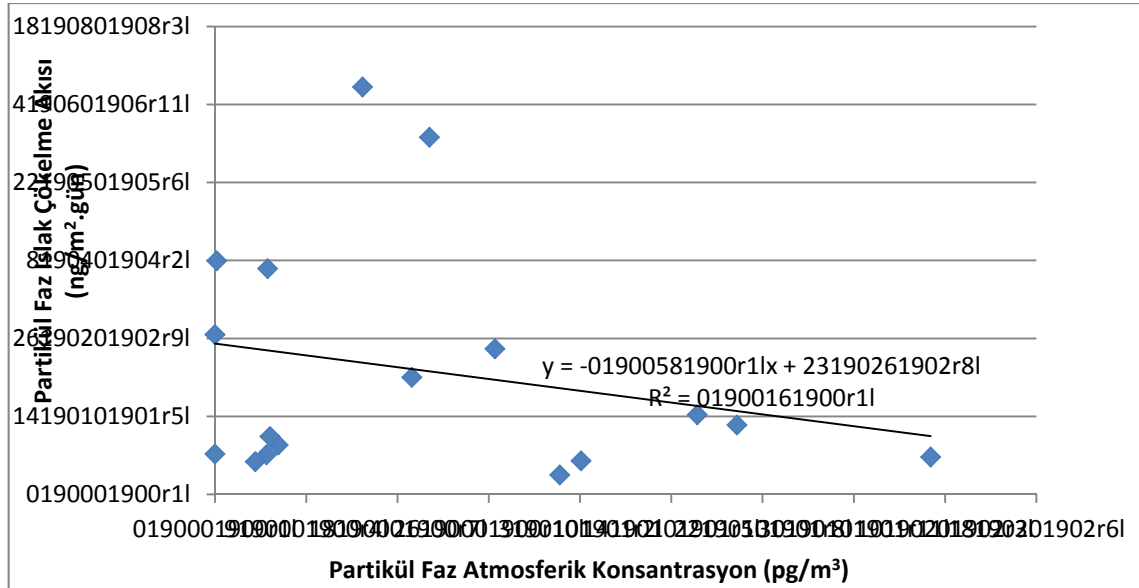
Şekil 4.2.2. Islak çökeltme akılarının, OCP türlerine göre değişimi

OCP türlerine göre sonuçlar incelendiğinde partikül faz için en yüksek ıslak çökeltme akısı $253,8 \pm 416,0$ ng/m².gün ile Beta-HCH türünde tespit edilirken, en düşük ıslak çökeltme akısı $7,0 \pm 17,8$ ng/m².gün Endrin Aldehyde türünde tespit edilmiştir. Çözünmüş faz için ise en yüksek ıslak çökeltme akısı $263,3 \pm 312,1$ ng/m².gün ile Beta-HCH türünde tespit edilirken, en düşük ıslak çökeltme akısı $12,1 \pm 22,6$ ng/m².gün Endrin Aldehyde türünde tespit edilmiştir.

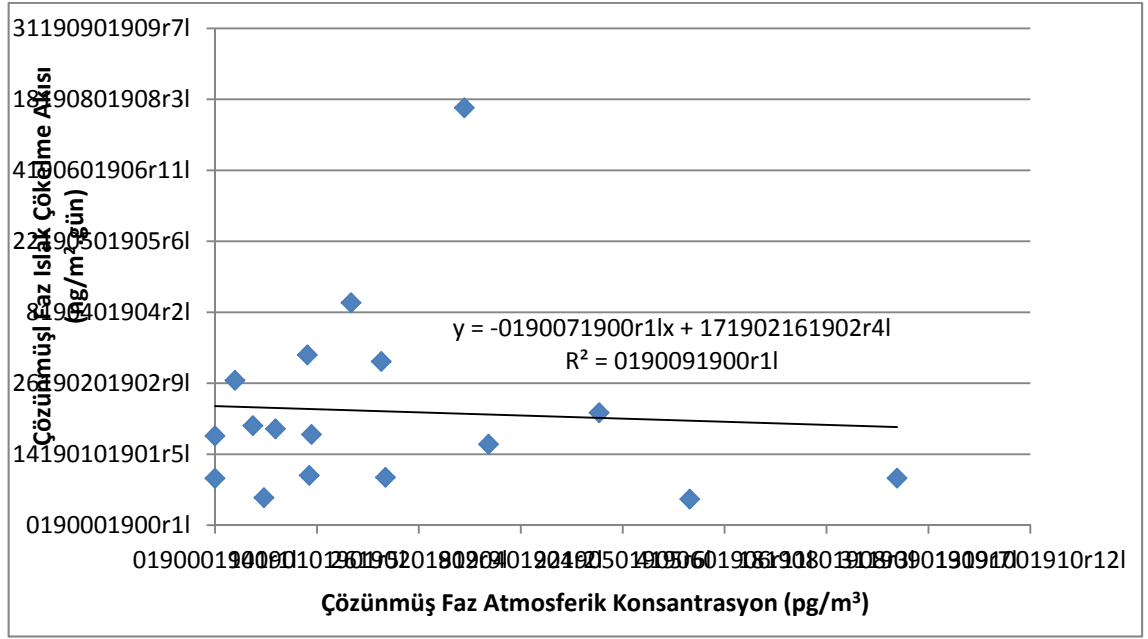
Görüldüğü üzere partikül faz ıslak çökeltme akı ile, çözünmüş faz ıslak çökeltme akı değerleri benzerlik göstermekte olup, her iki faz içinde en yüksek değerler Beta-HCH türünde tespit edilirken, en düşük ıslak akı değerleri Endrin Aldehyde tespit edilmiştir.

Türkiye’de birçok OCP türü 1971 – 2010 yılları arasında yasaklanmıştır. Ancak Endosulfan Beta, Metoksiklor ve Beta HCH diğer OCP türleri ile kıyaslandığında çok yakın zamanlarda yasaklanmış olan OCP türleridir. Belirtilen türler 2010 yılından sonraki zaman aralığında yasaklandığından grafikte de görüldüğü üzere diğer OCP türlerine nazaran daha yüksek oranlarda tespit edilmişlerdir. Belirtilen türlerin Bursa’da ve Türkiye genelinde tarım alanında insektisit ve herbisit olarak kullanımlarının halen devam ettiği tahmin edilmektedir. OCP’lere getirilen sınırlamalar ve yasaklamalar bunları içeren tarım ilaçlarının üretimlerini engellemeye yönelik olduğundan, yasaklama tarihi öncesinde üretilmiş, ancak son kullanma tarihi geçmemiş tarım ilaçlarının hala kullanılmakta olduğu ve söz konusu durumun birkaç yıl daha devam edeceği tahmin edilmektedir. İlegal kullanımları önüne geçilemediği sürece gelecek yıllarda yapılacak çalışmalarda da söz konusu OCP bileşiklerinin tespit edileceği tahmin edilmektedir.

Şekil 4.2.3. ve Şekil 4.2.4.de’ ise sırasıyla partikül faz ve çözünmüş faz akı değerlerinin atmosferik konsantrasyon değerleri ile ilişkisi irdelenmiştir.



Şekil 4.2.3. Partikül faz ıslak çökeltme akısı ve partikül faz atmosferik konsantrasyon ilişkisi

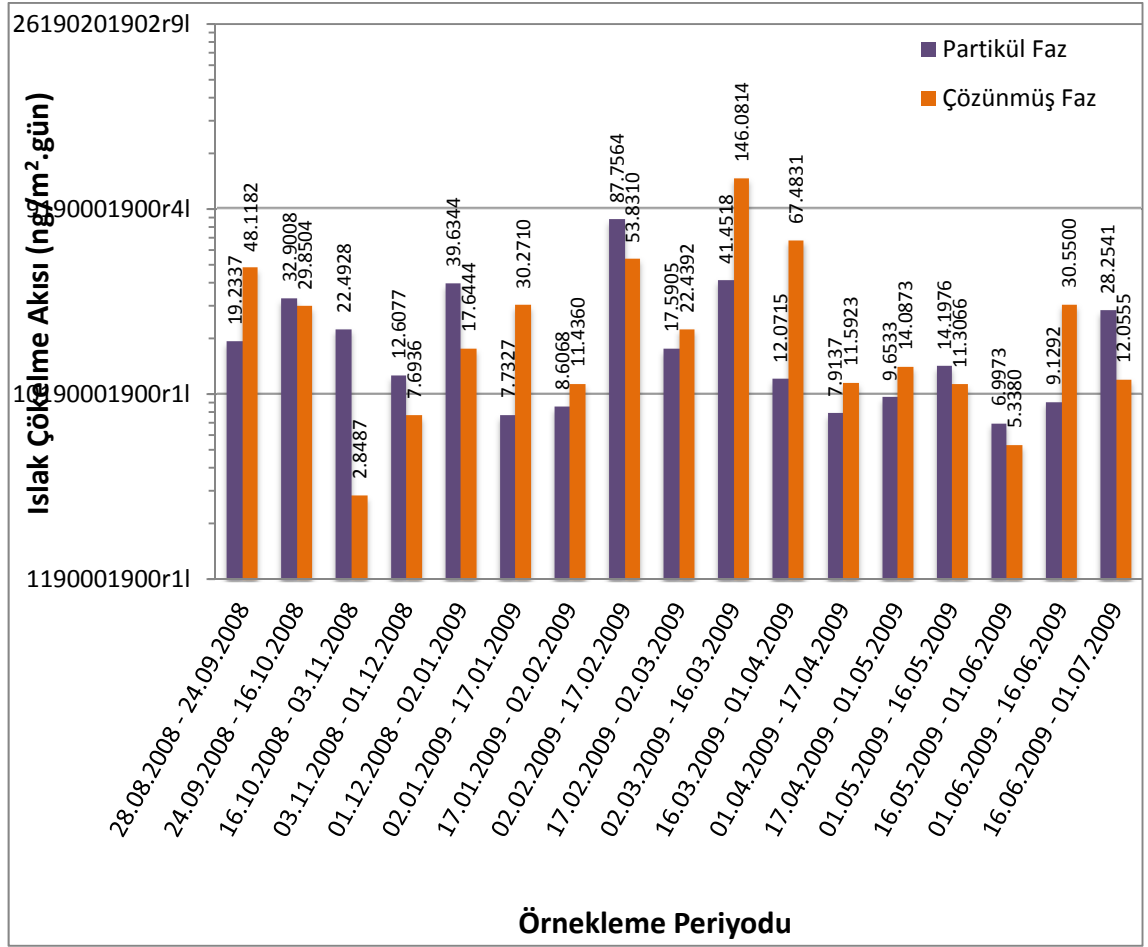


Şekil 4.2.4. Çözünmüş faz ıslak çökeltme akısı ve çözünmüş faz atmosferik konsantrasyon ilişkisi

Hem partikül faz, hem de çözünmüş faz için grafikler incelendiğinde korelasyon katsayılarının çok küçük olması nedeniyle ıslak çökeltme akıları ve atmosferik konsantrasyonlar arasında bir ilişki olmadığı kanısına varılmıştır.

Literatür incelemelerinde görüldüğü üzere ıslak ve kuru çökeltme akısı çalışmalarının tümünde ıslak ve kuru çökeltme sürelerinin ayrı ayrı belirlenebilmesinin her zaman mümkün olmaması nedeniyle bir çok çalışmada akı hesabı 15 günlük periyotlar için hesaplanmıştır. O nedenle bu çalışma kapsamında yağış ve yağışsız sürelerin hesabı göz ardı edilerek 15 günlük çökeltme akıları da hesaplanmıştır.

Şekil 4.2.5.'de çözünmüş ve partikül faz için 15 günlük ıslak çökeltme akı değerlerinin örnekleme periyotlarına bağlı değişimleri verilmiştir. Grafikte belirtilen partikül faz ve çözünmüş faz akı değerleri tespit edilen OCP türlerinin akı değerlerinin toplamıdır. Örnekleme süresi olarak 15 gün esas alınmıştır.

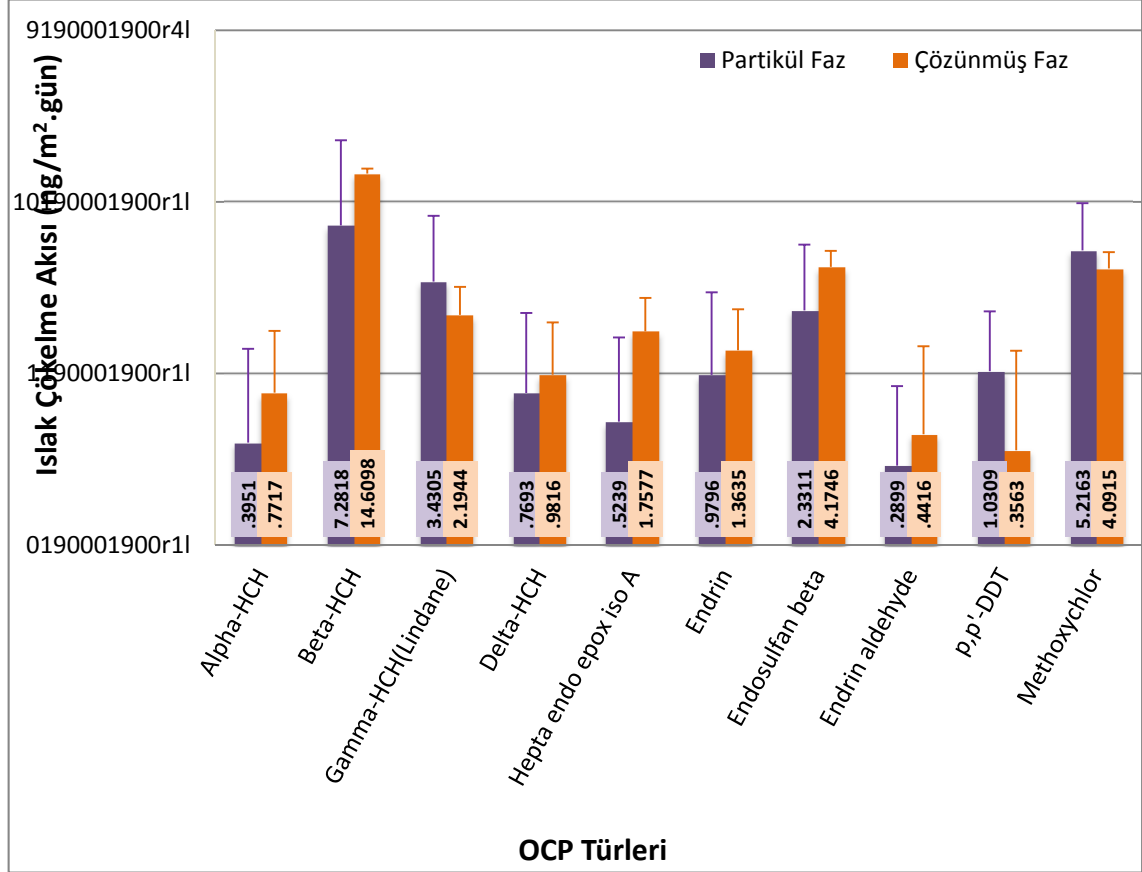


Şekil 4.2.5. 15 günlük ıslak çökeltme akılarının, örnekleme periyoduna göre değişimi

Şekil 4.2.5'te görüldüğü üzere partikül faz için en yüksek 15 günlük ıslak çökeltme akı değeri $87,8 \text{ ng/m}^2.\text{gün}$ ile Mart ayının ilk yarısında tespit edilirken, en düşük 15 günlük ıslak çökeltme akı değeri $7,0 \text{ ng/m}^2.\text{gün}$ ile Mayıs ayının ikinci yarısında tespit edilmiştir. Çözünmüş faz için ise için en yüksek 15 günlük ıslak çökeltme akı değeri $146,1 \text{ ng/m}^2.\text{gün}$ ile Mart ayının ilk yarısında tespit edilirken, en düşük 15 günlük ıslak çökeltme akı değeri $2,8 \text{ ng/m}^2.\text{gün}$ ile Ekim ayının ikinci yarısında tespit edilmiştir.

Yağışlı sürelerin hesaplamaya dahil edilmesiyle tespit edilen akı değerleri ile 15 günlük akı değerleri karşılaştırıldığında farklılıkların olduğu görülmektedir.

Şekil 4.2.6.'da çözülmüş ve partikül faz için 15 günlük ıslak çökeltme akı değerlerinin OCP türlerine bağlı değişimleri verilmiştir. Örnekleme süresi olarak 15 gün esas alınmıştır.



Şekil 4.2.6. 15 günlük ıslak çökeltme akılarının, ocp türlerine göre değişimi

15 günlük ıslak çökeltme akıları incelendiğinde partikül faz için en yüksek 15 günlük ıslak çökeltme akısı $7,3 \pm 15,6 \text{ ng/m}^2.\text{gün}$ ile Beta-HCH türünde tespit edilirken, en düşük 15 günlük ıslak çökeltme akısı $0,3 \pm 0,5 \text{ ng/m}^2.\text{gün}$ Endrin Aldehit türünde tespit edilmiştir. Çözülmüş faz için ise en yüksek 15 günlük ıslak çökeltme akısı $14,6 \pm 26,6 \text{ ng/m}^2.\text{gün}$ ile Beta-HCH türünde tespit edilirken, en düşük 15 günlük ıslak çökeltme akısı $0,4 \pm 0,7 \text{ ng/m}^2.\text{gün}$ p,p' DDT türünde tespit edilmiştir.

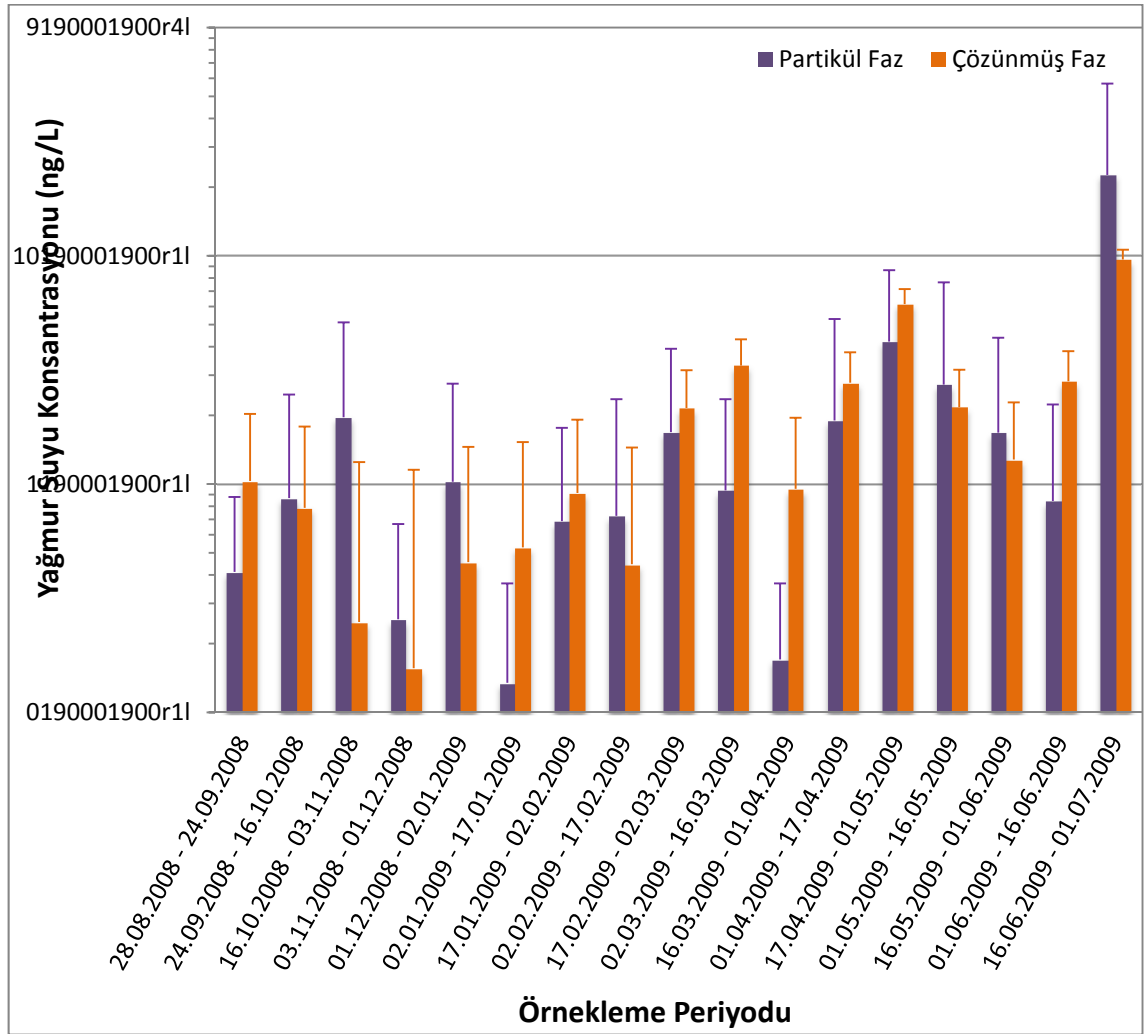
Dünya genelinde yarı uçucu organik bileşikler ile ilgili yapılmış birçok çalışma neticesinde tespit edilmiş ıslak çökeltme akı değerleri Tablo 4.2.1.'de verilmektedir.

Tablo 4.2.1. Dünya genelinde yapılan çeşitli çalışmalarda tespit edilen ıslak çökeltme akı değerleri (Günindi ve Taşdemir 2011, Jimenez ve ark. 2011, Gaga 2004, Gaga ve ark 2009)

Örnekleme Yeri	Örnekleme Periyodu	Organik Bileşik Türü	Islak Çökeltme Akısı (ng/m ² .gün)	Referans
Wash, Crossing, New Jersey, Amerika	2001 – 2003	PCB	0,78	Totten ve ark.
Kuzeydoğu, New Jersey, Amerika			2	
Camden, New Jersey, Amerika			19	
Swattmore, New Jersey, Amerika			3,5	
Camden, New Jersey, Amerika	2000	PCB	53	Van Ry ve ark.
New Brunswick, New Jersey, Amerika			3,3	
Pinelands, New Jersey, Amerika			3,9	
Tuckerton, New Jersey, Amerika			1,7	
Tenerife, Kanarya Adaları	1999 – 2000	PCB	3,5	Van Drooge ve ark.
Galveston Körfezi	1995 – 1996	PCB	4,2	Park ve ark.
Yunanistan	2000 – 2001	PCB	2,2	Mandalakis ve Stephanou
Etang de Thau, Fransa	2007 - 2008	PCDD/F	19,4	Jimenez ve ark.
Etang de Thau, Fransa	2007 - 2008	PCB	124,8	Jimenez ve ark.
Ankara, Türkiye	2000- 2002	PAH	583,56	Gaga
Bursa, Türkiye	2008 – 2009	PCB Çözünmüş Faz	480	Günindi ve Taşdemir
		PCB Gaz Faz	475	
Mudanya, Bursa, Türkiye	2008 – 2009	OCP Çözünmüş Faz	794,3 (Gerçek Zaman) 22,3 (15 Günlük)	Bu çalışma
		OCP Gaz Faz	800,8 (Gerçek Zaman) 30,7 (15 günlük)	

Islak çökeltme akı değerleri ile meteorolojik veriler (sıcaklık, rüzgar, nem ve yağış hacmi) arasındaki ilişkiler için çoklu regresyonları hesaplandığında hem partikül faz ($r^2 = 0,0571$, $p = 0,021$, $n = 17$), hem de çözünmüş faz ($r^2 = 0,343$, $p = 0,245$, $n = 17$) için istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Şekil 4.2.7.'de çözünmüş ve partikül faz yağmur suyu konsantrasyon değerlerinin örnekleme periyoduna göre değişimleri verilmiştir.



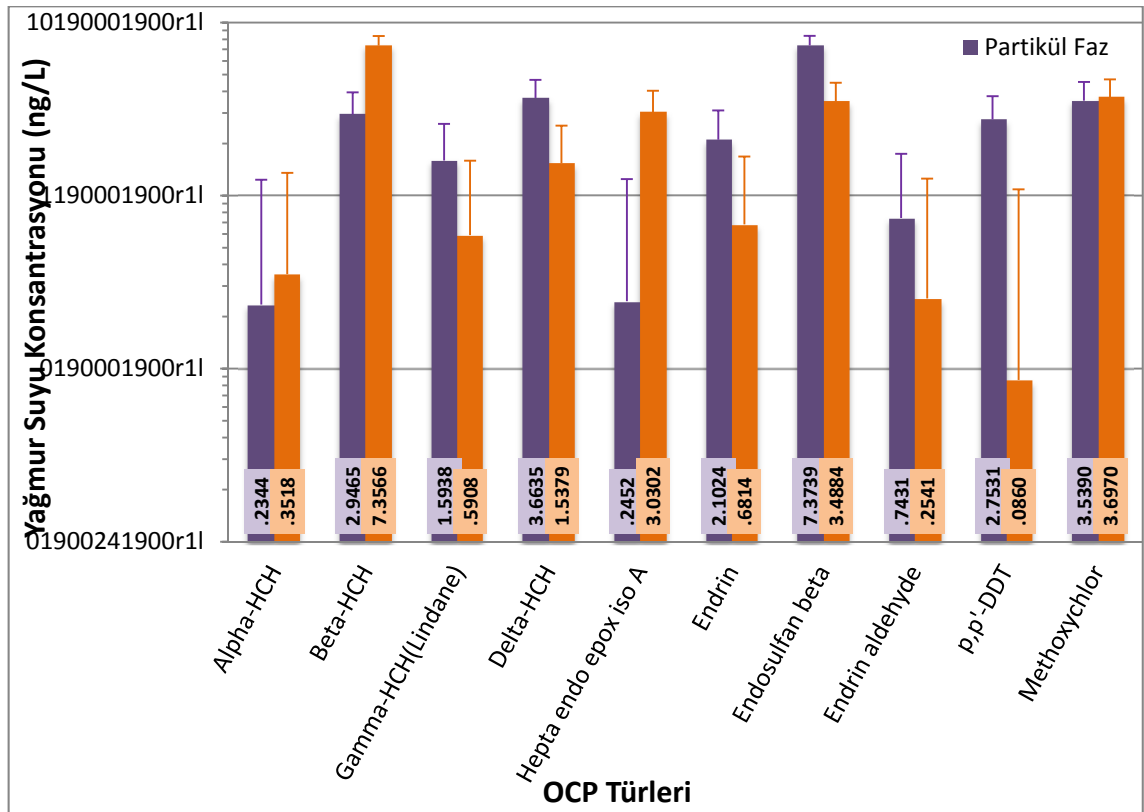
Şekil 4.2.7. Yağmur suyu konsantrasyonlarının örnekleme periyoduna göre değişimi

Yağmur suyu konsantrasyonları incelendiğinde partikül faz için en yüksek yağmur suyu konsantrasyonu $22,6 \pm 34,3$ ng/L ile Haziran ayının ikinci yarısında tespit edilirken, en düşük yağmur suyu konsantrasyonu $0,13 \pm 0,23$ ng/L ile Ocak ayının ilk

yarısında tespit edilmiştir. Çözünmüş faz için ise en yüksek yağmur suyu konsantrasyonu $9,6 \pm 14,7$ ng/L ile Haziran ayının ikinci yarısında tespit edilirken, en düşük yağmur suyu konsantrasyonu $0,16 \pm 0,21$ ng/L ile Kasım ayının ikinci yarısında tespit edilmiştir.

Yağmur suyu konsantrasyon değerinin aylara bağlı olarak farklılıklar göstermesi pestisit kullanımının dönemsel farklılıklar göstermesi ile açıklanmaktadır. Görüldüğü üzere yağmur suyu konsantrasyon değerleri özellikle yaz aylarında, kış aylarına oranla oldukça yüksek değerlerde tespit edilmiştir. Bu durum bahar ayları ile başlayan ve yaz süresince devam eden yoğun pestisit kullanımı ile açıklanmaktadır. Kış aylarında meteorolojik faktörlerin tarım üretimini engellemesi nedeniyle bu aylarda pestisit kullanımının da azalması görüldüğü üzere kış aylarında yağmur suyu konsantrasyon değerlerinin azalmasına neden olmuştur.

Şekil 4.2.8.'de çözünmüş ve partikül faz yağmur suyu konsantrasyon değerlerinin OCP türlerine göre değişimleri verilmiştir.

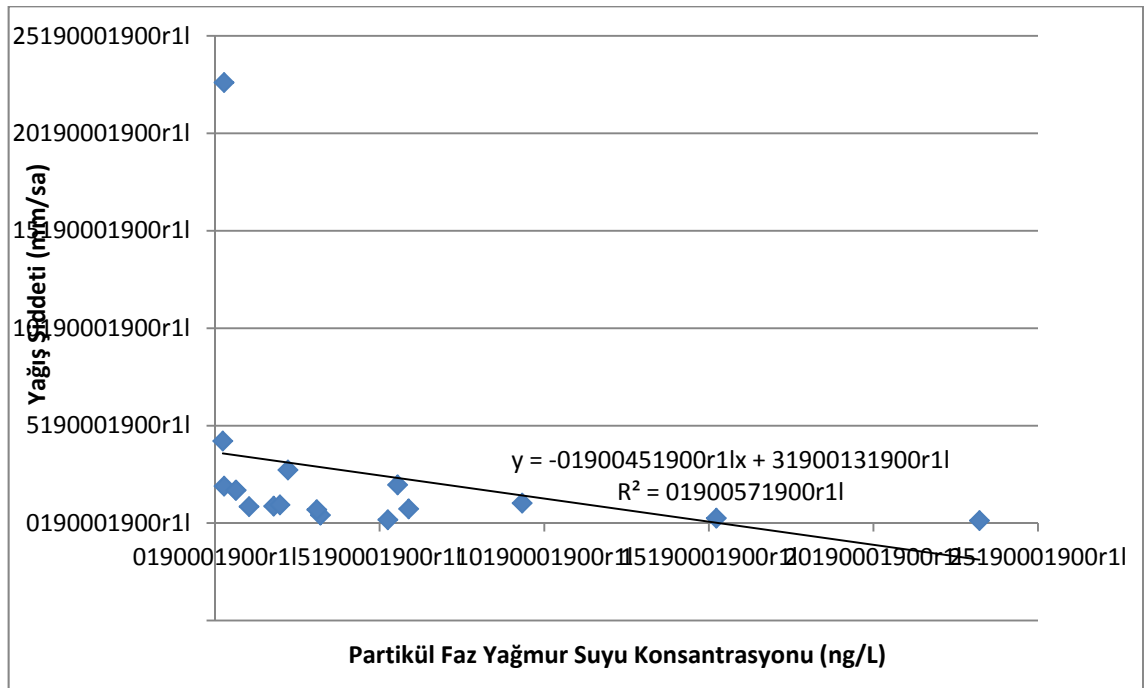


Şekil 4.2.8. Yağmur suyu konsantrasyonlarının, OCP türlerine göre değişimi

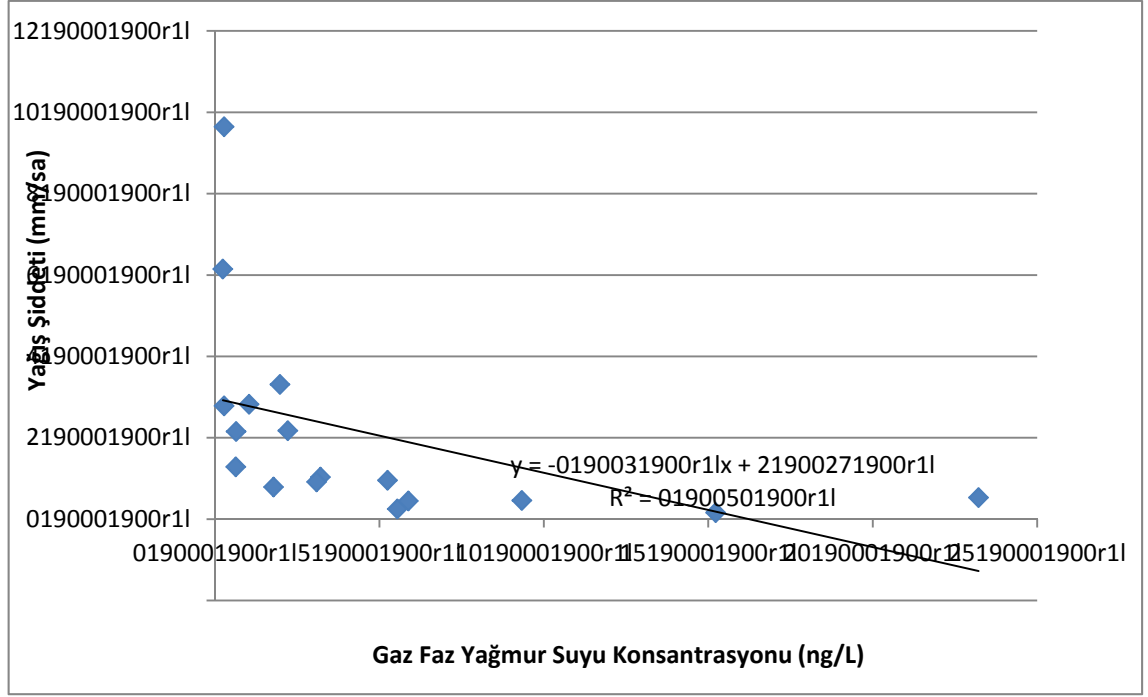
Yağmur suyu konsantrasyonlarının OCP türlerine göre değişimi incelendiğinde partikül faz için en yüksek yağmur suyu konsantrasyonu $7,4 \pm 26,1$ ng/L ile Endosülfan Beta türünde tespit edilirken, en düşük yağmur suyu konsantrasyonu $0,2 \pm 0,6$ ng/L ile Alfa HCH türünde tespit edilmiştir. Çözünmüş faz için ise en yüksek yağmur suyu konsantrasyonu $7,4 \pm 11,2$ ng/L ile Beta-HCH türünde tespit edilirken, en düşük yağmur suyu konsantrasyonu $0,09 \pm 0,15$ ng/L ile p,p'DDT türünde tespit edilmiştir.

Şekil 4.2.8. incelendiğinde en yüksek yağmur suyu konsantrasyon değerlerinin her iki faz içinde Endosulfan Beta, Metoksiklor ve Beta HCH türleri daha yüksek olarak tespit edilmişlerdir. Söz konusu durum ıslak çökeltme akıları ile benzerlik göstermekte olup, söz konusu OCP türlerinin, diğer OCP türlerine nazaran günümüze daha yakın zamanlarda yasaklanmış olmaları ile açıklanmaktadır.

Şekil 4.2.9 ve şekilde 4.2.10'da sırasıyla partikül faz ve gaz faz yağmur suyu konsantrasyon değerlerinin yağmur şiddeti ile ilişkisi verilmektedir.



Şekil 4.2.9. Partikül faz yağmur suyu konsantrasyonu, yağmur şiddeti ilişkisi



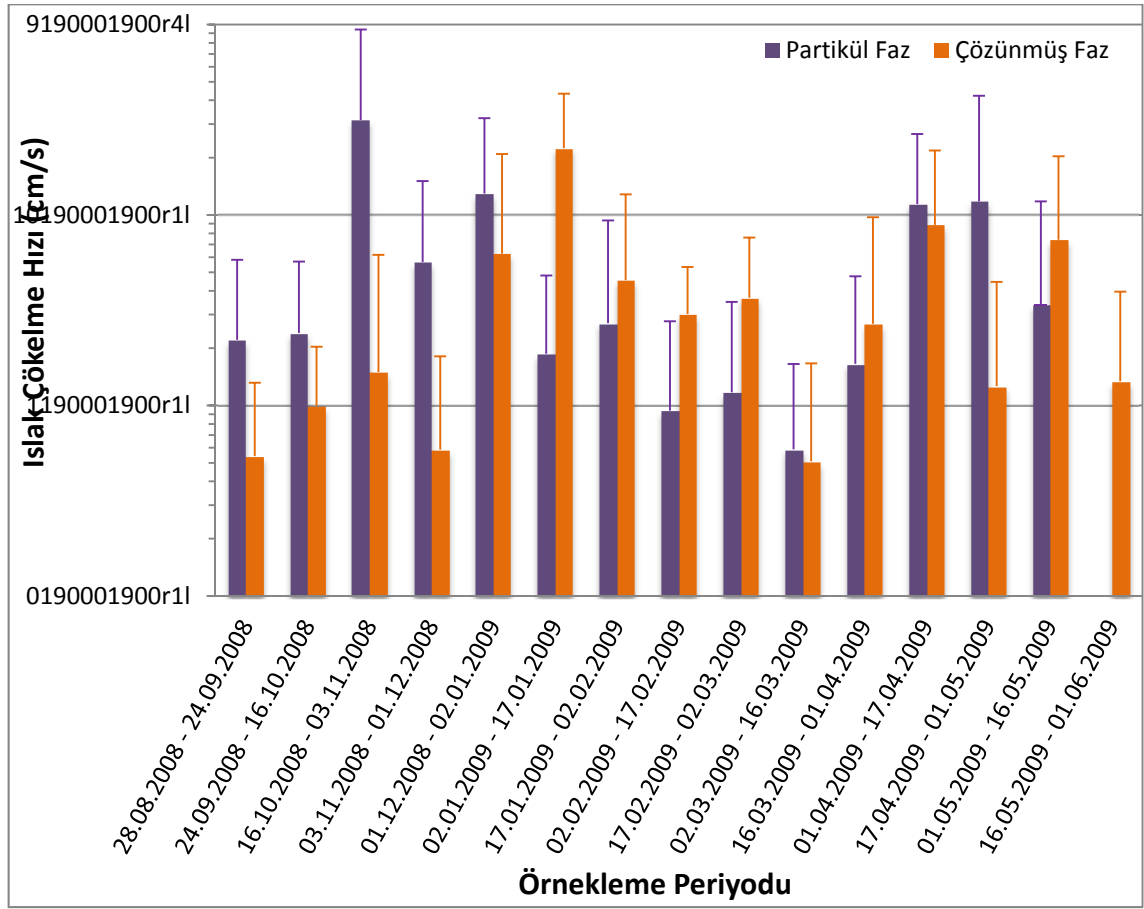
Şekil 4.2.10. Gaz faz yağmur suyu konsantrasyonu, yağmur şiddeti ilişkisi

Hem partikül faz, hem de çözünmüş faz yağmur suyu konsantrasyonlarının yağmur şiddetleri ile ilişkileri incelendiğinde, korelasyon katsayılarının çok küçük olması nedeniyle yağmur suyu konsantrasyonu ile yağış şiddeti arasında bir ilişkinin olmadığı anlaşılmaktadır.

Partikül faz konsantrasyon değeri ile çözünmüş faz yağmur suyu konsantrasyon değeri arasındaki ilişki için korelasyonları incelendiğinde ($r^2 = 0,322$, $p = 0,012$, $n = 17$) istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Yağmur suyu konsantrasyon değerleri ile meteorolojik veriler (sıcaklık, rüzgar, nem ve yağış hacmi) arasındaki ilişkiler için çoklu regresyonları hesaplandığında hem partikül faz ($r^2 = 0,322$, $p = 0,2831$, $n = 17$), hem de çözünmüş faz ($r^2 = 0,422$, $p = 0,132$, $n = 17$) için meteorolojik veriler ile istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Şekil 4.2.11’de örneklerin ıslak çökeltme hızlarının örnekleme periyoduna göre değişimleri verilmiştir.



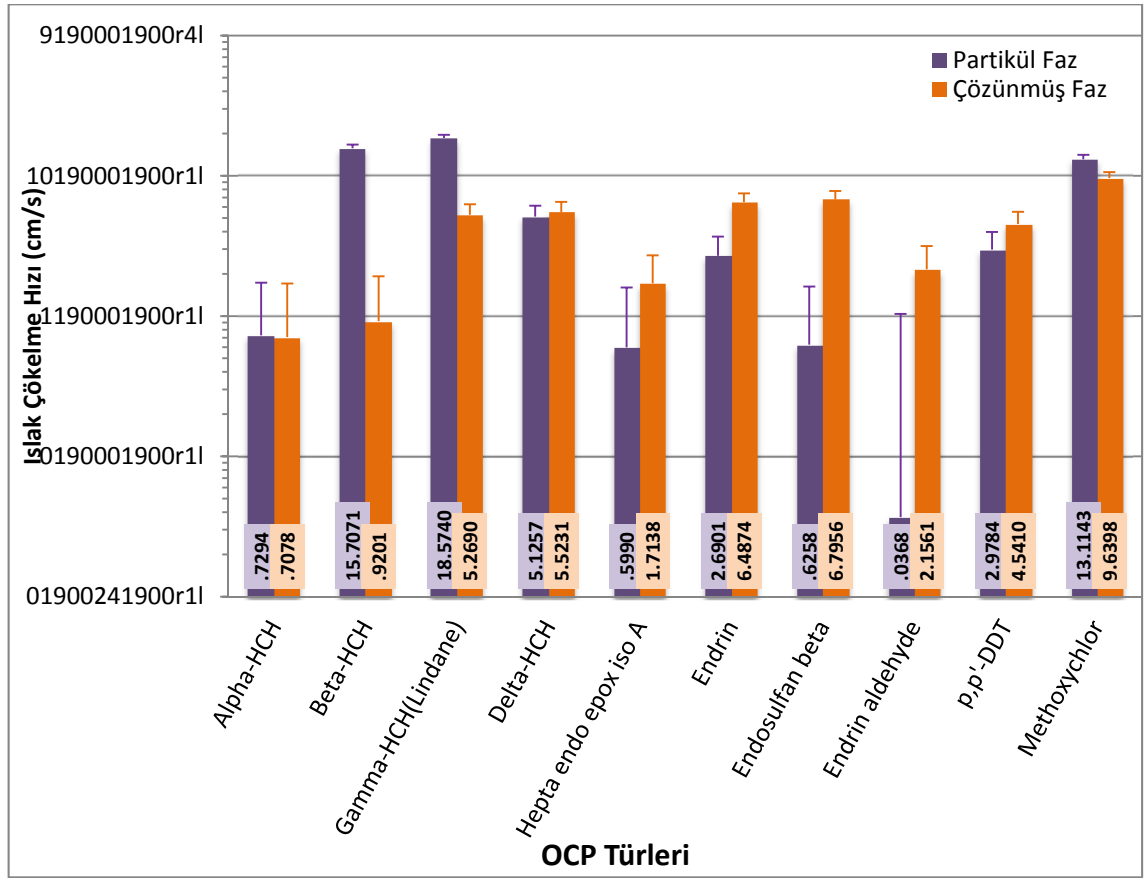
Şekil 4.2.11. Islak çökeltme hızlarının, örnekleme periyoduna göre değişimi

Partikül faz için en yüksek ıslak çökeltme hızı $31,5 \pm 62,5$ cm/s ile Ekim ayının ikinci yarısında tespit edilirken, en düşük ıslak çökeltme hızı $0,6 \pm 1,1$ cm/s ile Nisan ayının ilk yarısında tespit edilmiştir. Çözünmüş faz için ise en yüksek ıslak çökeltme hızı $22,4 \pm 20,9$ cm/s ile Ocak ayının ilk yarısında tespit edilirken, en düşük ıslak çökeltme hızı $0,5 \pm 1,2$ cm/s ile Nisan ayının ilk yarısında tespit edilmiştir.

Islak çökeltme hızları incelendiğinde mevsimlere bağlı olarak bir trend sergiledikleri görülemez.

02.02.2009 ve 02.03.2009 tarihleri arasında alınan 2 örneğin atmosferik konsantrasyonlarının belirlenememesi nedeniyle bu tarihler için ıslak çökeltme hızları tespit edilememiştir.

Şekil 4.2.12’de örneklerin ıslak çökeltme hızlarının OCP türlerine göre değişimleri verilmiştir.



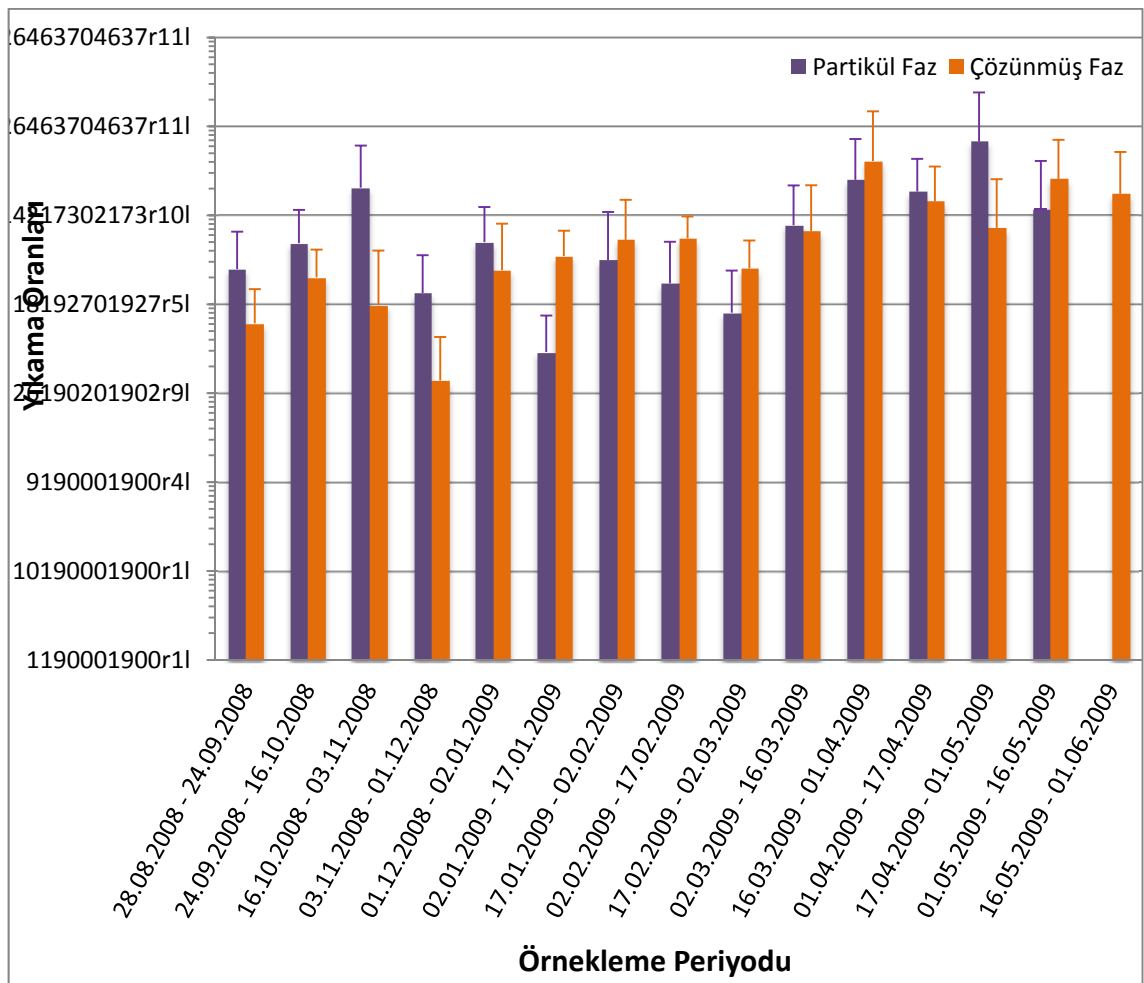
Şekil 4.2.12. ıslak çökeltme hızlarının, OCP türlerine göre değişimi

Partikül fazda en yüksek ıslak çökeltme hızı $18,6 \pm 41,3$ cm/s ile Gamma-HCH türünde tespit edilirken, en düşük ıslak çökeltme hızı $0,04 \pm 0,08$ cm/s ile Endrin Aldehyde’te tespit edilmiştir. Çözünmüş faz için ise en yüksek ıslak çökeltme hızı $9,6 \pm 11,5$ cm/s ile Metoksiklor türünde tespit edilirken, en düşük ıslak çökeltme hızı $0,7 \pm 1,4$ cm/s Alpha-HCH türünde tespit edilmiştir.

Şekil 4.2.13. ve şekilde 4.2.14.’de sırasıyla partikül faz ve gaz faz ıslak çökeltme hızlarının yağmur şiddeti ile ilişkisi verilmektedir.

Yıkama oranları yağmur suyu konsantrasyon değerlerinin, atmosferik konsantrasyon değerlerine oranı ile tespit edilmiştir. Partikül faz ve gaz faz yağmur suyu konsantrasyon değerlerinin atmosferik konsantrasyon değerine oranı ile hesaplanarak elde edilmiş yıkama oranlarını irdeleyen çeşitli grafikler aşağıda verilmektedir.

Şekil 4.2.13' te yıkama oranlarının örnekleme periyotlarına göre değişimleri verilmektedir.

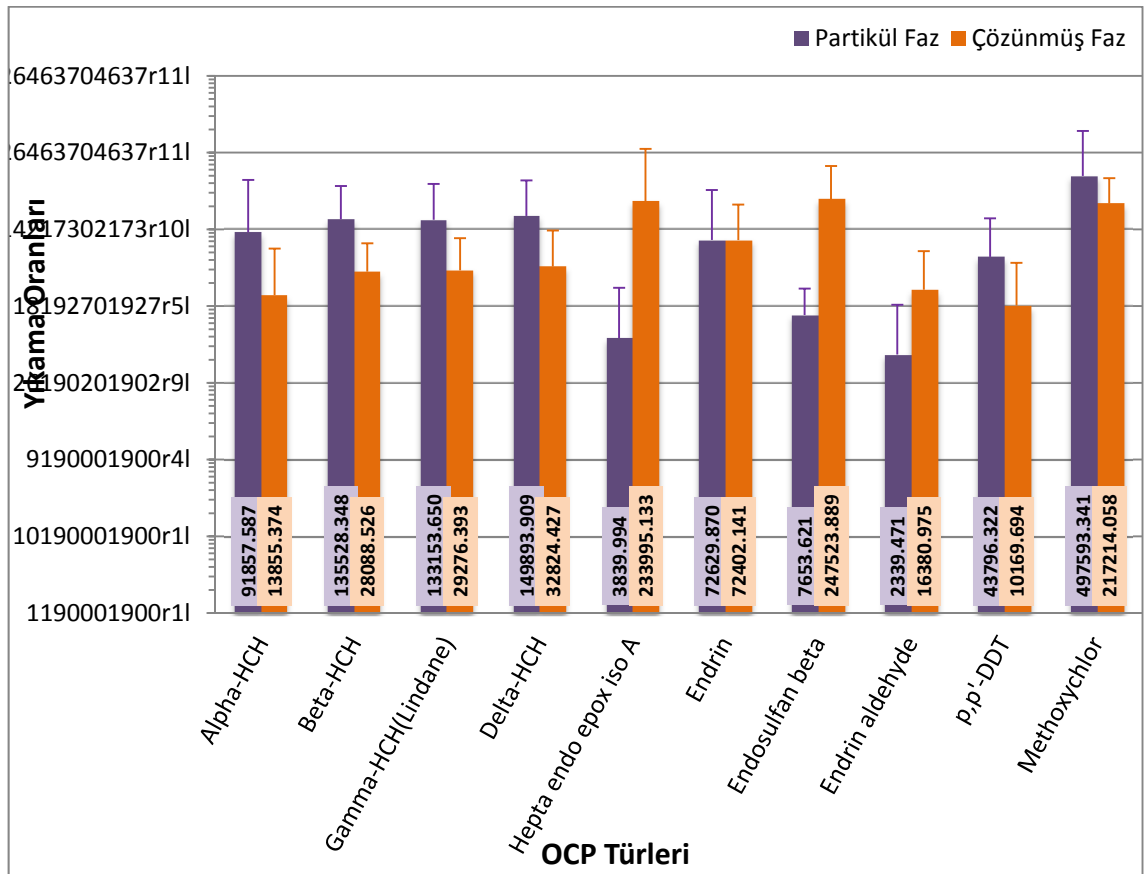


Şekil 4.2.13. Yıkama oranlarının örnekleme periyoduna göre değişimi

Partikül faz için en yüksek yıkanma oranı $674.565 \pm 1.740.076$ ile Mayıs ayının ikinci yarısında tespit edilirken, en düşük yıkanma oranı 2.896 ± 4.564 ile Ocak ayının ilk yarısında tespit edilmiştir. Çözünmüş faz için ise en yüksek yıkanma oranı $407.321 \pm 1.069.659$ ile Nisan ayının ikinci yarısında tespit edilirken, en düşük yıkanma oranı 1.388 ± 2.897 ile Ekim ayında tespit edilmiştir.

02.02.2009 ve 02.03.2009 tarihleri arasında alınan 2 örneğin atmosferik konsantrasyonlarının belirlenememesi nedeniyle bu yöntem ile de belirtilen tarihler için yıkanma oranları tespit edilememiştir.

Şekil 4.2.14.'te yıkanma oranlarının OCP türlerine göre değişimleri verilmektedir.



Şekil 4.2.14. Yıkanma oranlarının OCP türlerine göre değişimi

Partikül fazda en yüksek yıkanma oranı $497.593 \pm 1.419.781$ ile Metoksiklor türünde tespit edilirken, en düşük yıkanma oranı 3.840 ± 13.500 ile Hepta Endo Epox iso A türünde tespit edilmiştir. Çözünmüş faz için ise en yüksek yıkanma oranı 247.524 ± 420.506 ile Endosülfan Beta türünde tespit edilirken, en düşük yıkanma oranı 10.170 ± 26.523 ile p,p'-DDT türünde tespit edilmiştir.

OCP türlerine göre yıkanma oranları incelendiğinde ıslak çökeltme akı değerleri ve yağmur suyu konsantrasyon değerlerinde olduğu gibi Metoksiklor ve Endosülfan Beta türleri diğerlerine oranla yüksek oranlarda tespit edilmeleriyle fark edilmektedirler.

Islak çökeltme akı değerleri ve yağmur suyu konsantrasyon değerleri bölümlerinde de belirtildiği üzere Türkiye'de birçok OCP türü 1971 – 2010 yılları arasında yasaklanmışken, Endosulfan Beta, Metoksiklor ve Beta HCH diğerleri ile kıyaslandığında çok yakın zamanlarda yasaklanmış olan OCP türleridir. O nedenle söz konusu türlerin diğer türlere göre baskın çıkmış olması normaldir. Literatür verileri ile kıyaslandığında bulunan sonuçlar benzerlik göstermektedir.

Dünya genelinde yarı uçucu organik bileşikler ile ilgili yapılmış birçok çalışma ve tespit edilmiş yıkanma oranları aşağıdaki tabloda verilmektedir.

Tablo 4.2.2. Bazı bölgelerde çeşitli kalıcı organik kirleticiler için tespit edilmiş yıkanma oranları (Günindi ve Taşdemir 2011, Jurado ve ark. 2005)

Örnekleme Yeri	Örnekleme Periyodu	Organik Bileşik Türü	Yıkanma Oranları	Referans
Baltık Denizi	1990 – 1993	PCB	37.000	Agrell ve ark.
Batı Akdeniz	2000 – 2001	PCB	270.000	Mandalakis ve Stephanou
Kuzey Fransa	2001 – 2002	PCB	48.250 – 14.100	Blanchard ve ark.
Güney İsveç	1992 – 1993	PCB	16.000 – 150.000	Backe ve ark.
New Brunswick, New Jersey, Amerika	1999 – 2000	PCB	316 – 316.228	Van Ry ve ark.
Pinelands, New Jersey, Amerika	1999 – 2000	PCB	631 – 794.328	Van Ry ve ark.
Girit, Doğu Akdeniz	2000 – 2001	PCB	190.000 – 520.000	Mandalakis ve ark.
Tuckerton, Amerika	2000 – 2001	PCB	40.000 – 2.000.000	Van Ry
Michigan Gölü, Amerika	1994 – 1995	PCB	800 – 80.000.000	Offenberg ve Baker
Minesota, Amerika	1991 – 1992	PCB	1.000 – 100.000	Franz ve Eisenreich
Kanto, Japonya	2000	PCDD/F	30.000 – 300.000	Ogura ve ark.
Indianapolis, Amerika	1990 – 1991	PCDD/F	20.000 – 200.000	Koester ve ark.
Bloomington, Amerika	1986 – 1989	PCDD/F	10.000 – 80.000	Eitzer ve ark.
Michigan Gölü, Amerika	1994 – 1995	PAH	300 – 300.000.000	Offenberg ve Baker
Chesapeake Körfezi, Amerika	1992	PAH	600 – 30.000	Poster ve Baker
Chesapeake Körfezi, Amerika	1991	PAH	1.000 – 1.000.000	Dickhut ve Gustafson
Bursa, Türkiye	2008 – 2009	PCB Çözünmüş Faz	1.615 – 311.800	Günindi ve Taşdemir
		PCB Partikül Faz	12.775 – 2.511.120	
Mudanya/Bursa, Türkiye	2008 – 2009	OCP Çözünmüş Faz	1.388 – 407.321	Bu çalışma
		OCP Partikül Faz	2.896 – 674.565	

Dünya genelinde yapılmış olan çeşitli çalışmalarda tespit edilen yıkanma oranları ile çalışma neticesinde tespit edilen oranlar kıyaslandığında, diğer çalışmalarda da benzer olanların tespit edilmiş olduğu görülmektedir.

4.3. Kuru Çökelmeler

Örnekleme süresince üzerine yerleştirilmiş yağış sensörü sayesinde kuru hazne kapanarak, muhtemel yağmur suyu girişi engellenmiş, yalnızca kuru havalarda kuru çökme örnekleri toplanmıştır. Kuru çökme akılarının belirlenebilmesi amacıyla belirli bir zamanda, belirli bir alanda çöken partiküllerin miktarı doğrudan ölçülmüştür. Örnekleme süresi ise yaklaşık olarak 15 gün sürmekle birlikte, örnekleme süresince yerleştirilmiş ve yalnızca yağışın olmadığı zamanlarda ilerleyen saat yardımıyla net kuru zaman süreleri belirlenmiştir.

Akı değerleri tespit edilen kütle değerlerinin, yağışsız örnekleme süreleri ve örnekleme süresinin yüzey alanına bölünmesi ile belirlenmiştir (Denklem 4.3.1.).

$$F_{\text{kuru}} = \frac{M}{\text{Süre} \times \text{Yüzey Alanı}} \quad (4.3.1.)$$

F kuru: Kuru çökme akısı

M: Kuru çökme örnekleri için tespit edilen kütle değeri

Süresi: Örnekleme süresinde bulunan saatten elde edilen yağışsız süreler

Yüzey Alanı: Örnekleme haznesinin yüzey alanı (çökme yüzey alanı)

Bunun yanında değerlendirilme yapılabilmesi amacıyla örneklerin kuru çökme hızları belirlenmiştir. Kuru çökme hızları; kuru çökme akı değerlerinin, atmosferik konsantrasyon değerlerine bölünmesi ile tespit edilmiştir (Denklem 4.3.2.).

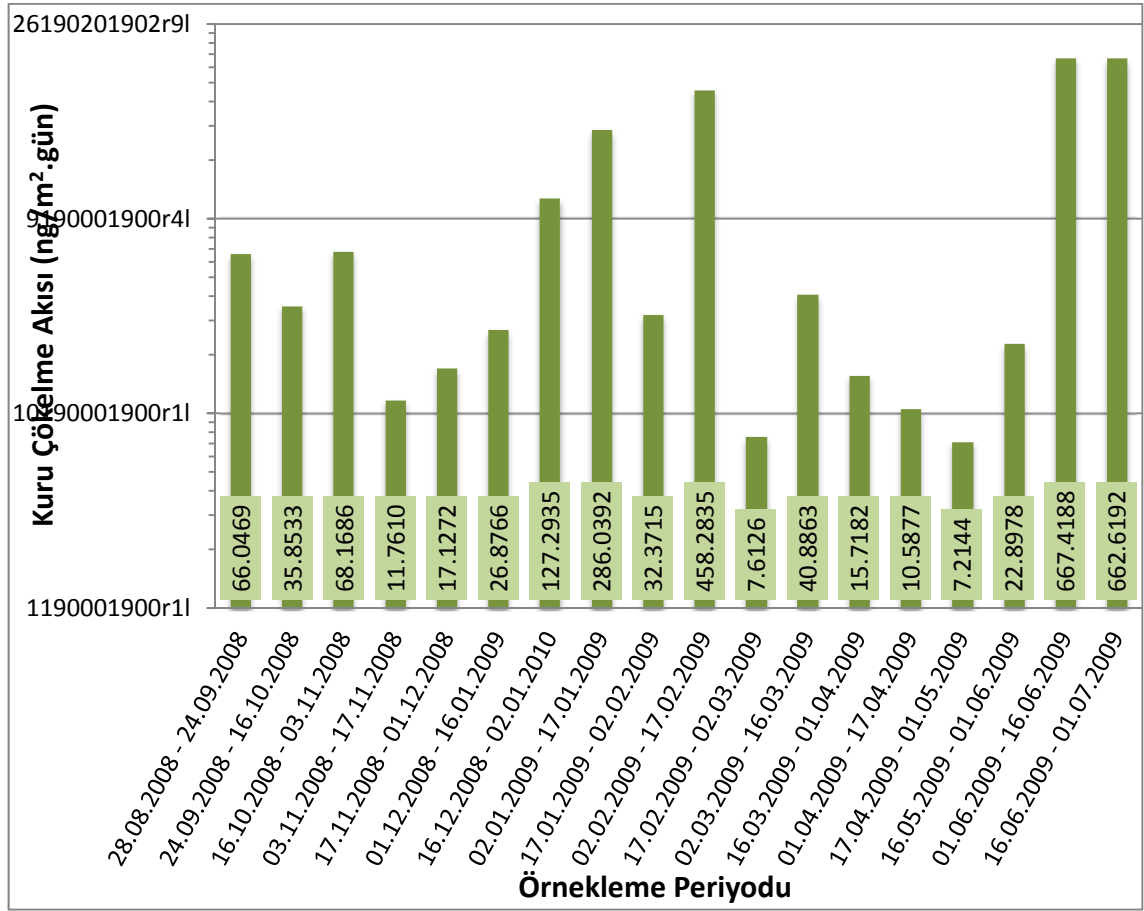
$$\text{Kuru Çökme Hızı} = \frac{F_{\text{kuru}}}{C_{\text{hava, part}}} \quad (4.3.2.)$$

F kuru: Kuru çökme akısı

C hava, part: Atmosferik Konsantrasyon

Örnekleme bölgesinden Haziran 2008 – Haziran 2009 tarihleri arasında alınan 18 adet kuru çökme örneğinin ortalama kuru çökme akıları $142,5 \pm 222,6 \text{ ng/m}^2.\text{gün}$ iken, aylık maksimum kuru çökme akısı değeri $667,4 \text{ ng/m}^2.\text{gün}$ ile Haziran ayının ilk yarısında, aylık minimum kuru çökme akısı değeri ise $7,2 \text{ ng/m}^2.\text{gün}$ ile Nisan ayının ikinci yarısında tespit edilmiştir.

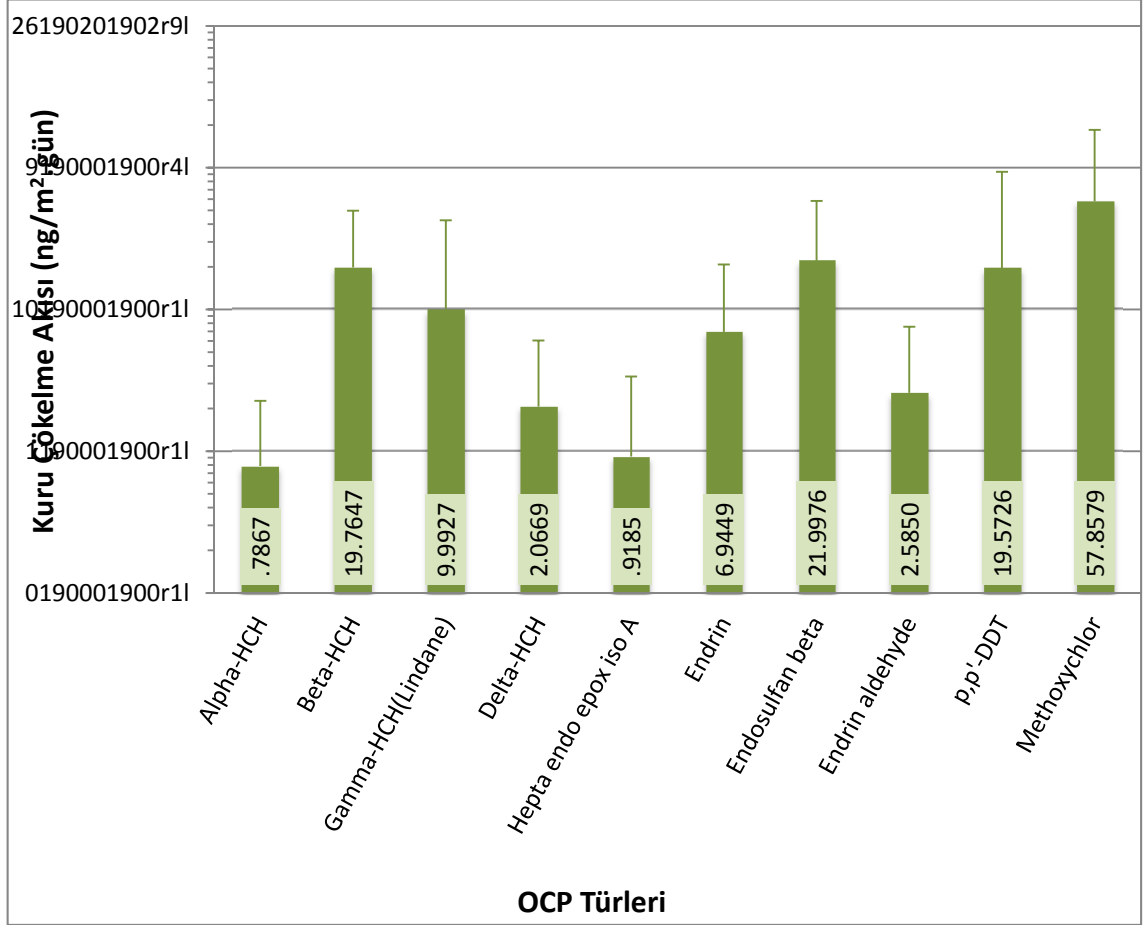
Şekil 4.3.1.'de kuru çökme akı değerlerinin örnekleme periyotlarına bağlı değişimleri verilmiştir.



Şekil 4.3.1. Kuru çökme akılarının, örnekleme periyotlarına göre değişimi

Kuru çökme akılarının örnekleme periyoduna bağlı değişimi incelendiğinde mevsimsel bir trend sergilemedikleri görülmektedir.

Şekil 4.3.2.'de ise kuru çökme akı değerlerinin OCP türlerine bağlı değişimleri verilmiştir.



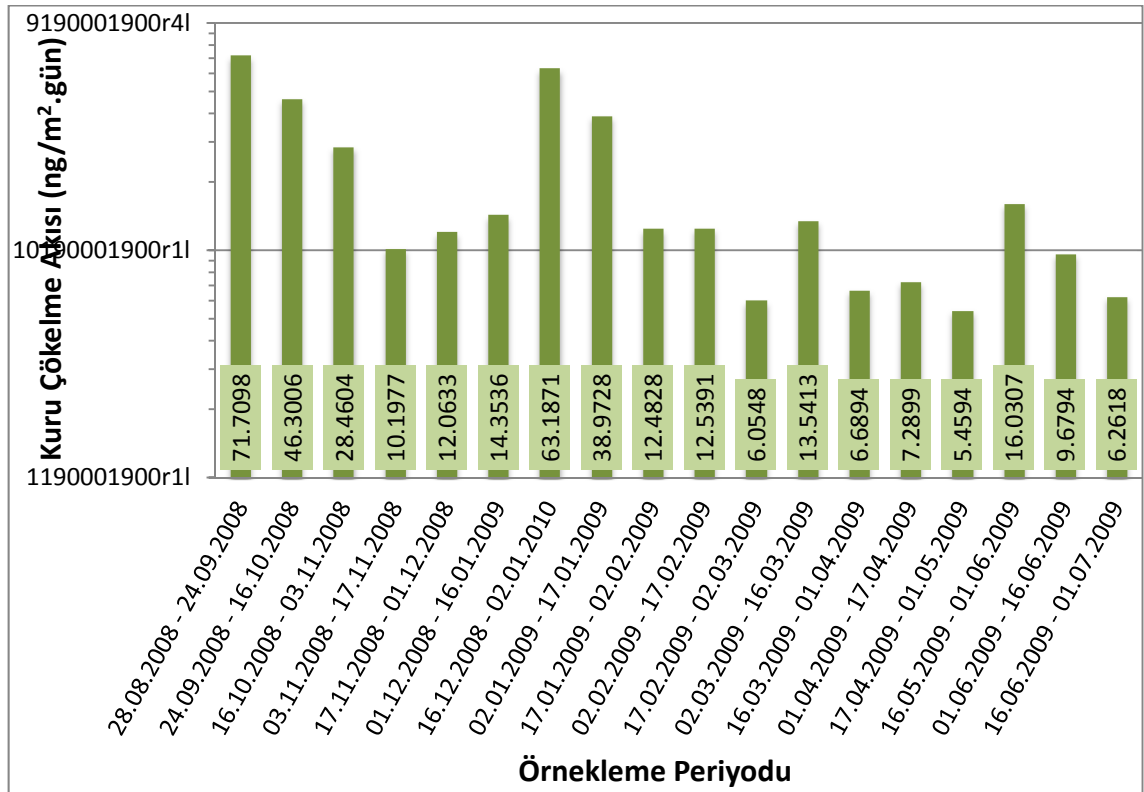
Şekil 4.3.2. Kuru çökme akılarının, OCP türleri göre değişimi

Kuru çökme akıları incelendiğinde, en yüksek kuru çökme akısı $57,9 \pm 127,0$ ng/m².gün Metoksiklor türüne aitken, en düşük kuru çökme akısı $0,8 \pm 2,45$ ng/m².gün ile Alpha-HCH türünde tespit edilmiştir.

En yüksek kuru çökme akısına sahip türler incelendiğinde, ıslak çökme akı değerleri ile benzerliklerin olduğu, Metoksiklor, Endosulfan Beta ve Beta-HCH türlerinin diğer türlere göre baskın olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum ıslak çökme örneklerinde de olduğu gibi söz konusu OCP türlerinin yakın zamanlarda yasaklanmış olması ve halen illegal kullanımlarının söz konusu olması ile açıklanmaktadır.

Islak çökeltme akıları ile ilgili bölümde belirtildiği üzere literatür incelemelerinde görüldüğü üzere ıslak ve kuru çökeltme akısı çalışmalarının tümünde ıslak ve kuru çökeltme sürelerinin ayrı ayrı belirlenebilmesinin her zaman mümkün olmaması nedeniyle bir çok çalışmada akı hesabı 15 günlük periyotlar için hesaplanmıştır. O nedenle bu çalışma kapsamında yağış ve yağışsız sürelerin hesabı göz ardı edilerek 15 günlük çökeltme akılarında hesaplanmıştır.

Şekil 4.3.3.'de 15 günlük kuru çökeltme akı değerlerinin örnekleme periyotlarına bağlı değişimleri verilmiştir. Grafikte belirtilen akı değerleri tespit edilen OCP türlerinin akı değerlerinin toplamıdır. Hesaplamalarda örnekleme süresi olarak 15 gün esas alınmıştır.

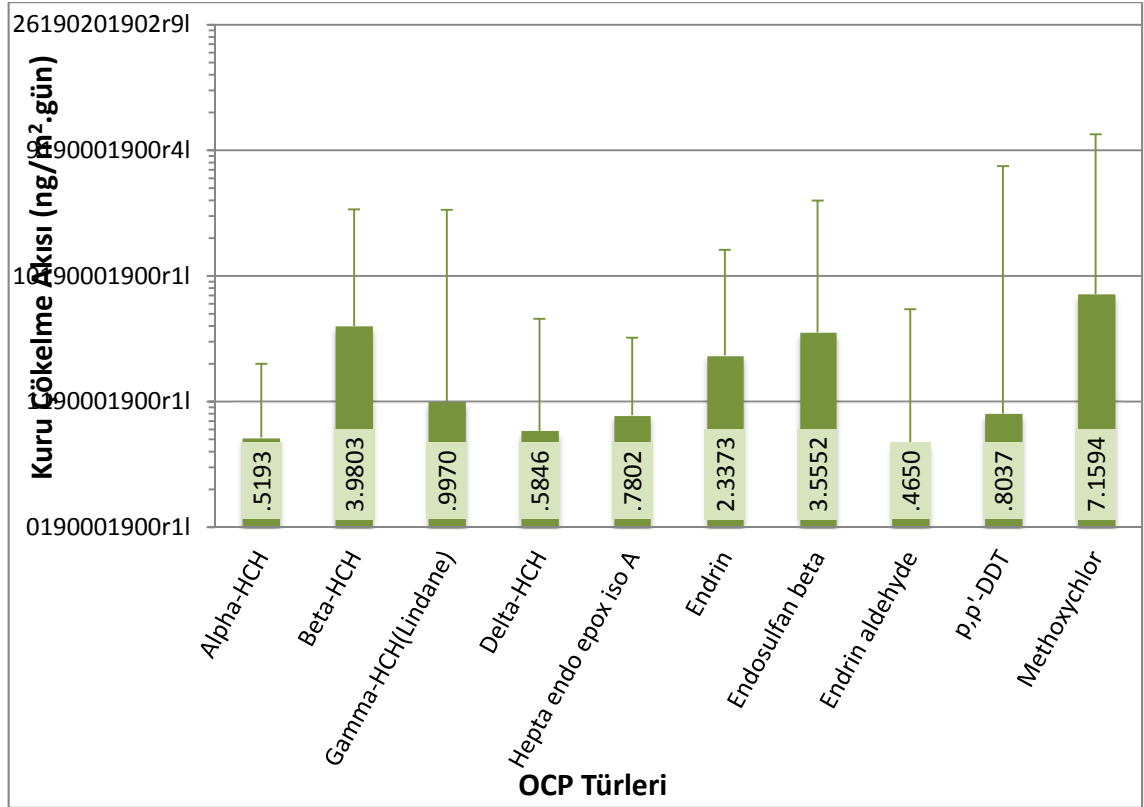


Şekil 4.3.3. 15 günlük kuru çökeltme akılarının, örnekleme periyotlarına göre değişimi

Grafikte görüldüğü üzere en yüksek 15 günlük kuru çökeltme akı değeri 71,7 ng/m².gün Eylül ayında tespit edilirken, en düşük 15 günlük kuru çökeltme akı değeri 5,5 ng/m².gün ile Nisan ayının ikinci yarısında tespit edilmiştir.

Yağışlı sürelerin hesaba dahil edilmesiyle tespit edilen akı değerleri ile 15 günlük akı değerleri karşılaştırıldığında farklılıkların oluştuğu görülmektedir.

Şekil 4.3.4.'de ise 15 günlük kuru çökeltme akı değerlerinin OCP türlerine bağlı değişimleri verilmiştir. Örnekleme süresi olarak 15 gün esas alınmıştır.



Şekil 4.3.4. 15 günlük kuru çökeltme akılarının, OCP türleri göre değişimi

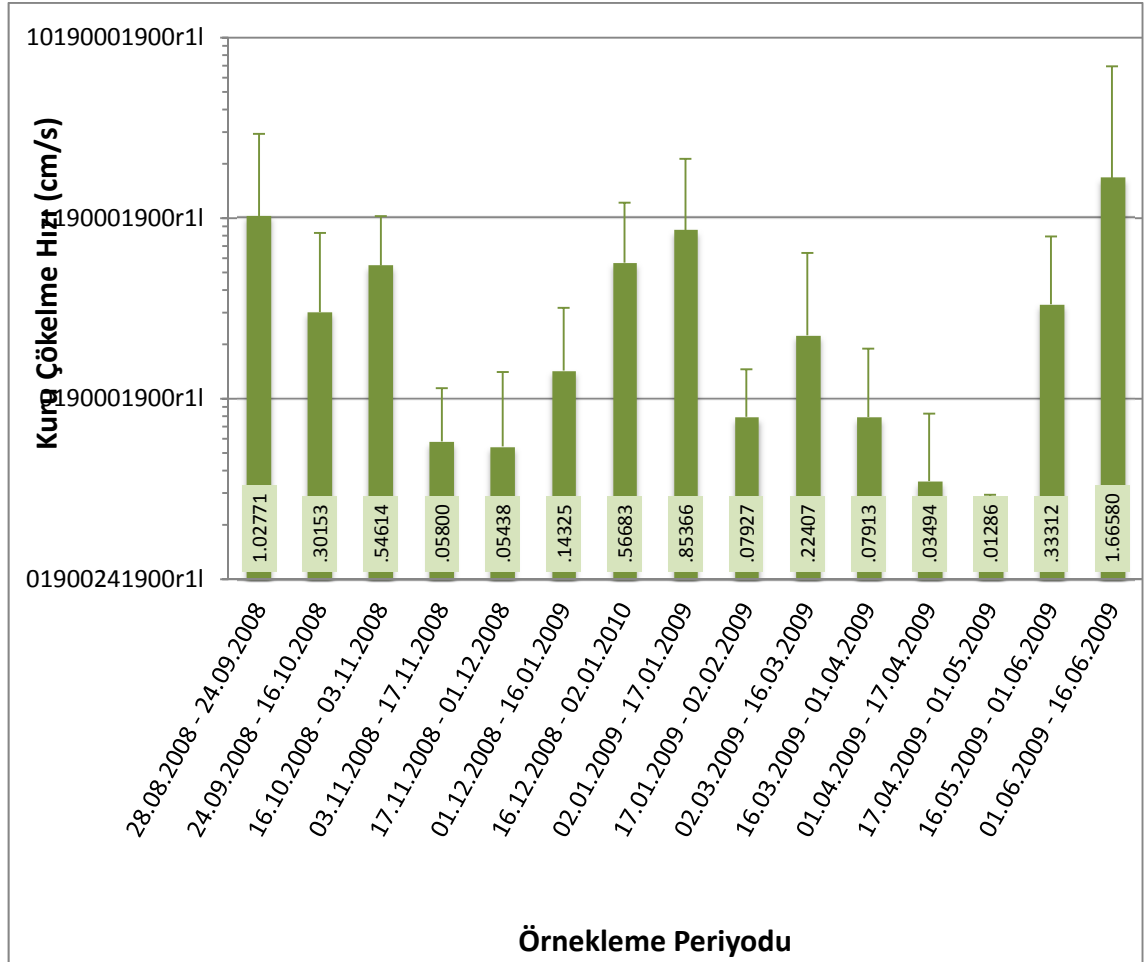
15 günlük kuru çökeltme akıları incelendiğinde en yüksek 15 günlük kuru çökeltme akısı $7,2 \pm 6,8$ ng/m².gün ile Metoksiklor türünde tespit edilirken, en düşük 15 günlük kuru çökeltme akısı $0,5 \pm 0,5$ ng/m².gün Endrin Aldehyde türünde tespit edilmiştir.

Dünya genelinde yarı uçucu organik bileşikler ile ilgili yapılmış birçok çalışma neticesinde tespit edilmiş kuru çökeltme akı değerleri aşağıdaki tabloda verilmektedir.

Tablo 4.3.1. Dünya genelinde yapılan çeşitli çalışmalarda tespit edilen kuru çökeltme akı değerleri (Günindi ve Taşdemir 2010, Jimenez ve ark. 2011, Gaga 2004)

Örnekleme Yeri	Örnekleme Periyodu	Organik Bileşik Türü	Kuru Çökeltme Akısı (ng/m ² .gün)	Referans
Wash, Crossing, New Jersey, Amerika	2001 – 2003	PCB	3,1	Totten ve ark.
Kuzeydoğu, New Jersey, Amerika			8	
Camden, New Jersey, Amerika			76	
Swatmore, New Jersey, Amerika			14	
Lum's Pond, New Jersey, Amerika			2,6	
Delaware Körfezi, New Jersey, Amerika			5,9	
Camden, New Jersey, Amerika	2000	PCB	25	Van Ry ve ark.
New Brunswick, New Jersey, Amerika			3,7	
Pinelands, New Jersey, Amerika			1	
Tuckerton, New Jersey, Amerika			1,5	
Bursa, Türkiye	2008 – 2009	PCB	21	Günindi ve Taşdemir
Etang de Thau, Fransa	2007 - 2008	PCDD/F	23,4	Jimenez ve ark.
Etang de Thau, Fransa	2007 - 2008	PCB	136,1	Jimenez ve ark.
Ankara, Türkiye	2000 – 2002	PAH	454,21	Gaga
Yavuzselim, Bursa, Türkiye	2008 – 2009	PCB	5,55	Birgül ve Taşdemir
Mudanya, Bursa, Türkiye	2008 – 2009	OCP	142,5 (Gerçek Zaman) 21,2 (15 Günlük)	Bu çalışma

Şekil 4.3.5.'te kuru çökeltme akı değerlerinin atmosferik konsantrasyon değerine oranı ile hesaplanarak elde edilmiş kuru çökeltme hızlarının örnekleme periyotlarına bağlı değişimi görülmektedir.



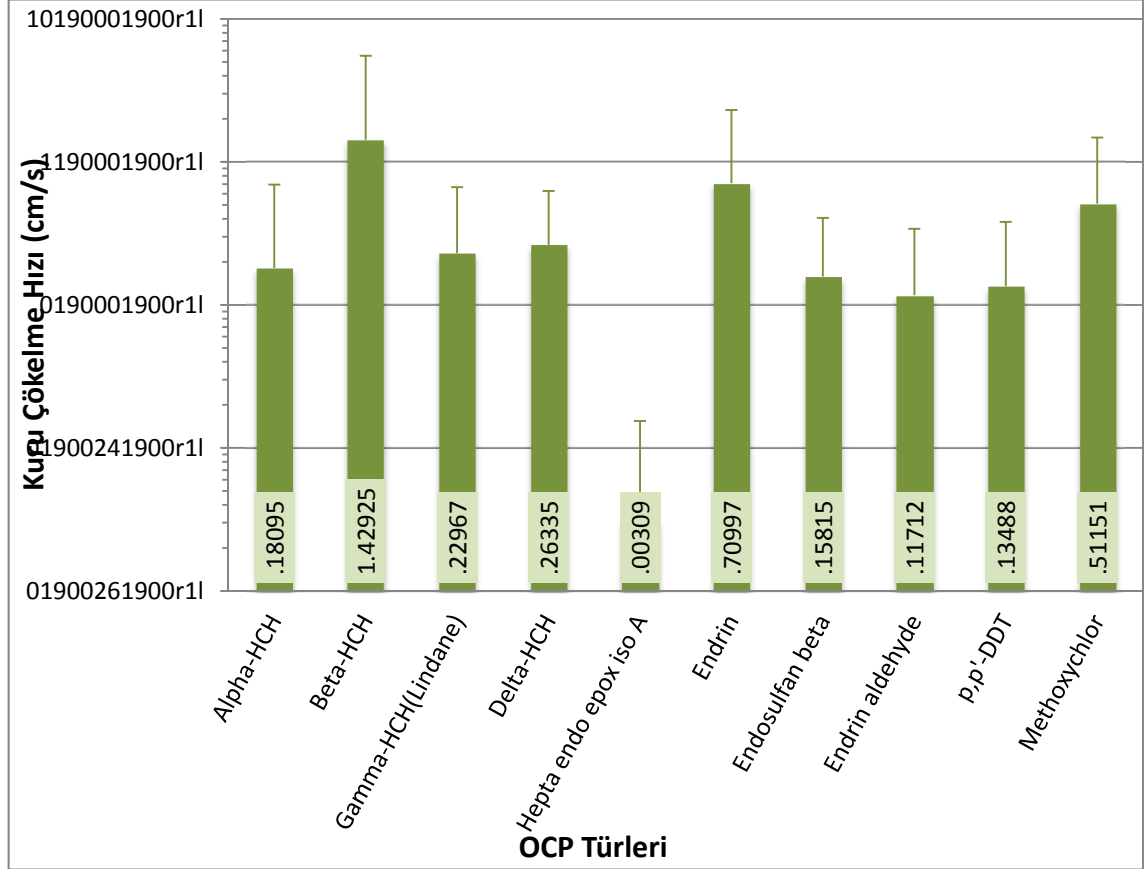
Şekil 4.3.5. Kuru çökme hızlarının örnekleme periyoduna göre değişimi

Kuru çökme hızları, kuru çökme akı değerlerinin, atmosferik konsantrasyon değerlerine bölünmesi ile tespit edilmiştir. Kuru çökme örnekleri için tespit edilen ortalama hız değeri $0,40 \pm 0,47$ cm/s'dir.

En yüksek kuru çökme hızı $1,67 \pm 5,27$ cm/s ile Haziran ayının ilk yarısına tespit edilirken, en düşük kuru çökme hızı $0,01 \pm 0,02$ cm/s ile Nisan ayının ikinci yarısında tespit edilmiştir.

Kuru çökme hızının en yüksek olduğu örnek Haziran ayına aittir. Bu durum belirtilen ayın yaz mevsiminin başlangıcında, tarım faaliyetlerinin ve dolayısıyla pestisit kullanımının yoğun olmasıyla açıklanmaktadır.

Şekil 4.3.6.'da ise kuru çökeltme hızlarının OCP türlerine göre değişimleri verilmektedir.



Şekil 4.3.6. Kuru çökeltme hızlarının OCP türleri göre değişimi

Tespit edilen en yüksek kuru çökeltme hızı $1,43 \pm 4,10$ cm/s ile Beta-HCH türüne aitken, en düşük kuru çökeltme hızı $0,003 \pm 0,012$ cm/s ile Hepta Endo Epox iso A türüne aittir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, Bursa İli, Mudanya İlçesi'nden 4 mevsim boyunca toplanan çökeltme örneklerinde (OCP'lerin) pestisitlerin ıslak kuru çökeltme akıllarını tespit edilmiştir.

Örnekler 2008 yılı Haziran ayı ile 2009 yılı Haziran ayları arası geçen 1 yıllık sürede toplanmıştır. Mudanya İlçesi Bursa ili sahil kesiminde yer almaktadır. Örnekleme noktası kıyıya 700 m mesafede bulunmaktadır. Örnekleyci 4 katlı bir binanın tepesine yerleştirilmiştir.

Örneklerin toplanmasında Islak Kuru Çökeltme Örnekleycisi (IKÇÖ) kullanılmıştır. Islak Kuru Çökeltme Örnekleycisi üzerine yerleştirilmiş yağış sensörü sayesinde yağışlarda ıslak çökeltme haznesinin, kuru hava şartlarında ise kuru çökeltme haznesinin açık tutularak, kuru ve ıslak çökeltme örneklerini ayrı ayrı toplayan bir örnekleycidir.

Örneklerin analizleri neticesinde 10 farklı OCP bileşigi hedef seçilmiştir. Bunlar; alfa-HCH, beta-HCH, gamma-HCH, delta-HCH, Heptaklor epoksite, Endrin, Endosulfan beta, Endrin aldehit, pp'-DDT, ve Metoksiklor bileşikleridir.

Örnekleme bölgesinden Haziran 2008 – Haziran 2009 tarihleri arasında alınan örnekler için partikül+gaz faz ortalama toplam atmosferik konsantrasyon değeri $550,9 \pm 277,6$ pg/m³ olarak tespit edilmiştir.

Partikül faz için maksimum atmosferik konsantrasyon değeri $91,42 \pm 84,06$ pg/m³ ile Metoksiklor türünde, minimum atmosferik konsantrasyon değeri ise $0,86 \pm 1,45$ pg/m³ ile Alpha-HCH türünde tespit edilmiştir. Gaz faz için ise maksimum atmosferik konsantrasyon değeri $626,38 \pm 660,21$ pg/m³ ile Beta HCH türünde, minimum atmosferik konsantrasyon değeri ise $5,52 \pm 6,09$ pg/m³ ile Endrin Aldehit türünde tespit edilmiştir.

Yapılan çalışma neticesinde partikül faz için en yüksek atmosferik konsantrasyon değeri $97,2 \pm 116,9 \text{ pg/m}^3$ ile Mart tespit edilirken, en düşük atmosferik konsantrasyon değeri $2,0 \pm 3,2 \text{ pg/m}^3$ ile Haziran ayında tespit edilmiştir. Gaz faz için ise için en yüksek en yüksek atmosferik konsantrasyon değeri $96,3 \pm 186,1 \text{ pg/m}^3$ ile Mayıs tespit edilirken, en düşük atmosferik konsantrasyon değeri $16,4 \pm 27,4 \text{ pg/m}^3$ ile Ağustos ayında tespit edilmiştir.

Örnekleme bölgesinden Haziran 2008 – Haziran 2009 tarihleri arasında alınan 17 adet ıslak çökeltme örneği ile ıslak çökeltme akıları partikül ve çözünmüş fazlar için sırasıyla akı ortalamaları $794,26 \pm 756,70 \text{ ng/m}^2.\text{gün}$ ve $800,77 \pm 672,63 \text{ ng/m}^2.\text{gün}$ olarak tespit edilmiştir.

Yapılan çalışma neticesinde partikül faz için en yüksek ıslak çökeltme akı değeri $2.612,1 \text{ ng/m}^2.\text{gün}$ ile Ekim ayının ikinci yarısında tespit edilirken, en düşük ıslak çökeltme akı değeri $125,2 \text{ ng/m}^2.\text{gün}$ ile Nisan ayının ilk yarısında tespit edilmiştir. Çözünmüş faz için ise için en yüksek ıslak çökeltme akı değeri $2.940,0 \text{ ng/m}^2.\text{gün}$ ile Ocak ayının ilk yarısında tespit edilirken, en düşük ıslak çökeltme akı değeri $183,4 \text{ ng/m}^2.\text{gün}$ ile Nisan ayının ilk yarısında tespit edilmiştir.

Islak çökeltme akıları ile sıcaklık arasında net bir ilişkinin olmadığı tespit edilmiş olsada, yaz ve kış aylarında hem partikül faz, hem de çözünmüş faz akı değerlerinde farklılıkların oluştuğu görülmüştür. Söz konusu durum pestisit kullanımının mevsimlere göre farklılıklar göstermesi ile açıklanmaktadır. Pestisitler üretilecek tarım ürününün üretim dönemine bağlı olarak az yada yoğun olarak kullanılmıştır. Buna bağlı olarak akı değerlerinde de dönemsel farklılıklar oluştuğu görülmüştür.

Akı değerlerinde farklılıkların görülmesinde bir diğer etkenin ise buharlaşma olduğu bilinmektedir. Daha fazla buharlaşmanın gerçekleşmesi halinde, daha fazla OCP'nin atmosfere geçmesi ve ardından çeşitli etkenlerle yeniden yeryüzüne dönmesi oluşan farklılıkların bir diğer nedeni olarak kabul edilmiştir. Bununla birlikte kış dönemlerinde tespit edilen yüksek akı değerlerinin ise yağmur, kar gibi çeşitli yağışların

etkisiyle daha fazla OCP'nin yağış bünyesine geçerek çökelediği görüşüyle açıklanmıştır.

OCP türlerine göre sonuçlar incelendiğinde partikül faz için en yüksek ıslak çökme akısı $253,8 \pm 416,0$ ng/m².gün ile Beta-HCH türünde tespit edilirken, en düşük ıslak çökme akısı $7,0 \pm 17,8$ ng/m².gün Endrin Aldehyde türünde tespit edilmiştir. Çözünmüş faz için ise en yüksek ıslak çökme akısı $263,3 \pm 312,1$ ng/m².gün ile Beta-HCH türünde tespit edilirken, en düşük ıslak çökme akısı $12,1 \pm 22,6$ ng/m².gün Endrin Aldehyde türünde tespit edilmiştir.

Çalışma neticesinde partikül faz ıslak çökme akı ile, çözünmüş faz ıslak çökme akı değerleri benzerlik göstermekte olup, her iki faz içinde en yüksek değerler Beta-HCH türünde tespit edilirken, en düşük ıslak akı değerleri Endrin Aldehyde tespit edilmiştir.

Türkiye'de birçok OCP türü 1971 – 2010 yılları arasında yasaklanmıştır. Ancak Endosulfan Beta, Metoksiklor ve Beta HCH diğer OCP türleri ile kıyaslandığında çok yakın zamanlarda yasaklanmış olan OCP türleridir. Belirtilen türler 2010 yılından sonraki zaman aralığında yasaklandığından grafikte de görüldüğü üzere diğer OCP türlerine nazaran daha yüksek oranlarda tespit edilmişlerdir. Belirtilen türlerin Bursa'da ve Türkiye genelinde tarım alanında insektisit ve herbisit olarak kullanımlarının halen devam ettiği tahmin edilmektedir. OCP'lere getirilen sınırlamalar ve yasaklamalar bunları içeren tarım ilaçlarının üretimlerini engellemeye yönelik olduğundan, yasaklama tarihi öncesinde üretilmiş, ancak son kullanma tarihi geçmemiş tarım ilaçlarının hala kullanılmakta olduğu ve söz konusu durumun birkaç yıl daha devam edeceği tahmin edilmektedir. İlegal kullanımları önüne geçilemediği sürece gelecek yıllarda yapılacak çalışmalarda da söz konusu OCP bileşiklerinin tespit edileceği tahmin edilmektedir.

Yağmur suyu konsantrasyonları incelendiğinde partikül faz için en yüksek yağmur suyu konsantrasyonu $22,6 \pm 34,3$ ng/L ile Haziran ayının ikinci yarısında tespit edilirken, en düşük yağmur suyu konsantrasyonu $0,13 \pm 0,23$ ng/L ile Ocak ayının ilk yarısında tespit edilmiştir. Çözünmüş faz için ise en yüksek yağmur suyu

konsantrasyonu $9,6 \pm 14,7$ ng/L ile Haziran ayının ikinci yarısında tespit edilirken, en düşük yağmur suyu konsantrasyonu $0,16 \pm 0,21$ ng/L ile Kasım ayının ikinci yarısında tespit edilmiştir.

Yağmur suyu konsantrasyon değerinin aylara bağlı olarak farklılıklar göstermesi pestisit kullanımının dönemseller farklılıklar göstermesi ile açıklanmıştır. Yağmur suyu konsantrasyon değerleri özellikle yaz aylarında, kış aylarına oranla oldukça yüksek değerlerde tespit edilmiştir. Bu durum bahar ayları ile başlayan ve yaz süresince devam eden yoğun pestisit kullanımı ile açıklanmaktadır. Kış aylarında meteorolojik faktörlerin tarım üretimini engellemesi nedeniyle bu aylarda pestisit kullanımının da azalması görüldüğü üzere kış aylarında yağmur suyu konsantrasyon değerlerinin azalmasına neden olmuştur.

Yağmur suyu konsantrasyonlarının OCP türlerine göre değişimi incelendiğinde partikül faz için en yüksek yağmur suyu konsantrasyonu $7,4 \pm 26,1$ ng/L ile Endosülfan Beta türünde tespit edilirken, en düşük yağmur suyu konsantrasyonu $0,2 \pm 0,6$ ng/L ile Alfa HCH türünde tespit edilmiştir. Çözünmüş faz için ise en yüksek yağmur suyu konsantrasyonu $7,4 \pm 11,2$ ng/L ile Beta-HCH türünde tespit edilirken, en düşük yağmur suyu konsantrasyonu $0,09 \pm 0,15$ ng/L ile p,p'DDT türünde tespit edilmiştir.

Çalışma neticesinde yüksek yağmur suyu konsantrasyon değerlerinin her iki faz içinde Endosülfan Beta, Metoksiklor ve Beta HCH türleri daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Söz konusu durum belirtilen OCP türlerinin, diğer OCP türlerine nazaran günümüze daha yakın zamanlarda yasaklanmış olmaları ile açıklanmıştır.

Partikül faz için en yüksek ıslak çökme hızı $31,5 \pm 62,5$ cm/s ile Ekim ayının ikinci yarısında tespit edilirken, en düşük ıslak çökme hızı $0,6 \pm 1,1$ cm/s ile Nisan ayının ilk yarısında tespit edilmiştir. Çözünmüş faz için ise en yüksek ıslak çökme hızı $22,4 \pm 20,9$ cm/s ile Ocak ayının ilk yarısında tespit edilirken, en düşük ıslak çökme hızı $0,5 \pm 1,2$ cm/s ile Nisan ayının ilk yarısında tespit edilmiştir.

Partikül fazda en yüksek ıslak çökme hızı $18,6 \pm 41,3$ cm/s ile Gamma-HCH türünde tespit edilirken, en düşük ıslak çökme hızı $0,04 \pm 0,08$ cm/s ile Endrin Aldehyde’te tespit edilmiştir. Çözünmüş faz için ise en yüksek ıslak çökme hızı $9,6 \pm 11,5$ cm/s ile Metoksiklor türünde tespit edilirken, en düşük ıslak çökme hızı $0,7 \pm 1,4$ cm/s Alpha-HCH türünde tespit edilmiştir.

Partikül faz için en yüksek yıkanma oranı $674.565 \pm 1.740.076$ ile Mayıs ayının ikinci yarısında tespit edilirken, en düşük yıkanma oranı 2.896 ± 4.564 ile Ocak ayının ilk yarısında tespit edilmiştir. Çözünmüş faz için ise en yüksek yıkanma oranı $407.321 \pm 1.069.659$ ile Nisan ayının ikinci yarısında tespit edilirken, en düşük yıkanma oranı 1.388 ± 2.897 ile Ekim ayında tespit edilmiştir.

Partikül fazda en yüksek yıkanma oranı $497.593 \pm 1.419.781$ ile Metoksiklor türünde tespit edilirken, en düşük yıkanma oranı 3.840 ± 13.500 ile Hepta Endo Epox iso A türünde tespit edilmiştir. Çözünmüş faz için ise en yüksek yıkanma oranı 247.524 ± 420.506 ile Endosülfan Beta türünde tespit edilirken, en düşük yıkanma oranı 10.170 ± 26.523 ile p,p’-DDT türünde tespit edilmiştir.

Islak çökme akı değerleri ve yağmur suyu konsantrasyon değerleri bölümlerinde de belirtildiği üzere Türkiye’de birçok OCP türü 1971 – 2010 yılları arasında yasaklanmışken, Endosülfan Beta, Metoksiklor ve Beta HCH diğerleri ile kıyaslandığında çok yakın zamanlarda yasaklanmış olan OCP türleridir. O nedenle söz konusu türlerin diğer türlere göre baskın çıkmış olması normaldir. Literatür verileri ile kıyaslandığında bulunan sonuçlar benzerlik göstermektedir.

Örnekleme bölgesinden Haziran 2008 – Haziran 2009 tarihleri arasında alınan 18 adet kuru çökme örneğinin ortalama kuru çökme akıları $142,5 \pm 222,6$ ng/m².gün iken, aylık maksimum kuru çökme akısı değeri $667,4$ ng/m².gün ile Haziran ayının ilk yarısında, aylık minimum kuru çökme akısı değeri ise $7,2$ ng/m².gün ile Nisan ayının ikinci yarısında tespit edilmiştir.

Kuru çökme akıları incelendiğinde, en yüksek kuru çökme akısı $57,9 \pm 127,0$ ng/m².gün Metoksiklor türüne aitken, en düşük kuru çökme akısı $0,8 \pm 2,45$ ng/m².gün ile Alpha-HCH türünde tespit edilmiştir.

En yüksek kuru çökme akısına sahip türler incelendiğinde, ıslak çökme akı değerleri ile benzerliklerin olduğu, Metoksiklor, Endosülfan Beta ve Beta-HCH türlerinin diğer türlere göre baskın olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum ıslak çökme örneklerinde de olduğu gibi söz konusu OCP türlerinin yakın zamanlarda yasaklanmış olması ve halen illegal kullanımlarının söz konusu olması ile açıklanmıştır.

Kuru çökme hızları, kuru çökme akı değerlerinin, atmosferik konsantrasyon değerlerine bölünmesi ile tespit edilmiştir. Kuru çökme örnekleri için tespit edilen ortalama hız değeri $0,40 \pm 0,47$ cm/s'dir.

En yüksek kuru çökme hızı $1,67 \pm 5,27$ cm/s ile Haziran ayının ilk yarısına tespit edilirken, en düşük kuru çökme hızı $0,01 \pm 0,02$ cm/s ile Nisan ayının ikinci yarısında tespit edilmiştir.

Kuru çökme hızının en yüksek olduğu örnek Haziran ayına aittir. Bu durum belirtilen ayın yaz mevsiminin başlangıcında, tarım faaliyetlerinin ve dolayısıyla pestisit kullanımının yoğun olmasıyla açıklanmıştır.

Çalışma neticesinde en yüksek kuru çökme hızı $1,43 \pm 4,10$ cm/s ile Beta-HCH türünde tespit edilirken, en düşük kuru çökme hızı $0,003 \pm 0,012$ cm/s ile Hepta Endo Epox iso A türünde tespit edilmiştir.

Bir yıl süre ile Mudanya İlçe'sinden temin edilen örneklerin analizleri neticesinde ıslak çökme akılarının toplam çökelmeye etkisinin kuru çökelmeye göre oldukça fazla olduğu, yağışlı ortam koşullarında kirliliğin daha kısa sürelerde yeryüzüne ulaştığı kanıtlanmıştır.

KAYNAKLAR

- Acara, A. ve Çalışma Grupları. 2006.** Türkiye'nin Kalıcı Organik Kirletici Maddelere (Pop'ler) İlişkin Stockholm Sözleşmesi İçin Taslak Ulusal Uygulama Planı
- Akal Solmaz, S.K., Azak, H.S., Üstün, G.E., Morsünbül, T. 2010.** Pestisit Gideriminde Fenton Proseslerinin Kullanımına Yönelik Bir Envanter Çalışması Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi. Cilt 15, Sayı 1,179-194.
- Akgönül, B., Erem, C., Çınar, D., Halimoğlu, G. 2009.** Genetiği Değiştirilmiş Organizmalar. Dokuz Eylül Üniversitesi, Buca Eğitim Fakültesi, İzmir.
- Akgül, H. 2008.** "Büyüme ve Gelişim Düzenleyiciler", Egridir Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Yayını, Yayın No:12.
- Akyol, H. 2008.** Bitki Gelişim Düzenleyicileri Ve Etki Mekanizmaları. Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü. Samsun
- Anonim 1999.** Zirai Mücadelede Kullanılan Pestisit Ve Benzeri Maddelerin Ruhsatlandırılması Hakkında Yönetmelik Tarım ve Köyişleri Bakanlığından: R.G. Tarihi: 17/02/1999. R.G. Sayısı: 23614
- Anonim 2005.** Zirai Mücadele İlaçları Üretimi Yapılan İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Proje Denetimi Değerlendirme Raporu. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Teftiş Kurulu Başkanlığı.
- Anonim 2007.** www.zmo.org.tr. Yücel, Ü., Pestisitlerin İnsan ve Çevre Üzerine Etkileri Ankara Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi, Nükleer Kimya Bölümü.
- Anonim 2010a.** Bitki Gelişimini Düzenleyiciler (BGD)-Hormonlar. Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. <http://www.tarim.gov.tr>-(Erişim tarihi: 20.03.2012).
- Arslan, A., Balkaya, N. 2004.** Sulu Çözeltilerdeki Pestisitlerin Güneş Işığı Etkisiyle Bozunumu. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühensilik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Samsun, İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul
- Babaoğlu, M. 2002.** Bitki Büyüme Düzenleyicileri Türkiye'deki Durum ve Sağlık Açısından Değerlendirmeler, Ders Notları, Selçuk Üni. Ziraat Fak. Tarla Bitkileri

Baker, G.H. 1998. The ecology, management and benefits of earthworms in agricultural soils, with particular reference to southern Australia. In "Earthworm Ecology".

Bidleman, T.F. 1988. Wet and dry deposition of organic compounds are controlled by their vapor-particle partitioning. Environ. Sci. Technol.. Vol. 22. No. 4. 1988.

Birgöl, A., Yaşdemir, Y. 2011. Determination of the Sampler Type and Rainfall Effect on the Deposition Fluxes of the Polychlorinated Biphenyls. The ScientificWorld Journal. Volume 2012, Article ID 798020, 10 pages. doi:10.1100/2012/798020

Bozlaker, A., Müezzinoğlu, A., Odabaşı, M. 2009. Processes affecting the movement of organochlorine pesticides (OCPs) between soil and air in an industrial site in Turkey. Chemosphere. A. Bozlaker et al. / Chemosphere 77 (2009) 1168–1176.

Buckley, D.R., Rockne, K.J., Li, A., Mills, W.J. 2004. Soot Deposition in the Great Lakes: Implications for Semi-Volatile Hydrophobic Organic Pollutant Deposition. Environ. Sci. Technol. 2004, 38, 1732-1739.

Castro-Jimenez, J., Mariani, G., Vives., I., Skejo, H., Umlauf, G., Zaldivar, J.M., Dueri, S., Messiaen, G., Laugier, T. 2011. Atmospheric concentrations, occurrence and deposition of persistent organic pollutants (POPs) in a Mediterranean coastal site (Etang de Thau, France). Environmental Pollution. Environmental Pollution 159 (2011) 1948-1956.

Cindoruk, S.S. 2010. Atmospheric Organochlorine Pesticide (OCP) Levels In A Metropolitan City In Turkey, Chemosphere 82 (2011) 78–87.

Çamurcu, H. 2010. Dünya Nüfusu Artışı ve Getirdiği Sorunlar. Balıkesir Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Balıkesir.

Dağhoğlu, N. 2009. İnsan Cilt Altı Yağ Dokusunda Organoklorlu Pestisitlerin Kalıntı Düzeylerinin Tesbiti. Çukurova Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Adli Tıp anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana.

Daly, G.L., Lei, Y.D., Teixeria, C., Muir, D.C.G., Wania, F. 2007. Pesticides in Western Canadian Mountain Air and Soil. Environ. Sci. Technol. 2007, 41, 6020-6025.

Delen, N., Durmuşoğlu, E., Güncan, A., Güngör, N., Turgut, C., Burçak, A. 2005. Türkiye’de Pestisit Kullanımı, Kalıntı ve Organizmalarda Duyarlılık Azalışı Sorunları, Türkiye Ziraat Mühendisliği 6. Teknik Kongre.

Durmuşoğlu, E., Tiryaki, O., Canhilal, R. 2010. Türkiye’de Pestisit Kullanımı, Kalıntı ve Dayanıklılık Sorunları, Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Bornava/İzmir, Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Melikgazi/Kayseri

Fu, S., Li, K., Yang, Z.Z., Xu., X.B. 2008. Composition, Distribution, and Characterization of Organochlorine Pesticides in Sandstorm Depositions in Beijing, China. *Water Air Soil Pollut* (2008) 193:343–352. DOI 10.1007/s11270-008-9695-y

Gaga, E. 2004. Investigation Of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) Deposition In Ankara. Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Kimya Bölümü. Doktora Tezi. Ankara

Gaga, O., E., Tuncel, G., Tuncel, G. S., 2009. Sources Andwet Deposition Fluxes Of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (Pahs) İn An Urban Site 1000 Meters High İn Central Anatolia (Turkey). *Environmental Forensics*, 10:286–298, 2009

Gambaro, A., Radaelli, M., Piazza, R., Stortini, A., Contini, D., Belosi, F., Zangranda, R., Cescon, P. 2009. Organic micropollutants in wet and dry depositions in the Venice Lagoon. *Chemosphere* 76 (2009) 1017–1022

Gilliom, R.J. 2007. Pesticides in U.S. Streamsand Groundwater, *Environment Science Technology*, 41 (10), 3408-3414.

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

Günindi, M., Yaşdemir, Y. 2011. Wet and Dry Deposition Fluxes of Polychlorinated iphenyls (PCBs) in an Urban Area of Turkey. *Water Air Soil Pollut* (2011) 215:427–439.

Günindi, M., Yaşdemir, Y. 2010. Atmospheric polychlorinated biphenyl (pcb) inputs to a coastal city near the marmara sea. *Marine Pollution Bulletin* 60 (2010) 2242–2250.

Huang, D.Y., Peng, P. Xu, Y.G., Sun, C.X., Deng, H.M., Deng, Y.Y. 2010. Distribution, regional sources and deposition fluxes of organochlorine pesticides in precipitation in Guangzhou, South China. *Atmospheric Research* 97 (2010) 115–123.

Jurado, E., Jaward, F., Lohmann, R., Jones, K., Simoa, R., Didachs, A. 2005. Wet Deposition of Persistent Organic Pollutants to the Global Oceans. *Environ. Sci. Technol.* 2005, 39, 2426-2435

Kence, M., Kence, A. 1992. Böceklerde İnsektisit Direncinin Kırılması. Türkiye 2. Entomoloji Kongresi Bildirileri. 28-31 Ocak 1992. Cilt: 273-280.

Köprü, İ., Karadeniz, H., Kanca, E., Kılıçer, Y.Ç., Özlü, E., Karakaş, D., Yenisoğ Karakaş, S. 2012. Sıralı (Fraksiyonel) Yağmur Örneklerinde Polisiklik Aromatik Hidrokarbon Ve Organoklorlu Pestisit Kompozisyonlarının İncelenmesi. *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi 1 (2012) 30 – 40*

Kurt Karakuş, P.B., Bidleman, T.F., Jones, K.C. 2005. Chiral Organochlorine Pesticide Signatures in Global Background Soils. *Environ. Sci. Technol.* 2005, 39, 8671-8677.

Kurt Karakuş, P.B., Bidleman, T.F., Staebler, R.M., Jones, K.C. 2006. Measurement of DDT Fluxes from a Historically Treated Agricultural Soil in Canada. *Environ. Sci. Technol.* 2006, 40, 4578-4585.

Majewski, M.S., Foreman, W.T., Goolsby, D.A., 2000. Pesticides in the atmosphere of the Mississippi River Valley, Part I-rain. *Science of the Total Environment* 248, 201-212.

Morsünbül, T., Akal Solmaz, S.K., Üstün, G.E., Yonar, T., 2009. Bitki Gelişim Düzenleyici (BGD)'lerin Çevresel Etkileri ve Çözüm Önerileri Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi.

Morsünbül, T. 2010. Bazı İleri Oksidasyon Teknikleri ile Bitki Gelişim Düzenleyici (BGD) Gideriminin Araştırılması. Uludağ Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. Bursa.

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

Öğüt, S., Seçilmiş, H. 2010. Tarım İlaçlarının (Pestisitler) Olası Çevre Etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Isparta.

Öztaş, N.B. 2008. Pesticide Pollution In Surface And Ground Water Of An Agricultural Area, Kumluca, Turkey. Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Kimya Bölümü. Doktora Tezi. Ankara

Öztürk, E. 2010. Poliklorlu Bifenillerin (PCB'lerin) Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü'ndeki Atmosferik Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi, Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Lisans Bitirme Tezi, Bursa.

Pozo, K., Harner, T., Wania, F., Muir, D.C.G., Jones, K.C., Barrie, L.A. 2006. Toward a Global Network for Persistent Organic Pollutants in Air: Results from the GAPS Study. *Environ. Sci. Technol.* 2006, 40, 4867-4873.

Pozo, K., Harner, T., Wania, Lee, S.C., Wania, F., Muir, D.C.G., Jones, K.C., 2009. Seasonally Resolved Concentrations of Persistent Organic Pollutants in the Global Atmosphere from the First Year of the GAPS Study. *Environ. Sci. Technol.* 2009, 43, 796-803.

Qiu, X., Zhu, T., Wang, F., Hu, J., 2008. Air-Water Gas Exchange of Organochlorine Pesticides in Taihu Lake, China. *Environ. Sci. Technol.* 2008, 42, 1928-1932.

Ruzickova, P., Klanova, J., Cupr, P., Lammel, G., Holoubek, I. 2008. An Assessment of Air-Soil Exchange of Polychlorinated Biphenyls and Organochlorine Pesticides Across Central and Southern Europe. *Environ. Sci. Technol.* 2008, 42, 179-185.

Sataloğlu, N., Aydın, B., Turla, A. 2007. Pestisit Zehirlenmeleri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Adli Tıp Anabilim Dalı, Samsun.

Shen., L., Wania, F., Lei, Y.D., Teixeira, C., Muir, D.C.G., Bidleman, T.F. 2005. Atmospheric Distribution and Long-Range Transport Behavior of Organochlorine Pesticides in North America. *Environmental Science & Technology / Vol. 39, NO. 2,* 2005.

Tiryaki, O., Canhilal, R., Horuz, S., 2010. Tarım İlaçları Kullanımı ve Riskleri. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 26(2): 154-169, Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Kayseri.

Topuz, E. 2005. Tarımsal Zararlıların Kontrolünde Kimyasal Pestisitlere Alternatif Bazı Mücadele Yöntemleri. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Antalya.

Türkoğlu, B. 2006. Toprak Kirlenmesi ve Kirlenmiş Toprakların Islahı. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Adana.

U.S. Epa, 1998. Status of Pesticides in Registration, Reregistration, and Special Review (Rainbow Report), Washington, DC: Special Review and Reregistration Division, Office of Pesticide Programs, U.S. Environmental Protection Agency.

Ündeğer, Ü. 2005. Pestisit Kullanımının Çevre ve Halk Sağlığı Üzerine Etkileri. Hacettepe Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Farmasötik Toksikoloji Anabilim Dalı, Ankara.

Üstün, G.E., Akal Solmaz, S.K., Morsünbül, T., Azak, H.S. 2010. Advanced Oxidation and Mineralization of 3-Indolebutyric Acid (IBA) by Fenton and Fenton-like Processes Journal of Hazardous Materials 180 (1-3) 508-513.

Vural, N. 2005. Toksikoloji. Ankara Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi Yayınları, No: 73, Ankara.

Yenisoy Karakaş, S., Öz, M., Gaga, E. 2012. Seasonal variation, sources, and as/particle concentrations of PCBs and OCPs at high altitude suburban site in Western Black Sea Region of Turkey. Journal Of Environmental Monitoring. 2012, 14, 1365.

Yılmaz, E., Alagöz, Z. 2008. Topraklarda Kolloid Pestisit İlişkisi. Ziraat Fakültesi Dergisi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat.

Zhang, G., Li, J., Cheng, H., Li, X., Xu, W., Jones, K.C. 2007. Distribution of Organochlorine Pesticides in the Northern South China Sea: Implications for Land Outflow and Air-Sea Exchange. Environ. Sci. Technol. 2007, 41, 3884-3890.

Zhou, R., Zhu, L., Chen, Y. 2008. Levels and source of organochlorine pesticides in surface waters of Qiantang River, China. Environ Monit Assess (2008) 136:277–287. DOI 10.1007/s10661-007-9683-5.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Erman ÖZTÜRK
Doğum Yeri ve Tarihi : Merkez/Rize, 05.07.1987
Yabancı Dili : İngilizce
Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)
Lise : Rize Anadolu Lisesi
Lisans : Uludağ Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : EKOÇED Çevre Danışmanlık, 2010-günümüze
İletişim (e-posta) : erman_ozturk@windowlive.com