

T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI
2017-YL-041

BÜYÜK MENDERES NEHRİNİN DÖNEMSEL PESTİSİT
KİRLİLİĞİNİN BELİRLENMESİ VE SULAMA SUYU
OLARAK KULLANILMASININ BİTKİLER AÇISINDAN
RİSKLERİ

Alican GAVCAR

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Cafer TURGUT

AYDIN

T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE
AYDIN

Bitki Koruma Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı öğrencisi Alican GAVCAR tarafından hazırlanan “Büyük Menderes Nehrinin Dönemsel Pestisit Kirliliğinin Belirlenmesi ve Sulama Suyu Olarak Kullanılmasının Bitkiler Açısından Riskleri” başlıklı tez, 13/10/2017 tarihinde yapılan savunma sonucunda aşağıda isimleri bulunan jüri üyelerince kabul edilmiştir.

Unvan, Adı Soyadı	Kurumu	İmza
Başkan : Prof. Dr. Cafer TURGUT	ADÜ Ziraat Fak.	
Üye : Prof. Dr. Mehmet KARAGÖZ	ADÜ Ziraat Fak.	
Üye : Yrd. Doç. Dr. Fatma KOÇBAŞ	MCBÜ Fen-Edebiyat Fak.	

Jüri üyeleri tarafından kabul edilen bu Yüksek Lisans Tezi, Enstitü Yönetim Kurulunun sayılı kararıyla tarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Aydın ÜNAY
 Enstitü Müdürü

T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE
AYDIN

Bu tezde sunulan tüm bilgi ve sonuçların, bilimsel yöntemlerle yürütülen gerçek deney ve gözlemler çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kurulların gereği olarak eksiksiz şekilde uygunca atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

13/10/2017

Alican GAVCAR

ÖZET

BÜYÜK MENDERES NEHRİNİN DÖNEMSEL PESTİSİT KİRLİLİĞİNİN BELİRLENMESİ VE SULAMA SUYU OLARAK KULLANILMASININ BİTKİLER AÇISINDAN RİSKLERİ

Alican GAVCAR

Yüksek Lisans Tezi, Bitki Koruma Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Cafer TURGUT
2017, 85 sayfa

Ülkemizde ve Dünya’da birçok nehir arıtmaz kentsel ve fabrika atıksuları, bilinçsiz tarımsal uygulamalar gibi birçok yolla kirlenmektedir. Tarımsal açıdan kirliliğin başında da pestisit kirliliği gelmektedir. Bu çalışmanın amacı bölge için önemli bir sulama suyu kaynağı olan Büyük Menderes Nehri’ndeki dönemsel pestisit kirliliğini belirlemek, sulama suyu olarak kullanılmasının bitkiler üzerine etkilerini gözlemlemek için ekotoksikolojik testler yapmak ve bitki içindeki modele göre taşınımını göstermektir. Aydın ve Denizli il sınırları içinde kalan nehir üzerinden 8 farklı noktadan yaz ve kış olmak üzere iki farklı dönemde su ve sediment örnekleri alınıp analiz edilmiştir. Toplamda 41 adet pestisit ve metaboliti tespit edilmiş ve tespit edilen pestisitler arasında yasaklı pestisitler olup bunların içinde OCP grubu pestisitlerde rastlanılmıştır. Su örneklerinde en yüksek ortalama konsantrasyon yaz döneminde 3226,9 ng/L ile endosülfan görülürken sediment örneklerinde ise kış döneminde 289,9 ng/g ile pyrimethanil olmuştur. Sonuçlar, Büyük Menderes Nehri’nin uzun süre önce yasaklanmasına rağmen OCP’ler ile hala kirletildiğini gösteriyor. *Lepidium sativum*’un çimlenme testinde 6. noktadan alınan örneklerde çimlenmede engelleme olduğu görülmüştür. *Arabidopsis thaliana*’da mutasyon testinde Büyük Menderes Nehri’nden alınan su örneklerinin kontrole göre mutasyon sıklığının tamamında bir artış görülmüştür. Kökten alım yaptığı varsayılan modele göre Büyük Menderes Nehri’nden alınan su ile sulanan barbunyada pestisit birikimi gözlemlenmiş ve en fazla pestisit birikimi kök, yaprak ve meyvede sırasıyla 44,4 ppb, 0,2 ppb ve 0,9 ppb olmak üzere pyrimethanil ölçülmüştür.

Anahtar Kelimeler; Büyük Menderes Nehri, Su, Sediment, Pestisit, *Lepidium sativum*, *Arabidopsis thaliana*, Barbunya, pH, EC, tekstür

ABSTRACT

DETERMINATION OF PERIODIC PESTICIDE POLLUTION OF THE BÜYÜK MENDERES RIVER AND USE AS IRRIGATION WATER OF RISK ACCORDING TO PLANTS

Alican GAVCAR

M.Sc. Thesis, Department of Plant Protection

Supervisor: Prof. Dr. Cafer TURGUT

2017, 85 pages

In our country and world, many rivers are polluted by uncleaned urban and factory wastewater, unconscious agricultural practices. Pesticide pollution come first for agriculture pollution. The aim of this study was to determine the seasonal pesticide pollution of Great Menderes River which is an important irrigation water source for the region, to make ecotoxicological bioassay over the effects of plants as irrigation water and to show its transportation due to model of the plant. In summer and winter from 8 different point of the river province border of Aydın and Denizli, water and sediment samples were taken and analyzed. In total 41 pesticides and metabolite were determined and in those pesticides there were forbidden pesticides containing OCP group. In water samples as the highest concentration was endosulfate in summer with 3226,9 ng/L, in sediment samples was 289,9 ng/g pyrimethanil in winter. The results show that Great Menderes River is still polluted with OCPs despite it is long forbidden. In *Lepidium sativum* germination test it is observed that in examples taken from the 6th point, there were obstacles to germination. At the mutation test of *Arabidopsis thaliana*, the water examples taken from Great Menderes River there were increase at the whole mutation frequency. Due to the model assumed that purchasing from the root, the cranberry bean watered with the water taken from Great Menderes River pesticide accumulation is observed and the most pesticide accumulation in root, leaf and fruit is in order to measured 44,4 ppb, 0,2 ppb and 0,9 ppb pyrimethanil.

Keywords; Great Menderes River, Water, Sediment, Pesticide, *Lepidium sativum*, *Arabidopsis thaliana*, Cranberry Beans, pH, EC, texture

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim boyunca tez konusunun seçiminden araştırılmalarımın yürütülmesine kadar geçen bu süreçte destek ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. Cafer TURGUT'a

Analizlerimde yapmış olduğu desteklerinden dolayı Bursa Teknik Üniversitesi'ndeki Doç. Dr. Perihan Binnur KURT KARAKUŞ ve Yrd. Doç. Dr. Aşkın BİRGÜL'e

Tohumlarımı temin etmemde bana yardımcı olan Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi'nden Yrd. Doç. Dr. Köksal KÜÇÜKAKYÜZ'e

Çalışmalarımın ilerlemesinde bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan Yrd. Doç. Dr. Levent ATATANIR'a

Denemelerimde iklim odasını ve araç gereçlerini kullanmama izin veren başta Prof. Dr. Özhan BOZ, Prof. Dr. Tülin AKŞİT, Prof. Dr. İbrahim ÇAKMAK ve Doç. Dr. Ömer ERİNCİK olmak üzere bütün bitki koruma bölümüne

Çalışmalarım boyunca deneyimlerini benimle paylaşan Araş. Gör. Melis USLUY YALÇIN ve Araş. Gör. Özlem KARAKAŞ'a

Laboratuvar çalışmaları boyunca bana yardımcı olan laborant Ersin KARADEMİR, Zir. Müh. Hasan KILINÇ, Yük. Zir. Müh. Elif CAMCI, Zir. Müh. Ubeyd Fuad ÜNVER ve Zir. Müh. Zeliha ŞİMŞEK'e

Bu süreçte hayatıma giren ve tezime yardımcı olan Zir. Müh. adayı Sena Nur SEVİM'e

Çalışmalarım boyunca yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Erdoğan GAVCAR'a

Örnek alımlarından tezi yürütmeme kadar her noktada maddi manevi desteklerini hiç esirgemeyen her zaman arkamda duran babam Ersun GAVCAR, annem Sevilay GAVCAR ve kardeşim Ece GAVCAR'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI	iii
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI	v
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
ÖNSÖZ	xi
SİMGELER DİZİNİ.....	xv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xvii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xix
1. GİRİŞ	1
1.1.Pestisitlerin Ekosisteme Yayılma Yolları	2
1.2.Pestisitlerin Ekosistemde Birikimleri.....	3
1.3. Ekotoksikolojik Testler	4
1.4. Büyük Menderes Nehri ve Havzası.....	4
2. KAYNAK ÖZETLERİ	8
2.1. Nehirlerdeki Su ve Sedimentlerde Pestisit Kalıntıları.....	8
2.2. Pestisit Kirliliğinin Çevresel Etkileri	16
2.3. <i>Lepidium sativum</i> 'da Çimlenme ile İlgili Çalışmalar.....	19
2.4. <i>Arabidopsis thaliana</i> 'da Mutasyon ile İlgili Çalışmalar	21
2.5. Pestisitlerin Bitki Kökleri Tarafından Alınımı.....	23
3. MATERYAL VE YÖNTEM	25
3.1. Çalışma Alanı ve Örneklerin Alınımı	25
3.2. Bitkilerin Yetiştirilmesi.....	29
3.2.1. Barbunya (<i>Phaseolus vulgaris</i> L. cv. 'Barbunia') Bitkilerinin Yetiştirilmesi	29
3.2.2. Fare Kulağı Teresi (<i>Arabidopsis thaliana</i>) Bitkilerinin Yetiştirilmesi	29
3.3. Analiz Yöntemleri.....	30
3.3.1. pH Hesaplaması	30
3.3.2. Sedimentte Elektriksel Kondaktivite (EC) Hesaplaması.....	31
3.3.3. Sedimentte Tekstür Analizi.....	31
3.3.4. Barbunya (<i>Phaseolus vulgaris</i> L. cv. 'Barbunia') Bitkilerinde Boy, Yaş ve Kuru Ağırlık Ölçümü.....	32

3.3.5. Tere (<i>Lepidium sativum</i>)’da Çimlenme Testi	33
3.3.6. Fare Kulağı Teresi (<i>Arabidopsis thaliana</i>)’da Mutasyon Testi	34
3.4. Pestisit Analizleri.....	35
3.4.1. Suda Pestisit Analizleri.....	35
3.4.2. Sedimentte Pestisit Kalıntısı Analizleri	36
3.4.3. Analizde Kullanılan Cihaz Değerleri	41
3.4.4. Pestisitlerin Bitki Kökleri Tarafından Alınım ve Taşınma Modeli	44
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	46
4.1. Suda ve Sedimentte pH, EC ve Tekstür	46
4.2. Barbunya Bitkisi Boy Ölçümü	47
4.3. Barbunya Bitkisi Yaş ve Kuru Ağırlıkları	48
4.4. <i>Lepidium sativum</i> ’da Çimlenme Testi.....	49
4.5. <i>Arabidopsis thaliana</i> ’da Mutasyon Testi	51
4.6. Su ve Sediment Örneklerinde Belirlenen Pestisitler.....	52
4.6.1. Su Örneklerinde Belirlenen Pestisitlerin Dağılımı	53
4.6.2. Sediment Örneklerinde Belirlenen Pestisitlerin Dağılımı	64
4.7. Barbunyada Pestisit Alınım ve Taşınımı	75
SONUÇ	77
KAYNAKLAR.....	79
ÖZGEÇMİŞ.....	85

SİMGELER DİZİNİ

ADI	Kabul Edilebilir Günlük Alım
AB	Avrupa Birliği
BM	Büyük Menderes
Cd	Kadmiyum
cm	Santimetre
Cr	Krom
DDD	Dikloro Difenil Dicloroetan
DDE	Dikloro Difenil Dicloroetilen
DDT	Dikloro Difenil Trikloroethan
dk	Dakika
DT ₅₀	Toprakta Yarılanma Ömrü
EC ₅₀	%50'sinin Etkilendiği Konsantrasyon
EC	Elektriksel Kondaktivite
EQS	Çevresel Kalite Standartlarına
g	Gram
gr	Gram
kg	Kilogram
KOK	Kalıcı Organik Kirleticiler
L	Litre
log K _{ow}	Oktan-ol-su ayrılım katsayısı
lt	Litre
mg	Miligram
m	Metre

mm	Milimetre
ng	Nanogram
OCP	Organik Klorlu Pestisit
OPP	Organik Fosforlu Pestisitler
PAH	Polisiklik Aromatik Hidrokarbon
PBDE	Polibromlu Difenil Eter
PCB	Poliklorlu Bifeniller
pg	Pikogram
ppb	Milyarda Bir
RCR	Risk Karakterizasyon Oranı
RQ	Risk Oranı
SG	Kısırlık Derecesi
sn	Saniye
TF	Translokasyon Faktörü
USEPA	Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Pestisitlerin çevreye yayılma yolları (Anonim, 2016)	3
Şekil 1.2. Türkiye Akarsu Havzaları ve Büyük Menderes Havzası (Anonim, 2017b).....	5
Şekil 1.3. İllerin havzada kapladığı alanların yüzdesi (TÜBİTAK-MAM, 2010) ...	6
Şekil 1.4. Havzada tarımsal sulamada kullanılan kaynakların yüzdesi (Büke vd., 2012).....	6
Şekil 3.1. Büyük Menderes Nehri uydu görüntüsü üzerinde örnek alma noktaları	27
Şekil 3.2. Büyük Menderes Nehri'nin sulama suyu olarak kullanılması	28
Şekil 3.3. Büyük Menderes Nehri'nin kıyısından su ve sediment örneklerinin alımı.....	28
Şekil 3.4. İklim odasında barbunya yetiştiriciliği	29
Şekil 3.5. <i>Arabidopsis thaliana</i> 'nın yetiştirilmesi.....	30
Şekil 3.6. pH metre ve yatay çalkalama aleti	31
Şekil 3.7. <i>Lepidium sativum</i> 'da çimlenme çalışması	33
Şekil 3.8. Stereomikroskop altında mutantların görüntülenmesi	34
Şekil 3.9. Vakum havuzunda suların supelco supelclean env 18 içinden geçirilmesi	36
Şekil 3.10. Falkon tüp içindeki sediment karışımının vortekslenmesi.....	37
Şekil 3.11. 8030-triple quadropole SHIMADZU LC/MS/MS cihazı	41
Şekil 3.12. SHIMADZU GC/MS cihazı	43
Şekil 4.1. Barbunya bitkilerinin ortalama boy uzunlukları	48
Şekil 4.2. Büyük Menderes Nehri'nden alınan örneklerde analiz sonucunda suda ve sedimentte bulunan pestisitler, metabolitleri ve kimyasal grupları....	53
Şekil 4.3. Ağustos 2015'de Büyük Menderes Nehri'nden alınan yüzey sularındaki pestisit konsantrasyonlarının (ng/L) noktalara göre toplam ve ortalamaları.....	59
Şekil 4.4. Şubat 2016'da Büyük Menderes Nehri'nden alınan yüzey sularındaki pestisit konsantrasyonlarının (ng/L) noktalara göre toplam ve ortalamaları.....	59
Şekil 4.5. Ağustos 2015'de Büyük Menderes Nehri'nden alınan yüzey sularındaki pestisit konsantrasyonlarının (ng/L) gösterimi	61
Şekil 4.6. Ağustos 2015'de Büyük Menderes Nehri'nden alınan yüzey sularındaki OCP konsantrasyonlarının (ng/L) gösterimi.....	62

Şekil 4.7. Şubat 2016'da Büyük Menderes Nehri'nden alınan yüzey sularındaki pestisit konsantrasyonlarının (ng/L) gösterimi.....	63
Şekil 4.8. Ağustos 2015'de Büyük Menderes Nehri'nden alınan sedimetlerdeki pestisit konsantrasyonlarının (ng/g) noktalara göre toplam ve ortalamaları	69
Şekil 4.9. Şubat 2016'da Büyük Menderes Nehri'nden alınan sedimetlerdeki pestisit konsantrasyonlarının (ng/g) noktalara göre toplam ve ortalamaları	69
Şekil 4.10. Ağustos 2015'de Büyük Menderes Nehri'nden alınan sedimentlerdeki pestisit konsantrasyonlarının (ng/g) gösterimi	71
Şekil 4.11. Ağustos 2015'de Büyük Menderes Nehri'nden alınan sedimentlerdeki OCP konsantrasyonlarının (ng/g) gösterimi.....	72
Şekil 4.12. Şubat 2016'da Büyük Menderes Nehri'nden alınan sedimentlerdeki pestisit konsantrasyonlarının (ng/g) gösterimi	73
Şekil 4.13. Şubat 2016'da Büyük Menderes Nehri'nden alınan sedimentlerdeki OCP konsantrasyonlarının (ng/g) gösterimi.....	74

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Yapılan çalışmalarda su örneklerindeki pestisit kalıntısı konsantrasyonları (ng/L).....	12
Çizelge 2.2. Yapılan çalışmalarda sediment örneklerindeki pestisit kalıntısı konsantrasyonları (ng/g)	14
Çizelge 3.1. Çalışmamızda kullanılan bitkiler ve latinceleri.....	25
Çizelge 3.2. Örneklerin alındığı tarihler ve örnekleme noktalarının koordinatları	26
Çizelge 3.3. Örnek kısırlık derecesi hesaplanması.....	35
Çizelge 3.4. Analiz edilen pestisitler ve LOQ değerleri.....	37
Çizelge 3.5. LC/MS/MS cihazı şartları pompa ve basınç limitleri	42
Çizelge 3.6. Kolon: C18 değerleri.....	42
Çizelge 3.7. LC/MS/MS Pompa Programı: Modül, zaman ve komut değerleri.....	42
Çizelge 3.8. GC Şartları	43
Çizelge 3.9. MS Şartları.....	43
Çizelge 3.10. MS-Oran, son sıcaklık (°C) ve tutma süresi (dk).....	44
Çizelge 3.11. Modelde kullanılan pestisitlerin özellikleri (Anonim, 2017c)	45
Çizelge 4.1. Büyük Menderes Nehri'nden Ağustos 2015'te 8 noktadan alınan su ve sediment örneklerine ait pH, EC, tekstür sınıfı.....	47
Çizelge 4.2. Barbunya bitkilerinin yaş ve kuru ağırlıkları (gr)	49
Çizelge 4.3. <i>L. sativum</i> 'un ortalama kök uzunluk değerleri ve standart sapmaları (cm).....	50
Çizelge 4.4. <i>L. sativum</i> 'un ortalama çimlenme değerleri (%).....	50
Çizelge 4.5. <i>L. sativum</i> 'un yüzde engelleme değerleri (%).....	51
Çizelge 4.6. <i>A. thaliana</i> 'da SG ve mutasyon sıklığı (%) değerleri	52
Çizelge 4.7. Büyük Menderes Nehri su örneklerindeki OCP konsantrasyonlarının dünyanın farklı bölgelerindeki nehirlerin su örnekleri ile karşılaştırılması (ng/L).....	55
Çizelge 4.8. Ağustos 2015'de Büyük Menderes Nehri'nden alınan yüzey sularındaki ortalama pestisit konsantrasyonları (ng/L).....	56
Çizelge 4.9. Şubat 2016'da Büyük Menderes Nehri'nden alınan yüzey sularındaki pestisit konsantrasyonları (ng/L)	58
Çizelge 4.10. Büyük Menderes Nehri sediment örneklerindeki OCP konsantrasyonlarının dünyanın farklı bölgelerindeki nehir ve göllerdeki sediment örnekleri ile karşılaştırılması (ng/g)	65

Çizelge 4.11. Ağustos 2015’de Büyük Menderes Nehri’nden alınan sedimentteki pestisit konsantrasyonları (ng/g)	66
Çizelge 4.12. Şubat 2016’da Büyük Menderes Nehri’nden alınan sedimentteki konsantrasyonlar (ng/g).....	68
Çizelge 4.13. Eylül 2016’da Büyük Menderes Nehri’nden alınan su örneklerindeki konsantrasyonlar ve modele göre bitkide taşınımı	76



1. GİRİŞ

Tüm canlılar yaşamları boyunca suya gereksinim duymuşlardır. Kandaki besin maddelerinin taşınmasında, vücuttaki artık maddelerin uzaklaştırılmasında, oksijenin dokulara taşınmasında rol oynayan su yaşamsal faaliyetlerin devamlılığı için büyük önem taşımaktadır. Su, insan vücudundaki kanın %80'ini oluştururken gelişen bir embriyonun ise %90'ını oluşturmaktadır. Bu yüzden su, insanlar için önemli bir yaşam kaynağı olmuştur (Güler ve Çobanoğlu, 1997). Tarihte de bu durum değişmemiştir. Su, asırlardır birçok medeniyet için önemli bir kaynak olmuş ve medeniyetler yerleşim yerlerini hep su kenarlarına kurarak sudan faydalanmışlardır. Böylelikle su kaynaklarını içme suyu, enerji üretimi ve sulama gibi birçok alanda kullanmışlardır (Akkaya vd., 2006).

Günümüzde oluşan su kıtlıkları ile beraber gıda yetersizliği ön plana çıkmaktadır. Artan dünya nüfusu, gıda talebini ve bununla birlikte tarımsal ürün ihtiyacını da arttırmaktadır. Bu ihtiyaçları karşılamak için tarımsal üretimde verimlilik artırılmalıdır ve bu verimlilik artışı suyu iyi kullanmakla mümkündür. Dünya genelinde tatlı suyun yaklaşık %20'si endüstriyel amaçlar için, %10'u evsel amaçlar için kullanılırken %70'i tarımsal sulamada kullanılmaktadır. Ülkemizde de bu durum aynıdır. Su kullanan sektörler arasında tarım %70 ile birinci sıradadır. Bu yüzden tarımda suyu iyi kullanıp verimliliği artırmak amacıyla gelişmiş sulama teknolojilerine ve etkin su kullanımını sağlayan araçlara önem verilmelidir (Çakmak ve Aküzüm, 2006; Zimmerman vd., 2008).

Türkiye'de nüfusun artması, sanayileşmenin ilerlemesi, tarımda gübre ve ilaç kullanımının yaygınlaşması ve çevre farkındalığının yeterince oluşmamasından dolayı ülkemizin yüzey ve yeraltı sularında aşırı kirlenmelere sebep olmaktadır (Akın ve Akın 2007). Bu kirlenmelere sebep olanların başında da tarımda kullanılan veya şehirlerden sulara atık su yoluyla katılan pestisitler gelmektedir (Rousis vd., 2017). Pestisitler, kullanıldıkları bölgede bir veya daha fazla hedef organizmaya zehirli etkiler gösterdikleri için çoğu endüstriyel organik kimyasaldan farklıdır. Ne yazık ki, toksisitesi genellikle uygulandıkları yerle sınırlı değildir. Çeşitli fiziksel taşıma süreçleriyle farklı lokasyonlara ve bölgelere ulaşarak bu bölgelerdeki var olan organizmalarıda olumsuz yönde etkilemektedir (Deneer, 2000).

1.1. Pestisitlerin Ekosisteme Yayılma Yolları

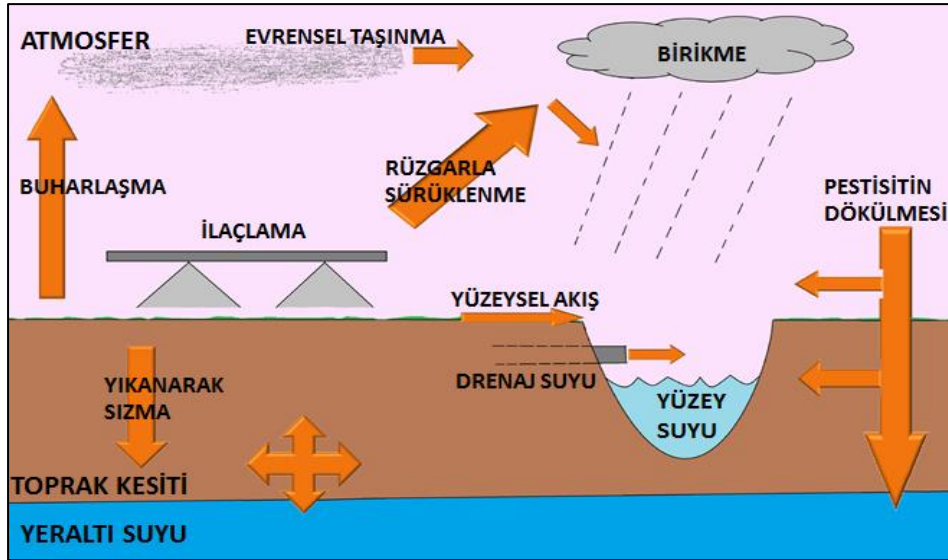
Günümüz dünyasında pestisitler modern tarımda kullanılan vazgeçilmezler arasındadır. Pestisit, verim ve kaliteyi artırmak amacıyla tarımsal ürünü hastalık, zararlı ve yabancı ot zararından koruyabilmek için kullanılan madde ya da maddelerden oluşan karışımlardır. Diğer mücadele yöntemlerine göre kullanımının kolay olması ve kısa sürede etki göstermesinden dolayı zirai mücadele yöntemleri arasında pestisit kullanımı %95'in üzerinde bir paya sahiptir (Tiryaki vd., 2010).

Dünya genelinde pestisit tüketimi yılda yaklaşık 2 milyon ton civarında olup bunların %45'i Avrupa, %25'i ABD'de tüketilmektedir. Dünya'da pestisit tüketiminin %47,5'ini herbisitler oluştururken, %29,5'i insektisitler, % 17,5'ini ise fungusitler oluşturmaktadır (De vd., 2014). 2016 yılına göre Türkiye'de pestisit kullanımı 50054 ton civarında olup bunların yaklaşık olarak en büyük kısmını %40 ile fungusitler, %20'sini insektisitler, %20'sini de herbisitler oluşturmaktadır (Anonim, 2017a).

Pestisitler yapılan ilaçlamalarda ilacın çok az kısmı hedef organizmaya giderken geri kalan %94-99,9'luk gibi büyük bir kısım ise çevrede hedef olmayan organizmalara ve ekosistemlere sürüklenme ve akıntı nedeniyle karışmaktadır (Yıldız vd., 2005). Pestisitlerin yayılmasını birçok faktör etkilemektedir. Pestisitlerin fiziksel ve kimyasal özellikleri, arazide uygulama şekilleri, hava koşulları, toprağın yapısı gibi daha birçok faktöre bağlı olarak taşınırlar. Bu taşınmalar ile birlikte nehirlerde, derelerde, yeraltı sularında hatta yağmurlarda dahi pestisit kalıntılarına rastlanılmıştır (Anonim, 2016).

Şekil 1.1'de görüldüğü gibi pestisitler ilaçlama esnasında rüzgar ile sürüklenerek yada buharlaşarak farklı bölgelere taşınırlar, ardından yağışla tekrar toprağa veya suya bulaşabilirler. İlaçlama esnasında pestisit %1-%5 arasında rüzgarla farklı bölgelere taşındığı görülürken buharlaşma yolu ile pestisit %10'a kadar buharlaştığı hatta bazı ekstrem durumlarda buharlaşmanın %90'lara kadar çıktığı görülmektedir. Suyun topraktan sızması ile pestisitler yeraltı sularına kadar taşınabilirler. Yoğun yağmurlu zamanlarda veya sulama sırasında doymuş hale gelen toprak, suyu sızdırmazlığı ile birlikte yüzey akışı yada en yakın drenaj kanalına veya su yoluna suyla birlikte çözünebilir madde ve toprak parçacıklarını taşıyarak (erozyon) pestisitleri farklı ekosistemlere bulaştırabilirler. %0,01-%1 arasında pestisitler yüzey akıntısı ve sızıntı sularla akarsulara bulaşabilmektedirler.

Taşıma sırasında yada ilaçlama sonrası ilaçlama makinelerini temizleme esnasında oluşan çeşitli dökümler pestisitlerin çevreye bulaşmalarına neden olabilmektedir (Anonim, 2016).



Şekil 1.1. Pestisitlerin çevreye yayılma yolları (Anonim, 2016)

1.2. Pestisitlerin Ekosistemde Birikimleri

Pestisitler, ekolojik etkileri olan organik ve inorganik kirleticiler sınıfındadır. Farklı pestisitler canlı organizmalar üzerinde farklı etkilere sahip olup tüm gıda zincirine etki etmektedirler. Bu nedenle pestisitleri genellemek zordur. Pestisitlerin karasal etkileri ortaya çıkmasına rağmen, ekolojik etkilere sebep olan ana etken, pestisitler ile kirlenmiş olan sudur. İki temel mekanizma bu durumu açıklamaktadır (Ongley, 1996; Newman, 2013).

Biyokonsantrasyon: Bir kimyasalın bir balık yada farklı organizmalarda çevresindeki ortamdan daha büyük seviyelere dokularda birikmesidir. Bazı pestisitler lipofiliktir. Yani yenilebilir balık dokusu ve insan yağ dokusu gibi yağlı dokular içinde çözünabilir ve yağ dokularında birikebilirler.

Biyomagnifikasyon: Bu terim, gıda zinciri içinde besin enerjisi dönüştürülürken artan bir kimyasal konsantrasyonu tanımlar. Küçük organizmalar daha büyük

organizmalar tarafından yenildiğinde pestisitler ve diğer kimyasalların konsantrasyonu doku ve diğer organlarda giderek artmasıdır.

1.3. Ekotoksikolojik Testler

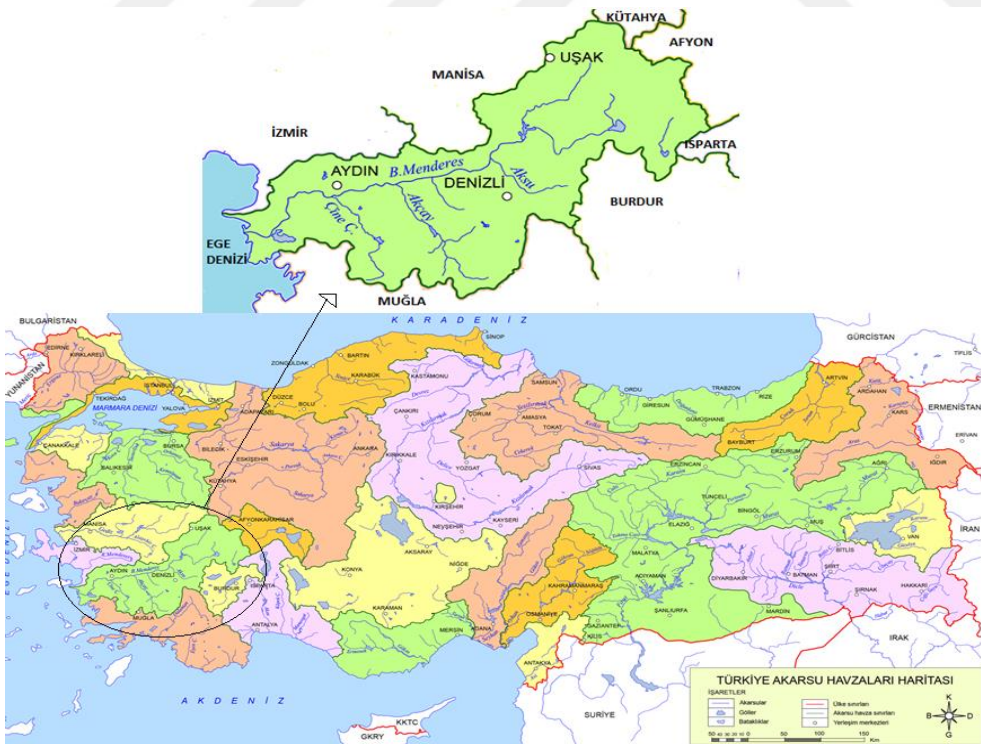
Ekotoksikoloji, insanlarında dâhil olduğu hayvanlar, bitkiler ve mikroorganizmaların oluşturduğu ekosistemin ana yapı taşlarının doğal ve sentetik kirleticiler tarafından neden olunan toksik etkilerinin incelendiği toksikoloji biliminin bir dalıdır (Newman, 2013). Ekotoksikolojik test yöntemi ise laboratuvarında standart koşullar altında çevresel kimyasalların bitkiler, hayvanlar, mikroorganizmalar veya daha karmaşık sistemler gibi organizmalar üzerindeki toksik etkilerini örnek bir model ekosistemi test etmek için kullanılabilecek bir yöntemdir. Zararlı etkileri belirlemek için çok sayıda farklı test organizması kullanılmaktadır. Ortaya çıkan bu testler aynı zamanda su kirliliği kontrolünde de kullanılmaya başlanmıştır.

Ekotoksikolojik test yöntemleri, kullanılan organizma grubuna göre sınıflandırılabilir. Bunlar; bakteri testi, alg testi, su piresi testi, balık testi, böcek testi, tere testi, tek hücreli organizmalar testi, solucan testi ve salyangoz testidir. Diğer sınıflandırma olanağı dikkate alındığında ise ölçülen etkin kriter, ölçülecek etkinliği ölçütünü dikkate alır ve bu ölçüt son nokta olarak tanımlanır. Bu durumlarda prosedürler; kanserojenite testi, mutajenite testi, mukozal tahriş testi, teratojenite testi, canlılık testi, solunum testi, çimlenme testi, büyüme testi ve üreme testi olarak sınıflandırılır. Kullanılan testler arasında *Lepidium sativum*'da çimlenme ve kök uzunluğu testi, *Arabidopsis thaliana*'da da mutasyon testi kullanılan test yöntemlerindendir (Fomin vd., 2003).

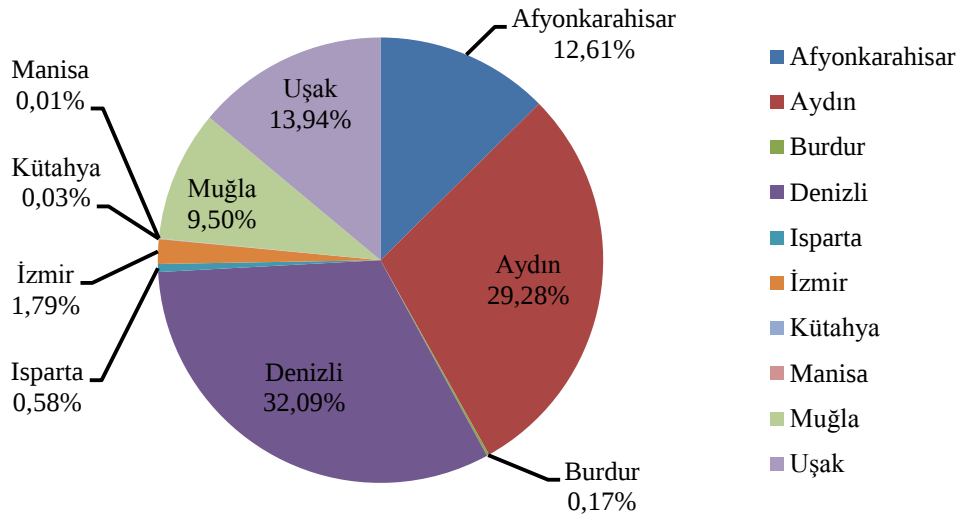
1.4. Büyük Menderes Nehri ve Havzası

Büyük Menderes Nehri 584 km uzunluğu ile Ege Bölgesi'nin en uzun akarsuyu olan nehir, Sandıklı ve Dinar (Afyon) arasındaki platolar ile Çivril ve Honaz (Denizli) yakınlarından sızan kaynaklardan doğar ve geçtiği ovaları besleyerek yolculuğunu Söke Dipburun Mevkii'nde Ege Denizi'ne dökülerek tamamlar. Havzadaki başlıca akarsu Büyük Menderes Nehri ve kolları olup bölgede de sulama suyu olarak kullanılan kaynaklarında başında gelmektedir (TÜBİTAK-MAM, 2010; ÇŞB, 2016).

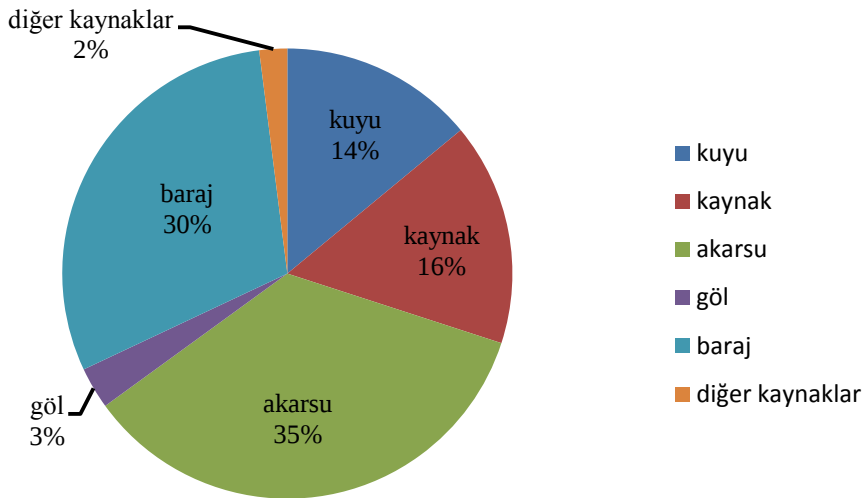
Büyük Menderes Nehri'nden adını alan Büyük Menderes Havzası Türkiye'nin 25 akarsu havzasından biridir. Türkiye'nin %3,32'sini kapsayan bu havza sınırları içerisinde Afyonkarahisar, Aydın, Burdur, Denizli, Isparta, İzmir, Kütahya, Manisa, Muğla ve Uşak olmak üzere 10 il yer almaktadır (Şekil 1.2). Bu iller arasında havzada en fazla yer kaplayan illerde birinci sırada Denizli yer alırken ardından Aydın ili gelmektedir (Şekil 1.3). Havzadaki arazi kullanımında %44'ü tarımsal alanlar, %52'si orman ve yarı doğal alanlar, %2'si kentsel alanlar ve %1'den az bir kısmını da yüzey suları kaplamaktadır. Havzada yetiştirilen en yaygın tarımsal ürünler pamuk, zeytin, incir, kestane, buğday, mısır, arpa ve ayçiçeği olup Türkiye'de kestane üretiminin %31'i, incir üretiminin yaklaşık %65'i, zeytin üretiminin %20'si bu havzadan karşılanmaktadır. Havzada su kullanımının %79 tarım, %21 endüstriyel ve evsel amaçlar için kullanılmaktadır (TÜBİTAK-MAM, 2010). Şekil 1.4'de görüldüğü gibi havzada tarımsal sulama suyu ağırlıklı olarak %35 ile akarsulardan sağlanırken bunu barajlar takip etmektedir (Büke vd., 2012).



Şekil 1.2. Türkiye Akarsu Havzaları ve Büyük Menderes Havzası (Anonim, 2017b)



Şekil 1.3. İllerin havzada kapladığı alanların yüzdesi (TÜBİTAK-MAM, 2010)



Şekil 1.4. Havzada tarımsal sulamada kullanılan kaynakların yüzdesi (Büke vd., 2012)

Büyük Menderes Havzası'nı başlıca tehdit eden unsurlar arasında noktasal kaynaklı kirleticiler olarak, zeytin karasuyu, evsel ve endüstriyel sızıntı suları, atık sular ve jeotermal sular olarak gruplandırırken, yayılı kaynaklı kirleticiler olarak

ise başta tarım olmak üzere foseptikler, düzensiz katı atık depolama sahalarından kaynaklanan sızıntı suları ve madencilik faaliyetleri olarak gruplandırılmıştır. Geçtiği yol boyunca verimli toprakları oluşturan Büyük Menderes Nehri, bu bölgede tarımı önemli bir geçim kaynağı yapmıştır. Bölgede kullanılan suni gübreler ve pestisitler ciddi bir yayılı kaynak kirliliği oluşturmaktadır ve böylece hem yüzey sularını hem de yeraltı sularını tehdit ettiği bildirilmiştir (TÜBİTAK-MAM, 2010).

Başta Türkiye olmak üzere Dünya’da birçok nehir arıtmaz kentsel ve fabrika atıksuları ve bilinçsiz tarımsal uygulamalar ile kirlenmektedir. Daha önceki yıllarda yasaklanan pestisitlerin çok kalıcı olmaları sebebiyle hala kendileri ve parçalanma ürünleri çevrede bulunabilmektedir (Turgut, 2003). Bulunduğu bölge için önemli bir sulama kaynağı olan Büyük Menderes Nehri’nde dönemsel olarak pestisit kirliliğinin yanında kentsel ve sanayi atıklarına maruz kalmakta ve nehrin suyunun sulama suyu olarak kullanılması nedeniyle tarımsal ürünler ve çevre olumsuz etkilenebilmektedir. Bu çalışmada Büyük Menderes Nehri’nin çevresindeki tarımsal faaliyetlerden dolayı yapılan ilaçlamalardan oluşan dönemsel pestisit kirliliğinin ve bu kirliliğin bitkiler üzerinde fizyolojik ve mutajenik etkileri ve besin zincirine katılma potansiyellerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Günümüzde pestisit kalıntı analizlerinin maliyeti çok yüksektir. Bu nedenle yapacağımız küçük maliyetli analizlerle büyük maliyetler yaratmadan ekotoksikolojik testler ile bölgedeki kirliliğin belirlenmesi hedeflenmiştir. Ayrıca bu bölgede konu ile ilgili daha önceden yapılmış bir çalışma bulunmadığı için literatüre katkı sağlayacağı düşünülmüştür.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Nehirlerdeki Su ve Sedimentlerde Pestisit Kalıntıları

Mississippi Nehir Havzalarındaki herbisit konsantrasyonlarını belirlemek için havzanın dört ana noktasından gelen su numuneleri toplanmış ve analiz edilmiştir. Bu çalışmada Üst ve Alt Mississippi, Missouri ve Ohio Nehirleri örnekleme bölgeleri, Mississippi Nehri'nin büyük bir bölümünü temsil etmek üzere seçilmiştir. Örneklerin %97'sinde tespit edilen atrazin en sık tespit edilen herbisit olurken ardından bunu %60 ile metolachlor ve %31 acetochlor izlemiştir (Rebich vd., 2004).

Japonya'nın Osaka Kenti'nde neonikotinoidlerin yaz ve ilkbaharda nehir kirliliğinin belirlenmesi için araştırma yapılmıştır. Çalışmada belirlenen altı neonikotinoid grubu insektisitler; acetamiprid, clothianidin, dinotefuran, imidacloprid, nitenpyram ve thiamethoxam olarak belirlenmiştir. Altı neonikotinoid için sınır limitleri 0,47-2,1 ng/L arasında değişmiştir. Osaka'da su ortamında incelenen neonikotinoidlerin arasında dinotefuran en sık ve en yüksek seviyede ölçülmüştür. Dinotefuran'ın maksimum konsantrasyonu 220 ng/L olarak belirlenmiştir. Suda yaşayan canlılar için neonikotinoidlerin toksisitesi göz önüne alındığında, ölçülen konsantrasyonlar risk açısından düşük bulunmuştur (Yamamoto vd., 2012).

Büyük Menderes Havzası'nda yer alan Bafa Gölü'nde yapılan bir çalışmada alınan örneklerde sediment ve kefal balığında (*Mugil cephalus*) tarımsal pestisit ve endüstriyel kaynaklı Poliklorlu Bifeniller (PCB) gibi organik kirlleticilerin kalıntıları araştırılmıştır. Dünyanın farklı bölgelerinde yapılan çalışmalarla kıyaslandığında Bafa Gölü'ndeki sedimenlerde DDT ve türevlerinin kirlilik seviyelerinin düşük olduğu görülmüştür. Sedimentte en baskın kirleticisi endrin olmuş ve 6 farklı noktadan alınan örneklerde toplam Organik Klorlu Pestisit (OCP) konsantrasyonları 1,09-3,55 ng/g arasında ölçülmüştür (Pazı vd., 2013).

Kuzey Tayland'daki Mae Sa tarımsal havzasında bulunan Mae Sa Nehri'nde zirai mücadele ilaçlarının izlenmesi için yapılan çalışmada su ve sediment örneklerinde bölgede sıkça kullanılan yedi pestisit (atrazin, dichlorvos, chlorpyrifos, dimethoate, chlorothalonil, (α -, β -) endosulfan, cypermethrin) konsantrasyonlarına bakılmıştır. Araştırılan tüm pestisitler nehirde rastlanılmış ve pestisitlerin en

yüksek konsantrasyonları yağışlı sezonda tespit edilmiştir. Chlorpyrifos su numunelerinde %75, cypermethrin ise nehir yatağındaki sedimentlerde %86 ile en sık rastlanan pestisit olmuştur (Sangchan vd., 2014).

Büyük Menderes Nehri üzerinde yapılan bir çalışmada üç farklı bölge olan Sarayköy, Işıklı ve Söke istasyonlarından yılda 4 kez alınan su, sediment ve nehirden tutulan *Cyprinus carpio*'nun karaciğer ve kas dokularında Kalıcı Organik Kirleticiler (KOK) ölçülmüştür. Hedeflenen tüm kirleticiler hem biyotik hem de abiyotik numunelerde ölçülmüştür. İlginç bir şekilde sonuçlarda yasaklı olan OCP'lere tüm istasyonlarda rastlanılmıştır. OCP bileşikleri beş kimyasal alt gruba DDT'ler (p,p'-DDD, p,p'-DDE, p,p'-DDT ve metoksiklor), HCH (α -HCH, β -HCH, γ -HCH ve δ -HCH), CHL'ler (heptaklor ve heptaklor endoepoksit), DRIN'ler (aldrin, dieldrin, endrin ve endrin aldehit) ve SULP'ler (α -endosulfan, β -endosulfan ve endosulfan sülfat) olarak ayrılmıştır. Algılama değerlerinin sınırı OCP'lerin 0.01 (α -HCH) ile 0.85 (δ -HCH) pg/L arasında değiştiği görülmüştür. KOK'ların üç grubu olan PCB, Polibromlu Difenil Eter (PBDE) ve OCP arasında OCP'lerin hidrofilikliğinden dolayı ve zirai ilaçlama esnasında doğrudan toprak yada mahsüle uygulandığından hem sedimentte hem de su örneklerinde daha yüksek konsantrasyonlarda tespit edilmiştir (Çağdaş vd., 2015).

Kuzey Yunanistan'da bulunan Makedonya, Trakya ve Teselya bölgelerinin ana nehir ve göllerini kapsayan pestisit izleme çalışması yapılmıştır. Bu bölgeler Yunanistan'ın başlıca tarım alanlarını oluşturmaktadır. Çalışmada 6 nehir ve 10 gölden seçilerek 1,5 yıllık bir örnekleme döneminin sonunda toplam 416 örnek toplanmıştır. Toplanan su numunelerinde, OCP, Organik Fosforlu Pestisitler (OPP), triazinler, chloroacetanilidler, pyrethroidler, karbamatlar, phthalimidler ve diğer pestisitler (herbisitler, insektisit ve fungisitler) dahil olmak üzere 147 pestisit ve metabolitleri analiz edilmiştir. Yirmi dört pestisit ve metabolik ürünleri nehirlerde ve/veya göllerde tespit edilmiştir. Bunlardan 9 herbisit (alachlor, atrazin, metolachlor, molinat, pendimethalin, pretilachlor, prometryn, propazin, trifluralin), 12 insektisit ve akarisit (α -HCH, bifenthrin, chlorpyrifosethyl, diazinon, dicofol, dieldrin, endosulfan a, malathion, methidathion, parathionmethyl, propoxur, triazophos), 1 fungisit (captafol) ve 2 metabolit (deethyl atrazine, p,p'-DDE) bulunmuştur. Sonuçlara göre herbisitler en sık tespit edilen pestisitler olup daha yüksek konsantrasyon değerleri sergilemişlerdir. Bu herbisitlerden metolachlor %29 ile en sık tespit edilen pestisit olurken bunu sırasıyla %12,5 ile prometryn ve alachlor takip etmiştir. Chlorpyrifos etil %7 ile

en sık tespit edilen insektisit olmuştur. Ölçülen konsantrasyonlarda genellikle 1000 ng/L'yi aşan yüksek değerler görülmüştür. Ayrıca, en yüksek konsantrasyonlar pestisit uygulamasından hemen sonra Mayıs-Haziran aylarında kaydedilmiştir. Ölçülen pestisit konsantrasyonlarındaki mevsimsel değişiklikler tüm nehirlerde ve göllerde gözlenmiştir. Göllerde tespit edilen pestisit konsantrasyonu genelde nehirlerdekilere göre daha düşük ölçüldüğü ifade edilmiştir (Papadakis vd., 2015a).

2010-2012 yılları arasında Yunanistan'ın Vistonis Gölü Havzası'ndaki tarımsal faaliyetlerin neden olduğu pestisit kirliliğinin değerlendirilmesi için bir araştırma yapılmıştır. Araştırmada Vistonis Gölü, dört büyük nehir ve çeşitli küçük akarsular ile tarım drenaj kanallarından su numuneleri toplanmıştır. Vistonis Gölü'nde 11 pestisit, havzada bulunan dört büyük nehirde (Aspropotamos, Kompotos, Lissos, Kosynthos) 43 pestisit ve havzasının çeşitli akarsuları ve drenaj kanallarında 57 pestisit tespit edilmiştir. Genel olarak herbisitler en sık tespit edilen pestisit (%57) olurken bunu insektisitler (%28) ve fungisitler (%14) izlemiştir (Papadakis vd., 2015b).

İtalya'nın en büyük üçüncü nehri olan ve Roma'dan geçen Tiber Nehri'nde yapılan bir çalışmada OPP kirliliği ve Tiren Denizi'ne olan çevresel etkileri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Farklı mevsimlerde 21 farklı bölgeden alınan su ve sediment örneklerinde 8 farklı OPP (diazinon, dimethoate, malathion, chlorpyrifos, pirimiphos-methyl, fenitrothion, methidathion, tolclofos-methyl) tespit edilmiştir. Toplam OPP konsantrasyonları suda (suda çözölmüş faz ve asılı partiköler madde toplamı olarak) 0,40-224,48 ng/L arasında iken sediment örneklerinde ise 1,42-68,46 ng/g arasında bulunmuştur. Yüksek yağışların seyreltme etkileri ve pestisitlerin uygulanmasından sonra artan bozulma nedeniyle sonbahar ve kış aylarında daha düşük konsantrasyonlar gözlemlenmiştir. Tüm örnekleme bölgelerinde dimethoatenin yoğun olduğunu görölmüş ve ortalama olarak tüm OPP'lerin %43,4'ünü temsil etmiştir (Montuori vd., 2016).

Ganj Nehri'nin iki kolu olan Brahmaputra Nehri ve Hooghly Nehri, Hindistan'ın kuzeydoğu ve doğu bölgelerine tatlı su sağlayan iki büyük sınır ötesi nehri üzerinde yapılan çalışmada bu iki nehrin yüzey sularında OCP kirliliği araştırılmıştır. Brahmaputra Nehri üzerinden 16, Hooghly Nehri üzerinden 20 farklı bölgeden örnekler alınmıştır. Alınan örneklerde Hooghly Nehri'ndeki toplam OCP'lerin geometrik ortalaması 53 ng/L olarak görölrken Brahmaputra

Nehri'ndeki toplam OCP'lerin geometrik ortalaması 24 ng/L olarak görülmüştür. OCP'ler arasında, devam eden lindan kullanımını yansıtan her iki nehirde de γ -HCH maksimum algılama sıklığı göstermiştir (Chakraborty vd., 2016).

Jiulong Nehri ve denize döküldüğü noktada pestisitlerin dağılımını ve riskini keşfetmek için farklı sezonlarda 35 istasyondan toplanan su, sediment ve istiridye örneklerinde 102 pestisit analiz edilmiştir. Toplam 82 pestisit tespit edilmiş olup, insan ve balıklar üzerinde oluşabilecek risk değerlendirilmiştir. 127 örnekleminin 86'sında DDT tespit edilmiştir. DDT'ler 1983'ten beri Çin'de yasaklı olmasına rağmen DDT'lerin yeni kaynağı, yaygın olarak kullanılan dicofol olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada, 100 ng/L'nin üzerinde konsantrasyonla tespit edilen 14 pestisit bulunmuş ve en yüksek konsantrasyona sahip böcek ilacı 3904 ng/L ile procymidon olmuştur. Pestisitlerin bulunma sıklıkları sırasıyla fenobucarb (%90,55), pirimicarb (%83,46), dicofol (%77,17), p,p'-DDD (%61,42), pyrimethanil (%61,42), methomyl (%61,42), butachlor (%59,84), imidacloprid (%57,48), acetochlor (%56,69), iprobenfos (%55,91), acetamiprid (%55,12) ve metalaxyl (%51,97) olmuştur. Su numunelerinde saptanan toplam pestisit konsantrasyonları, nehirde 14-6524 ng/L arasında değişmekte olup nehirin denize ulaştığı kısmında 10-1470 ng/L arasında değişmiştir. Sedimentlerdeki pestisitlerde ise nehirin denize döküldüğü bölgelerde 0,3-1009 ng/g arasında değiştiği görülmüştür (Zheng vd., 2016).

Taihu Gölü Havzası'nda sedimentlerde Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların (PAH) ve OCP'lerin kalıntıları araştırılmıştır. Taihu Gölü Havzası, Çin'in en sanayileşmiş bölgelerinden biridir ve Çin nüfusunun %2,7'si bu bölgede yaşamaktadır. Taihu Gölü Havzası yaklaşık %50'sini nehirler ve göller oluşturur. Havzada bulunan 200'den fazla nehrin 172'si Taihu Gölü'ne bağlıdır. 81 nehir ve 31 göl yatağından alınan sediment örnekleri, PAH ve OCP'lerin kalıntılarını hesaplamak için kullanılmıştır. OCP'ler nehirden alınan örnekler için 16,3-96,9 ng/g arasında değişirken gölden alınan örneklerde ise 16,8-61,9 ng/g arasında değişmiştir. HCH'ler ve DDT'ler nehirden alınan örneklerde sırasıyla %31,8 ve %21,7, gölden alınan örneklerde %33,6 ve %21,9 olarak en çok bulunan baskın OCP'ler olmuşlardır. Kirleticilerin su akışı ile taşınmasından dolayı ilerledikçe pestisit konsantrasyonları arttığını belirtmişlerdir (Zhao vd., 2017).

Yukarıdaki pestisit çalışmalarının suda ölçülen değerleri Şekil 2.1'de, sedimentte ölçülen değerler ise Şekil 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Yapılan çalışmalarda su örneklerindeki pestisit kalıntısı konsantrasyonları (ng/L)

Kaynak	Örnekleme noktası/Zamanı	Pestisitler	Ortalama Konsantrasyon	En küçük En büyük
Rebich vd., 2004	Üst ve Alt Mississippi Nehri, Missouri Nehri, Ohio Nehri, ABD Mart 1999-mayıs 2001	Acetochlor Alachlor Dimethenamid Flufenacet Metolachlor Atrazine Cyanazine Metribuzin Prometryn Propazine Simazine Fluometuron		nd-1660 nd-180 nd-530 nd-120 nd-2020 nd-9840 nd-810 nd-1400 nd-80 nd-120 nd-610 nd-190
Yamamoto vd., 2012	Osaka Kenti, Japonya İlkbahar -Yaz	Acetamiprid Clothianidin Dinotefuran Imidacloprid Thiamethoxam	0,05 2,93 21,28 4,81 2,3	nd-1,4 nd-12 nd-220 nd-25 nd-11
Sangchan vd., 2014	Mae Sa Nehri, Tayland Temmuz 2007- Kasım 2008	Dichlorvos Atrazine Dimethoate Chlorothalonil Chlorpyrifos α,β -Endosulfan Cypermethrin	18,00 23,33 13,00 15,33 10,67 1,10 7,33	
Çağdaş vd., 2015	Büyük Menderes Nehri, Türkiye Şubat-Nisan 2009, Temmuz 2009, Ekim- Aralık 2009, Ocak 2010	DDT HCH CHL DRIN SULP Σ OCP	15,67 29,83 3,92 10,42 21,5 79,58	nd-83 nd-227 nd-10 1-45 2-86 9-380
Papadakis vd., 2015a	Aliakmonas, Axios, Loudias, Nestos, Pinios ve Strymonas Nehirleri, Yunanistan Eylül 1999-Şubat 2001	α -HCH Alachlor Atrazine Chlorpyrifos ethyl Diazinon Metolachlor Molinate Parathion methyl Pretilachlor Prometryn	2,33 24,00 11,50 7,17 7,00 23,33 95,92 42,67 33,33 19,00	

Çizelge 2.1. Yapılan çalışmalarda su örneklerindeki pestisit kalıntısı konsantrasyonları (ng/L) (Devamı)

Papadakis vd., 2015b	Vistonis Gölü havzası, Yunanistan Temmuz2010- Aralık 2012	2,4,5-T	nd-26
		2,4-D	nd-752
		Acetochlor	nd-399
		Alachlor	nd-38
		Alphamethrin	nd-161
		Atrazine	nd-37
		Bentazone	nd-97
		Boscalid	nd-49
		Carbofuran	nd-25
		Chlorpyrifos	nd-419
		Chlorpyrifos methyl	nd-55
		Chlorthal dimethyl	nd-386
		Coumaphos	nd-1743
		Dichlorvos	nd-27
		Dimethoate	nd-376
		Dimethomorph	nd-54
		Etridiazole	nd-25
		Fenamiphos	nd-273
		Fluometuron	nd-317604
		Flutriafol	nd-44
		Foramsulfuron	nd-111
		Fipronil	nd-61
		Hexachlorobenzene	nd-48
		Imidacloprid	nd-105
		Isoproturon	nd-58
		Lambda cyhalothrin	nd-41
		Lindane	nd-411
		Malathion	nd-2050
		MCPA	nd-103
		Metaxyl	nd-225
		Metazachlor	nd-185
		Methomyl	nd-45
		Methoxyfenozide	nd-572
		Metribuzin	nd-57
		Nicosulfuron	nd-558
		Quintozone	nd-229
		Pendimethalin	nd-65
		Pirimiphos methyl	nd-33
		Prometryn	nd-483
		S-metolachlor	nd-11375
		Terbutylazine	nd-31545
		Terbutryn	nd-800

Çizelge 2.1. Yapılan çalışmalarda su örneklerindeki pestisit kalıntısı konsantrasyonları (ng/L) (Devamı)

Montuori vd., 2016	Tiber Nehri, İtalya 2014-2015 Şubat Mayıs Ağustos Kasım	Diazinon Dimethoate Malathion Chlorpyrifos Pirimiphos methyl Fenitrothion Methidathion Tolclofos methyl	6,00 11,35 3,48 2,69 1,14 1,55 1,29 0,73	nd-42,1 0,31-88,74 nd-32,27 nd-21,83 nd-8,27 nd-12,81 nd-11,75 nd-6,7
Chakraborty vd., 2016	Brahmaputra Nehri ve Hooghly Nehri, Hindistan 2012 Haziran	α -HCH β -HCH γ -HCH δ -HCH Σ HCH p,p'-DDD o,p'-DDT p,p'-DDT Σ DDT Heptachlor Aldrin Dieldrin Σ Aldrin α -Endosulfan β -Endosulfan Σ endo Σ OCP	2 1,7 9,5 10 5,5 7 9 0,65 17 7,5 2,15 2,2 4 0,5 2,5 2,5 54,5	nd-22 nd-16 nd-28 nd-114 nd-114 nd-113 nd-113 nd-7 nd-225 nd-26 nd-9 nd-19 nd-19 nd-9 nd-45 nd-53 2-245

nd: Ölçüm limitlerinin altında (analiz edilemedi)

Çizelge 2.2. Yapılan çalışmalarda sediment örneklerindeki pestisit kalıntısı konsantrasyonları (ng/g)

Kaynak	Örnekleme noktası/Zamanı	Pestisitler	Ortalama Konsantrasyon	En Küçük En Büyük
Pazı vd., 2013	Bafa Gölü, Türkiye Eylül 2010	p,p'-DDE p,p'-DDD p,p'-DDT HCB γ -HCH Heptachlor Aldrin Dieldrin Endrin		nd-0,01 nd-0,01 0,04-0,08 nd nd-0,01 0,02 0,02-0,04 0,13-0,6 0,79-3,3

Çizelge 2.2. Yapılan çalışmalarda sediment örneklerindeki pestisit kalıntısı konsantrasyonları (ng/g) (Devamı)

Sangchan vd., 2014	Mae Sa Nehri, Tayland Temmuz 2007- Kasım 2008	Chlorothalonil Chlorpyrifos α,β -Endosulfan Cypermethrin	1,5 2 0,4 10,5	
Çağdaş vd., 2015	Büyük Menderes Nehri, Türkiye Şubat-Nisan 2009- Temmuz 2009- Ekim- Aralık 2009-Ocak 2010	DDT HCH CHL DRIN SULP Σ OCP	4,38 0,15 0,07 1,44 0,62 6,58	0,3-23 0,01-0,4 nd-0,4 0,1-6 0,1-2 1-30
Montuori vd., 2016	Tiber Nehri, İtalya 2014-2015 Şubat Mayıs Ağustos Kasım	Diazinon Chlorpyrifos Pirimiphos methyl Tolclofos methyl	0,10 6,75 2,38 5,09	nd-0,54 0,26- 32,85 0,18-8,69 nd-26,32
Zhao vd., 2017	Taihu Gölü havzası, Çin	α -HCH β -HCH γ -HCH δ -HCH Heptachlor Aldrin Heptachlor epoxide γ -Chlordane α -Chlordane Endosulfan I p,p'-DDE Dieldrin Endrin Endosulfan II p,p'-DDD Endrin aldehyde Endosulfan sulfate p,p'-DDT Endrin ketone Methoxychlor Σ OCP	1,1 1,9 1,35 7,25 2,15 1,85 3,5 0,4 0,3 0,25 0,5 1,6 0,8 0,5 0,65 0,4 0,6 6,3 1 4,45 33	0,1-11,0 1,0-10,2 0,2-5,4 0,9-59,4 1,5-7,2 0,4-24,4 0,3-6,3 0,3-3,2 0,03-3,7 nd-2,2 0,04-11,4 nd-6,4 0,1-15,5 0,4-3,4 0,01-5,0 0,03-7,3 0,08-4,3 0,1-55,4 0,08-9,1 0,3-21,2 16,8-96,9

nd: Ölçüm limitlerinin altında (analiz edilemedi)

2.2. Pestisit Kirliliğinin Çevresel Etkileri

Giesy ve arkadaşları tarafından OPP'lerden chlorpyrifosun Kuzey Amerika'daki sucul ekosistemler üzerindeki risk değerlendirmesinin olasılıkları ve önemi tatlı su ve tuzlu su ortamlarında maruz kalma ve etkileri araştırılmıştır. Değerlendirmeye su omurgasızları ve balıklar dahil edilmiş, ancak amfibiler, sürüngenler, kuşlar ve memeliler dahil edilmemiştir. Bu canlılara potansiyel maruziyet, chlorpyrifosun biyomagnifikasyonu olmadığından düşük olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle, avlar etkilenmiyorsa, yüksek trofik seviyedeki organizmaların olumsuz bir şekilde etkilenmeyeceğini belirtmişlerdir (Giesy vd., 1999).

Aydın ve arkadaşlarının yaptıkları bu çalışmada su ve sediment numunelerinde dieldrin, lindan (γ -HCH), mirex, aldrin, heptachlor, metoxychlor, o,p'-DDE, p,p'-DDD ve p,p'-DDT gibi kullanımı yasak olan OCP'leri tespit etmişlerdir. Pestisitlerin tek bir yerde uygulanmasına rağmen pek çok canlı türünü tehdit eder boyutlara gelmesiyle birlikte bu problemin global boyutta ele almak gerektiğini ve çeşitli yollarla su ortamına bulaşan OCP'lerin sedimentte birikerek tabandaki canlı yaşamını olumsuz etkilediğini belirtmişlerdir (Aydın vd., 2003).

Kuzey Tayland'daki Mae Sa tarımsal havzasındaki nehirlerde pestisit kirlenmesi ile ilgili yapılan risk değerlendirmesinde su ve sediment örneklerinde bölgede sıkça kullanılan pestisitlerin konsantrasyonları incelenmiştir. Risk değerlendirmesinde risk karakterizasyon oranı (RCR) baz alınmıştır. Ortalama ve maksimum chlorpyrifos, (α -, β -) endosulfan, cypermethrin ve chlorothalonil konsantrasyonlarının RCR'leri, sınır değerini aştığı görülmüştür. Özellikle endosulfan su ekosisteminde tehlikeli madde olarak tanımlanmıştır. Mae Sa Nehri'ndeki ekolojik riski değerlendirmek için üç taksonomik grup alg, zooplankton ve balıktan oluşan sucul organizmalar gösterge olarak kabul edilmiştir. Genellikle, atrazin zooplankton ve balıklara kıyasla yosunlarda daha toksik olduğu belirtilmiştir. Çünkü pestisitlerin aktif içeriklerinin fotosentez üzerinde olumsuz etkisi olduğunu belirtmişlerdir. Dichlorvos zooplankton için toksik iken sedimentlerde biriken chlorpyrifos, endosulfan, cypermethrin ve chlorothalonil hem zooplankton hem de balık için toksik olduğu görülmüştür. Özellikle, chlorpyrifos ve cypermethrin konsantrasyonları, *Daphnia magna* gibi zooplanktonun akut toksisite seviyelerinden belirgin olarak daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Sangchan vd., 2014).

Büyük Menderes Nehri üzerinde yapılan çalışmada nehirde tutulan *C. carpio*'nun karaciğer ve kas dokularında KOK'lar ölçülmüştür. Karaciğer yağ içeriğinin kas yağından altı kat fazla olduğu tespit edilmiş ve bu yüksek yağ içeriğine bağlı olarak, ölçülen yüksek lipofilik kirleticilerin karaciğer konsantrasyonlarında birikimi kas konsantrasyonlarından önemli derecede yüksek olduğu görülmüştür. Sazanların karaciğer ve kas dokularındaki toplam OCP konsantrasyonları 10-362 ng/g arasında değişmiştir. OCP'lerin ve PCB'lerin karaciğer konsantrasyonları genellikle ilk örneklemeden dördüncü örnekleme dönemine kadar azalırken, PBDE konsantrasyonları tüm istasyonlarda bütün periyotlar boyunca artmıştır. Sedimentteki birikimler sazanların genç dönemlerden itibaren beslenme alışkanlıkları nedeniyle organik kirleticilerin dokularda biyolojik olarak birikmesine neden olabileceğini ve bu kirleticilerin dokularda birikmesinden dolayı lipid hasarına neden olabileceğini belirtmişlerdir (Çağdaş vd., 2015).

Kuzey Yunanistan'ın nehir ve göllerinde pestisit araştırması sonuçlarına dayanarak, yetişkinler ve çocuklar için kanserojen risk değerlendirmesi ile birlikte sınır değerleri ve risk oranı (RQ) yöntemi kullanılarak ekotoksikolojik risk değerlendirmesi yapılmıştır. USEPA tarafından önerilen $1,0 \times 10^{-6}$ parametrik değerinden yüksek olan α -HCH (sırasıyla yetişkinler ve çocuklar için $1,035 \times 10^{-5}$ ve $6,45 \times 10^{-5}$), alachlor (çocuklar için $2,225 \times 10^{-6}$) ve atrazin (çocuklar için $2,325 \times 10^{-6}$) yüksek kanserojen risk tahminleri göstermişlerdir. Chlorpyrifos ethyl, metolachlor, molinate, parathion-methyl, pretilachlor ve prometryn konsantrasyonu, AB mevzuatına göre, içme suları için izin verilen maksimum düzey olan 100 ng/L sınırından yüksek ölçülmüştür. Chlorpyrifos ethyl, diazinon ve parathion methyl ve prometryn için RQ tahminleri kabul edilebilir risk değerlerinin üzerinde olup RQ yaklaşımına göre dört pestisit için yüksek ekotoksikolojik risk gözlemlenmiştir (Papadakis vd., 2015a).

Roma'dan geçen ve İtalya'nın en büyük 3. nehri olan Tiber Nehri'nde yapılan bir çalışmada OPP kirliliğinin Tiren Denizi'ne olan çevresel etkileri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Tiber Nehri tarafından Tiren Denizi'ne salınan OPP'lerin toplam yükünün 545,36 kg/yıl olduğu tahmin edilmiş ve bu nehir, OPP'lerin Tiren Denizi'ne ana katkı maddelerinden biri olarak düşünülmüştür. Bu çalışmada RQ yöntemi uygulanmış ve tüm pestisit konsantrasyonları çevresel kalite standartlarına (EQS) uysalar da, pestisitler ile ilgili potansiyel risk göz ardı edilmemesi gerektiğini belirtmişlerdir. Düşük pestisit konsantrasyonları bile biyota ve deniz ekosistemlerini etkileyebileceğini ve uzun vadede, pestisitlerin neden

olduğu bu yüksek su yaşam riski, en hassas türlerin azalmasına ve en dirençli türlerin artmasına, bunu takiben balıklar ve omurgasızlarda değişikliğe ve bunun sonucunda biyoçeşitlilik kaybına yol açabileceğini belirtmişlerdir (Montuori vd., 2016).

Ganj Nehri'nin kolu olan Brahmaputra Nehri ve Hooghly Nehri üzerinde OCP ve PCB'lerin çevreye verdiği zararları incelenmiştir. Yapılan ekotoksikolojik risk değerlendirmesinde alt trofik seviyelerdeki canlıları her iki nehirde de lindane, DDT ve endosulfandan etkilendiğini ve bu nedenle tatlı su ekosistemlerindeki biyoçeşitlilik açısından riskin yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Yüksek trofik seviyeye doğru gidildiğinde DDT ve lindanın tersine, daha az yüzey suyu konsantrasyonunda dahi, endosulfanın balıklar üzerinde maksimum etki gösterdiği görülmüştür. Endosulfan'ın sucul türler için oldukça toksik olduğu ve özellikle dört yenilebilir balık türü, *Catla catla*, *Anguilla anguilla*, *Lepomis macrochirus* ve *Labeo rohita* üzerinde daha fazla etki gösterdiğini belirtmişlerdir. Balıklar Hindistan'ın doğu ve kuzey doğu bölgelerindeki çoğu insan için beslenmede ayrılmaz bir parçasını oluşturduğu için sucul ortamda olası risk dışında, endosulfanın gıda zincirinde biyokonsantrasyon ve biyomagnifikasyon yoluyla insan sağlığı için bir endişe kaynağı olabileceğini ifade etmişlerdir (Chakraborty vd., 2016).

Jiulong Nehri ve denize döküldüğü noktada pestisitlerin dağılımını belirmemek için alınan su, sediment ve istiridye örneklerinde pestisit analizi sonuçlarına bakarak risk değerlendirilmesi yapılmıştır. Nehrin denize döküldüğü bölgeden alınan istiridye örneklerinde 8 pestisit tespit edilmiştir. Bunlar sırasıyla DDT 18,39 ng/g, DDD 7,02 ng/g, DDE 7,63 ng/g, uniconazole 7,97 ng/g, difenoconazole 25,17 ng/g, paclobutrazol 40,78 ng/g ve butachlor 1845 ng/g konsantrasyonlarında ölçülmüştür. Sudaki pestisitler balık için büyük risk oluşturmuş ve analiz edilen 76 su numunesi arasından 65'i yüksek risk ve 6'sı orta risk göstermiştir. Sudaki 3904 ng/L konsantrasyonuyla tespit edilen procymidon, balıklarda önemli endokrin bozucu etkiler göstermiştir. Sadece dişi balıklarda değil aynı zamanda erkek balıklarda da vitellogenin sentezini önemli ölçüde inhibe etmiştir. Böylelikle balıklarda vitellogenin konsantrasyonunun azalmasıyla birlikte dişilerin erkekleştiği görülmüştür. Bu nehirdeki DDT, dicofol, triazophos, isocarboxophos, terbufos, cyfluthrin, bifenthrin, fenvalerat, cyhalothrin, butachlor ve procymidon konsantrasyonlarının düzeyi ile önemli hale geldiği ve su ekosistemi için risk yönetiminde dikkate alınması gerektiğini belirtmişlerdir (Zheng vd., 2016).

Yapılan çalışmada atık su epidemiyolojisi yaklaşımı, Avrupa çapında sekiz şehirde pestisitlerin insanlara zararını değerlendirmek için ilk kez kullanılmıştır. Avrupa'da belirlenen 8 şehirdeki (Bristol, İngiltere; Brüksel, Belçika; Castellon, İspanya; Kopenhag, Danimarka; Milan, İtalya; Oslo, Norveç; Utrecht, Hollanda; Zürih, İsviçre) ana atık su arıtma tesislerinden alınan atık su numunelerinde triazinler, OPP ve piretroidler olmak üzere üç pestisit sınıfı analiz edilmiştir. Kütle yükleri (mg/gün/1000 sakin) OPP'ler için en yüksek; triazinler için en düşük seviyede ölçülmüştür. En düşük kütle yükü Utrecht ve Oslo'da görülmüştür. Nüfusa bağlı olarak pestisit yükleri Castellon, Milan, Kopenhag ve Bristol'da piretroidler için, Castellon, Bristol ve Zürih'te OPP'ler için daha yüksek maruz kalma göstermişlerdir. Piretroidlerin günlük alımı her şehirde araştırılmış ve yalnızca bir şehirde (Castellon, İspanya) kabul edilebilir günlük alımın (ADI-Acceptable Daily Intake) üzerine çıktığı bulunmuştur. Sonuçlar pestisit satışlarının yüksek olduğu ülkelerde bu maddelere daha fazla maruz kalmaya yol açan önemli bir ürün kaynağı (sebze ve meyvelerin) olduğunu ortaya koymuştur (Rousis vd., 2017).

2.3. *Lepidium sativum*'da Çimlenme ile İlgili Çalışmalar

Lepidium sativum çimlenmesi yapay ve uzun süreli olarak PAH karışımlarıyla kirlenmiş topraklarda araştırılmıştır. 3 gün süre ile *L. Sativum*'un çimlenmesi izlenmiş ve yapay olarak kirlenmiş toprakta PAH konsantrasyonunun artmasıyla azalırken, uzun süreli kirlenmiş topraklarda hiçbir çimlenme meydana gelmemiştir. 1000 ppm'lik konsantrasyonda çimlenme seviyesi %16'ların altında kalırken, 50 ppm'lik bir konsantrasyonda çimlenme seviyeleri %75'in üzerinde ölçülmüştür. Verilere göre *L. Sativum*'un çimlenmesinin topraktan PAH kirlenmelerinin uzaklaştırılmasını izlemek için kullanılabileceğini göstermişlerdir (Maila ve Cloete, 2002).

Konya Birinci Organize Sanayi Bölgesi'nden alınan atık su örnekleriyle yapılan bir çalışmada alınan örneklerin *L. sativum* test bitkisi kullanılarak fitotoksik seviyeleri belirlenmeye çalışılmıştır. 72 saat süren toksisite testleri uygulanmıştır. Fitotoksiste testlerine göre test organizmalarının 72 saatlik zaman periyodunda %50'sinin etkilendiği konsantrasyon (EC₅₀) seviyesi belirlenememiş fakat çimlenme yüzde değerlerine göre fitotoksitesi belirlenmiştir. Zehirlilik, kök uzunluğundaki büyümenin engellenmesi olarak ölçülmüştür. Bölgedeki metal

sanayi fabrikalarının atık sularının çimlenmede %18,75'lik bir azalmaya neden olduğu görülmüştür (Aydın ve Kara, 2006).

Vilnia Nehri'nde yapılan çalışmada kirlilik kaynaklarını araştırılmış ve biyolojik metotlar kullanarak bu nehre dökülen kanalizasyonun, Vilnia Nehri'nin suyuna ve sedimentine olan kontaminasyonunu değerlendirilmiştir. Test bitkisi olarak kullanılan *L. sativum* L.'da tohum çimlenmesi ve kök uzunluğu ölçülmüştür. Mayıs 2005'te 4 noktadan örnek alınmıştır. 1. nokta kirlilik kaynağı kanalizasyondan su örneği, 2. nokta kirlilik kaynağının 300 m ilerisinden su örneği, 3. nokta kirlilik kaynağının yakınındaki sediment örneği ve 4. nokta kirlilik kaynağının 300 m ilerisinden sediment örneği olarak alınmış ve alınan örnekler test bitkilerine 2 gün süre ile maruz bırakılıp gözlemlenmiştir. Tohum çimlenmelerinin yüzdesi sırasıyla %72, %92, %94 ve %100; kök uzunlukları yüzdeleri ise sırasıyla %57, %78, %74 ve %76 olarak ölçülmüştür (Kazlauskienė vd., 2008).

Deri sanayi atık çamurunun kompostlaştırılması sırasında meydana gelen bazı biyokimyasal değişimleri izlemek ve oluşan olgun kompostun tarımsal kullanılabilirliğini belirlemek için bir çalışma yapılmıştır. Deri işleme fabrikasının; biyolojik, fiziksel ve kimyasal arıtma ünitelerini barındıran atık su arıtma tesisinden elde edilen olgun kompostların *L. sativum* L. tohumlarına olan fitotoksik etkileri incelenmiştir. 10 gün olarak yürütülen çalışmanın 3. gününde saf su ile gerçekleştirilen kontrol uygulamalarında *L. sativum* L. tohumlarının çimlenmeleri görülürken, her üç aşamadan elde edilen kompost ekstraktlarının hiçbirisinde tohumların çimlenmesi gerçekleşmemiştir. Fitotoksik özelliğe sahip yüksek Krom (Cr) konsantrasyonu ve kompostun yüksek tuz konsantrasyonunun terenin çimlenmesini engellemiş olabileceğini düşünmüşlerdir. Sonuç olarak, deri sanayi arıtma çamurundan elde edilen kompostun yüksek Cr içeriği, fitotoksik etkisi, yüksek pH ve EC değerlerinden dolayı tarım alanlarında kullanılmasının sakıncalı olacağı kanısına varmışlardır (Kayıkçıoğlu ve Okur, 2012).

Yapılan çalışmada ağır metal olan Cr ve Kadmiyum'un (Cd) *L. sativum* çimlenmesi ve büyümesi üzerindeki fitotoksik etkileri incelenmiştir. İki ağır metalin çözeltileri, saf su içinde 1000 mg/L konsantrasyonda sırasıyla 30, 60, 90, 120, 150 ve 300 mg/L olarak hazırlanmıştır. Ağır metal çözeltileri, her bir metal iyonu için 3 mL alarak fitotoksikite testlerinde kullanılmıştır. *L. sativum*, hızla çoğaldığından, hassas, ucuz ve analiz edilmesi kolay bir tür olduğundan toksisite

testlerinde yaygın olarak kullanıldığını belirtmiştir. Metal iyonların *L. Sativum*'un tohum çimlenmesi üzerine inhibitör etkisi olduğu bulunmuştur. Kök gelişimi metal iyonunun türüne ve konsantrasyonuna bağlı olarak değiştiği görülmüştür ve test edilen bitkinin ağır metallere maruz kalması nedeniyle önemli bir toksik stres yaşadığı görülmüştür (Pavel vd., 2013).

Kaldırık bitkisinin (*Trachystemon orientalis* (L.) G. DON) yaprak ekstraktlarının herbisidal etkisinin yaprak, çiçek ve kök ekstraktlarının antifungal etkileri belirlemek amacıyla yapılan çalışmada 2010 yılında Düzce'nin Saz Köyü'nde bitki materyalleri toplanmıştır. Toplanan bitki yapraklarından elde edilen su ekstraktları laboratuvar koşullarında sırasıyla %0, %1, %5, %10 ve %20 konsantrasyonlarda *L. sativum* L. ve *Abutilon theophrasti* Medik. tohumlarına uygulanmış ve 3 hafta süre ile inkübasyona bırakılmıştır. Sonuç olarak, kaldırık yaprak su ekstraktları *A. theophrasti* ve *L. sativum* tohum çimlenmesini sırasıyla %44,6, %70,6, kök uzunluğunu ise sırasıyla %63,5, %60,9 oranında azalttığını tespit etmişlerdir (Yılar vd., 2014).

2.4. *Arabidopsis thaliana*'da Mutasyon ile İlgili Çalışmalar

Arabidopsis thaliana'da mutajenite ile kanserojenlerin tanımlanması üzerine bir çalışma yapılmıştır. Daha önce hayvanlarla yapılan testlerde bilinen veya şüphelenilen 56 kanserojen ve neoplastik kimyasallar gibi çeşitli yapıların yaklaşık %88'inin *Arabidopsis* bitkisi için mutajen olduğu tespit edilmiştir (Rédei vd., 1980).

Tehlikeli atıkların genotoksisitesinin *A. thaliana*'da embriyo testi ile değerlendirmek için yapılan çalışmada New Jersey'den toplanan beş numunenin genetik etkilerini değerlendirmek için test bitkisine uygulanmıştır. Örnekler, *A. thaliana* embriyo tahlilinde, metilen klorür ve ham olarak alınmış sızıntı sular ile ekstre edilmiş olarak test edilmiştir. Bu numuneler daha önce *Salmonella typhimurium*'da mutajenite ve farede lenfoma tahlilinde birkaç kez değerlendirilmiştir. *A. thaliana* analizinde elde edilen sonuçların, *S. typhimurium* ve fare lenfoma testleriyle uyumlu olduğunu ve sistemin çok uygun maliyete sahip olduğunu belirtmiştir (Sandhu ve Acedo, 1987).

Kimyasal karışımların potansiyelini değerlendirerek insan sağlığına ve çevre kirliliğine olumsuz etkilerini belirlemek için kısa vadeli biyolojik testler

geliştirilmiştir. Bu biyolojik analizler arasında bitki test sistemleri, maruziyete dayalı endüstriyel atıkların toksik etkilerini değerlendirmek için basit, ucuz ve hızlı yöntemler olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada *A. thaliana*'nın embriyo mutajenliğini değerlendirmek için endüstriyel atıklar ve çamurlar dahil olmak üzere kompleks çevresel karışımlar uygulanmıştır. Sanayi atık numuneleri ya ekstrakte edilmemiş ya da diklorometanlı sulu çözeltilerle ekstrakte edilerek test edilmiştir. Deney sonucunda *A. thaliana* embriyo testinde pozitif mutajenik sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Verilen çözeltilerin konsantrasyonu arttıkça kontrollere göre çimlenme yüzdesi azalmış, kapsüldeki klorofil mutant sayısı yüzdesi ve kısırılık derecesi yüzdesi artmıştır (Sandhu ve Acedo, 1990).

Çek Cumhuriyeti'nde (Brno ve Prag) iki, Rusya'da (Moskova) ve Tacikistan'da (Duşanbe) birer laboratuvar olmak üzere dört laboratuvar, *A. thaliana*'da en yaygın kullanılan bitki test sistemlerinin kullanılmasını değerlendirmek için Kimyasal Güvenlik Uluslararası Programı'na katılmışlardır. Çevresel ajanların mutajenik potansiyelinin değerlendirilmesi için yapılan *A. thaliana* mutajenite testinde beş bileşikten üçü, yani ethyl methanesulfonate, N-N-methyl-N-nitrosourea, ve azidoglycerol'ün, dört katılımcı laboratuvarın tamamı tarafından mutajenik olduğu rapor edilmiştir. Sodyum azide (NaN_3), dört laboratuvarın hepsinde olumsuz sonuç ortaya koyarken, maleic hydrazide bir laboratuvar tarafından zayıf bir şekilde mutajenik olduğu ve diğer üç laboratuvar tarafından mutajenik olmadığı rapor edilmiştir (Gichner vd., 1994).

Çalışmada modern tarımda yaygın olarak kullanılıp toprakta ve suda kalıcılığa sahip olduklarından dolayı önemli kirletici kaynağı olan herbisitlerden akarsularda sıkça tespit edilen atrazin ve metabolitleri desethylatrazin ve hydroxyatrazin kullanılmıştır. Bu gibi çevresel kirleticilerin etkisinin altında yatan mekanizmaları anlamak için, pestisitlere ve diğer ksenobiyotiklere karşı oldukça duyarlı olduğu gösterilen model bitki *A. thaliana* kullanılmıştır. Farklı konsantrasyonlarda kullanılan atrazin ve metabolitlerinin, çeşitli doza ve farklı davranışlarına bağlı olarak erken büyüme ve gelişimi etkilediği bulunmuştur. Atrazin ve metabolitlerinin bu farklı etkileri, solunum ve kök gelişimini doğrudan etkileyen farklı mekanizmaların kalıtımını etkilediği belirlenmiştir (Alberto vd., 2017).

2.5. Pestisitlerin Bitki Kökleri Tarafından Alınımı

Yapılan çalışmada yapraktan pestisit uygulaması ve topraktan sulama yolu ile yapılan pestisit uygulamasında domates bitkilerinde imidaclopridin alım ve kalıcılık davranışı, iki bitki alım modeli kullanılarak incelenmiştir. Pestisit birikme modeline ilaveten, dinamik kök alımı ve taşınımı modeli geliştirilmiş ve her iki modelde meyvelerde veya meyvelerin üzerlerinde pestisitlerin kalıntılarına rastlanmıştır. Toplam imidacloprid kalıntıları, yapraktan pestisit uygulaması ile yapılan ilaçlamada, topraktan sulama yolu ile ilaçlamaya göre beş kat daha yüksek konsantrasyon değerleri ölçülmüştür (Juraske vd., 2009).

Chlorpyrifosun dağılımı ve alım yolları, çin lahanası (*Brassica chinensis* L.) ve marulda (*Lactuca sativa*) sera koşullarında yapraktan ve hidroponik bir deneyle köke uygulanmış ve incelenmiştir. Chlorpyrifosun %94'ünden fazlası, yapraktan uygulamada 21 gün sonra her iki sebze için de numunelerde bozunmuştur. Kök uygulamasında ise düşük konsantrasyonda chlorpyrifosun yayılma oranı %93'den yüksek olduğunu, ancak yüksek konsantrasyonlarda dağılma oranı %90'ın altında olduğunu tespit etmişlerdir. Sebzelerin kirletici yer değiştirme kabiliyetini temsil eden translokasyon faktörü (TF), çin lahanası ve marul için yaprak ve kök uygulamalarında önemli ölçüde farklı olduğu görülmüştür. TF'nin yapraktan uygulama değerleri, çin lahanası için 0,003-0,22; marul için 0,032-1,63 arasında değişmiştir. Kökten uygulamada ise TF değerleri çin lahanası için 0,01-0,17; marul için 0,003-0,23 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir (Ge vd., 2016).

Çeltik bitkilerinde (*Oryza sativa* L.), imidacloprid, thiamethoxam ve difenoconazole alınması ve taşınımı tarla ve laboratuvar ortamında incelenmiştir. Bitki dokularında üç pestisit in saptanması çeltik bitkilerinin bu pestisitleri alıp biriktirdiğini göstermiştir. Yapraklarda tespit edilen konsantrasyonlar imidacloprid için 10,0-410 mg/kg (kuru ağırlık), thiamethoxam için 23,0-265 mg/kg (kuru ağırlık) arasında ölçülürken köklerde imidacloprid için 1,37-69,3 mg/kg (kuru ağırlık) thiamethoxam için 3,19-30,6 mg/kg (kuru ağırlık) arasında ölçülmüştür. Bu sebeple imidacloprid ve thiamethoxam, köklerden yapraklara doğru iyi taşındığı göstermiştir. Difenoconazole ise yapraklar 0,23-3,4 mg/kg (kuru ağırlık) arasında ölçülürken köklerdeki konsantrasyonları 15,6-79,1 mg/kg (kuru ağırlık) arasında daha yüksek konsantrasyonlarda ölçülmüştür. Çeltik bitkilerinin topraktan bitki dokularına pestisit alınımını temsil eden biyokonsantrasyon faktörü, imidacloprid için 1,9-224,3, thiamethoxam için 2,0-72,3 arasında

değişirken farklı konsantrasyonda kullanılan difenoconazole için 0,4-3,2 arasında değişmiştir. Difenconazole kökleri tarafından adsorbe edilebilir, ancak bitkide yukarı doğru fazla taşınmadığı görülmüştür. Difenconazole'nin zayıf taşınma performansı yüksek $\log K_{ow}$ ve molekül ağırlığından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Ayrıca pestisitlerin çeltik bitkilerinde bozunma kabiliyeti toprağın bozunma kabiliyetinden çok daha fazla olduğunu belirtmişlerdir (Ge vd., 2017).

Topraktaki pestisit hareketliliği, bitki transpirasyon akışı, kök-toprak aktarım hızı, bitki büyümesi ve toprak veya bitkilerdeki pestisit dağılımı gibi çeşitli parametreler kullanılarak topraktaki pestisit kalıntılarının bitki alımını değerlendirmek için bir model geliştirilmiştir. Modelin doğruluğu işlemde geçirilmiş topraklarda 10 ve 20 mg/kg chlorpyrifos konsantrasyonlarda yetiştirilen maruldaki chlorpyrifos alım konsantrasyonları ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Toprağa uygulanan 10 mg/kg chlorpyrifos konsantrasyonları 21. günde bitki köklerinde 7,5 mg/kg olarak ölçülürken yapraklarda 0,5 mg/kg olarak ölçülmüş ve günler ilerledikçe ölçülen konsantrasyonlardaki değerler düşmüştür. 20 mg/kg olarak uygulanan chlorpyrifos konsantrasyonları 10 mg/kg'a göre kökte daha az konsantrasyonlarda ölçümler görülürken yapraktaki ölçümlerin daha yüksek çıktığı görülmüştür (Hwang vd., 2017).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Büyük Menderes Nehri üzerinden alınan su ve sediment örnekleri bizim ana materyalimizi oluşturmuştur. Çalışmamızda kullanılan bitkiler Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmamızda kullanılan bitkiler ve latinceleri

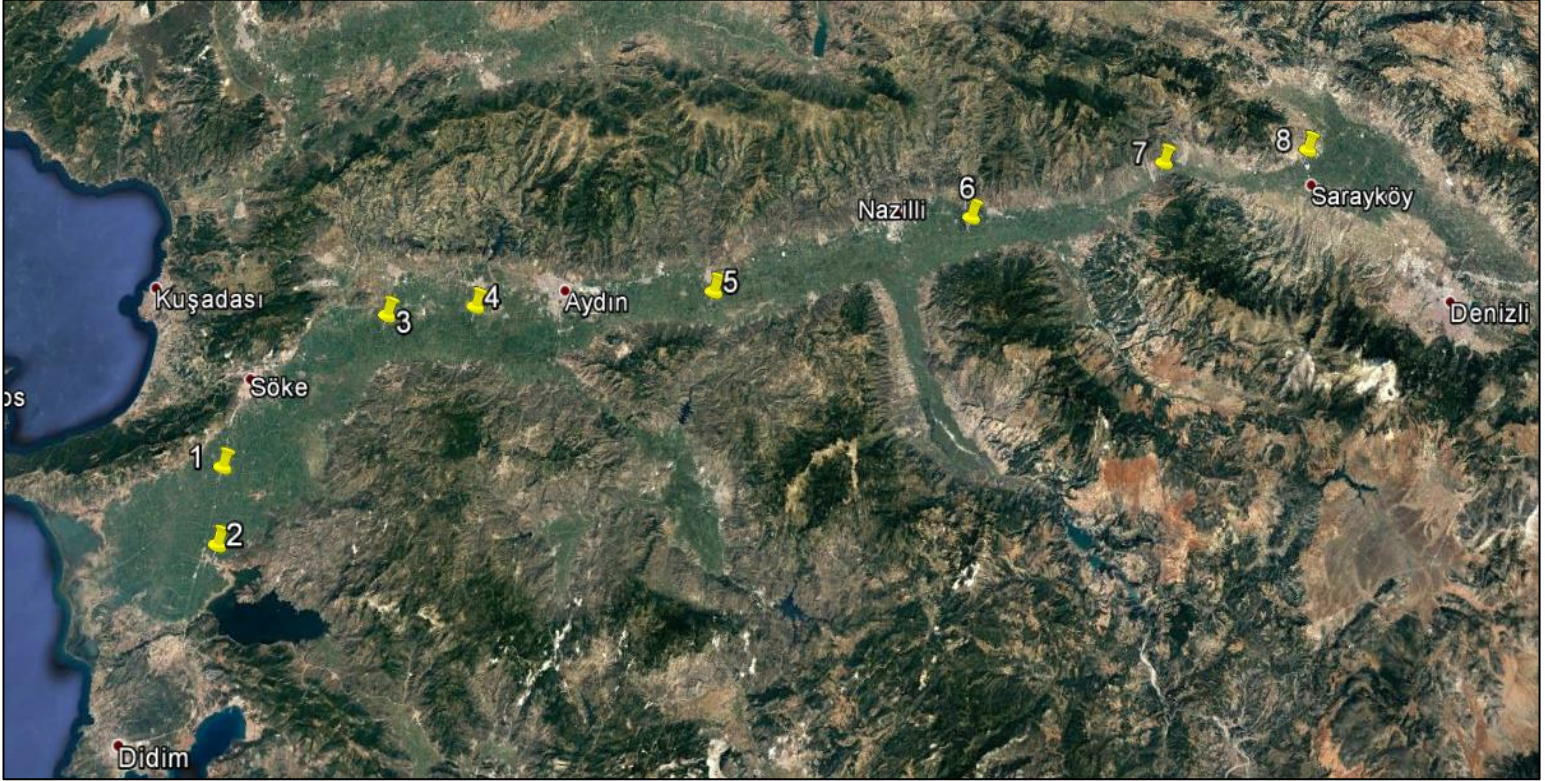
Bitki	Latincesi
Barbunya	<i>Phaseolus vulgaris</i> L. cv. 'Barbunia'
Fare Kulağı Teresi	<i>Arabidopsis thaliana</i> (columbia)
Tere	<i>Lepidium sativum</i>

3.1. Çalışma Alanı ve Örneklerin Alınımı

Türkiye’nin batısında yer alan ve Ege Bölgesi’nin en büyük nehri olan Büyük Menderes Nehri’nin ana kolu üzerinden Denizli Sarayköy’den denize döküldüğü nokta olan Aydın Söke’ye kadar olan kuş uçuşu 153,9 km’lik bir alanda koordinatları Çizelge 3.2’de verildiği gibi 8 farklı bölgeden su ve sediment örnekleri alınmıştır. Örnekler Ağustos 2015 (Yaz) ile Şubat 2016 (Kış) olmak üzere 2 farklı dönemde alınmıştır. Analizler sonucunda belirlediğimiz bir bölgeden barbunyada kullanılmak üzere Eylül 2016’da sadece su örnekleri alınmıştır. Su ve sediment örnekleri çevredeki tarım yapılan arazilere Büyük Menderes Nehri’nden su verilen bölgelerden alınmıştır (Şekil 3.2).

Çizelge 3.2. Örneklerin alındığı tarihler ve örnekleme noktalarının koordinatları

Örnekleme noktası	Koordinatlar	Örneklerin alındığı tarihler ve alınan örnekler		
		07/11.08.2015	21/22.02.2016	03.09.2016
1	37°38'38.35"N 27°22'12.29"E	Su Sediment	Su Sediment	Su
2	37°33'43.3"N 27°22'14.0"E	Su Sediment	Su Sediment	X
3	37°48'13.5"N 27°35'15.9"E	Su Sediment	Su Sediment	X
4	37°48'35.4"N 27°42'45.4"E	Su Sediment	Su Sediment	X
5	37°48'58.9"N 28°02'59.0"E	Su Sediment	Su Sediment	X
6	37°53'21.8"N 28°25'15.2"E	Su Sediment	Su Sediment	X
7	37°56'36.7"N 28°42'17.8"E	Su Sediment	Su Sediment	X
8	37°57'06.0"N 28°54'58.2"E	Su Sediment	Su Sediment	X



Şekil 3.1. Büyük Menderes Nehri uydu görüntüsü üzerinde örnek alma noktaları



Şekil 3.2. Büyük Menderes Nehri'nin sulama suyu olarak kullanılması

Su numuneleri, 5 lt'lik plastik şişelerle daha önceden örnek suyuyla içi iyice yıkandıktan sonra nehrin kıyısından kova yardımıyla su yüzeyinin 0-30 cm arasından alınıp etiketlenmiştir. Numuneler laboratuvarında santrifüj edilip içindeki subsediment ayrıldıktan sonra analiz edilinceye kadar derin dondurucuda (-20°C) saklanmıştır.

Sediment numuneleri, nehrin kıyısında yüzey tabakasından (0-10 cm) çelik bir kürek yardımıyla alınarak 2 kat olacak şekilde polietilen torbalara konulup etiketlenmiştir. Daha sonra hava kuru ortamda nem uzaklaştırılincaya kadar gölge bir yerde küvetler içinde bekletilip günde 2 kez alt-üst yapılmıştır. İçindeki kök, taş, çakıl gibi maddeleri uzaklaştırmak için 2 mm'lik eleklerle elenip tekrar polietilen torbalara konularak etiketlenmiş ve ekstraksiyona kadar derin dondurucuda (-20°C) saklanmıştır.



Şekil 3.3. Büyük Menderes Nehri'nin kıyısından su ve sediment örneklerinin alımı

3.2. Bitkilerin Yetiştirilmesi

3.2.1. Barbunya (*Phaseolus vulgaris* L. cv. 'Barbunia') Bitkilerinin Yetiştirilmesi

Barbunya bitkilerinin tohumları daha önceden hazırlanmış toprak karışımını (Organik toprak-kum-torf 1:1:1) içeren saksılara (8,5x8,5 cm) her bir saksıya 3 tohum gelecek şekilde ekilmiştir. Çıkışlara göre her saksıda 2 adet bitki bulunacak şekilde seyreltme yapılmıştır. Bitkiler $24\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklık, %70-80 nem ve 16 saat aydınlık, 8 saat karanlık koşullardaki iklim odalarında geliştirilmiştir. Ekimden 15 gün sonra haftada bir olacak şekilde N:P:K (20:20:20) gübresi destekleyici olarak tabandan sulama suyu ile birlikte ve yapraklardan da püskürtme ile gübreleme yapılmıştır (Şekil 3.4).

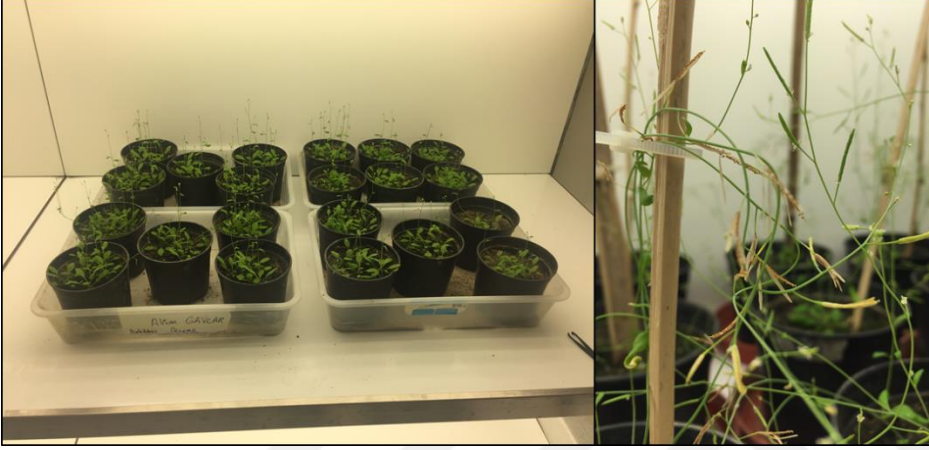


Şekil 3.4. İklim odasında barbunya yetiştiriciliği

3.2.2. Fare Kulağı Teresi (*Arabidopsis thaliana*) Bitkilerinin Yetiştirilmesi

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Biyoloji Bölümünden tedarik edilen *Arabidopsis thaliana* tohumları daha önceden 1 gece buzdolabında (4°C) bekletilmiştir. Hazırlanan toprak karışımı (toprak, kum, torf 1:1:1) saksılara ekim yapılmadan önce birkaç defa darbeler uygulayarak yüzeyin pürüzsüz bir hale gelmesi sağlanıp homojen bir şekilde saksının her yerine gelecek şekilde ekim yapılmış ve daha sonra toprak üzerine ince elenmiş kum hafif üstten tohumları örtmek için serpilmiştir. Sulama alttan olacak şekilde yapılmıştır. Tohumlar ekildikten sonra Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü'ne ait iklim odalarında $24\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de ve 18 saat gündüz, 6 saat gece olacak

şekilde %70-80 nemde geliştirilmiştir. Her bir saksıda bir bitki kalacak şekilde seyreltme işlemi yapılmıştır.



Şekil 3.5. *Arabidopsis thaliana*'nın yetiştirilmesi

3.3. Analiz Yöntemleri

3.3.1. pH Hesaplaması

pH ölçümü için 100 ml'lik plastik şişelere 50 ml su konulmuştur. Daha önceden kalibrasyonu yapılan pH metre (WTW pH 330i) sabit tutulacak bir şekilde suyun içine daldırılmıştır. pH metrede okunan değer sabitlendiği andaki okunan değer pH değeri olarak kaydedilmiştir.

Daha önceden hava kuru ortamda kuruttuğumuz ve 2 ml elekten geçirdiğimiz sediment örneklerinden 20 g örnek tartılmış ve 100 ml'lik plastik şişeye konulmuştur. Üzerine 50 ml saf su ilave edilerek elde edilen karışım yatay çalkalama aletinde 5 dk karıştırılmıştır. Daha önceden kalibrasyonunu yaptığımız pH metremizi sabit tutacak şekilde karışımın içine daldırılmıştır. pH metrede okunan değer sabitlendiği andaki okunan değer bizim pH'ımızı vermiştir (Seferoğlu vd., 2010).



Şekil 3.6. pH metre ve yatay çalkalama aleti

3.3.2. Sedimentte Elektriksel Kondaktivite (EC) Hesaplaması

Daha önceden hava kuru ortamda kuruttuğumuz ve 2 ml elekten geçirdiğimiz sediment örneklerinden 100 g örnek tartılmış ve plastik bir bardağa konulmuştur. Üzerine doygun hale gelinceye kadar büret yardımıyla saf su ilave edilmiş ve spatülle karıştırılmıştır. Elde edilen doygun çamur kabın üzeri nemli bir bezle kapatılıp 2 saat beklenilmiştir. Daha önceden kalibrasyonu yapılmış Elektriki Kondaktivimetre aleti (WTW Cond 330i) 2 saat geçtikten sonra aletin ucu çamura daldırılmasıyla örneğin elektriksel iletkenliği mikro Simens cm^{-1} ($\mu\text{S}/\text{cm}$) olarak ölçülmüştür (Seferoğlu vd., 2010).

3.3.3. Sedimentte Tekstür Analizi

Daha önceden hava kuru ortamda kuruttuğumuz ve 2 ml elekten geçirdiğimiz sediment örneklerinden 50 g örnek tartılmış ve nem kaplarına konulmuştur. Tartılan numuneye 10 ml %10'luk sodyum hekzametafosfat (NaPO_3)₆ ilave edildikten sonra üzerine yaklaşık 90 ml saf su konularak bagetle iyice karıştırılmış ve 1 gece (16 saat) bekletilmiştir. Örnekler piset yardımıyla karıştırıcı mikserin kabına boşaltılmış ve 10 dk karıştırılmıştır. Daha sonra tekrar piset yardımıyla hiç toprak zerresi kalmayacak şekilde ölçü silindirine aktarılmıştır. Ölçü silindirinde son hacim hidrometre içindeyken 1130 ml olacak şekilde ayarlanmıştır. Delikli el karıştırıcısı silindir içerisinde yaklaşık yirmi defa aşağı yukarı hareket ettirmek

suretiyle süspansiyon iyice karıştırılmış ve karıştırma işlemi biter bitmez saate bakılmıştır. 20 sn sonra hidrometre süspansiyon içerisine yavaşça bırakılmıştır. Tam 40. sn hidrometre okuması yapılmış ve aynı zamanda süspansiyonun sıcaklığı ölçülmüştür. Hidrometre ölçü silindirinden çıkarılıp saf su ile piset yardımıyla yıkanıp kurulanmıştır. İlk karıştırma anından itibaren iki saat beklenmiştir. Bu sürenin sonuna hidrometre aynı şekilde tekrar süspansiyona daldırılarak ikinci okuma yapılmış ve süspansiyon sıcaklığı da ölçülerek kaydedilmiştir (Bouyoucos, 1951).

Hesaplama

$$FKT = \frac{HKT \times 100}{100 + \% nem}$$

FKT: Fırın Kuru Toprak

HKT: Hava Kuru Toprak

$$\%Kil + Silt = \frac{40.sn'deki Hidrometre Okuma Değeri}{FKT} \times 100$$

$$\%Kil = \frac{2.saat Hidrometre Okuma Değeri}{FKT} \times 100$$

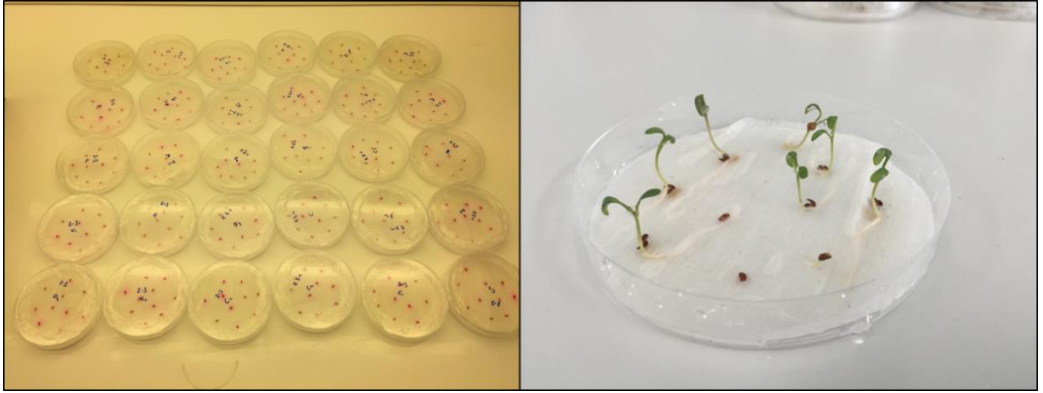
$$\%Kum + \%Kil + \%Silt = 100$$

3.3.4. Barbunya (*Phaseolus vulgaris* L. cv. 'Barbunia') Bitkilerinde Boy, Yaş ve Kuru Ağırlık Ölçümü

16 saksı çeşme suyu ile 35 saksı Büyük Menderes Nehri'nden Eylül 2016 tarihinde 1. noktadan alınan ve analizi yapılan su ile sulanmış olup tesadüf olarak kontrolden seçilen 4, Menderes ile sulanandan seçilen 8 bitki 17.günden itibaren belirli aralıklar ile 1 ay boyunca cetvel yardımıyla boy ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca çeşme suyu ile sulanandan 4, Büyük Menderes Nehri'nden alınan su ile sulanandan 4 adet bitki seçilip kök, gövde, yaprakların yaş ve kuru ağırlıkları ayrı ayrı hesaplanmıştır.

3.3.5. Tere (*Lepidium sativum*)’da Çimlenme Testi

Yaz ve kış olmak üzere 1., 6. ve 8. noktalardan alınan su örnekleri ile kontrol olarak çeşme suyu kullanılmıştır. Su örnekleri %100 Menderes suyunun yanında %75 Menderes suyu-%25 çeşme suyu, %50 Menderes suyu-%50 Çeşme suyu ve %25 Menderes Suyu-%75 Çeşme suyu olacak şekilde seyreltilerek uygulanmıştır. Her bir su örneği için 3 tekrerrür olmak üzere 9 cm çapında cam petri kaplarının içine filtre kağıdı yerleştirilmiş ve üzerine 4 ml su örneklerinden konulmuştur. Filtre kağıdı altında hiç hava kabarcığı kalmayacak şekilde yerleştirilmiştir. Daha sonra üzerine gözle kontrol ettiğimiz iyi durumda olan 10 adet tohum eşit aralıklı olacak şekilde dağıtılmıştır. Petri kaplarının kapakları kapatılıp hiç nem kaybetmeyecek şekilde streç film ile sarılmıştır. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü’ne ait iklim odalarında $24\pm2^{\circ}\text{C}$ ’de ve 18 saat gündüz, 6 saat gece olacak şekilde %70-80 nemde 5 gün boyunca bekletilmiştir. Her bir petri kabındaki çimlenen tohumların kök uzunlukları cetvel yardımıyla ölçülmüştür. Ayrıca çimlenme yüzdeleri ve engelleme yüzdeleri de hesaplanmıştır (Fomin vd., 2003).



Şekil 3.7. *Lepidium sativum*’da çimlenme çalışması

Hesaplama

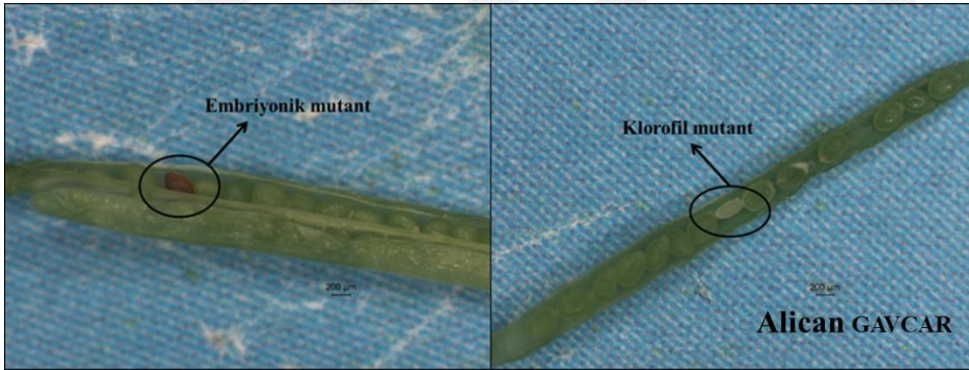
$$\% Engelleme = \frac{Lo - Lv}{Lv} \times 100$$

Lo: ortalama kök uzunluğu (Kontrol)

Lv: ortalama kök uzunluğu (Örnek)

3.3.6. Fare Kulağı Teresi (*Arabidopsis thaliana*)’da Mutasyon Testi

Sulama işlemi 1., 6. ve 8. noktalardan yaz ve kışın alınan sular ile beraber kontrol olarak çeşme suyu kullanılmıştır. Her su örneğinden 3 tekerrür olacak şekilde saksıda yetiştiriciliği yapılmıştır. *A. thaliana*’lar iklim odasında yetiştirildikten sonra mutantların sayımı normal tohum kabuğu kahverengi olmadan önce iyi gelişmiş yeşil tohum içeren kapsüllerden yapılmıştır. Her bir örnek için 3 bitki yetiştirilmiş ve her bitkiden 10 kapsül embriyonik ve klorofil mutantlar için seçilip sayım yapılmıştır. Seçilen kapsüller bir stereomikroskop altında toplu iğne gibi keskin bir cisimle açılmıştır. Şekil 3.8’de görüldüğü gibi embriyonik mutantlar normal tohumlardan daha küçük olan embriyo ve tohum boyutu ile buna ek olarak normal tohumlara göre daha erken olgunlaşır ve küçük, büzülmüş tohumlar olarak görülürler. Klorofil mutantlar normal tohumlar ile aynı embriyo ve tohum boyutuna sahiptirler. Fakat normal tohumlardan farklı olarak renkleri beyaz, sarı veya soluk yeşil görülürler (Gichner vd., 1994).



Şekil 3.8. Stereomikroskop altında mutantların görüntülenmesi

Kısırlık derecesi (SG) hesaplaması

Açılan kapsüllerdeki tohum sayıları sayılmış ve kapsüldeki tohum sayısı 0-3 arası ise 1. sınıf, 4-16 arası ise 2.sınıf, 17-29 arası ise 3.sınıf ve 30 ve daha fazla ise 4. sınıf olarak gruplandırılmıştır. Bunların sayıları Çizelge 3.3’de yerine yazılıp yüzdeleri hesaplanmıştır. Daha sonra bulunan yüzdelere sabit sayılarla çarpılıp çıkan değerler toplanarak kısırlık derecesi (SG) bulunmuştur.

Çizelge 3.3. Örnek kısırlık derecesi hesaplanması

Doğurganlık sınıfı	1.sınıf	2.sınıf	3.sınıf	4.sınıf	Toplam
Kapsül sayısı	0	0	19	5	24
%	0	0	79,17	20,83	
faktör	1	0,75	0,25	0	
% x faktör	0	0	19,79	0	SG= 19,79

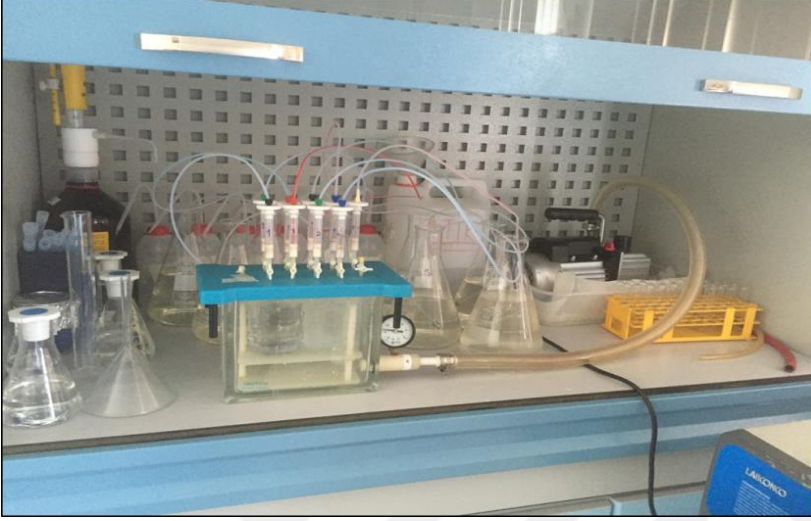
Mutasyon sıklığı hesaplaması

Seçilen her bir kapsülün mutant olup olmadığına bakılıp bunlar toplanır. Üç veya daha az tohum içeren kapsüller (1. sınıf) mutasyon sıklığının hesaplanmasına dahil olmadığından bunlar toplam kapsül sayısından çıkarıldıktan sonra bunların kaç mutant olduğu yüzde hesaplaması yapılarak hesaplanmıştır.

3.4. Pestisit Analizleri

3.4.1. Suda Pestisit Analizleri

Büyük Menderes Nehri'nin örnekleme noktalarından toplanan sular bir gün önceden çıkarılıp çözünmesi sağlanmış sular 3 lt su 1'er lt olacak şekilde 3 kaba bölünmüştür. Vakum havuzu düzeneği kurulup vakum pompası çalıştırıldıktan sonra ilk olarak supelco supelclean envi 18 kolonlarının içinden vakum çalışırken her birinden sırasıyla 3 kez 3 ml n-hekzan:aseton (1:1) karışımı sonra 1 kez 3 ml metanol ve son olarak 1 kez 10 ml distile saf sudan geçirilerek kartuşlar şartlandırılmıştır. Daha sonra nehirde alınan örnekler vakumlanmıştır (Şekil 3.9). Bütün su vakumlandıktan sonra 1 saat boş çalıştırılıp kuruması sağlanmıştır. Kurutma işlemi yapıldıktan sonra vakum havuzunun içine cam tüpler yerleştirilip supelco supelclean envi 18 kolonlarının içinden 2 ml n-hekzan:aseton (1:1) karışımı 2 kez geçirilerek kartuşlarda tutunan pestisitlerin çözücüye geçmesi sağlanmıştır. Daha sonra cam tüplerde topladığımız 4 ml n-hekzan:aseton karışımı Lapconco CentriVap Benchtop Centrifugal (katolog numarası: 7810015) vakumlu konsantratör ile 1 atm basınç altında içindeki maddeler uçuncaya kadar çalıştırılmıştır. Cam tüplerin içi iyice uçtukten sonra 1 ml acetonitril ile yıkanıp, medikal enjektör yardımı ile alınıp teflon membran filtreden geçirilerek viallere alınmıştır.



Şekil 3.9. Vakum havuzunda suların supelco supelclean envi 18 içinden geçirilmesi

3.4.2. Sedimentte Pestisit Kalıntısı Analizleri

Ekstraksiyon için, 50 ml'lik falkon tüplerin içine 5 gr örnek tartılmıştır. Tartılan örneklerin üzerine daha önceden hazırladığımız aseton-metanol (1:1) karışımından 10 ml eklenip 2 dk vortekslenmiştir. Daha sonra 30 dk 28-30°C'de saf su içinde ultrasonik banyo ile 400 khz frekansta bekletilmiştir. 4000 rpm devirde 10 dk santrifüjleme yapılmıştır. Üst faz alınıp 15 ml'lik falkon tüplere içinde daha önceden hazırlanmış olan 0,15 gr $MgSO_4$ üzerine eklenmiştir. 30 sn vorteksledikten sonra 4000 rpm devirde 5 dk bekletilmiş ve oluşan üst faz eppendorf pipet yardımı alınıp cam tüplere konulmuştur. Lapconco CentriVap Benchtop Centrifugal (katolog numarası: 7810015) vakumlu konsantratör ile 1 atm basınç altında içindeki maddeler uçuncaya kadar çalıştırılmıştır. Uçurulma işlemi tamamlandıktan sonra cam tüplerin içi 2 ml acetonitril ile iyice yıkanıp medikal enjektör yardımı ile alınıp teflon membran filtreden geçirilerek viallere alınmıştır.



Şekil 3.10. Falkon tüp içindeki sediment karışımının vortekslenmesi

Viallere alınan örneklerin analizleri LC-MS/MS (Sıvı kromatografisi-kütle-kütle spektrometresi) ve GC-MS (Gaz kromatografisi- Kütle spektrometresi) cihazında analiz edilmiştir. Her iki cihazda da analiz edilen 263 pestisitler ve metabolitlerinin hangi cihazda hangi pestisit analizi yapıldığı Çizelge 3.4’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. Analiz edilen pestisitler ve LOQ değerleri

ETKEN MADDE	LOQ (ppm)	CİHAZ	ETKEN MADDE	LOQ (ppm)	CİHAZ
2,4-D	0.010	LC-MS/MS	Alpha cypermethrin	0.005	GC-MS
o,p'-DDT	0.010	GC-MS	Ametryn	0.010	GC-MS
p,p'-DDD	0.010	GC-MS	Amitraz	0.010	LC-MS/MS
o,p'-DDD	0.010	GC-MS	Atrazine	0.010	LC-MS/MS
p,p'-DDE	0.010	GC-MS	Azinphos ethyl	0.010	LC-MS/MS
o,p'-DDE	0.010	GC-MS	Azoxystrobin	0.010	LC-MS/MS
p,p'-DDT	0.010	GC-MS	Benalaxyl	0.015	GC-MS
Abamectin	0.010	LC-MS/MS	Benfluralin	0.010	GC-MS
Acetamiprid	0.010	LC-MS/MS	Benfurocarb	0.010	LC-MS/MS
Acetochlor	0.010	GC-MS	Bensulfuron methyl	0.010	LC-MS/MS
Alachlor	0.010	LC-MS/MS	Benthiocarb	0.010	GC-MS
Aldicarb	0.010	LC-MS/MS	Beta cyfluthrin	0.010	GC-MS

Çizelge 3.4. Analiz edilen pestisitler ve LOQ değerleri (devamı)

Aldrin	0.010	GC-MS	Bifenazate	0.010	GC-MS
Bifentrin	0.010	LC-MS/MS	Dialifos	0.010	LC-MS/MS
Bitertanol	0.010	LC-MS/MS	Diazinon	0.010	LC-MS/MS
Boscalid	0.010	LC-MS/MS	Dichlofluanid	0.010	LC-MS/MS
Bromacil	0.010	LC-MS/MS	Dichlorfos	0.010	LC-MS/MS
Bromophos-ethyl	0.010	GC-MS	Dicloran	0.010	GC-MS
Bromophos-methyl	0.010	GC-MS	Dicofol	0.010	GC-MS
Bromopropylate	0.010	GC-MS	Dieldrin	0.010	GC-MS
Bromuconazole	0.015	LC-MS/MS	Diethofencarb	0.010	LC-MS/MS
Bupirimate	0.010	LC-MS/MS	Difenoconazole	0.010	LC-MS/MS
Buprofezin	0.010	LC-MS/MS	Dimethenamid	0.010	LC-MS/MS
Cadusafos	0.010	GC-MS	Dimethoate	0.010	LC-MS/MS
Captan	0.010	GC-MS	Dimethomorph	0.010	LC-MS/MS
Carbarly	0.010	LC-MS/MS	Diniconazole	0.010	GC-MS
Carbendazim/Benomyl	0.010	LC-MS/MS	Dinobuton	0.010	GC-MS
Carbofuran	0.010	LC-MS/MS	Dinocap	0.010	LC-MS/MS
Carbosulfan	0.010	LC-MS/MS	Diphenamid	0.010	LC-MS/MS
Carboxin	0.010	LC-MS/MS	Dithianon	0.010	LC-MS/MS
Carfentrazone ethyl	0.010	GC-MS	Diuron	0.010	LC-MS/MS
Chlofentezine	0.010	LC-MS/MS	Endosulfan	0.002	GC-MS
Chlorantraniliprole	0.010	LC-MS/MS	Endosulfan sulfat	0.002	GC-MS
α -, β -, γ - Chlordan	0.010	GC-MS	Endrin	0.010	GC-MS
Chlorfenvinphos	0.010	GC-MS	Epoxicanazole	0.010	LC-MS/MS
Chlorfluazuron	0.010	LC-MS/MS	EPTC	0.015	LC-MS/MS
Chloridazon	0.010	LC-MS/MS	Esfenvalerate	0.010	GC-MS
Chlorpropham	0.010	GC-MS	Ethalfuralin	0.010	GC-MS
Chlorpyrifos	0.005	LC-MS/MS	Ethiofencarb sulfone	0.010	LC-MS/MS
Chlorpyrifos methyl	0.010	GC-MS	Ethiofencarb sulfoxide	0.010	LC-MS/MS
Chlorthalonil	0.010	GC-MS	Ethiofencarp	0.010	LC-MS/MS
Chlothanidin	0.010	LC-MS/MS	Ethion	0.010	LC-MS/MS
Coumaphos	0.010	LC-MS/MS	Ethofumasate	0.010	LC-MS/MS
Cyazofamid	0.010	LC-MS/MS	Ethoprophos	0.010	LC-MS/MS
Cycloate	0.010	LC-MS/MS	Etofenprox	0.010	GC-MS
Cymoxanil	0.010	LC-MS/MS	Etoxazole	0.010	LC-MS/MS
α -, β -, θ -, ζ -Cypermethrin	0.010	GC-MS	Famaxadone	0.010	LC-MS/MS
Cyprocanazole	0.010	LC-MS/MS	Fenamidone	0.010	GC-MS

Çizelge 3.4. Analiz edilen pestisitler ve LOQ değerleri (devamı)

Cyprodinil	0.010	LC-MS/MS	Fenamiphos	0.010	LC-MS/MS
Dasanit	0.010	LC-MS/MS	Fenarimol	0.010	LC-MS/MS
Deltamethrin	0.010	LC-MS/MS	Fenazaquin	0.010	LC-MS/MS
Diafenthiuron	0.010	GC-MS	Fenbuconazole	0.010	LC-MS/MS
Fenchlorpros	0.010	GC-MS	Lufenuron	0.010	LC-MS/MS
Fenitrothion	0.010	GC-MS	Malathion	0.010	LC-MS/MS
Fenoxycarb	0.010	LC-MS/MS	Mecarbam	0.010	GC-MS
Fenpropathrin	0.010	GC-MS	Mefenpyr-diethyl	0.010	GC-MS
Fenproximate	0.010	LC-MS/MS	Mesosulfuron methyl	0.010	LC-MS/MS
Fenthion	0.010	GC-MS	Metalaxyl	0.010	GC-MS
Fenvalerate	0.010	GC-MS	Metalaxyl methyl	0.010	LC-MS/MS
Fluazifop-butyl	0.010	GC-MS	Metamitron	0.015	LC-MS/MS
Fluazinam	0.015	LC-MS/MS	Methidathion	0.010	GC-MS
Flubenzimine	0.010	GC-MS	Methiocarb	0.010	LC-MS/MS
Flucythrinate	0.010	GC-MS	Methoxychlor	0.010	GC-MS
Fludioxinil	0.010	LC-MS/MS	Methoxyfenozide	0.010	LC-MS/MS
Flufenoxuron	0.015	LC-MS/MS	Metobromuron	0.010	LC-MS/MS
Flurochloridone	0.010	GC-MS	Metolachlor	0.010	LC-MS/MS
Flusilazole	0.010	GC-MS	Metoxuron	0.010	LC-MS/MS
Flutriafol	0.010	LC-MS/MS	Metrafenone	0.010	LC-MS/MS
Folpet	0.010	GC-MS	Metrubuzin	0.010	LC-MS/MS
Formothion	0.010	GC-MS	Mevinphos	0.010	LC-MS/MS
Furathiocarb	0.010	LC-MS/MS	Mirex	0.010	GC-MS
HCB	0.010	GC-MS	Molinate	0.010	LC-MS/MS
α -, β -, γ -HCH	0.010	GC-MS	Monocrotophos	0.010	LC-MS/MS
Heptachlor	0.010	GC-MS	Monolinuron	0.010	LC-MS/MS
Heptenophos	0.010	GC-MS	Myclobutanil	0.010	LC-MS/MS
Hexaconazole	0.010	GC-MS	Nitenpyram	0.010	LC-MS/MS
Hexythiazox	0.010	LC-MS/MS	Nitralin	0.010	GC-MS
Imazalil	0.010	LC-MS/MS	Nitrofen	0.010	GC-MS
Imidachloropid	0.010	LC-MS/MS	Norflurazon	0.010	LC-MS/MS
Indoxacarb	0.010	LC-MS/MS	Nuarimol	0.010	GC-MS
Ioxynil	0.010	LC-MS/MS	Ofurace	0.010	LC-MS/MS
Iprodione	0.010	GC-MS	Omethoate	0.010	LC-MS/MS
Iprovalicarb	0.010	LC-MS/MS	Oxadixyl	0.010	LC-MS/MS
Isafenphos	0.010	LC-MS/MS	Oxamyl	0.010	LC-MS/MS
Isazofos	0.010	GC-MS	Oxydemeton methyl	0.015	LC-MS/MS

Çizelge 3.4. Analiz edilen pestisitler ve LOQ değerleri (devamı)

Isocarbofos	0.010	GC-MS	Oxyfluorfen	0.010	GC-MS
Kresoxim methyl	0.010	LC-MS/MS	Paclabutrastrol	0.010	LC-MS/MS
Lambda cyhalothrin	0.010	GC-MS	Parathion methyl	0.002	GC-MS
Lenacil	0.010	LC-MS/MS	Parathion ethyl	0.010	GC-MS
Linuron	0.010	LC-MS/MS	Penconazole	0.010	LC-MS/MS
Pencycuron	0.010	LC-MS/MS	Quizalofop ethyl	0.010	LC-MS/MS
Pendimethalin	0.010	LC-MS/MS	Rimsulfuron	0.010	LC-MS/MS
Permethrin	0.010	LC-MS/MS	Simazine	0.010	LC-MS/MS
Phenthoate	0.010	LC-MS/MS	Spinosyn A, D	0.010	LC-MS/MS
Phosalone	0.010	LC-MS/MS	Spirodiclofen	0.010	LC-MS/MS
Phosfolan	0.010	LC-MS/MS	Spiromesifen	0.010	GC-MS
Phosmet	0.010	LC-MS/MS	Spiroxamine	0.010	LC-MS/MS
Phosphamidon	0.010	LC-MS/MS	Sulfotep	0.010	GC-MS
Primicarb	0.010	LC-MS/MS	Tau-fluvalinate	0.010	GC-MS
Primifos methyl	0.004	LC-MS/MS	Tebucanazole	0.010	LC-MS/MS
Primiphos ethyl	0.010	GC-MS	Tebufenozide	0.010	LC-MS/MS
Prochloraz	0.010	LC-MS/MS	Tebuconazole	0.010	GC-MS
Procymidone	0.010	GC-MS	Tecnazene	0.010	GC-MS
Profenofos	0.010	LC-MS/MS	Tepraloxymdim	0.010	LC-MS/MS
Promecarb	0.010	LC-MS/MS	Terbufos-sulfone	0.010	GC-MS
Prometryn	0.010	LC-MS/MS	Terbumeton	0.010	GC-MS
Propamocarb	0.010	LC-MS/MS	Terbutylazine	0.010	GC-MS
Propanil	0.010	GC-MS	Terbutryn	0.010	LC-MS/MS
Propargite	0.010	LC-MS/MS	Tetrachlorvinphos	0.010	GC-MS
Propazine	0.010	LC-MS/MS	Tetraconazole	0.010	GC-MS
Propetamphos	0.010	GC-MS	Tetradifon	0.010	GC-MS
Propham	0.010	LC-MS/MS	Tetrasul	0.010	GC-MS
Propoxur	0.010	LC-MS/MS	Thiacloprid	0.010	LC-MS/MS
Propiconazole	0.010	LC-MS/MS	Thiamethoxam	0.010	LC-MS/MS
Propyzamide	0.010	LC-MS/MS	Thiaphionatmet	0.010	LC-MS/MS
Prosulfocarb	0.010	LC-MS/MS	Thifensulfuron methyl	0.010	LC-MS/MS
Prothiophos	0.010	LC-MS/MS	Tolclofos methyl	0.010	GC-MS
Pymetrozine	0.010	LC-MS/MS	Tolyfluanid	0.010	LC-MS/MS
Pyraclostrobin	0.010	LC-MS/MS	Tralkoxydim	0.010	LC-MS/MS
Pyraflufen ethyl	0.010	GC-MS	Triadimefon	0.010	LC-MS/MS
Pyrazophos	0.010	LC-MS/MS	Triadimenol	0.010	LC-MS/MS
Pyridaben	0.010	LC-MS/MS	Triallate	0.010	LC-MS/MS

Çizelge 3.4. Analiz edilen pestisitler ve LOQ değerleri (devamı)

Pyridaphention	0.010	LC-MS/MS	Triasulfuron	0.010	LC-MS/MS
Pyrimethanil	0.010	LC-MS/MS	Triazophos	0.010	LC-MS/MS
Pyriproxypen	0.010	LC-MS/MS	Trichlorfon	0.010	LC-MS/MS
Quinalphos	0.010	GC-MS	Trichloronate	0.010	GC-MS
Quinomethionate	0.010	GC-MS	Tricyclazole	0.010	LC-MS/MS
Quinoxifen	0.010	GC-MS	Trifloxystrobin	0.010	LC-MS/MS
Quintozene	0.010	GC-MS	Triflumizole	0.010	LC-MS/MS
Trifluralin	0.010	GC-MS	Vinclozolin	0.010	GC-MS
Triticonazole	0.010	GC-MS	Zoxamide	0.010	GC-MS
Vamidathion	0.010	LC-MS/MS			

LOQ (Limit of Quantitation): Minimum ölçme sınırı

3.4.3. Analizde Kullanılan Cihaz Değerleri

Pestisit analizleri 8030-triple quadropole SHIMADZU marka LC/MS/MS cihazda gerçekleştirilmiş ve cihaz LC ve MS kısımlarından oluşmaktadır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. 8030-triple quadropole SHIMADZU LC/MS/MS cihazı

Çizelge 3.5, Çizelge 3.6 ve Çizelge 3.7’de LC/MS/MS cihazının cihazdaki pompaları, başınc limitleri ve kolonla ilgili bilgileri gösterilmiştir.

Çizelge 3.5. LC/MS/MS cihazı şartları pompa ve basınç limitleri

Pompa	
Mod	Çiftli Gradyan
Toplam Akış	0,4000 mL/dk
Pompa B Konsantrasyon	5,00%
Pompa B Eğrisi	0
Basınç Limitleri (Pompa A,B)	
Minimum	0 bar
Maximum	250-300 bar
Hücre Fıın Sıcaklığı	40 °C
Sıcaklık Limiti (Max)	85 °C

Çizelge 3.6. Kolon: C18 değerleri

Kolon C:18	
Arayüz Voltajı	4,5 kV
Gerçekleşme Zamanı	0,206 sn
Ara Yüz	ESI
DL Sıcaklık	250 °C
Sisleştirici Gaz Akışı	3L/dk
Kurutma Gazı	15L/dk
Isı Blok Sıcaklığı	400 °C

Çizelge 3.7. LC/MS/MS Pompa Programı: Modül, zaman ve komut değerleri

Zaman	Modül	Komut	Değer
6.50	Pompalar	Pompa B Konsantrasyon	95
7.50	Pompalar	Pompa B Konsantrasyon	95
8.00	Pompalar	Pompa B Konsantrasyon	5
12.00	Kontrolcü	Stop	

Gaz Kromatografi- Kütle Spektrometresi (GC-MS) Cihazı şartları

Pestisit analizleri SHIMADZU marka 2010 plus model GC-MS cihazında yapılmıştır (Şekil 3.12). GC-MS cihazının GC şartları çizelge 3.8’de verilmiştir. Analizler için Trb 5 ms, %5 fenilpolysiloxane ve %95 metil özelliklerindeki uzunluğu 15 m, kalınlık 0,25 mikrometre, çap 0,25 mm olan kapiler kolon kullanılmıştır.



Şekil 3.12. SHIMADZU GC/MS cihazı

Çizelge 3.8. GC Şartları

Enjeksiyon Portu	SPL 1
Enjeksiyon Sıcaklık Portu	INJ 1
Enjeksiyon Sıcaklığı	270 °C
Enjeksiyon Modu	Splitless
Sütun Fırın Sıcaklığı	90 °C
Taşıyıcı Gaz	He
Akış kontrol Modu	Basınç
Prim. Basıncı	500-900
Basınç	62,7 kPa
Toplam Akış	50,0 mL/dk
Kolon akışı	1,85 mL/dk
Lineer Hız	71,3 cm/sn
Tavsiye Akışı	3 mL/dk
Bölünme Oranı	(-1)

Asıl pestisitlerin tanılanması kütle/ağırlık (M/Z) ye göre MS cihazında yapılmaktadır. Çizelge 3.9'da ve Çizelge 3.10'da MS cihazının şartları ve MS sıcaklık programı gösterilmiştir.

Çizelge 3.9. MS Şartları

Arayüz Sıcaklığı	280 °C
İyon Kaynak Sıcaklığı	200 °C
Mikro Tarama Genişliği	0 dk
Dedektör Voltajı	0,3 kV
Çözücünün Kesilme Süresi	2.35 dk
Eşik Değer	150

Çizelge 3.10. MS-Oran, son sıcaklık (°C) ve tutma süresi (dk)

Oran	Son Sıcaklık (°C)	Tutma Süresi (dk)
-	90	0.20
50	150	0.00
10	200	0.00
15	300	3.00

3.4.4. Pestisitlerin Bitki Kökleri Tarafından Alınım ve Taşınma Modeli

Çalışmamız, Legind ve Trapp tarafından 2009 yılında yayınladıkları modellere dayanmaktadır. Pestisitlerin bitki köklerinden alınım ve bitkiye taşınması ile ilgili matematiksel modeller geliştirmişlerdir. Çalışma alanındaki pestisitlerin ve bozunma ürünlerinin konsantrasyonlarını hesaplayıp bu modellere göre değerleri girip pestisitlerin taşınımları aşağıdaki formüllere göre değerlendirilmiştir (Legind ve Trapp, 2009).

Legind ve Trapp (2009) pestisitlerin topraktan kökler aracılığı ile bitkiler içine alınmasını toprak denklemi kullanarak modeli tanımlamışlardır. Toprak suyu ile ıslak hacimli toprak K_{WS} arasındaki kimyasal denge aşağıdaki gibidir.

$$\frac{C_W}{C_S} = K_{WS} = \frac{P_{wet}}{OC \times K_{OC} \times P_{dry} + W_S + G_S + K_{AW}} (kg L^{-1})$$

C_W (mg/L), kimyasalın toprak suyundaki konsantrasyonu; C_S (mg/kg) ıslak hacimli toprakta kimyasal konsantrasyonu; p_{wet} (kg/L) ıslak toprağın yoğunluğu; OC (kg/kg) ıslak hacimli topraktaki organik karbon katsayısı; p_{dry} (kg/L) kuru toprağın yoğunluğu; W_S ve G_S (L/L) topraktaki su ve gazın hacim katsayısı ve K_{AW} (L/kg) hava ile su arasındaki bölme katsayısıdır.

Legind ve Trapp (2009), kök ve su arasındaki faz dengesini K_{RW} (L/kg) olarak tanımlamışlar ve aşağıdaki denkleme göre modellemişlerdir.

$$K_{RW} = \frac{C_R}{C_W} = W_R + L_R \times a \times K_{OW}^b + G_R \times K_{AW}$$

C_R (mg (kg/taze ağırlık)) kökteki pestisit konsantrasyonu; C_W (mg/L) sudaki konsantrasyonu; W_R (L/kg) kökün su içeriği; L_R (kg/kg) kökün lipid içeriği, G_R (L/kg) kökün gaz içeriğidir. b (kökler için) 0,77'ye eşit; ve a p/oktanol'e (L/kg) yani 1,22'ye eşittir.

Faz dengesindeki ince köklerde konsantrasyon Legend ve Trapp (2009) tarafından şu şekilde tanımlanmıştır.

$$C_{R,eq} = C_S \times K_{RS} = C_S \times K_{RW} \times K_{WS}$$

Modelde kullanılan pestisitlerin molekül ağırlığı ve Log K_{ow} değerleri Çizelge 3.11’de verilmiştir.

Çizelge 3.11. Modelde kullanılan pestisitlerin özellikleri (Anonim, 2017c)

Pestisitler	Molekül Ağırlığı	Log K_{ow}
Acetamiprid	222,7	0,8
Chlorpyrifos	350,6	4,7
Dimethoate	229,2	0,8
Imidachloropid	255,7	0,6
Indoxacarb	527,8	4,7
Lambda Cyhalothrin	449,9	7,0
Metolachlor	283,8	3,1
Pyrimethanil	199,3	2,8
Spinosyn A	731,9	3,9
Spinosyn D	746,0	4,5
Triadimefon	293,8	2,8
Aldrin	364,9	6,5
α -chlordane	409,8	6,2
γ -chlordane	409,8	6,2
p,p’-DDD	320,1	6,0
o,p’-DDD	320,1	6,0
p,p’-DDE	318,0	6,5
o,p’-DDE	318,0	6,5
p,p’-DDT	354,5	6,9
Endrin	380,9	5,2
endosülfan	406,9	3,8
endosülfan sülfat	422,9	3,7
α -HCH	290,8	3,7
γ -HCH	290,8	3,7
HCB	284,8	5,7
Heptachlor	373,3	6,1
Mirex	545,5	6,9

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Suda ve Sedimentte pH, EC ve Tekstür

Büyük Menderes Nehri'nden alınan su örneklerinin pH değerleri maksimum 9,05 ölçülen değerle 3. nokta olurken minimum değeri ise 7,56 ile 8. nokta olmuştur (Çizelge 4.1). 6. 7. ve 8. noktalarda pH değerinin düşük olması Denizli'de bulunan tekstil tesislerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Okur vd. (2001) tarafından Büyük Menderes'te (BM) yapılan çalışmada ağustos ayındaki pH ölçümlerinde 7,83-9,49 arası bularak bizim bulduğumuz sonuçlarla paralellik göstermiştir. Yıl boyunca yapılan ölçümlerde pH değerlerini ise 6,65-9,89 arasında tespit etmişlerdir. Küçük (2007)'nin yine BM'de yaptığı çalışmada 4 yıl boyunca yaptığı pH ölçümleri sonucunda 7,6-8,1 arasında değişim gösterdiğini bulmuştur ve bu değişimlerin debi ve çevresel katkılar tarafından değişebileceğini belirtmiştir. Gedik vd. (2010)'a göre suda erimiş halde bulunan CO₂ ile yakından ilişkili olan pH değerinin sucul yaşam için gerekli sınır değerleri 6,5-8,5 arasında olması gerektiğini bildirmişlerdir. Bu sonuçlara göre ağustos ayı için 3. nokta hariç diğer bölgeler sucul yaşamı olumsuz etkilememektedir.

Büyük Menderes Nehri'nden alınan sediment örneklerinde maksimum pH 8,87 ile 5. nokta bulunurken en düşük pH 7,76 ile 2. noktada bulunmuştur. Marathe vd. (2011)'nin Tapti Nehri'nde yaptığı çalışmada sediment örneklerinde pH değerlerini 7,01-8,05 arasında bulmuştur. Düşük pH, yakınlardaki boya, ilaç, tekstil endüstrisi, şeker gibi birçok sanayi alanından çıkan atığın asitli olarak nehre boşaltılması ve çevredeki tarımdan dolayı kullanılan pestisitlere bağlı olabileceğini yüksek pH'ın ise, yan kollardaki kireçli yapılardan çok miktarda kalsiyum karbonat ve magnezyum karbonat içeriğinin nehre ulaşmasından dolayı olduğunu belirtmişlerdir.

Büyük Menderes Nehri'nden alınan sediment örneklerinde EC değerleri 143,5-1306 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında ölçülmüştür. Marathe vd. (2011)'nin Tapti Nehri'nde yaptığı çalışmada sediment örneklerinde EC değerlerini 2350-5050 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında bulmuştur. İletkenlik veya tuzluluk, klorür, bikarbonat, sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum gibi iyon yüzdesine bağlıdır ve ayrıca elektrik iletkenliğini daha düşük silikat seviyesinde daha düşük olacağını belirtmişlerdir. Okur vd. (2001) tarafından BM'deki su örneklerinde yıl boyu yapılan EC ölçümlerinde 450-9800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ gibi çok geniş sınırlar arasında bulmuştur. En düşük elektriksel

geçirgenlik değerini ekim ayında, en yüksek elektriksel geçirgenlik değerini mayıs ayında saptamıştır. Bizim bulduğumuz sonuçlara göre EC bakımından tuzlulukta herhangi bir sorun teşkil etmezken Okur vd. (2001)'e göre yıl boyunca tuzlu akan Büyük Menderes Nehri, suladığı bölge ve özellikle ağır bünyeli topraklarda tuz birikimine yol açarak bitkisel üretimde verimin azalmasına neden olacağını belirtmişlerdir.

Büyük Menderes Nehri'nin tabanından alınan sediment örneklerin büyük çoğunluğu 1., 5., 6., 7., 8. noktalarda kumlu tın tekstür sınıfında görülürken 2. noktada tın, 3. noktada siltli tın, 4. noktada kum olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.1).

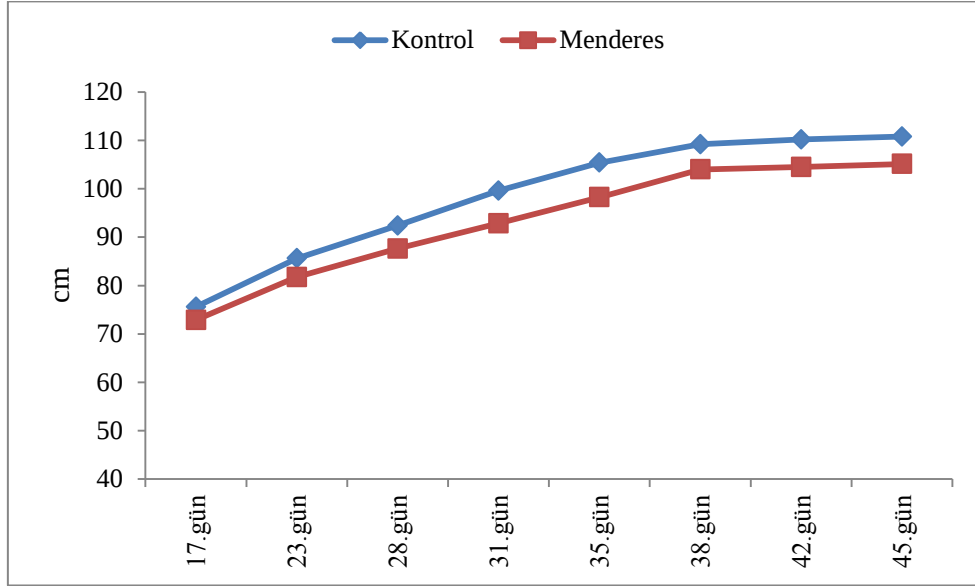
Çizelge 4.1. Büyük Menderes Nehri'nden Ağustos 2015'te 8 noktadan alınan su ve sediment örneklerine ait pH, EC, tekstür sınıfı

Örneklerin alındığı noktalar	pH (su)	pH (sediment)	EC (µs/cm) (sediment)	Tekstür sınıfı (sediment)
1	8,51	7,82	946	kumlu tın
2	8,33	7,76	1150	tın
3	9,05	8,31	457	siltli tın
4	8,01	8,77	143,5	kum
5	8,18	8,87	743	kumlu tın
6	7,66	8,14	608	kumlu tın
7	7,61	8,04	1306	kumlu tın
8	7,56	8,36	507	kumlu tın

4.2. Barbunya Bitkisi Boy Ölçümü

Bitki boyu ölçümlerinde BM'den aldığımız su ile suladığımız bitkilerde ölçümlere başladığımız 17. günde ortalama uzunluk 72,9 cm olarak ölçülürken çeşme suyu ile suladığımız kontrolde ortalama uzunluk ise 75,6 cm olmuştur. 38. günden sonra bitki gelişiminin yavaşladığı görülmüş ve son gün olan 45. gün ölçümlerinden sonra bitki boylarında uzamaların durduğu görülmüştür. 45. gün ise BM'den alınan su ile sulanan bitkilerde ortalama 105,1 cm olurken, kontrolde ise ortalama uzunluk 110,8 cm olarak ölçülmüştür (Şekil 4.1). Bu farklılık bütün parametreler aynı olduğundan sulama suyundan kaynaklandığını düşünülürse buna kirlilik ve tuzluluğun neden olduğu sonucuna varılabilir.

Sulama suyundaki kirlilik ile bazı bileşenlerin bitki tarafından alınması ve bitki bünyesinde birikmesi sonucunda bitki gelişimini ve verimi azaltabildiği gibi sulama suyundaki tuzluluğun artması da bitki su alımını yavaşlatarak bitki gelişimini ve verimini olumsuz etkilediği yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Ekmekçi vd., 2005; Anonim, 2017d).



Şekil 4.1. Barbunya bitkilerinin ortalama boy uzunlukları

Tek yönlü varyans analizinde Tukey testinde istatistiki olarak BM sularıya sulanan barbunya bitkisinin boy uzunlukları ortalamaları %95 güven aralığında kontrolden anlamlı bir farkın olmadığı görülmektedir.

4.3. Barbunya Bitkisi Yaş ve Kuru Ağırlıkları

Çeşme ve Eylül 2016'da BM'den alınan sularla suladığımız barbunyanın yaş ve kuru ağırlıkları Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Barbunya bitkilerinin yaş ve kuru ağırlıkları (gr)

	1.bitki		2.bitki		3.bitki		4.bitki	
Kontrol	Yaş Ağırlık	Kuru Ağırlık	Yaş Ağırlık	Kuru Ağırlık	Yaş Ağırlık	Kuru Ağırlık	Yaş Ağırlık	Kuru Ağırlık
Yaprak	49,27	5,51	36,19	4,52	25,73	3,75	25,01	3,4
Gövde	14,16	3,18	8,73	2,2	5,54	1,35	8,52	1,95
Kök	5,34	1,25	2	0,75	1,02	0,38	1,62	0,7
Menderes								
Yaprak	43,82	4,8	40,68	4,91	31,23	4,41	23,75	2,85
Gövde	10,76	1	9,67	2,27	6,95	1,74	4,86	2,75
Kök	3,69	0,62	4,17	0,89	0,85	0,25	3,14	0,93

Çeşme suyu ile sulanan kontrolde yaprak örneklerinin yaş ağırlıkları 25,01-49,27 gr arasında ölçülürken BM'den alınan suyla sulanan barbutya bitkilerinde 23,75-43,82 gr arasında ölçülmüştür. Yaprakların kuru ağırlıkları ise sırasıyla 3,4-5,51 gr ve 2,85-5 gr arasında ölçülmüştür. Kontrolde gövde yaş ağırlıkları 5,54-14,16 gr, BM'de 4,86-10,76 gr arası ölçülmüştür. Gövde kuru ağırlıklar ise kontrolde 1,35-3,18 gr, BM'de 1-2,75 gr arası ölçülmüştür. Kökte, kontrol ve BM'de sırasıyla yaş ağırlıklar 1,02-5,34 gr, 0,85-4,17 gr kuru ağırlıklar ise sırasıyla 0,38-1,25 gr, 0,25-0,93 gr arasında ölçülmüştür.

4.4. *Lepidium sativum*'da Çimlenme Testi

Ortalama kök uzunlukları ölçümlemlerinde en uzun kök uzunluğu 8,93 cm ile yazın 1. noktadan aldığımız su örneğinde görülürken en kısa kök uzunluğu ise 3,26 cm ile kışın 6. noktadan aldığımız su örneklerinde görülmüştür (Çizelge 4.3). Çimlenme yüzdeleri en yüksek %100 ile yaz 8. noktada kullanılan çeşme suyu olurken en düşük çimlenme yüzdesi ise kış 6. noktada kullanılan %50'lik BM suyu olmuştur (Çizelge 4.4). Aydın ve Kara (2006)'da sanayi bölgesinden aldıkları atık su örnekleriyle yaptıkları çalışmada kök uzunluğunun 0,4 cm'e, çimlenme yüzdelerinin %50'ye kadar düştüğünü tespit etmişlerdir. Kazlauskienė vd. (2008) ise yine yaptıkları çalışmada nehre dökülen kanalizasyonun kirlilik kaynağından alınan noktada çimlenme yüzdelerinin %72'ye kadar düştüğünü tespit ederken nehir suyundaki çalışmada ise %92 gibi bizim sonuçlarımıza yakın değerler bulmuştur. Yapılan bu çalışmalarda daha düşük kök uzunluğu ve çimlenme yüzdesi bulmalarının nedeni bizim çalışmamızdan farklı olarak kirlilik

kaynağından alındığından dolayı daha toksik su örneklerinin çimlenmede kullanılmasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

Çalışmamızda bazı noktalarda BM suyu ile sulananların kök uzunlukları kontrolden daha fazla ortalama kök uzunluğu görülmesinin nedeni çeşme suyu içinde bitki gelişimini destekleyici iyonlar bulunmazken BM suyunun içinde organik yada inorganik bitki büyümesini destekleyici besinlerin olabileceği sonucuna varılmıştır. Yapılan çalışmalarda bütün koşullar eşit olduğundan oluşan farkın kullanılan sulardan oluşabileceği ve daha gerçekçi sonuçlar alınması için tekrerrür sayısını arttırmak gerektiği belirtilmiştir.

Çizelge 4.3. *L. sativum*'un ortalama kök uzunluk değerleri ve standart sapmaları (cm)

	Ağustos 2015			Şubat 2016		
	1	6	8	1	6	8
çs (kontrol)	4,19±1,0	4,96±1,0	4,03±0,8	4,69±0,9	5,45±1,8	6,66±1,9
ms	8,93±1,7*	4,17±0,9*	7,10±1,4*	5,18±2,1	3,26±0,7*	5,79±1,7
%75 ms	5,68±1,1*	3,81±1,0*	4,97±1,0*	4,92±1,4	3,30±0,6*	7,21±1,4
%50 ms	3,78±1,1	4,49±1,1	4,20±0,9	5,13±1,8	3,44±0,8*	6,01±1,7
%25 ms	3,40±0,8*	4,49±1,3	3,46±0,8*	5,26±1,9	4,70±1,2	4,20±2,0*

*Kontrollerden anlamlı olarak farklı değerler ($P \leq 0.05$)

çs: Çeşme Suyu

ms: Büyük Menderes Suyu

Tek yönlü varyans analizinde Tukey testinde istatistiki olarak yıldızlı (*) olan BM suları ile çimlendirilen tohumların kök uzunluklarının ortalamasının %95 güven aralığında kontrolden çok farklı olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.4. *L. sativum*'un ortalama çimlenme değerleri (%)

	Ağustos 2015			Şubat 2016		
	1	6	8	1	6	8
çs(kontrol)	93,33	93,33	100,00	93,33	90,00	93,33
ms	86,67	86,67	93,33	83,33	86,67	86,67
%75 ms	90,00	93,33	93,33	90,00	90,00	90,00
%50 ms	86,67	93,33	96,67	96,67	83,33	90,00
%25 ms	86,67	90,00	93,33	93,33	96,67	90,00

çs: Çeşme Suyu

ms: Büyük Menderes Suyu

BM'den alınan sular kullanılarak kontrole göre engelleme yüzdeleri Çizelge 4.5'te belirtilmiştir. En fazla engelleme %67,16 ile kış 6. nokta olurken en az engelleme ise %10,42 ile yaz 6. noktada kullanılan %50 BM suyu olmuştur. Fakat burada istatistiki olarak en belirgin engelleme yaz ve kış 6. noktadan alınan sularda olmuştur. Yaz ve kış 6. noktadaki alınan örneklerde pestisit kirliliği olarak belirgin bir farkın olmaması nedeniyle bu engellenmenin sadece pestisitlere bağlanılamayacağı ve birçok etkene bağlı olabileceği sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmamıza göre su örneklerini aldığımız 6. nokta olan Nazilli Bölgesi'nde yapılan çalışmalarda jeotermal ve termal kaynaklı sulardan yüksek miktarda bor içeriğinin Büyük Menderes Nehri'ne geçişin olduğunu ve sulama suyu olarak kullanılmasının bölgedeki yetiştirilen ürünlerin gelişimlerini engellediğini belirtmişlerdir (Akar, 2007; Koç, 2007; Harite ve Aydın, 2008; Koç, 2010).

Çizelge 4.5. *L. sativum*'un yüzde engelleme değerleri (%)

	Ağustos 2015			Şubat 2016		
	1	6	8	1	6	8
çs(kontrol)	-	-	-	-	-	-
ms	-	19,01	-	-	67,16	14,93
%75 ms	-	29,96	-	-	65,21	-
%50 ms	10,81	10,42	-	-	58,67	10,68
%25 ms	23,08	10,43	16,33	-	15,91	58,50

çs: Çeşme Suyu

ms: Büyük Menderes Suyu

4.5. *Arabidopsis thaliana*'da Mutasyon Testi

Çizelge 4.6'da görüldüğü gibi bütün örneklerde mutasyon sıklığı kontrole göre yüksek çıkarken en yüksek mutasyon sıklığı %83,33 ile yaz 1. nokta olmuştur. SG değeri ise 6. nokta hariç diğer bütün noktalar kontrole göre yüksek çıkmış ve en yüksek değer 23,96 ile yine yaz 1. nokta olmuştur. Gincher vd. (1994)'ün yaptığı çalışmada bizim çalışmamıza göre daha toksik maddeler kullandığı için hem SG değerini hem de mutasyon sıklığını %100'e yakın değerler bulmuş ve aynı zamanda mutasyon sıklığındaki artış paralel olarak SG değerini de arttırdığını belirtmiştir. Yapılan çalışmalarda bütün koşullar eşit olduğundan oluşan farkın kullanılan sulardan oluşabileceği öngörülmüş ve daha gerçekçi sonuçlar alınması için tekerrür sayısını arttırmak gerektiği belirtilmiştir.

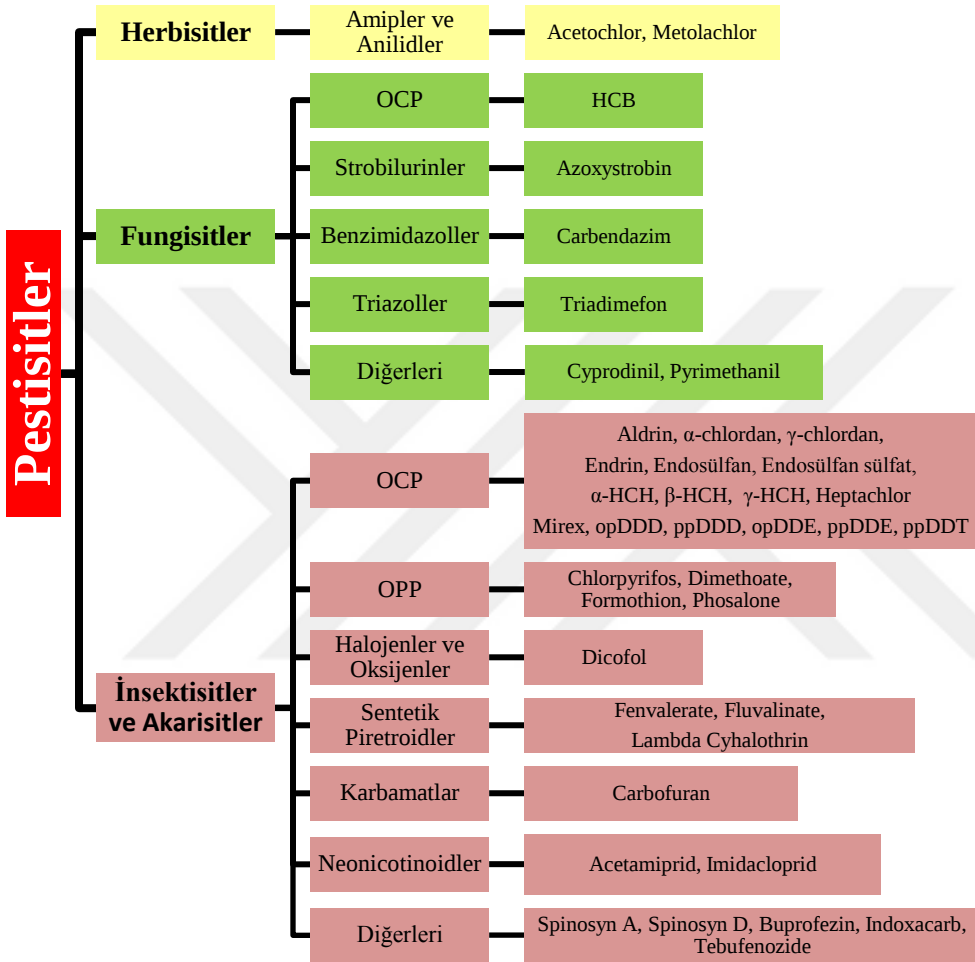
Çizelge 4.6. *A. thaliana*'da SG ve mutasyon sıklığı (%) değerleri

	kontrol	Ağustos 2015			Şubat 2016		
		1	6	8	1	6	8
SG	19,79	23,96	22,92	22,92	21,87	17,71	20,83
mutasyon sıklığı	37,50	83,33	75,00	75,00	66,67	62,50	79,17

Tek yönlü varyans analizinde Tukey testinde istatistiki olarak doğurganlık sınıfı değerleri bütün örneklerde %95 güven aralığında kontrolden çok farklı olup mutant sayılarında ise yaz 6.nokta, kış 1., 6. ve 8. noktalar %95 güven aralığında kontrolden çok farklı çıkmıştır.

4.6. Su ve Sediment Örneklerinde Belirlenen Pestisitler

Çalışma, suda ve sedimentte bulunabilecek tüm pestisitlerin analitik cihazlarda taraması şeklinde yapılmıştır. Su ve sedimentte tespit edilen pestisitler Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2. Büyük Menderes Nehri’nden alınan örneklerde analiz sonucunda suda ve sedimentte bulunan pestisitler, metabolitleri ve kimyasal grupları

4.6.1. Su Örneklerinde Belirlenen Pestisitlerin Dağılımı

Yaz döneminde BM’den alınan su örneklerinde 31 çeşit pestisit yada metabolit belirlenirken, kış döneminde alınan su örneklerinde ise 10 çeşit pestisit belirlenmiştir. Yaz dönemine göre daha az pestisit belirlenmesinin nedeni GC-MS cihazında bakılmadığından dolayı OCP’ler belirlenememiştir. Yaz döneminde en yüksek ortalama konsantrasyona sahip 3226,9 ng/L olarak endosülfan görülürken kış döneminde en yüksek konsantrasyona sahip pestisit 681,9 ng/L ile pyrimethanil olmuştur. Yapılan çalışmalarda en yüksek konsantrasyonlardaki

pestisitler olarak Rebich vd. (2004) 9840 ng/L ile atrazin; Yamamoto vd. (2012) 220 ng/L ile Dinotefuran; Papadakis vd. (2015b) 317604 ng/L ile Fluometuron ve Chakraborty vd. (2016) 114 ng/L ile δ -HCH'yi bulmuşlardır. Yaz döneminde ilk 4 noktada ortalama konsantrasyonu en fazla olan pestisit endosülfan, 5. noktada pyrimethanil, 6. ve 8. noktada tekrar endosülfan görülürken 7. noktada ise mirex görülmüştür. Kış döneminde ise 1. noktada en yüksek konsantrasyona sahip pestisit metolachlor olurken, 2. ve 3. nokta acetamiprid, 4., 6. ve 8. nokta pyrimethanil, 5. noktada ise lambda cyhalothrin olmuştur (Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9). Aynı zamanda yaz döneminde en baskın kirletici pestisit endosülfan olarak görülürken bunu sırasıyla p,p'-DDD ve pyrimethanil takip etmiştir (Şekil 4.5 ve Şekil 4.6). Kış döneminde ise en baskın kirletici bu dönemde pyrimethanil olmuştur (Şekil 4.7). Yaz dönemine göre en fazla pestisit birikimi 9234,9 ng/L ile 4. noktada görülürken en az pestisit birikimi ise 1205,1 ng/L ile 7. nokta olmuştur (Şekil 4.3). Kış döneminde en fazla pestisit birikimi büyük farkla 770,4 ng/L ile 7. nokta olurken en düşük pestisit birikimi ise 40,2 ng/L ile 3. nokta olmuştur (Şekil 4.4) Turgut (2003), Erdem (2010), Çağdaş vd. (2015) ve Chakraborty vd. (2016) yaptıkları çalışmalarda bizim yaptığımız çalışmaya paralel olarak yasaklı olan OCP'ler birçok nehir ve göl sularında tespit edilmiştir. Çizelge 4.7'de belirtildiği gibi dünyanın farklı bölgelerindeki nehirlerde yapılan çalışmalarda toplam OCP konsantrasyonları görülmektedir. BM'de daha önceden Çağdaş vd. (2015)'in yaptığı çalışmaya göre bizim yaz döneminde bulduğumuz toplam OCP konsantrasyonlarına göre nehirdeki pestisit kirliliği OCP bakımından arttığı görülmüş ve yine Behfar vd. (2013)'ün yaptığı çalışma hariç diğer araştırmacıların yaptığı çalışmalara göre OCP kirliliğinin fazla olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.7. Büyük Menderes Nehri su örneklerindeki OCP konsantrasyonlarının dünyanın farklı bölgelerindeki nehirlerin su örnekleri ile karşılaştırılması (ng/L)

	Büyük Menderes Nehri Yaz [*]	Büyük Menderes Nehri Kış [*]	Küçük Menderes Nehri ¹	Karun Nehri ²	Büyük Menderes Nehri ³	Brahmaputra ve Hooghly Nehri ⁴
ΣOCP	4109,3	-	2426	60611,1	79,6	54,5

^{*}: Bizim elde ettiğimiz sonuçlar

¹: Turgut, 2003

²: Behfar vd., 2013

³: Çağdaş vd., 2015

⁴: Chakraborty vd., 2016

Çizelge 4.8. Ağustos 2015’de Büyük Menderes Nehri’nden alınan yüzey sularındaki ortalama pestisit konsantrasyonları (ng/L)

	1	2	3	4	5	6	7	8
Acetamiprid	313,7±52	18,9±4	14,1±5	6,1±2	25,2±2	70,9±21	68,2±11	38,9±9
Acetochlor	nd	nd	nd	nd	nd	nd	7,0±6	nd
Buprofezin	2,6±0	3,0±2	4,1±0	3,8±0	1,5±1	0,7±0	0,8±0	2,5±1
Carbendazim	16,7±3	26,4±6	45,7±12	49,6±8	114,7±11	170,3±52	155,0±31	199,1±5
Chlorpyrifos	15,5±6	12,2±12	4,8±0	5,0±1	17,4±25	1,6±1	2,5±0	6,2±1
Cyprodinil	0,6±1	9,3±14	1,2±0	0,7±0	15,7±12	nd	nd	0,0±1
Dicofol	3,3±6	nd	nd	nd	56,5±7	nd	nd	nd
Dimethoate	73,3±13	5,3±2	2,4±1	1,9±1	10,9±1	39,8±13	33,6±2	6,5±2
Fluvalinate	4,8±6	28,1±32	nd	0,9±1	nd	2,9±3	11,9±12	nd
Imidachloropid	52,6±7	6,1±1	5,9±2	0,8±0	7,4±0	22,4±5	16,0±1	4,6±2
Indoxacarb	81,4±140	1,3±1	1,0±0	2,1±0	4,4±3	nd	nd	0,9±0
Lambda Cyhalothrin	22,7±38	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Metolachlor	69,7±9	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Pyrimethanil	29,6±45	1205,8±2390	12,0±3	9,1±4	1153,2±2422	67,0±101	18,5±8	9,2±2
Spinosyn A	1,3±0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Spinosyn D	1,7±0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Triadimefon	5,5±1	nd	1,4±0	1,3±0	0,9±0	nd	0,5±0	2,4±0
Aldrin	87,3±67	64,4±46	32,2±7	350,0±417	50,6±56	37,0±15	12,9±7	84,9±56
α-Chlordane	39,4±42	nd	13,5±18	96,7±86	24,4±10	16,8±10	17,8±12	53,2±29
γ-Chlordane	10,3±6	nd	28,8±29	15,9±23	93,5±63	46,9±64	73,0±93	49,2±70
p,p'-DDD	1138,6±218	1141,3±52	749,1±95	2432,7±3849	592,0±740	902,4±17	137,4±111	1303,2±814

Çizelge 4.8. Ağustos 2015’de Büyük Menderes Nehri’nden alınan yüzey sularındaki ortalama pestisit konsantrasyonları (ng/L)
(Devamı)

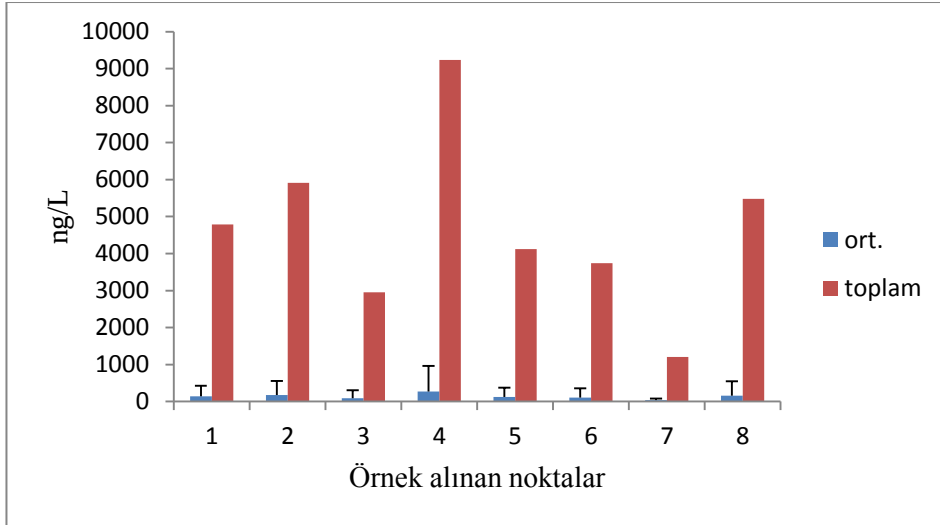
o,p'-DDD	110,0±34	168,8±45	130,3±53	278,5±173	95,0±76	176,1±30	53,7±63	279,2±148
p,p'-DDE	50,0±64	225,6±1	nd	122,4±122	39,2±55	1,0±1	22,3±32	103,6±37
o,p'-DDE	394,4±55	292,3±41	104,2±18	1104,0±1298	179,7±219	112,0±63	40,7±35	336,5±302
p,p'-DDT	82,3±97	102,1±144	18,1±12	263,1±322	8,4±12	25,0±23	46,1±52	15,5±22
Endrin	218,7±32	120,1±170	85,8±121	206,6±292	155,9±155	151,5±214	46,3±51	170,4±241
Endosülfan	1281,8±158	1613,1±209	977,5±220	3226,9±2782	788,0±1075	1091,4±129	66,4±31	1880,7±1481
Endosülfan sülfat	199,3±66	292,6±187	142,4±79	273,7±222	108,9±58	184,0±60	67,9±69	277,8±79
α-HCH	13,1±5	25,3±5	12,0±5	27,0±14	17,6±10	12,2±3	14,4±6	12,2±2
β-HCH	21,4±30	35,0±5	20,4±12	51,1±8	35,0±21	20,2±12	23,1±16	52,1±22
γ-HCH	8,1±1	13,2±1	9,7±3	11,6±2	12,5±4	10,2±3	11,1±4	11,0±4
HCB	12,3±4	22,4±11	15,6±8	22,0±6	15,5±8	16,6±8	17,7±8	22,5±16
Heptachlor	85,8±101	69,2±50	29,4±17	246,1±286	65,4±59	21,8±3	20,6±8	48,9±32
Mirex	335,7±82	412,6±147	489,3±21	425,3±143	434,9±490	536,8±759	219,9±160	505,1±183

nd: Ölçüm limitlerinin altında (analiz edilemedi)

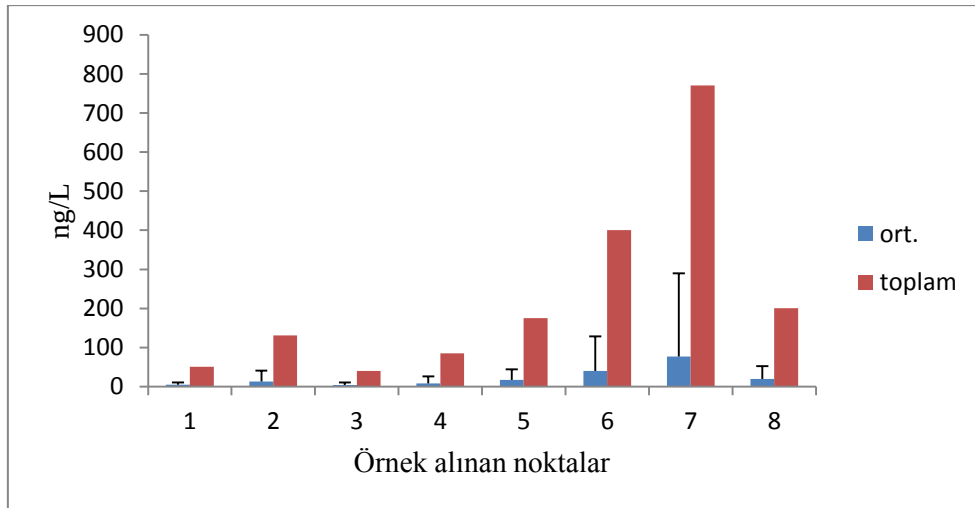
Çizelge 4.9. Şubat 2016’da Büyük Menderes Nehri’nden alınan yüzey sularındaki pestisit konsantrasyonları (ng/L)

	1	2	3	4	5	6	7	8
Acetochlor	nd	2,2±4	2,0±3	nd	1,3±2	10,9±19	nd	28,3±2
Acetamiprid	10,1±4	89,2±49	20,2±12	8,0±4	9,9±4	5,5±3	15,0±3	16,7±11
Chlorpyrifos	nd	nd	nd	nd	9,2±16	nd	nd	nd
Dimethoate	2,4±2	2,1±2	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Imidachloropid	10,5±1	7,3±1	8,6±2	7,0±1	9,0±2	9,2±3	10,5±4	10,6±2
Indoxacarb	1,6±1	nd	0,6±1	1,7±2	nd	0,0±1	0,9±1	0,0±1
Lambda Cyhalothrin	1,1±2	29,7±26	nd	1,9±3	81,3±76	65,6±110	35,2±31	2,4±4
Metolachlor	15,4±2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Pyrimethanil	nd	0,0±1	2,3±4	57,4±98	50,0±81	284,9±448	681,9±667	103,4±179
Triadimefon	9,5±1	0,9±2	6,4±1	9,0±1	14,7±1	24,7±5	27,0±1	38,8±2

nd: Ölçüm limitlerinin altında (analiz edilemedi)



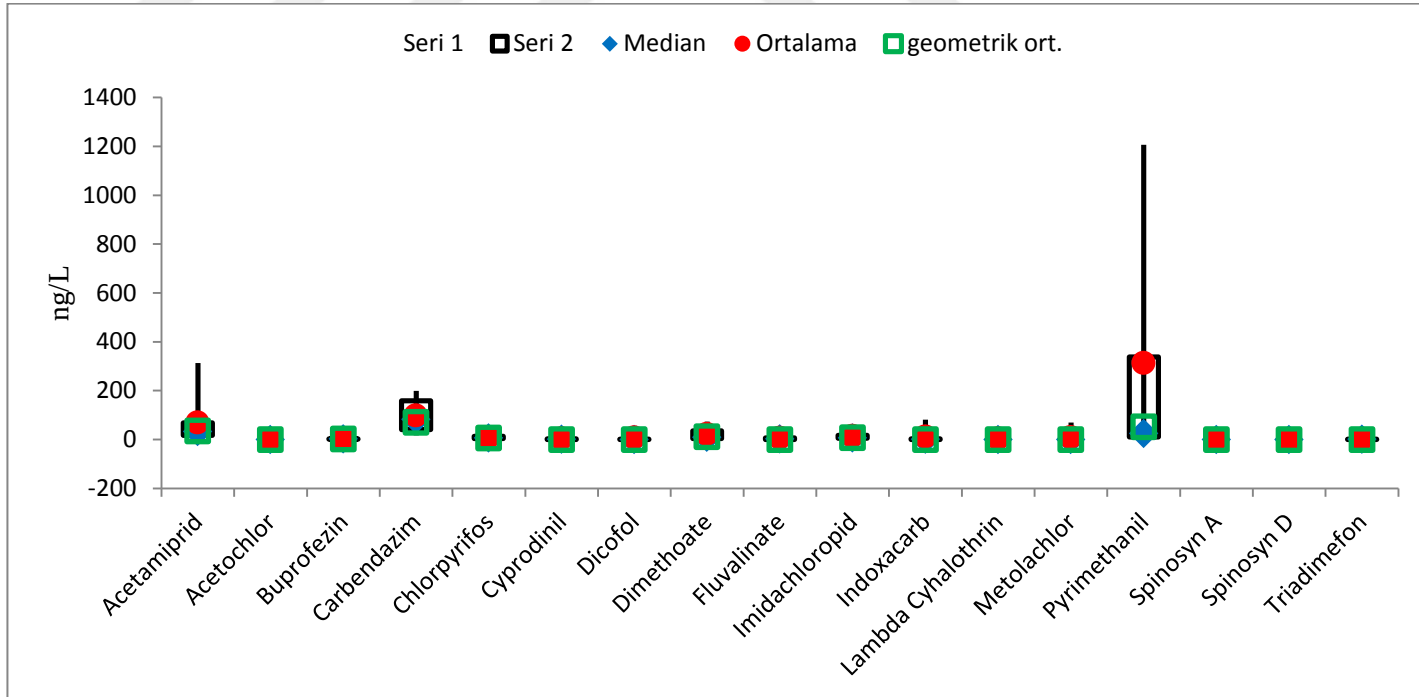
Şekil 4.3. Ağustos 2015’de Büyük Menderes Nehri’nden alınan yüzey sularındaki pestisit konsantrasyonlarının (ng/L) noktalara göre toplam ve ortalamaları



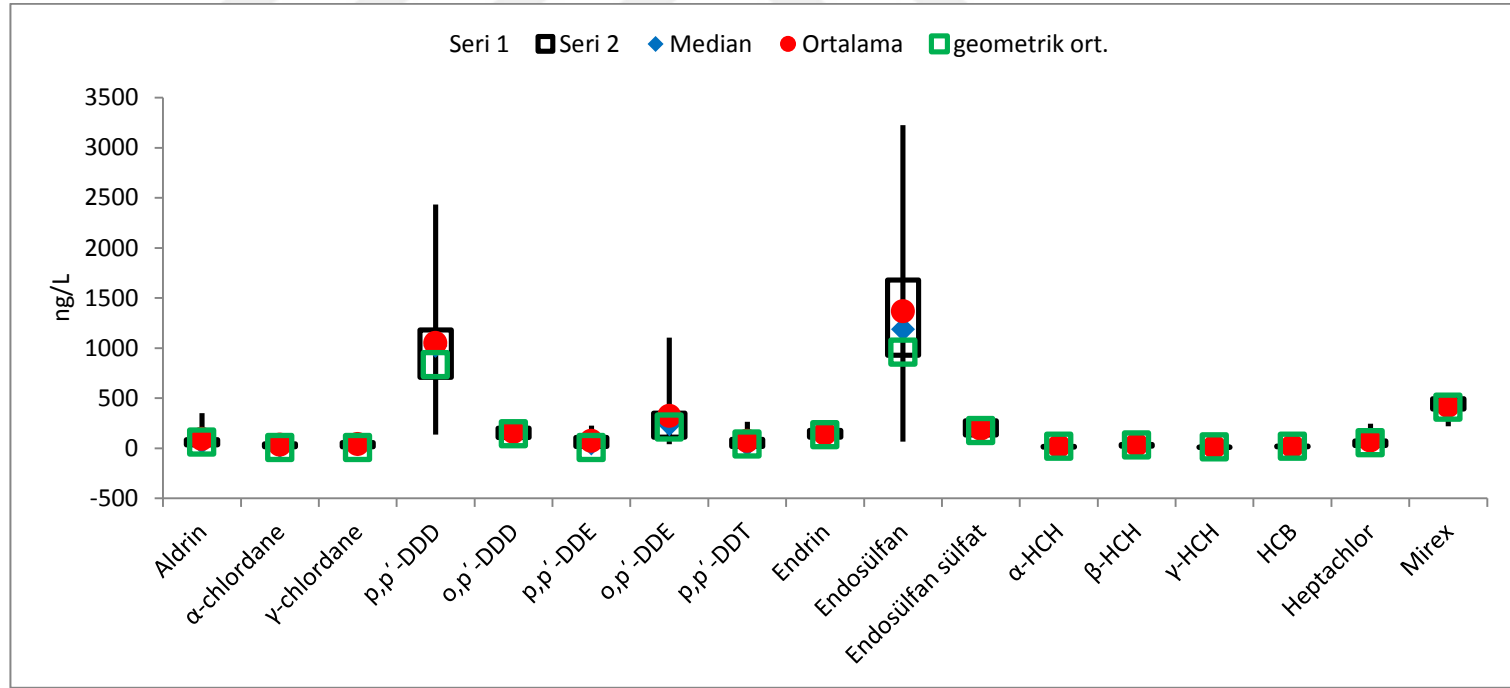
Şekil 4.4. Şubat 2016’da Büyük Menderes Nehri’nden alınan yüzey sularındaki pestisit konsantrasyonlarının (ng/L) noktalara göre toplam ve ortalamaları

Şekil 4.5, Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de görüldüğü gibi yaz ve kış döneminde su örneklerinde tespit edilen pestisitlerin kutu grafiği gösterilmiştir. Kutu grafiğinde amaç verilerin hangi bölgede yığıldığını göstermek olup dikdörtgen içinde kalan

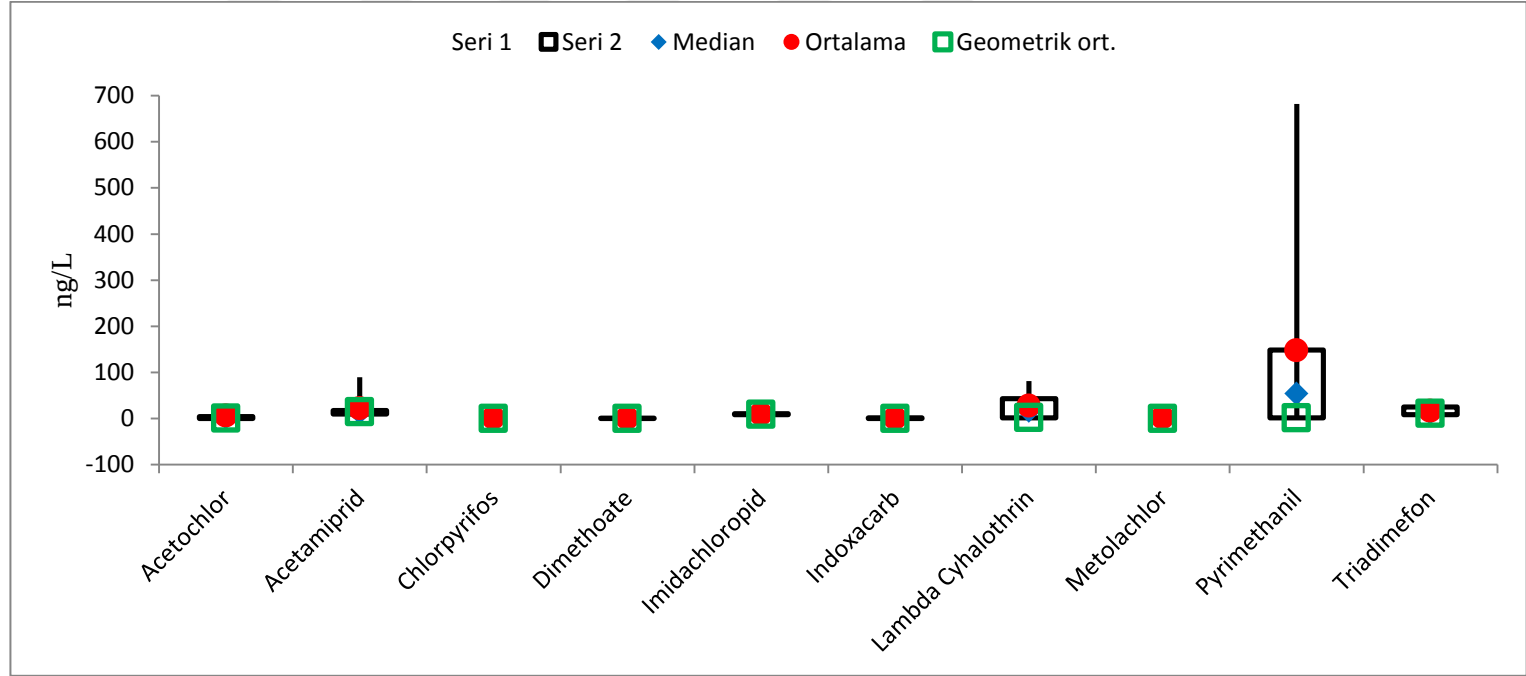
kısım örneklerin %50'lik dilimini gösterirken diğer kısımlarda geri kalan %50'lik dilimini göstermektedir. Bu grafiklerde median ortanca değer olup veriler küçükten büyüğe doğru sıralandığında en ortada kalan değer anlamına gelip en yüksek median yaz dönemindeki su örneklerinde 1186,6 ng/L ile endosülfan, kış dönemindeki su örneklerinde ise 53,7 ng/L ile pyrimethanil görülmüştür. Kutu grafiğinde görülen ortalama değer aritmetik ortalama olup bütün verilerin toplanıp toplam veri sayısına bölünmesiyle elde edilmektedir. Yaz dönemindeki su örneklerinde en yüksek ortalama 1365,7 ng/L ile endosülfan görülürken en düşük ortalama 0,2 ng/L ile spinosyn A ve spinosyn D görülmüştür. Kış dönemindeki örneklerde ise en yüksek ortalama 147,5 ng/L ile pyrimethanil görülürken en düşük ortalama 0,6 ng/L ile dimethoate ve indoxacarb görülmüştür. Geometrik ortalama verilerin birbirleriyle çarpımının veri sayısı derecesinden köküne denmektedir ve aritmetik ortalamadan farklı olarak değerler arasındaki farkı gösterir. En yüksek geometrik ortalama değerleri ise yaz ve kış döneminde sırasıyla 956,4 ng/L ile endosülfan, 14,5 ng/L ile acetamiprid görülmüştür.



Şekil 4.5. Ağustos 2015’de Büyük Menderes Nehri’nden alınan yüzey sularındaki pestisit konsantrasyonlarının (ng/L) gösterimi



Şekil 4.6. Ağustos 2015’de Büyük Menderes Nehri’nden alınan yüzey sularındaki OCP konsantrasyonlarının (ng/L) gösterimi



Şekil 4.7. Şubat 2016'da Büyük Menderes Nehri'nden alınan yüzey sularındaki pestisit konsantrasyonlarının (ng/L) gösterimi

4.6.2. Sediment Örneklerinde Belirlenen Pestisitlerin Dağılımı

Yaz döneminde BM'den alınan sediment örneklerinde 29, kış döneminde ise 20 çeşit pestisit yada metaboliti tespit edilmiştir. Yaz döneminde en fazla konsantrasyona sahip pestisit 8 ng/g ile endosülfan sülfat olurken kış döneminde en fazla konsantrasyona sahip pestisit 289,9 ng/g ile pyrimethanil olmuştur. Yapılan çalışmalarda en yüksek konsantrasyonlar Pazı vd. (2013) 3,3 ng/g ile Endrin, Çağdaş vd. (2015) 23 ng/g ile DDT, Montuori vd. (2016) 32,85 ile Chlorpyrifos, Zhao vd. (2017) 59,5 ng/g ile δ -HCH'yi bulmuşlardır. Yaz döneminde 1., 2., 4., 5., 7. ve 8. noktalarda en yüksek konsantrasyona sahip pestisit endosülfan sülfat olurken 3. ve 6. noktalarda ise mirex olmuştur. Kış döneminde ise bütün noktalarda en yüksek konsantrasyona sahip pestisit pyrimethanil olurken sadece 4. noktada γ -chlordane olmuştur (Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12). Yaz döneminde en baskın kirletici pestisit endosülfan sülfat olurken bunu mirex takip etmiştir. Kış döneminde ise pyrimethanil bu dönemde en baskın kirletici pestisit olurken bunu γ -chlordane takip etmiştir (Şekil 4.10; Şekil 4.11; Şekil 4.12 ve Şekil 4.13). Yaz döneminde en fazla pestisit birikimi 71,5 ng/g ile 6.nokta olurken en düşük pestisit birikimi ise 55,6 ng/g ile 4. nokta olmuştur. Kış döneminde en fazla pestisit birikimi 349,6 ng/g ile 8. nokta olurken en düşük pestisit birikimi ise 85,5 ng/g ile 7. nokta olmuştur (Şekil 4.8 ve Şekil 4.9). Pazı vd. (2013), Çağdaş vd. (2015) ve Zhao vd. (2017) yaptıkları çalışmalarda görüldüğü gibi yaptığımız çalışmada da hem yaz hemde kış sediment örneklerinde yasaklı OCP'ler tespit edilmiştir. Çizelge 4.10'da belirtildiği gibi dünyanın farklı bölgelerinden alınan sediment örneklerinde yapılan çalışmalarda toplam OCP konsantrasyonları görülmektedir. Toplam OCP konsantrasyonları yaz dönemine göre kış döneminde daha yüksek ölçülmüştür. BM'de daha önceden Çağdaş vd. (2015)'in yaptığı çalışmaya göre bizim yaz ve kış döneminde bulduğumuz toplam OCP konsantrasyonlarına göre nehirdeki pestisit kirliliği OCP bakımından arttığı görülmüştür.

Çizelge 4.10. Büyük Menderes Nehri sediment örneklerindeki OCP konsantrasyonlarının dünyanın farklı bölgelerindeki nehir ve göllerdeki sediment örnekleri ile karşılaştırılması (ng/g)

	Büyük Menderes Nehri Yaz [*]	Büyük menderes Nehri Kış [*]	Yamuna Nehri ¹	Büyük Menderes Nehri ²	Taihu Gölü havzası ³
ΣOCP	53,8	71,9	210,5	6,6	33

^{*}: Bizim elde ettiğimiz sonuçlar

¹: Pandey vd., 2011

²: Çağdaş vd., 2015

³: Zhao vd., 2017

Çizelge 4.11. Ağustos 2015’de Büyük Menderes Nehri’nden alınan sedimentteki pestisit konsantrasyonları (ng/g)

	1	2	3	4	5	6	7	8
Azoxystrobin	0,1±0	nd	0,1±0	nd	0,4±0	0,1±0	nd	0,6±0
Carbendazim	0,1±0	0,1±0	0,1±0	0,2±0	0,9±0	0,2±0	nd	0,9±0
Carbofuran	0,8±1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Chlorpyrifos	1,5±2	0,1±0	0,2±0	0,3±0	0,1±0	0,1±0	0,1±0	0,6±0
Fenvalerate	4,4±1	3,2±0	3,3±0	3,3±0	2,9±1	3,1±1	3,5±0	4,1±0
Fluvalinate	0,8±1	nd	nd	nd	0,4±1	1,2±1	nd	4,0±0
Formathion	4,6±2	2,7±1	1,5±0	1,0±0	2,5±2	2,6±1	4,7±4	1,9±1
Indoxacarb	nd	0,1±0	nd	0,6±1	0,2±0	nd	0,1±0	nd
Phosalone	nd	nd	nd	0,6±0	nd	nd	nd	nd
Pyrimethanil	1,3±1	0,5±0	0,8±1	1,8±1	0,2±0	0,1±0	0,2±0	0,6±0
Spinosyn A	nd	nd	nd	0,5±1	nd	0,1±0	nd	0,1±0
Tebufenozide	nd	nd	nd	nd	nd	0,1±0	nd	nd
Triadimefon	1,9±1	1,2±0	1,9±0	1,0±0	1,8±0	3,8±0	0,3±0	2,7±0
Aldrin	3,0±0	2,9±0	3,7±1	3,2±1	3,0±0	3,2±0	3,0±0	2,9±0
α-chlordane	2,2±1	2,6±1	3,3±0	2,3±1	3,2±0	3,4±0	1,8±0	3,1±0
γ-chlordane	2,6±2	2,6±2	3,8±0	nd	2,5±2	3,8±0	3,8±0	3,8±0
p,p’-DDD	3,8±1	4,1±1	4,9±2	2,7±2	1,3±2	4,5±0	1,2±2	3,7±1
o,p’-DDD	3,7±0	3,2±0	3,9±1	2,3±2	1,8±2	3,9±1	2,4±2	3,2±0
p,p’-DDE	3,1±0	3,5±0	3,1±0	2,1±2	3,0±0	3,1±0	3,2±0	3,1±0
o,p’-DDE	2,7±0	2,8±0	2,7±0	2,7±0	2,7±0	2,8±0	2,7±0	2,8±0
p,p’-DDT	1,0±2	1,0±2	nd	1,0±2	1,0±2	0,2±0	2,9±0	nd

Çizelge 4.11. Ağustos 2015’de Büyük Menderes Nehri’nden alınan sedimentteki pestisit konsantrasyonları (ng/g) (Devamı)

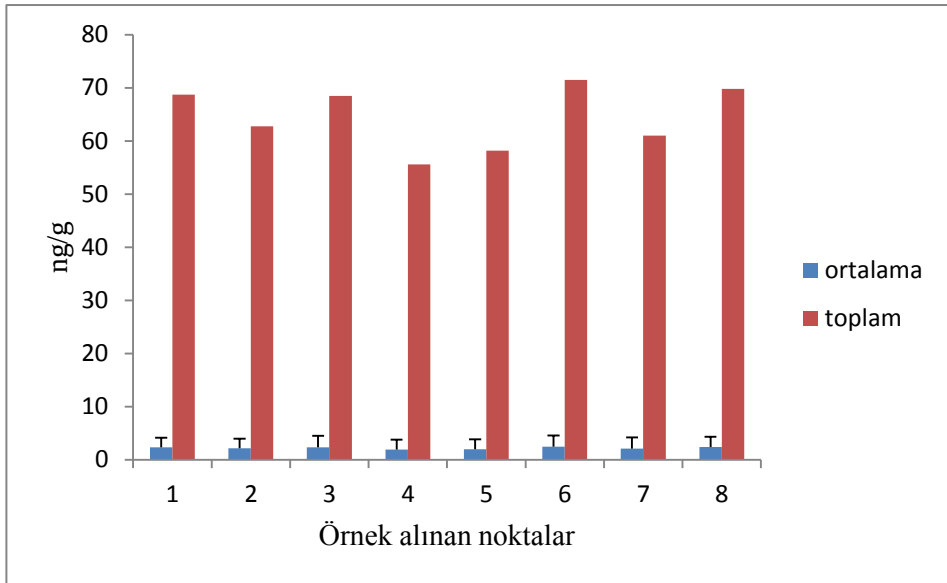
Endrin	3,9±0	3,7±0	3,0±0	1,0±2	2,8±0	3,4±1	3,0±0	3,6±1
Endosülfan	3,6±0	4,1±0	3,8±0	2,5±2	3,8±0	4,1±0	3,7±1	4,1±0
Endosülfan sülfat	6,9±1	6,4±1	6,5±1	7,0±3	8,0±1	6,2±0	7,6±2	6,9±1
α -HCH	3,5±0	3,5±0	3,4±1	3,6±0	2,3±2	3,7±0	3,4±0	3,4±0
γ -HCH	2,8±0	2,9±0	3,0±0	2,8±0	2,9±0	3,0±0	2,8±0	1,9±2
HCB	2,8±0	2,9±0	3,3±0	1,9±2	1,1±2	2,9±0	nd	0,9±2
Heptachlor	3,4±0	3,6±0	4,1±1	3,9±1	4,2±0	4,2±1	3,9±0	4,4±1
Mirex	4,4±1	5,2±1	7,9±3	7,0±2	5,0±0	7,8±1	6,5±2	6,4±1

nd: Ölçüm limitlerinin altında (analiz edilemedi)

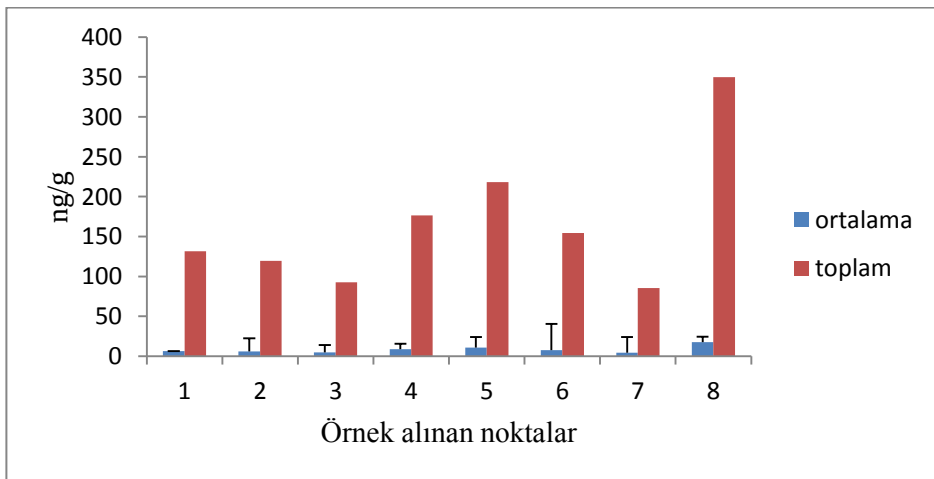
Çizelge 4.12. Şubat 2016’da Büyük Menderes Nehri’nden alınan sedimentteki konsantrasyonlar (ng/g)

	1	2	3	4	5	6	7	8
Chlorpyrifos	1,4±2	nd	nd	nd	1,8±3	nd	nd	nd
Lambda Cyhalothrin	1,8±3	1,9±1	0,7±1	nd	7,3±2	3,6±3	nd	nd
Pyrimethanil	77,2±127	45,4±11	32,4±32	3,9±7	149,7±153	92,3±72	32,5±45	289,9±270
Triadimefon	nd	nd	nd	1,0±1	nd	2,8±2	nd	6,4±2
Aldrin	2,9±0	3,4±0	2,9±0	5,4±4	2,9±0	3,2±1	3,0±0	2,9±0
α-chlordane	2,3±1	3,2±0	3,1±0	3,6±0	3,2±0	3,3±0	3,0±0	3,8±0
γ-chlordane	4,0±0	4,0±0	4,2±0	57,1±91	3,9±0	3,9±0	3,8±0	5,3±0
p,p’-DDD	3,9±1	5,9±1	5,0±2	7,8±5	5,4±1	5,8±1	2,4±2	4,2±0
o,p’-DDD	3,2±0	4,1±0	4,7±1	2,1±4	4,0±0	3,6±1	3,3±0	3,0±0
p,p’-DDE	3,1±0	3,9±0	3,3±0	4,4±1	3,2±0	3,1±0	3,0±0	3,1±0
o,p’-DDE	2,8±0	2,9±0	2,8±0	3,2±0	2,8±0	2,8±0	2,7±0	2,8±0
p,p’-DDT	1,0±2	0,1±0	0,1±0	1,4±1	0,1±0	nd	nd	1,0±0
Endrin	3,3±1	10,5±11	3,6±0	8,5±2	5,5±2	3,1±0	3,1±3	2,9±0
Endosülfan	3,5±1	4,8±0	5,0±1	22,9±12	4,1±1	3,1±1	3,8±0	3,8±0
Endosülfan sülfat	5,3±0	7,1±1	6,1±0	9,8±2	8,7±2	7,2±0	8,4±1	7,0±0
α-HCH	3,0±0	4,4±1	3,0±0	1,1±2	1,1±2	2,4±2	3,5±0	nd
γ-HCH	2,9±0	3,2±0	2,8±0	6,2±6	2,8±0	2,8±0	2,8±0	2,9±0
HCB	2,3±2	3,7±1	3,2±0	1,9±2	nd	1,0±2	1,0±2	1,9±2
Heptachlor	3,8±0	5,0±1	4,3±0	23,9±18	3,2±0	3,6±0	3,5±1	3,3±0
Mirex	4,0±1	6,0±0	5,7±0	12,1±12	8,2±1	6,5±1	5,5±0	5,4±1

nd: Ölçüm limitlerinin altında (analiz edilemedi)

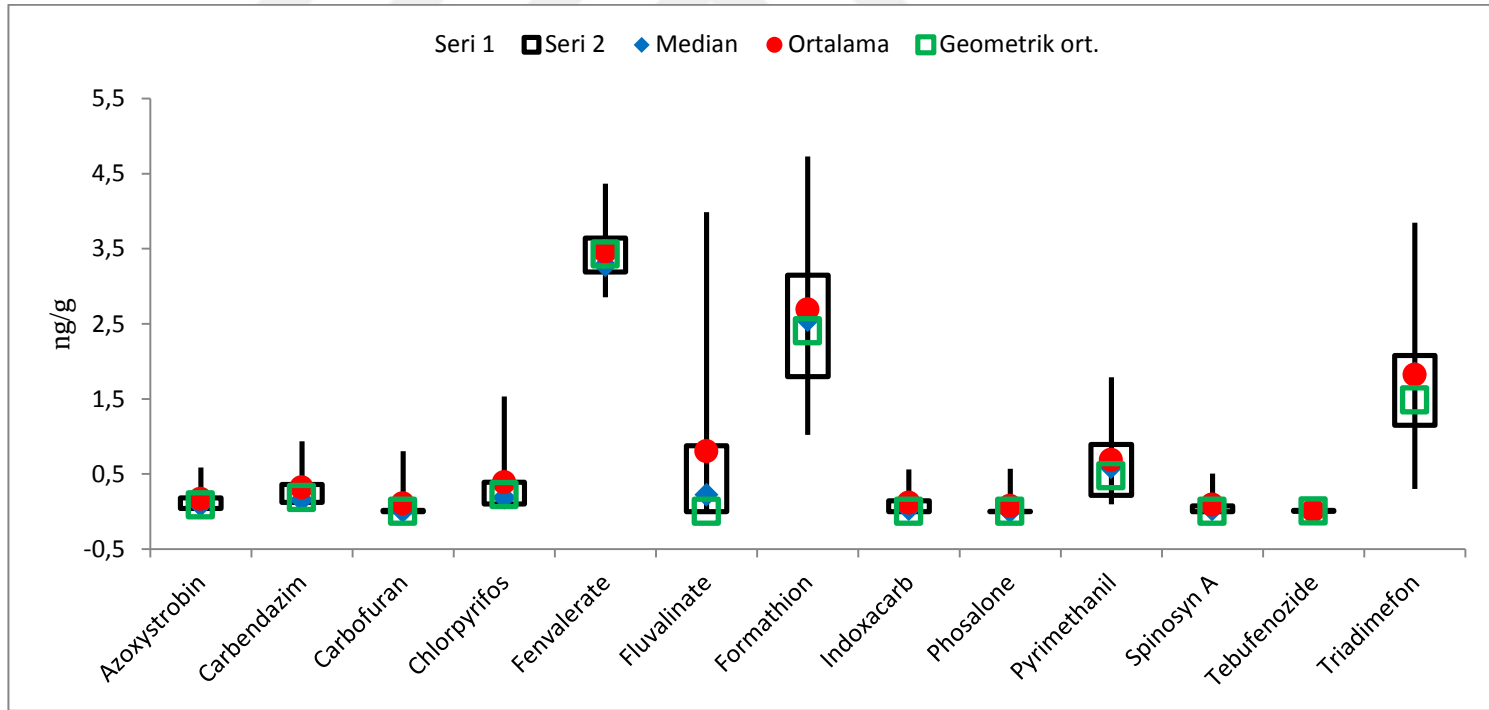


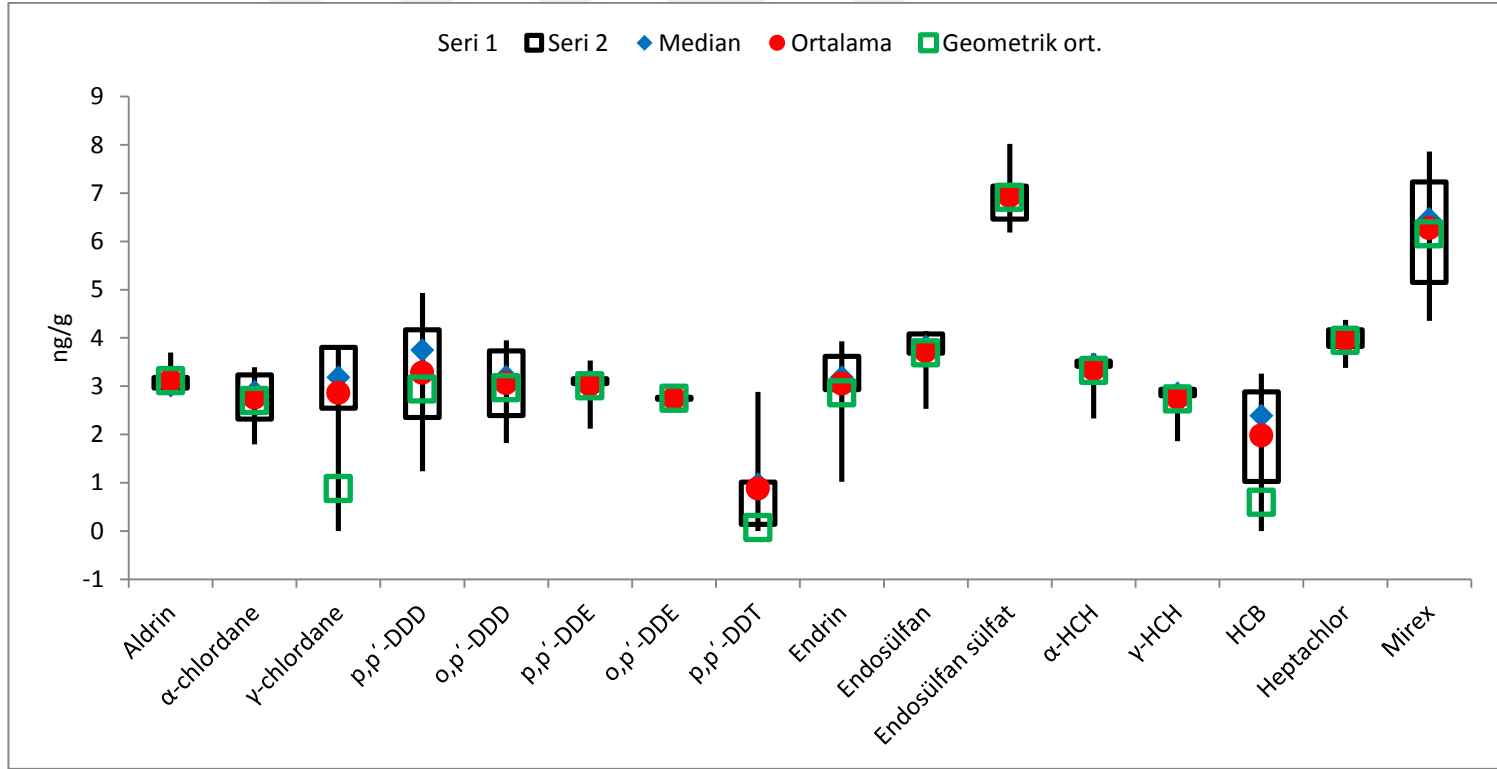
Şekil 4.8. Ağustos 2015’de Büyük Menderes Nehri’nden alınan sedimetlerdeki pestisit konsantrasyonlarının (ng/g) noktalara göre toplam ve ortalamaları



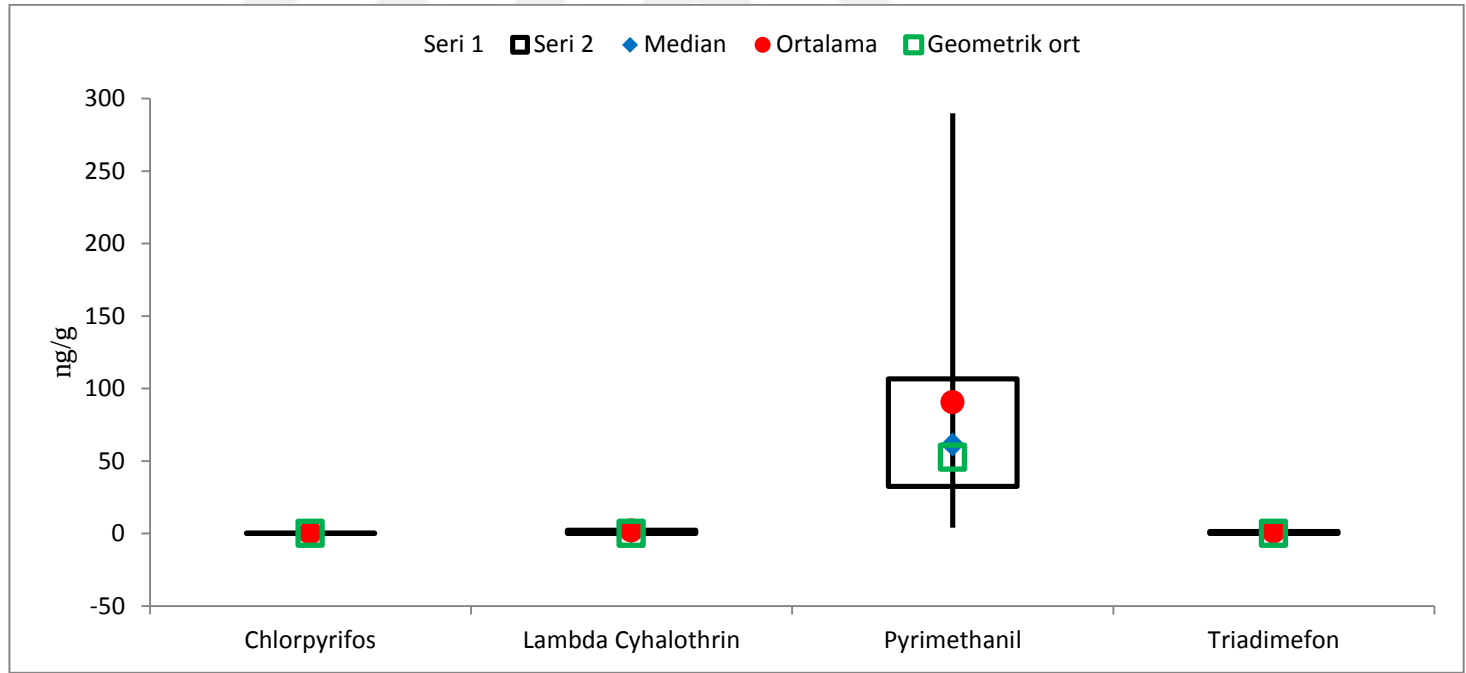
Şekil 4.9. Şubat 2016’da Büyük Menderes Nehri’nden alınan sedimetlerdeki pestisit konsantrasyonlarının (ng/g) noktalara göre toplam ve ortalamaları

Şekil 4.10, Şekil 4.11, Şekil 4.12 ve Şekil 4.13’de görüldüğü gibi yaz ve kış döneminde sediment örneklerinde tespit edilen pestisitlerin kutu grafiği gösterilmiştir. Kutu grafiğinde amaç verilerin hangi bölgede yığıldığını göstermek olup dikdörtgen içinde kalan kısım örneklerin %50’lik dilimini gösterirken diğer kısımlarda geri kalan %50’lik dilimini göstermektedir. Bu grafiklerde median ortanca değer anlamına gelip veriler küçükten büyüğe doğru sıralandığında ortada kalan değeri temsil etmektedir. En yüksek median yaz dönemindeki sediment örneklerinde 6,9 ng/g ile endosülfan sülfat, kış dönemindeki sediment örneklerinde ise 61,3 ng/g ile pyrimethanil görülmüştür. Kutu grafiğinde görülen ortalama değerler aritmetik ortalama anlamına gelip bütün verilerin toplamının veri sayısına bölünmesiyle elde edilmektedir. Yaz dönemindeki sediment örneklerinde en yüksek ortalama 6,9 ng/g ile endosülfan sülfat görülmüştür. Kış dönemindeki örneklerde ise en yüksek ortalama 9,4 ng/g ile pyrimethanil görülmüştür. Geometrik ortalama verilerin birbirleriyle çarpımının veri sayısı derecesinden köküne denmektedir. En yüksek geometrik ortalama değerleri ise yaz ve kış döneminde sırasıyla 6,9 ng/g ile endosülfan sülfat, 52,6 ng/g ile pyrimethanil görülmüştür.

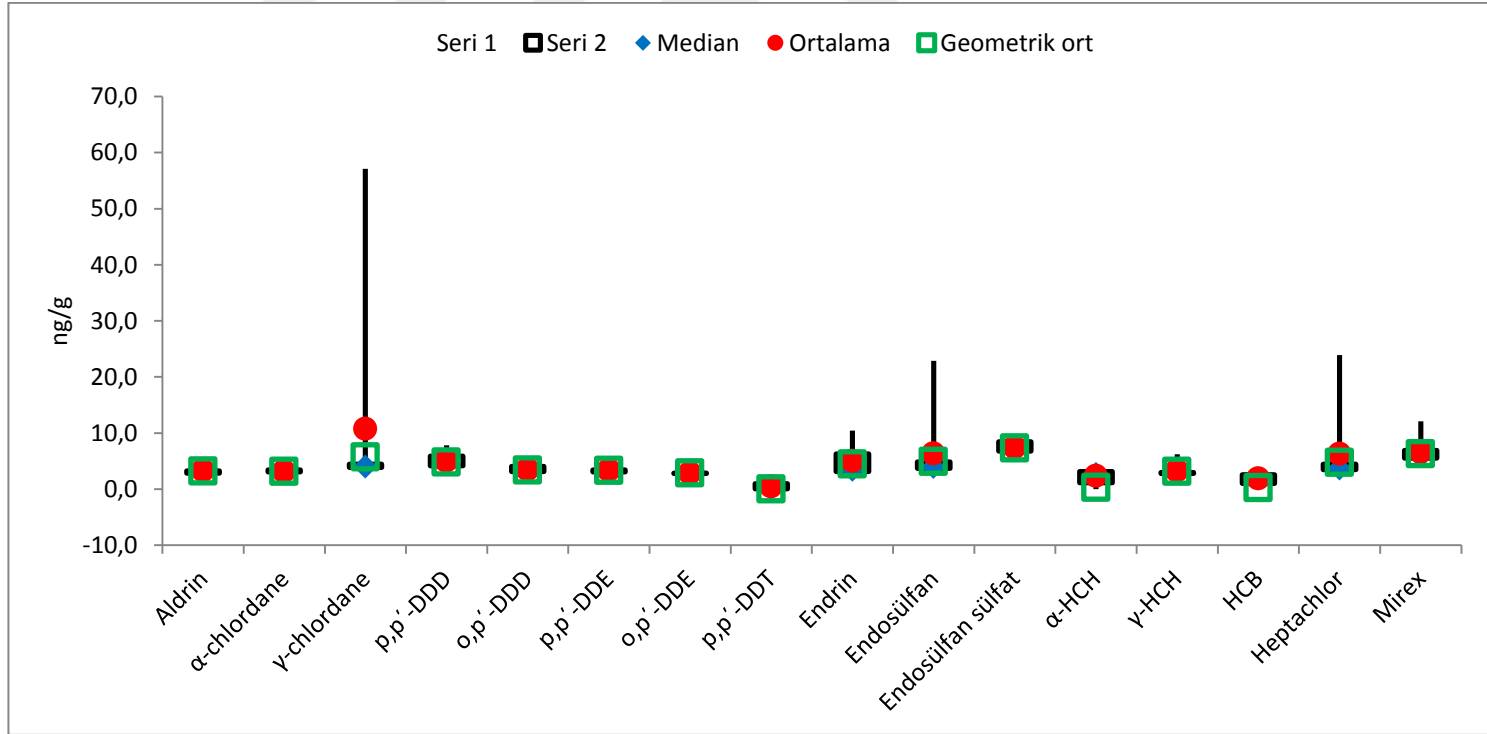




Şekil 4.11. Ağustos 2015’de Büyük Menderes Nehri’nden alınan sedimentlerdeki OCP konsantrasyonlarının (ng/g) gösterimi



Şekil 4.12. Şubat 2016'da Büyük Menderes Nehri'nden alınan sedimentlerdeki pestisit konsantrasyonlarının (ng/g) gösterimi



Şekil 4.13. Şubat 2016'da Büyük Menderes Nehri'nden alınan sedimentlerdeki OCP konsantrasyonlarının (ng/g) gösterimi

4.7. Barbunyada Pestisit Alınım ve Taşınımı

Çizelge 4.13’de görüldüğü gibi BM ile sulanan bitkide Legind ve Trapp (2009)’ın yaptığı modele göre bitkide taşınımı görülmektedir. Bu modele göre bitki taşınımında en önemli faktör toprak olup topraktaki ölçülen değere göre bitkide taşınım değişmiştir. Bu modele göre su ve toprakta bulunan pestisit konsantrasyonlarına bağlı olarak kökte en fazla konsantrasyon 44,4 ppb ile pyrimethanil olurken yine yaprak ve meyvede de sırasıyla 0,2 ppb ve 0,9 ppb olmak üzere yine pyrimethanil görülmüştür. Bu modelde kökten yukarı doğru taşınım olduğundan pyrimethanilin diğerlerine göre daha yüksek taşınmasının sebebi toprakta ölçülen konsantrasyonunun yüksek olmasından dolayı olduğu belirtilmiştir. Modele göre en yüksek konsantrasyonlar kök daha sonra meyve ve son olarakta yaprakta görülmüştür. Pestisitlerin bitki dokularında taşınımı pestisitlerin $\log K_{ow}$ ve molekül ağırlığı gibi özelliklerine bağlı olduğunu belirtmişlerdir (Legind vd. 2010; Ge vd., 2017). Modele göre özellikle pestisit $\log K_{ow}$ değeri arttıkça kökten bitki dokularına taşınımın azaldığı görülmüştür.

Çizelge 4.13. Eylül 2016'da Büyük Menderes Nehri'nden alınan su örneklerindeki konsantrasyonlar ve modele göre bitkide taşınımı

Pestisitler	su (ng/L)	toprak (ng/g)	kök (ppb)	yaprak (ppb)	meyve (ppb)
Acetamiprid	338,0	0,6	1,9	0,0	0,0
Chlorpyrifos	24,7	0,4	0,0	0,0	0,0
Dimethoate	54,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Imidachloropid	73,7	1,1	3,8	0,0	0,0
Indoxacarb	161,3	5,4	0,4	0,0	0,0
Lambda Cyhalothrin	45,5	0,8	0,0	0,0	0,0
Metolachlor	77,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pyrimethanil	2,0	53,7	44,4	0,2	0,9
Spinosyn A	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Spinosyn D	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Triadimefon	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Aldrin	9,4	4,1	0,0	0,0	0,0
α -chlordane	14,3	3,4	0,0	0,0	0,0
γ -chlordane	13,9	4,1	0,0	0,0	0,0
p,p'-DDD	59,6	8,8	0,1	0,0	0,0
o,p'-DDD	15,7	6,6	0,0	0,0	0,0
p,p'-DDE	14,4	4,8	0,0	0,0	0,0
o,p'-DDE	14,5	3,6	0,0	0,0	0,0
p,p'-DDT	8,6	7,5	0,0	0,0	0,0
Endrin	27,5	6,8	0,2	0,0	0,0
endosülfan	56,4	7,4	2,1	0,0	0,1
endosülfan sülfat	36,4	10,8	3,8	0,0	0,1
α -HCH	10,1	4,4	1,3	0,0	0,0
γ -HCH	8,2	3,0	0,9	0,0	0,0
HCB	9,5	2,7	0,0	0,0	0,0
Heptachlor	12,0	3,8	0,0	0,0	0,0
Mirex	51,5	7,6	0,0	0,0	0,0

SONUÇ

Yapılan çalışmalarda Ege Bölgesi'nin en büyük nehir havzasını oluşturan Büyük Menderes Nehri üzerinden aldığımız su ve sediment örneklerinde belirli parametrelere bakılmıştır. Alınan sularda ölçülen pH değerleri 9,05-7,56 arasında değişmiştir ve sadece 3. noktada pH yüksekliğinden dolayı sucul yaşamı olumsuz etkileyebileceği görülmüştür. Sediment örneklerindeki pH değerleri 7,76-8,87 arasında ölçülmüştür. Sediment örneklerindeki EC değerleri ise 143,5-1306 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında ölçülmüş ve tuzluluk bakımından herhangi bir risk görülmemiştir. Sediment örneklerin %62,5'inde tekstür sınıfı olarak kumlu tınlı görülmüştür. Büyük Menderes Nehri'nden alınan sular ile sulanan barbunyada çok azda olsa kontrole göre bitki boyu uzamasında daha kısa kaldığı görülmüştür.

Lepidium sativum'da Büyük Menderes Nehri'nden aldığımız su örnekleriyle yaptığımız çalışmada kontrole göre her nokta için kök uzamasında bir azalma olduğu görülmezken özellikle 6. noktadan hem yaz hemde kış dönemlerinde alınan örneklerde çimlenme üzerine olumsuz bir etkinin olduğu görülmüştür. Bu bölgeden daha fazla alınan örneklerle çalışmanın genişletilebileceği belirtilmiştir.

Arabidopsis thaliana'da mutasyon testinde Büyük Menderes Nehri'nden alınan su örneklerinin kontrole göre mutasyon sıklığının tamamında bir artış gözlemlenirken SG değerinde 6. nokta hariç diğer bütün noktalar kontrole göre yüksek çıktığı görülmüştür. Bu durumda Büyük Menderes Nehri suyunun *Arabidopsis thaliana* bitkisini mutajenik yönde etkilediği ve bu tür çalışmalarda tekerrür ve örnek sayısını arttırarak nehir kirliliğinde bu ve buna benzer ekotoksikolojik testlerin kullanılabileceği görülmüştür.

Büyük Menderes Nehri üzerinden 8 farklı noktadan alınan su ve sediment örneklerinde yaz ve kış olarak pestisit kirliliğine bakılmıştır. Su örneklerinde en yüksek ortalama konsantrasyon yaz ve kış döneminde sırasıyla 3226,9 ng/L ile endosülfan ve 681,9 ng/L ile pyrimethanil ölçülürken sediment örneklerinde ise sırasıyla 8 ng/g ile endosülfan sülfat ve 289,9 ng/g ile pyrimethanil olmuştur. Su örneklerinde yaz döneminde en baskın kirletici pestisit endosülfan, kış döneminde ise en baskın kirletici pyrimethanil olurken sediment örneklerinde yaz döneminde en baskın kirletici endosülfan sülfat, kış döneminde ise Pyrimethanil en baskın kirletici olmuştur. Tüm dönemlerde de toplam pestisit birikimleri dönemsel olarak değişiklik gösterirken su örneklerinde en fazla birikim yaz döneminde 4. nokta

sediment örneklerinde ise kış döneminde 8. nokta görülmüştür. OCP'lerinde içinde bulunduğu birçok yasaklı pestisit hem su hemde sediment örneklerinde her noktada rastlanılmıştır. Bu durumlar göz önüne alındığında yasaklı pestisitlerin kalıcılığının uzun süreli olması yada yasaklı olmasına karşın kullanılmasının devam etmesinden kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Hatta ilginç bir şekilde insan sağlığında kullanılan climbazole etken maddeli ilaç su örneklerinde hem yaz hemde kış, sediment örneklerinde de kış döneminde alınan örneklerde rastlanılmış ve besin zincirine tekrar katıldığı görülmüştür.

Modele göre Büyük Menderes Nehri'nden alınan su ile sulanan barbunyada pestisit birikimi gözlemlenmiştir. En fazla pestisit birikimi kök, yaprak ve meyvede sırasıyla 44,4 ppb, 0,2 ppb ve 0,9 ppb olmak üzere pyrimethanil ölçülmüştür. Diğer OCP'ler arasında düşük log K_{ow} değerine sahip Endosülfan ve Endosülfan sülfatta meyveye taşınarak 0,1 ppb gibi bir birikime neden olduğu görülmüştür.

Büyük Menderes Nehri üzerinden su ve sediment örneklerinin alındığı istasyonlarda toplam pestisit yükü çok yüksek miktarlarda ölçülmesede belirli noktalarda ölçülen bazı pestisit konsantrasyonlarının çok yüksek olduğu görülmüştür. Bundan dolayı Büyük Menderes suyunun sulama suyu olarak kullanılması özellikle organik tarım yapılan alanlarda tavsiye edilmemektedir. Aynı zamanda suda ve sedimentte bulduğumuz pestisitlerin bazılarının beslenme zincirine katılımının olabileceği tespit edilmiştir. En önemli riskin özellikle Büyük Menderes suyu ile sulanan *Arabidopsis thaliana* ile yapılan çalışmada istasyonlardan alınan su örneklerinin mutasyona sebep olabileceğinin bulunması bu konunun araştırılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bölgedeki kirlilik kaynaklarının gelecek çalışmalarda özellikle mutasyon riski konusunda araştırılması ve kirliliğin detaylıca sınıflandırılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Akar, D. 2007. Potential Boron Pollution in Surface Water, Crop, and Soil in the Lower Büyük Menderes Basin. **Environmental Engineering Science**, 24(9): 1273-1279.
- Akın, M., Akın, G. 2007. Suyun Önemi, Türkiye’de Su Potansiyeli, Su Havzaları ve Su Kirliliği. **Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi**, 47: 105-118.
- Akkaya, C., Efeoğlu, A., Yeşil, N. 2006. Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi ve Türkiye’de Uygulanabilirliği. **TMMOB Su Politikaları Kongre Bildirileri**, Cilt I. (21-23 Mart 2006), pp. 195-204, Ankara.
- Alberto, D., Couée, I., Sulmon, C., Gouesbet, G. 2017. Root-level Exposure Reveals Multiple Physiological Toxicity of Triazine Xenobiotics in *Arabidopsis thaliana*. **Journal of Plant Physiology**, 212: 105-114.
- Anonim, 2016. Pathways of Pesticide Spread in the Environment. [<http://www.slu.se>], Erişim Tarihi: 15.06.2017.
- Anonim, 2017a. [<http://www.tuik.gov.tr/>], Erişim Tarihi: 24.09.2017.
- Anonim, 2017b. [<http://www.cogrfyaharita.com/>], Erişim Tarihi: 23.09.2017.
- Anonim, 2017c. [<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>], Erişim Tarihi: 24.09.2017.
- Anonim, 2017d. Sulama Suyu Sorunlarına Genel Bakış. [<http://web.deu.edu.tr/erdin/tr/yayin.htm>], Erişim Tarihi: 21.08.2017.
- Aydın, M.E., Özcan, S., Sarı, S. 2003. Konya Ana Tahliye Kanalında Su ve Sedimentte Organoklorlu Pestisitler (OCPs). **V.Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi Bildirileri**, 1-4 Ekim 2003, pp. 112-125, Ankara.
- Aydın, M.E., Kara, G. 2006. Organize Sanayi Atıksularının Zehirliliği. **S.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi**, 21: 3-4.
- Behfar, A., Nazari, Z., Rabiee, M.H., Raeesi, G., Oveisi, M.R., Sadeghi, N., Jannat, B. 2013. The Organochlorine Pesticides Residue Levels in Karun River Water. **Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products**, 8(1): 41-46.
- Bouyoucos, G.J. 1951. A Recalibration of The Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils. **Agronomy Journal**, 43: 434-438.

- Büke, A., Gültekin, M., Aksoy, A., Dıvrak, B.B., Göcek, Ç., Berke, M.Ö., Çeşmeci, H. 2012. Büyük Menderes Havza Atlası. S Basım, İstanbul.
- Chakraborty, P., Khuman, S.N., Selvaraj, S., Sampath, S., Devi, N.L., Bang, J.J., Katsoyiannis, A. 2016. Polychlorinated Biphenyls and Organochlorine Pesticides in River Brahmaputra from the Outer Himalayan Range and River Hooghly Emptying Into the Bay of Bengal: Occurrence, Sources and Ecotoxicological Risk Assessment. **Environmental Pollution**, 219: 998-1006.
- Çağdaş, B., Kocagöz, R., Onat, İ., Perçin, F., Özaydın, O., Orhan, H. 2015. Periodic Monitoring of Persistent Organic Pollutants and Molecular Damage in *Cyprinus carpio* from Büyük Menderes River. **Environmental Science and Pollution Research**, 24(5): 4241-4251.
- Çakmak, B., Aküzüm, T. 2006. Türkiye’de Tarımda Su Yönetimi, Sorunlar ve Çözüm Önerileri. **TMMOB Su Politikaları Kongre Bildirileri**, Cilt II. (21-23 Mart 2006), pp. 349-360, Ankara.
- ÇŞB(Çevre ve Şehircilik Bakanlığı), 2016. Büyük Menderes Havzası Kirlilik Önleme Eylem Planı. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- De, A., Bose, R., Kumar, A., Mozumdar, S. 2014. Targeted Delivery of Pesticides Using Biodegradable Polymeric Nanoparticles. Springer, 99, ABD.
- Deneer, J.W. 2000. Toxicity of Mixtures of Pesticides in Aquatic Systems. **Pest Management Science**, 56: 516-520.
- Ekmekçi, E., Apan, M., Kara, T. 2005. Tuzluluğun Bitki Gelişimine Etkisi. **OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi**, 20(3): 118-125.
- Erdem, Ö. 2010. Ankara Ayaş İlçesindeki İçme ve Sulama Sularında Organoklorlu Pestisitlerin Kromatografik Tayini. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Fomin, A., Oehlmann, J., Markert, B. 2003. Praktikum zur Ökotoxikologie. Ecomed, 239, Almanya.
- Ge, J., Lu, M., Wang, D., Zhang, Z., Liu, X., Yu, X. 2016. Dissipation and Distribution of Chlorpyrifos in Selected Vegetables Through Foliage and Root Uptake. **Chemosphere**, 144: 201-206.
- Ge, J., Cui, K., Yan, H., Li, Y., Chai, Y., Liu, X., Cheng, J., Yu, X. 2017. Uptake and Translocation of Imidacloprid, Thiamethoxam and Difenconazole in Rice Plants. **Environmental Pollution**, 226: 479-485.

- Gedik, K., Verep, B., Terzi, E., Fevzioğlu, S. 2010. Fırtına Deresi (Rize)'nin Fiziko-Kimyasal Açısından Su Kalitesinin Belirlenmesi. **Ekoloji**, 19(76): 25-35.
- Gichner, T., Badayev, S.A., Demchenko, S.I., Relichova, J., Sandhu, S.S., Usmanov, P.D., Usmanova, O., Velemínský, J. 1994. Arabidopsis Assay for Mutagenicity. **Mutation Research**, 310: 249-256.
- Giesy, J.P., Solomon, K.R., Coats, J.R., Dixon, K.R., Giddings, J.M., Kenaga, E.E. 1999. Chlorpyrifos: Ecological Risk Assessment in North American Aquatic Environments. In **Reviews of environmental contamination and toxicology**, 160: 1-129.
- Güler, Ç., Çobanoğlu, Z. 1997. Su kalitesi. T.C. Sağlık Bakanlığı, 95, Ankara.
- Harite, Ü., Aydın, M. 2008. Differential Response of Cotton Cultivars to Boron Toxicity. **International Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology**, pp.477-482, Aydın.
- Hwang, J.I., Lee, S.E., Kim, J.E. 2017. Comparison of Theoretical and Experimental Values for Plant Uptake of Pesticide from Soil. **Plos One**, 12(2): 1-13.
- Juraske, R., Castells, F., Vijay, A., Muñoz, P., Antón, A. 2009. Uptake and Persistence of Pesticides in Plants: Measurements and Model Estimates for Imidacloprid After Foliar and Soil Application. **Journal of Hazardous Materials**, 165: 683-689.
- Kayıkçıoğlu, H.H., Okur, N. 2012. Deri Sanayi Arıtma Çamurunun Kompostlaştırılması Sırasındaki Biyokimyasal Değişiklikler ve Oluşan Kompostun Kalitesi. **Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi**, 22(2): 59-68.
- Kazlauskienė, N., Marčiulionienė, D., Virbickas, T. 2008. Using Biological Methods to Determine Pollution Sources of the Vilnia River. **Polish Journal of Environmental Studies**, 17: 163-167.
- Koç, C. 2007. Effects on Environment and Agriculture of Geothermal Wastewater and Boron Pollution in Great Menderes Basin. **Environmental monitoring and assessment**, 125(1): 377-388.
- Koç, C. 2010. Effects of Boron Pollution in the Lower Büyük Menderes Basin (Turkey) on Agricultural Areas and Crops. **Environmental Progress & Sustainable Energy**, 30(3): 347-357.

- Küçük, S. 2007. Büyük Menderes Nehri Su Kalite Ölçümlerinin Su Ürünleri Açısından İncelenmesi. **ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi**, 4(1-2): 7-13.
- Legind, C.N., Trapp, S. 2009. Modeling the exposure of children and adults via diet to chemicals in the environment with crop-specific models. **Environmental Pollution**, 157:778-785.
- Legind, C.N., Kennedy, C.M., Rein, A., Snyder, N., Trapp, S. 2010. Dynamic plant uptake model applied for drip irrigation of an insecticide to pepper fruit plants. **Published Online in Wiley Online Library**, 67: 521-527.
- Maila, M.P., Cloete, T.E. 2002. Germination of *Lepidium sativum* as a Method to Evaluate Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) Removal from Contaminated Soil. **International Biodeterioration and Biodegradation**, 50(2): 107-113.
- Marathe, R.B., Maratha, Y.V., Sawant, C.P. 2011. Sediment Characteristics of Tapi River, Maharashtra, India. **International Journal of ChemTech Research**, 3(3): 1179-1183.
- Montuori, P., Aurino, S., Garzonio, F., Sarnacchiaro, P., Polichetti, S., Nardone, A., Triassi, M. 2016. Estimates of Tiber River Organophosphate Pesticide Loads to the Tyrrhenian Sea and Ecological Risk. **Science of the Total Environment**, 559: 218-231.
- Newman, M.C. 2013. Ekotoksikoloji'nin Temel İlkeleri (Çeviri: C. Turgut), 3.Baskı., Palme Yayıncılık, Ankara.
- Okur, B., Yener, H., Okur, N., İrget, E. 2001. Büyük Menderes Nehrindeki Bazı Kirlenici Parametrelerin Aylık ve Mevsimsel Olarak Değişimi. **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 7(2): 243-250.
- Ongley, E.D. 1996. Pesticides as Water Pollutants. Control of water pollution from agriculture, GEMS/Water Collaborating Centre Canada Centre for Inland Waters, pp. 53-67. Kanada.
- Papadakis, E.N., Vryzas, Z., Kotopoulou, A., Kintzikoglou, K., Makris, K.C., Papadopoulou-Mourkidou, E. 2015a. A Pesticide Monitoring Survey in Rivers and Lakes of Northern Greece and Its Human and Ecotoxicological Risk Assessment. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 116: 1-9.
- Papadakis, E.N., Tsaoulas, A., Kotopoulou, A., Kintzikoglou, K., Vryzas, Z., Papadopoulou-Mourkidou, E. 2015b. Pesticides in the Surface Waters of Lake Vistonis Basin, Greece: Occurrence and Environmental Risk Assessment. **Science of the Total Environment**, 536: 793-802.

- Pandey, P., Khillare, P.S., Kumar, K. 2011. Assessment of Organochlorine Pesticide Residues in the Surface Sediments of River Yamuna in Delhi, India. **Journal of Environmental Protection**, 2: 511-524.
- Pavel, V.L., Sobariu, D.L., Diaconu, M., Stătescu, F., Gavrilesu, M. 2013. Effects of Heavy Metals on *Lepidium sativum* Germination and Growth. **Environmental Engineering and Management Journal**, 12(4): 727-733.
- Pazı, İ., Gönül, L.T., Küçüksezgin, F. 2013. Bafa Gölü'nde Biyotik ve Abiyotik Ortamda Pestisit ve PCB Dağılımı. **Su Ürünleri Dergisi**, 30(4): 175-182.
- Rebich, R.A., Coupe, R.H., Thurman, E.M. 2004. Herbicide Concentrations in the Mississippi River Basin-the Importance of Chloroacetanilide Herbicide Degradates. **Science of the Total Environment**, 321: 189-199.
- Rédei, G.P., Rédei, M.M., Lower, W.R., Sandhu, S. 1980. Identification of Carcinogens by Mutagenicity for Arabidopsis. **Mutation Research/Environmental Mutagenesis and Related Subjects**, 74(6): 469-475.
- Rousis, N.I., Gracia-Lor, E., Zuccato, E., Bade, R., Baz-Lomba, J.A., Castrignanò, E., Causanilles, A., Covaci, A., Voogt, P., Hernandez, F., Kasprzyk-Hordern, B., Kinyua J., McCall, A.K., Plosz, B.G., Ramin P., Ryu, Y., Thomas, K.V., Nuijs, A., Yang, Z., Castiglioni, S. 2017. Wastewater-Based Epidemiology to Assess Pan-European Pesticide Exposure. **Water Research**, 121: 270-279.
- Sandhu, S.S., Acedo, G.N. 1987. Assessment of Genotoxicity of Hazardous Wastes with the Arabidopsis embryo Assay. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, Health Effects Research Lab, ABD.
- Sandhu, S.S., Acedo, G.N. 1990. Application of Simple Short-Term Bioassay For The Identification of Genetoxis from Hazardous Wastes. Waste Testing and Quality Assurance(Friedman, D., Ed.), American Society for Testing and Materials, pp. 130-139, Philadelphia.
- Sangchan, W., Bannwarth, M., Ingwersen, J., Hugenschmidt, C., Schwadorf, K., Thavornnyutikarn, P., Pansombat, K., Streck, T. 2014. Monitoring and Risk Assessment of Pesticides in a Tropical River of an Agricultural Watershed in Northern Thailand. **Environmental Monitoring and Assessment**, 186(2): 1083-1099.
- Seferoğlu, S., Kaptan, M.A., Yorulmaz, A., Sümer, M.R., Küçük, S., 2010. Toprak, Bitki ve Su Analiz Yöntemleri El Kitabı. T.C. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Aydın.

- Tiryaki, O., Canhilal, R., Horuz, S. 2010. Tarım İlaçları Kullanımı ve Riskleri. **Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 26(2): 154-169.
- Turgut, C. 2003. The Contamination with Organochlorine Pesticides and Heavy Metals in Surface Water in Küçük Menderes River in Turkey, 2000–2002. **Environment international**, 29(1): 29-32.
- TÜBİTAK MAM. 2010. Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması – Büyük Menderes Havzası, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Kocaeli.
- Yamamoto, A., Terao, T., Hisatomi, H., Kawasaki, H., Arakawa, R. 2012. Evaluation of River Pollution of Neonicotinoids in Osaka City (Japan) by LC/MS with Dopant-Assisted Photoionisation. **Journal of Environmental Monitoring**, 14: 2189-2194.
- Yılar, M., Onaran, A., Yanar, Y., Belgüzar, S., Kadioğlu, İ. 2014. *Trachystemon orientalis* (L.) G. Don (Kaldırık)'ın Herbisidal ve Antifungal Potansiyeli. **Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 4(4): 19-27.
- Yıldız, M., Gürkan, M.O., Turgut, C., Ünal, G. 2005. Tarımsal Savaşımında Kullanılan Pestisitlerin Yol Açtığı Çevre Sorunları. **6. TMMOB Ziraat Mühendisleri Teknik Kongresi**, 3-7 Ocak 2005, Ankara.
- Zhao, Z., Jiang, Y., Li, Q., Cai, Y., Yin, H., Zhang, L., Zhang, J. 2017. Spatial Correlation Analysis of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) and Organochlorine Pesticides (OCPs) in Sediments Between Taihu Lake and its Tributary Rivers. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 142: 117-128.
- Zheng, S., Chen, B., Qiu, X., Chen, M., Ma, Z., Yu, X. 2016. Distribution and Risk Assessment of 82 Pesticides in Jiulong River and Estuary in South China. **Chemosphere**, 144: 1177-1192.
- Zimmerman, J.B., Mihelcic, J.R., Smith, A.J. 2008. Global Stressors on Water Quality and Quantity. **Environmental Science & Technology**, 42(12): 4247-4254.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Alican GAVCAR
 Doğum Yeri ve Tarihi : Fethiye/Muğla 14.07.1991
 Sürücü Belgesi : B sınıfı
 Askerlik Durumu : Tecilli
 Tel : 535 380 83 66
 Mail : alican_gavcar_48@hotmail.com

EĞİTİM DURUMU

Lise Öğrenimi : Hulusi Uçaçelik Anadolu Lisesi (2005-2009)
Lisans Öğrenimi : Adnan Menderes Üniversitesi/Ziraat Fakültesi/Bitki Koruma (2009-2013)
Yüksek Lisans Öğrenimi : Adnan Menderes Üniversitesi/Ziraat Fakültesi/Bitki Koruma (2014-2017)
Bildiği Yabancı Diller ve Dil Puanı : İngilizce (Yök Dil Puanı: 67,5)

SERTİFİKALAR

1. Bitki Koruma Ürünü Reçete Yazma Yetki Belgesi
2. Zirai İlaç Bayiliği Belgesi
3. İş Sağlığı ve Güvenliği C Sınıfı Sertifikası
4. Bilgisayar İşletmenliği Sertifikası
5. GTHB Tarımsal Yayım ve Danışmanlık Sertifikası

KATILDIĞI ÇALIŞTAY/KONFERANS SERTİFİKALAR

1. Kalıcı Organik Kirleticiler (POPs) Farkındalık Çalıştayı: Seralarda ve Diğer Çevresel Ortamlarda Pestisit ve POPs Kalıntıları (10-12 Mart-Kuşadası)
2. 9th Congress of the Turkish Society of Toxicology with the Participation of the Hellenic Society of Toxicology, TURKHELTOX (21-24 Ocak 2015-Çeşme)

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl : KARAHAN TARIM (2016-...)