

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Ayşe Ganimet POYRAZOĞLU**

**NİŞASTA ENDÜSTRİSİ ATIK SULARININ BİTKİ YETİŞTİRİLMESİNDE  
KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ADANA, 2007**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**NİŞASTA ENDÜSTRİSİ ATIK SULARININ BİTKİ  
YETİŞTİRİLMESİNDE KULLANIM OLANAKLARININ  
ARAŞTIRILMASI**

**Ayşe Ganimet POYRAZOĞLU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI**

Bu tez .../.../2007 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu İle Kabul Edilmiştir.

İmza.....  
Doç.Dr. Zeynep ZAIMOĞLU  
DANIŞMAN

İmza.....  
Prof.Dr. Ahmet YÜCEER  
ÜYE

İmza.....  
Prof.Dr. Sevilay TOPÇU  
ÜYE

Bu tez Enstitümüz Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.  
Kod No:

**Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ**  
**Enstitü Müdürü**  
**İmza ve Mühür**

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## ÖZ

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

#### NİŞASTA ENDÜSTRİSİ ATIK SULARININ BİTKİ YETİŞTİRİLMESİNDE KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Ayşe Ganimet POYRAZOĞLU

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**Danışman :** Doç.Dr. Zeynep ZAIMOĞLU

**Yıl :** 2007, Sayfa: 68

**Jüri :** Doç.Dr. Zeynep ZAIMOĞLU

Prof.Dr.Ahmet YÜCEER

Prof.Dr.Sevilay TOPÇU

Bu araştırmada, mısır işleme tesisinden oluşan nişasta atıksularının, bitki yetiştiriciliğinde kullanılabilme olanaklarının araştırılması amacı ile *Cynodon dactylon* (L.) Pers. (Bermuda Çimi), *Stenotaphrum secundatum* (Yengeçotu) ve *Ophiopogon japonicum* (Karaçim) bitkilerinin torfta yetiştirilmesi koşullarında gelişimleri ve bünyelerinde biriktirdikleri azot ve fosfor miktarları incelenmiştir.

Çalışmanın sonucunda boy uzunluğu ve yüzey örtülülüğü bakımından atıksu ile sulanan ortamda Bermuda Çimi (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) %95 yüzey örtülülük ve 49,5 cm boy uzunluğu, Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) %87 yüzey örtülülük ve 25,9 cm boy uzunluğu ile iyi bir gelişim performansı sergilemişlerdir. Azot ve fosfor birikimi bakımından Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) bitkisi çeşme suyu ile sulanan ortamda toprak altı aksamda  $8,3 \pm 0,2$  g/kg, toprak üstü aksamda  $6,2 \pm 0,3$  g/kg toplam azot değerleriyle, ½ çeşme suyu+atıksu ile sulanan ortamda toprak altı aksamda  $66,2 \pm 0,2$  g/kg, toprak üstü aksamda atıksu ile sulanan ortamda  $46,6 \pm 0,1$  mg/l fosfor değerleriyle en iyi performans gösteren bitki olmuştur. Böylelikle bu bitkileri kullanarak, nişasta endüstrisi atıksularının arıtımına bir alternatif sunulmuş ve yeşil görünümleri ile kullanılan alanlarda peyzaj da sağlanmış olacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Yeşil Islah, Nişasta Atıksuyu.

## ABSTRACT

### MSc. THESIS

#### INVESTIGATION ON USING STARCH INDUSTRY WASTEWATER FOR THE PURPOSE OF PLANT GROWING

Ayşe Ganimet POYRAZOĞLU

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF NATURAL APPLIED SCIENCES  
UNIVERSITY OF ÇUKUROVA

**Supervisor :** Assoc. Prof. Dr. Zeynep ZAIMOĞLU

**Year :** 2007, Pages:68

**Jury :** Assoc. Prof. Dr. Zeynep ZAIMOĞLU

Prof.Dr. Ahmet YÜCEER

Prof.Dr.Sevilay TOPÇU

In this study, the growing performance of *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Stenotaphrum secundatum* and *Ophiopogon japonicum* ; also the amounts of nitrogen and phosphorus accumulated in their structures have been studied in the condition of growing in turf , for the purpose of investigating the usage opportunities of starch wastewater in plant growing, dismissed from corn processing plant.

As a result of the study, *Cynodon dactylon* (L.) Pers. exhibited 95 % surface covering and 49,5 cm. length evolution in case of wastewater irrigation. *Stenotaphrum secundatum* exhibited 87 % surface covering and 25,9 cm. length evolution.. Nevertheless, *Ophiopogon japonicum* revealed highest performance in nitrogen and phosphorus accumulation as  $8,3 \pm 0,2$  g/kg and  $6,2 \pm 0,3$  g/kg total nitrogen values in root and theme components respectively in case of potable water irrigation, and phosphorus values of  $66,2 \pm 0,2$  g/kg in root component in case of  $\frac{1}{2}$  potable water+wastewater and  $46,6 \pm 0,1$  g/kg in theme component in case of wastewater irrigation. Thus, an alternative has been presented to the starch industry wastewater treatment, also an improved landscape has been gained by their good appearance in useful fields.

**Keywords:** Phytoremediation, Starch wastewater

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam süresince, bu tezin oluşum ve yönetim aşamalarında yardımlarını ve desteğini benden esirgemeyen, çalışmalarımda her türlü olanağı sağlayan danışman hocam Doç.Dr. Zeynep ZAIMOĞLU'na sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tüm tez çalışmam boyunca bilimsel desteklerini esirgemeyen Sayın Prof.Dr.Ahmet YÜCEER'e teşekkür ederim.

Araştırmamın her aşamasında destek ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Elif Türkan DİNÇER'e, Sayın Güniz POYRAZOĞLU'na, bitkilerin seçimi aşamasında bilgi ve yardımları ile katkıda bulunan Sayın Dr.Reyhan ERDOĞAN KÜÇÜK'e, ve laboratuvar çalışmalarında yardım aldığım Sayın Süleyman GEDİK'e, Araştırma Görevlisi Sayın Seçil KEKEÇ'e, yazım çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Sayın Arzu ÖCAL'a, bu çalışmada bitkilerin ekiminde ve sulanmasında yardım eden Sayın Adnan GÖZÜNKEBAY'a ve bana her konuda destek olan Sayın Zafer POYRAZOĞLU ve Sayın Doç.Dr.Hakan POYRAZOĞLU'na çok teşekkür ederim.

Tezin yürütülmesinde katkıda bulunan Çevre Mühendisliği Bölümü hocalarına ve personeline teşekkür ederim.

Bu tezin tamamlanmasında bana yardım eden ve hep yanımda olan Sayın Serkan YILDIRIM'a sonsuz teşekkür ederim.

Bu yoğun süreçte desteklerini benden esirgemeyip hayatımın her döneminde bana yardım eden annem ve babama çok teşekkür ederim.

<b>İÇİNDEKİLER</b>	<b>SAYFA</b>
<b>ÖZ</b> .....	<b>I</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>II</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>III</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>IV</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>VI</b>
<b>TABLolar DİZİNİ</b> .....	<b>VIII</b>
<b>RESİMLER DİZİNİ</b> .....	<b>IX</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1. Dünyada Nişasta Üretimi .....	<b>2</b>
1.2. Türkiye’de Nişasta Üretimi .....	<b>2</b>
1.3. Nişasta Üretim Prosesleri.....	<b>4</b>
1.4. Mısır Nişasta Sanayi Atıklarının Kirlilik Özellikleri .....	<b>10</b>
1.5. Nişasta Sanayi Atıksularının Arıtılmasında Uygulanan Yöntemler..	<b>11</b>
1.6. Yeşil Islah (Phytoremediation) .....	<b>13</b>
1.6.1. Vejetatif Örtü Sistemleri.....	<b>15</b>
1.6.2. Yeşil Islah (Phytoremediation) Tekniğinde Kullanılan Bitkiler ve Özellikleri.....	<b>16</b>
<b>2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR</b> .....	<b>18</b>
2.1. Yeşil Islah İle İlgili Yapılan Çalışmalar.....	<b>18</b>
2.2. Kullanılan Bitkiler ve Yeşil Islah İle İlgili Yapılan Çalışmalar.....	<b>22</b>
2.3. Nişasta Atıksuyu İle İlgili Yapılan Çalışmalar.....	<b>26</b>
<b>3. MATERYAL ve METOD</b> .....	<b>28</b>
3.1. Materyal.....	<b>28</b>
3.1.1. Araştırma Yeri.....	<b>28</b>
3.1.2. Araştırma Yeri İklim Koşulları.....	<b>28</b>
3.1.3.Bitkinin Yetiştirildiği Torfun Özellikleri .....	<b>30</b>
3.1.4. Kullanılan Atıksu ve Özellikleri.....	<b>30</b>
3.1.5. Kullanılan Bitkiler ve Özellikleri.....	<b>31</b>
3.1.5.1. Bermuda Çimi ( <i>Cynodon dactylon</i> ( L. ) Pers.).....	<b>31</b>

3.1.5.2. Yengeçotu ( <i>Stenotaphrum secundatum</i> ( Walt ) Kuntze)	33
3.1.5.3. Karaçim ( <i>Ophiopogon japonicum</i> )	34
3.2. Metod	35
3.2.1. Araştırmanın Kurulması	35
3.2.2. Hasat	36
3.2.3. Gözlem ve Ölçümler	36
3.2.3.1. Fenolojik Gözlemler	36
3.2.3.1 (1) Boy (cm)	36
3.2.3.1 (2) Yüzey Örtülülüğü	37
3.2.3.2. Azot ve Fosfor Analizleri	37
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA</b>	<b>39</b>
4.1. Fenolojik Gözlemler	39
4.1.1. Boy (cm)	39
4.1.2. Yüzey Örtülülüğü	40
4.2. Hasat Değerleri	41
4.2.1. Yaş Ağırlık	41
4.2.2. Kuru Ağırlık	43
4.3. Azot ve Fosfor Analizleri	46
4.3.1. Azot Değerleri	46
4.3.2. Fosfor Değerleri	50
<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER</b>	<b>56</b>
<b>KAYNAKLAR</b>	<b>60</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	<b>68</b>

<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b>	<b>SAYFA</b>
Şekil 1.1. Entegre Nişasta Üretim Tesisi'nin Ana Karakteristikleri.....	10
Şekil 3.1. Araştırmanın Yapıldığı Alanın Zamana Bağlı % Nem Değerleri.....	29
Şekil 3.2. Araştırmanın Yapıldığı Alanın Zamana Bağlı % Nem Değerleri.....	29
Şekil 4.1. Araştırmada Kullanılan Bitki Türlerin Deneme Süresince Belirlenen % Örtülülük Oranları.....	40
Şekil 4.2. Araştırmada Kullanılan Bitki Türlerin Toprak Altı Aksamlarının Yaş Ağırlıkları.....	42
Şekil 4.3. Araştırmada Kullanılan Bitki Türlerin Toprak Üstü Aksamlarının Yaş Ağırlıkları.....	43
Şekil 4.4. Araştırmada Kullanılan Bitki Türlerin Toprak Altı Aksamlarının Kuru Ağırlıkları.....	44
Şekil 4.5. Araştırmada Kullanılan Bitki Türlerin Toprak Üstü Aksamlarının Kuru Ağırlıkları.....	45
Şekil 4.6. Karaçim ( <i>Ophiopogon japonicum</i> ) Bitkisinde Toplam Azot (N) Değerler.....	46
Şekil 4.7. Bermuda Çimi ( <i>Cynodon dactylon</i> ) Bitkisinde Toplam Azot (N) Değerleri.....	47
Şekil 4.8. Yengeçotu ( <i>Stenotaphrum secundatum</i> ) Bitkisinde Toplam Azot (N) Değerleri.....	48
Şekil 4.9. Araştırmada Kullanılan Bitkilerin Karşılaştırmalı Toplam Azot Değerleri.....	49
Şekil 4.10. Araştırmada Kullanılan Bitkilerin Karşılaştırmalı Toplam Azot Değerleri.....	50
Şekil 4.11. Karaçim <i>Ophiopogon japonicum</i> Bitkisinde Fosfor (P) Değerleri.....	51
Şekil 4.12. Bermuda Çimi <i>Cynodon dactylon</i> Bitkisinde Fosfor (P) Değerleri.....	52
Şekil 4.13. Yengeçotu ( <i>Stenotaphrum secundatum</i> ) Bitkisinde Fosfor (P)	



Değerleri.....	53
Şekil 4.14. Araştırmada Kullanılan Bitkilerin Karşılaştırmalı Fosfor (P)	
Değerleri.....	54
Şekil 4.15. Araştırmada Kullanılan Bitkilerin Karşılaştırmalı Fosfor (P)	
Değerleri.....	55

**TABLolar DİZİNİ****SAYFA**

Tablo 1.1.	Dünya Mısır Üretimi.....	2
Tablo 1.2.	Türkiye’de Mısır Nişastası ve Nişasta Bazlı Şekerler(NBŞ) Üretimi.....	3
Tablo 1.3.	Nişasta ve Nişasta Bazlı Şekerler Sektöründeki Kuruluşlar...	4
Tablo1.4.	Bir Nişasta Fabrikası Atıksu Kompozisyonu.....	11
Tablo 3.1.	Bitkinin yetiştirildiği Torfun Özellikleri.....	30
Tablo 3.2.	Çalışmada Kullanılan Nişasta Fabrikası Atıksu Kompozisyonu	31
Tablo 4.1.	Araştırmada Kullanılan Bitkilerin Çalışma Sonunda Boylarının (cm) Ortalama Ölçüm Sonuçları.....	39

<b>RESİMLER DİZİNİ</b>	<b>SAYFA</b>
Resim 3.1. Bermuda Çimi ( <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.) .....	32
Resim 3.2. Yengeçotu ( <i>Stenotaphrum secundatum</i> (Walt.) Kuntze).....	34
Resim 3.3. Karaçim ( <i>Ophiopogon japonicum</i> ) .....	35

## 1. GİRİŞ

Su ve toprak canlı hayatı için en önemli unsurlardır ve temelde sanılanın aksine sınırlı kaynaklardır. Günümüzde su ve toprak kaynaklarının etkin kullanımı en önemli problemlerden biridir. Dünya nüfusunun hızlı bir şekilde artması, kentleşme, sanayileşme ve mevcut su kaynaklarının bilinçsiz kullanımı gibi sebepler insanoğlunu yeni su kaynaklarını araştırmaya yöneltmiştir. Ülkemizde de özellikle su sıkıntısının çekildiği bugünlerde, atıksuların alternatif su kaynakları olarak kullanılması için çalışmalar yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmalar, yağmur sularının yeniden kullanılması, tuzlu deniz sularının arıtılması, arıtılmış atık suların yeniden alternatif su kaynakları olarak kullanılması yöntemlerini kapsayabilmektedir (Oron, 1994; Mandi, 1994). Atıksuların alternatif su kaynakları olarak kullanılmasına, eski maden sahaları gibi bozulmuş alanların, ağır metallerle kirlenmiş alanların rehabilitasyonu için kullanımını ve yer örtücü bitkiler üzerinde uygulamasını örnek verebiliriz.

Mısır işleme proseslerinde esas olarak mısır parçalanarak, çeşitli bileşenlerine ayrılmakta ve bu bileşenler yiyecek endüstrisi ve diğer endüstrilerde kullanılmak amacıyla uygun hale getirilmektedir (Erşahin ve ark., 2006).

Mısır işleme üretim tesislerinde oluşan atıksular yüksek oranda protein ve nişasta içerdiğinden organik kirlilik yükü yüksek (kuvvetli) atıksular olarak nitelendirilmektedir (Övez ve ark., 2001).

Bu çalışmada doğal koşullar altında (laboratuvar ortamı dışında) mısır işleme tesisinden oluşan atıksuların yer örtücü bitkiler için rekreasyon amaçlı kullanılabilme olanakları araştırılmış ve nişasta endüstrisi atıksularının arıtma işlemlerine bir alternatif sunulmuştur.

### 1.1. Dünyada Nişasta Üretimi

Yaklaşık 600 milyon ton olan Dünya mısır üretiminin % 10'u yani 60 milyon tonu nişasta ve nişasta bazlı şekerlere dönüştürülmektedir. Bu da yaklaşık 40 milyon tonluk bir nişasta ve nişasta bazlı şeker üretimine denk gelmektedir. Dünyadaki başlıca mısır üreten ve ihraç eden ülkelerden üretimleri Tablo 1.1'de verilmektedir (FAO, 2002).

**Tablo 1.1.** Dünya Mısır Üretimi (Milyon ton) (FAO, 2002; www.zmo.org.tr )

Ülkeler	2000	2001	2002
ABD	251	250	225
Çin	106	114	125
Meksika	18	20	19
Arjantin	15,4	14,4	12,5
Güney Afrika	7,5	9,1	9,5
Türkiye	2,3	2,2	2,1
Dünya	585	593	585

ABD en büyük mısır üreticisi olup, nişasta ve nişasta bazlı şekerler üretimi ve ihracatında önemli rol oynamaktadır. ABD tek başına dünya mısır üretiminin yaklaşık yüzde 40'ını karşılamaktadır. Çin dünya mısır üretiminde yaklaşık yüzde 20'lik bir pay alırken onu yüzde 4'le Meksika izlemektedir (DPT, 2001).

### 1.2. Türkiye'de Nişasta Üretimi

Mısır, ülkemizde tarla ürünleri arasında ekiliş alanı bakımından yedinci sırada (buğday, arpa, nohut, mercimek, pamuk, ayçiçeği), üretim miktarı bakımından ise üçüncü sırada yer alan bir üründür. Hemen hemen ülkemizin tüm bölgelerinde

yetiştirilmesine rağmen ekonomik olarak Adana başta olmak üzere Akdeniz Bölgesinde, Karadeniz Bölgesinde ve Marmara Bölgesinde yetiştirilmektedir (Kırtok, 1998)

Mısır tarımının belli ölçüde su istemesi nedeniyle, bu ürünün verimi diğer hububata göre daha yüksektir. Verimin yüksek olması özellikle bu ürünün Çukurova'da ikinci ürün olarak ekimini artırmıştır (DPT, 2001).

Mısır, gerek besin maddesi olarak gerekse glikoz, nişasta, yağ ve yem sanayinin ham maddesi olarak önemli bir üründür. Ülkemizde üretilen mısırın tamamına yakını yurtiçinde tüketilmektedir. İçinde bulundurduğu zengin besin maddesi nedeniyle insan ve hayvan beslenmesinde büyük değer taşımaktadır (Kırtok, 1998).

Dünyada üretilen mısırın yaklaşık %27'si insan beslenmesinde ve kullanımında, %73'ü ise hayvan yemi olarak tüketilmektedir. Bizim gibi gelişmekte olan ülkelerde üretilen mısırın %45,9'u hayvan beslenmesinde, %54,1'i insan beslenmesinde kullanılırken, gelişmiş ülkelerde hayvan yeminin payı %88,9'a ulaşmaktadır.

Türkiye'de Mısır nişastası ve nişasta bazlı şekerler üretimi yıllara göre Tablo 1.2 de verilmektedir.

**Tablo 1.2.** Türkiye'de Mısır Nişastası ve Nişasta Bazlı Şekerler(NBŞ) Üretimi (Bin ton) (FAO, 2002)

Ürünler	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Nişasta	43	49	63,5	73	58	64	62	68
NBŞ	66	79,5	108	151	162	175	195	225

Türkiye'de nişasta üretimi yıllara göre dalgalı bir seyir izlerken, nişasta bazlı şekerler üretimi yıllara göre devamlı bir artış göstermektedir. Bu durum nişasta bazlı şekerlerin diğer sanayi kolları tarafından talebinin artışı ile açıklanabilir. Yılda üretilen miktarları karşılaştırıldığında 1995 yılında 43 bin ton olan nişasta üretiminin

2002 yılı istatistiklerine göre 68 bin ton olduğu, yine 1995 yılında 66 bin ton olan nişasta bazlı şekerler üretiminin 2002 yılında 225 bin ton olduğu anlaşılmıştır.

Ülkemizde nişasta ve nişasta sanayi yan ürünleri üretiminde beş şirket faaliyet göstermektedir. Bu firmalardan ikisi yabancı sermayeli, diğer ikisi yerli sermayeli ve beşinci firmada yerli ve yabancı sermaye ortaklığıyla faaliyette bulunmaktadır. Devlet Planlama Teşkilatı 2001 kayıtlarına göre bu şirketler ve üretim kapasiteleri Tablo 1.3'te verilmiştir.

**Tablo 1.3.** Nişasta ve Nişasta Bazlı Şekerler Sektöründeki Kuruluşlar (DPT, 2001).

Sıra No	Kuruluş Adı	Yeri	Mülkiyeti	Üretim Konusu	İşleme Kapasitesi
1	Cargill	İstanbul	Özel	Nişasta ve NBS	135.000
2	Pendik Nişasta	İstanbul	Özel	"	90.000
3	Amylum	Adana	Özel	"	180.000
4	Sunar	Adana	Özel	"	51.000
5	Tat	Adana	Özel	"	30.000
	Toplam				486.000

### 1.3. Nişasta Üretim Prosesleri

Ülkemiz nişasta sanayiinde hammadde olarak mısırı kullanmaktadır ve nişasta üretiminde kullanılan yöntemler ; ıslak öğütme ve rafinasyon prosesleri olarak sıralanabilir (Erşahin, 2005).

#### Islak Öğütme

Mısır tanecikleri önce sıcak suya daldırmak suretiyle yumuşatılır. Daldırma suyu ile mısırın içindeki tuzlar, çözünür karbonhidratlar ve protein çözülür. Yumuşamış tanecikler bir öğütme prosesine tabi tutularak tüm mısır tohumlarının ayıklanması ve taneciklerin bir tarafa toplanması sağlanır. Bu proses ile tohum, nişasta, gluten ve elyaf ihtiva eden bir hamur elde edilmiş olur. Tohum kısmı

hidroklonlar kullanılarak kurtarılır, kurutulur ve mısır yağı eldesinde kullanılmak üzere satılır. Geri kalan ve nişasta, gluten, elyaf içeren sıvı; kalan nişastayı elyaftan kurtarmak ve peşinden elyafı gluten ve nişastadan ayırmak için ilave öğütme işlemine tabi tutulur. İlave nişastayı ortamdan uzaklaştırmak üzere yıkadıktan sonra, atık su presleme ve kurutma yoluyla elyaftan uzaklaştırılır. Daldırma suyu ve parçalanmış mısır, kuruyan elyafa ilave edilir ve nihai karışım hayvan yeminde kullanılmak üzere satılır (Eremektar ve ark., 2002).

Gluteni nişasta sıvısından ayırmak için santrifüjleme tekniği uygulanır. Gluten; atık suyu uzaklaştırma ve peşinden pasta kıvamına gelene değin döner vakum filtrelerde kurutma vasıtasıyla kalınlaştırılır. Ayrıca, evcil hayvan yeminde katkı olarak kullanılmak üzere ilave kurutma işlemine de tabi tutulur (EPA, 2001).

#### **Rafinasyon (Damıtma) Prosesi**

Rafineri prosesinde süt kıvamındaki nişastanın molekülleri arasındaki bağlar, sıcaklık ve katalizörler yardımıyla parçalanarak fruktoz ve dekstrozu elde edilmektedir (Öztürk vd., 2005).

Islak öğütme prosesinden geriye kalan nişasta sıvısı, imalathanenin iki ana ürünü için ham madde oluşturur. Bu ürünler kuru mısır nişastası ile yüksek fruktozlu mısır şurubudur. Bulamaç kıvamındaki nişasta sıvısı ters akımlı yıkama yoluyla yıkanır ve çökeltim havuzuna aktarılır. Sıvının bir kısmı mısır şurubu prosesine sokulmak üzere havuzdan alınıp rafineriye sevk edilir. Kalanı ise bir seri santrifüj ve sıcak hava kurutma, karıştırma ve ayırma yoluyla kuru mısır nişastasına proseslenir. Elde edilen nihai ürün bira fabrikasında kullanılmak üzere satılır.

Damıtma prosesinde nişasta sıvısını fruktoza dönüştüren bir dizi işlemde üç enzim kullanılır. Nişasta taneleri ilk enzim vasıtasıyla dekstrin molekül zincirlerine parçalanır. İkinci enzim dekstrin zincirlerini münferit dekstrin moleküllerine parçalar. Çözünmeyen maddeler ile dönüşmemiş nişasta dekstrin çözeltisinden dönen vakum filtrelere gönderilir. Filtreleme işleminden sonra renkli partikül tutucu madde bir karbon kolonu içinde bertaraf edilir (Övez ve ark., 2001). Dekstrin çözeltisi daha sonra saf olmayan metal tuzları çözeltiden uzaklaştıran bir grup iyon değişim kolonuna gönderilir. Üçüncü enzimi eklemeyen önce buharlaştırıcı vasıtasıyla su



çözültiden uzaklaştırılır. Bu üçüncü enzim dekstrini fruktoza dönüştürür. Ortaya çıkan fruktoz, dekstrin çözeltisinininkine benzer biçimde renksizleştirme, iyon değişimi ve buharlaştırma proseslerinden geçirilir.

Fruktozun bir bölümü % 55 yüksek fruktozlu mısır şurubu eldesine imkan veren hassas buharlaştırıcıya sevk edilir. Bu dozdaki şurup satılır ya da harmanlama için muhafaza edilir. Kalanı ise dekstrinden kalanı ve saf olmayan maddeleri mısır şurubundan uzaklaştırmak üzere kalsiyum reçineleri kullanan bir fraksiyonatörde ayrıca zenginleştirilir. Deiyonize su daha sonra en yüksek doz (% 90) şurup eldesinde kullanılır. % 90 yüksek fruktoz mısır şurubu % 55 dozlu olanıyla harmanlanarak % 75 yüksek fruktozlu mısır şurubu elde edilir. Mısır şurubu, içecek endüstrisindeki muhtelif müşterilere satılır (ESA, 2001).

En büyük ölçekli atıklar üretim prosesinin kendisinden değil, üretim prosesinde kullanılan iyon değişim kolonlarının rejenerasyonu ve proseste kullanılan şehir suyunun arıtılması esnasında ortaya çıkmaktadır. Tehlikeli laboratuvar atıkları testlerde ortaya çıkar fakat yekün olarak asgari düzeydedir (EPA, 2001).

#### **Kesikli Üretim Prosesi (Geleneksel Presleme Prosesi) :**

Islak öğütme, mümkün olduğunca saf nişasta sütü ve yan ürünler elde etmek için mısırın, ters akışlı olarak sisteme verilen proses suyu yardımı ile bileşenlerine ayrılmasıdır. Öğütme tanklarında yumuşatılan mısır, kırma değirmenleri vasıtasıyla öğütülerek, mısırın içerisinde bulunan mısır özü, kepek, nişasta ve proteinin (gluten) birbirlerinden ayrılması sağlanmakta ve mısırın yumuşatılması sırasında masarasyon suyu oluşmaktadır (Öztürk ve ark., 2005).

Mısır nişastası üretiminde 1930'lu yıllardan itibaren kapalı devre çalışmaya geçilmiştir. Böylece atıksuyun geri kullanımı söz konusu olmuştur. Temizlenmiş mısır tanecikleri, seyreltik sülfürik asit çözeltisine batırılır ve kabuğun çıkarılması, glutein yumuşatılması ve mısır taneciğindeki mineral ve organik maddelerin çözülmesi sağlanır. Mısırın içindeki germ (tohum), tohum ayırma işlemi ile ayrılır ve yağ eldesinde kullanılır. Daha sonra öğütülmüş mısır su ile karıştırılır ve çökeltim havuzlarına gönderilir. Yüzeğe doğru toplanan germler sıyrılarak ayrılır ve yağ preslerine gönderilir. Mısır taneciği kalıntıları daha sonra iyice öğütülerek ve

elenerek elyaf ve kabuktan ayrılır. Ayrılan elyaf ve kabuklar hayvan yemi eldesinde kullanılır (Şengül, 1989).

### **Entegre Mısır İşleme Tesisi :**

Üretimde hammadde olarak kullanılan mısır depolama alanına boşaltılmaktadır. Tartım işlemine alınarak otomatik kantarlarla tartılmakta ve bu işlemden sonra mısır mekanik olarak temizlenmeye tabi tutularak, koçan ve gövde parçacıklarından, taş ve benzeri yabancı maddelerden temizlenmektedir. Daha sonra mısır taneleri eleklerden geçirilir ve alttan püskürtülen hava ile toz, toprak ve kuru atıklar temizlenmektedir.

Bu şekilde temizlenen mısır masarasyon tankına gitmeden önce su ile temizlenmektedir. Temizlenmiş mısır masarasyon tankına alınıp, yumuşamayı kolaylaştırma ve fermantasyonu kontrol altında tutmak için % 0.1 SO<sub>2</sub> ilave edilerek 50 °C'de su içerisinde 72 saat bekletilmektedir. Bu masarasyon işleminin nihayetinde mısır tanesinin ihtiva ettiği suda çözünen proteinlerin, karbonhidratların ve minerallerin büyük bir kısmı masarasyon suyunun bünyesine geçmektedir. Masarasyon suyu mısır işleme tesisinin ilk yan ürününü teşkil etmektedir. Herhangi bir muameleye tutulsun veya tutulmasın antibiyotik maddelerin, vitaminlerin, amino asitlerin ve fermantasyon neticesi elde edilen kimyevi maddelerin bir hammaddesini teşkil etmektedir.

Yumuşamış mısır taneleri, masarasyon tanklarından öz ayırma değirmenlerine gönderilir. Bu işlemde maksat mısır tanelerini tamamen öğütmek olmayıp, yumuşamış mısırı, kabuklarını yırtarak büyük parçalara ayırmak ve böylece yağ ihtiva eden özleri zedelemekten meydana çıkarmaktır. Bu işlem öz ayırıcı değirmenlerle gerçekleştirilir.

Yumuşatılmış, kırılmış yağ mısır taneleri bundan sonra öz ayırıcısı adı verilen flotasyon tanklarına veya santrifüjlü hidrosiklonlara yollanır. Özler, mısırın bünyesinden daha hafif olduğundan yüze kalmakta veya ayrılmaktadırlar. Bu özden, yağ presleri veya solvent ekstraksiyon ile yağın hemen hemen tamamı ayrılır (SDMMA Proje Grubu, 1981).

Yağ, içindeki ağır ve yabancı maddelerin çöktürülmesinden sonra filtre edilir, rafinasyon ve diğer saflandırma işlemlerine tabi tutulduktan sonra piyasaya arz edilir. Yağın temizlenmesi esnasında elde edilen ve “sop-stok” tabir edilen bir diğer yan ürün ise sabun imalatında kullanılmaktadır. Yağın alınmasından sonra özün geri kalan kısmı ise öğütülür ve küspe ismi ile hayvan yemi olarak piyasaya verilir veya gluten ve diğer yemlerle karıştırılarak satılır (ESA, 2001).

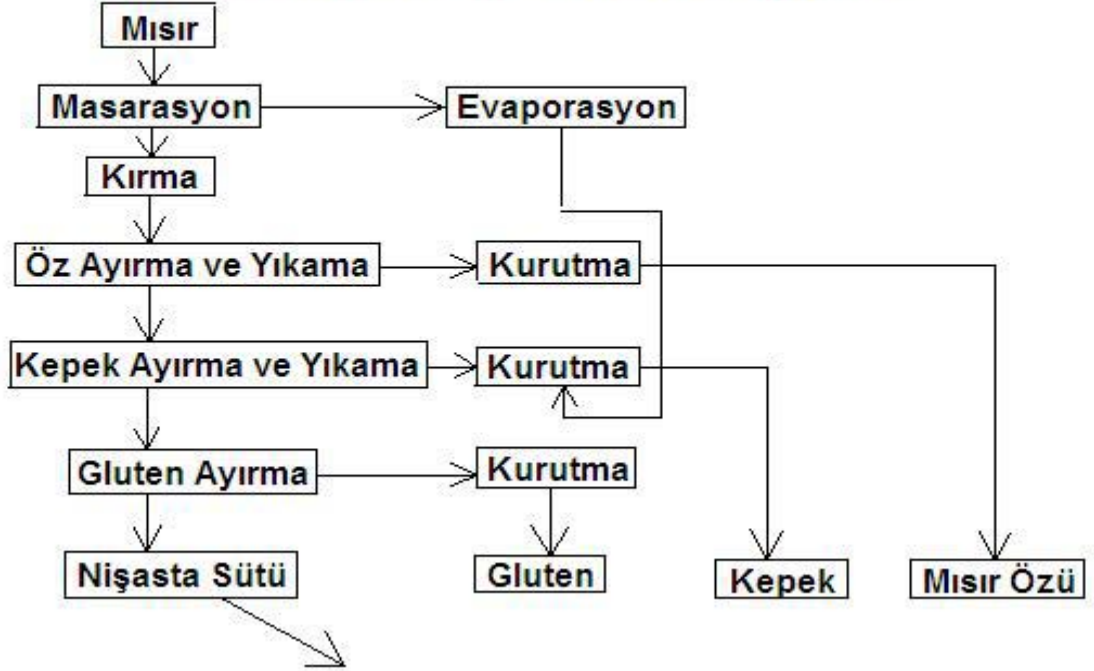
Özün ayrılmasından sonra geri kalan nişasta, gluten (protein) ve kepek karışımı ince öğütmeye tabi tutulmaktadır. Muhtelif elekler üzerinde yıkanarak kepek dediğimiz kabuk, nişasta ve glutenden (protein) tamamen ayrılarak yem olarak değerlendirilmektedir (Şengörür, 1994).

Kepek olarak isimlendirdiğimiz kabuk ayrıldıktan sonra elde edilen nişasta ve gluten karışımı, yüksek devirli santrifüjlere pompalanmaktadır. Bu makinelerde, nişasta özgül ağırlıklarındaki fark dolayısıyla nispeten daha ağır olan glutenden ayrılmaktadır. Diğer bazı ayırma işlemlerine de tabi tutulduktan sonra protein bakımından zengin olan gluten, ya olduğu gibi pazarlanır yada masarasyon suyu, küspe ve kepeklerle karıştırılarak mısır gluten yemi olarak piyasaya sürülür.

Mısır tanesinden ayrılan nişasta, yıkanarak kurutulmaktadır. Piyasaya ya bu haliyle paketlenerek yada daha ileri aşamalar olan pişirme, eleme ve enzimatik işlemlere tabi tutularak dekstrin, glikoz, izoglikoz, zenginleştirilmiş izoglikoz gibi ürünlere dönüştürülerek sürülmektedir. Yaklaşık olarak 100 kg mısır tanesinden, 60 kg nişasta, 25 kg yem, 3,5 kg mısırözü yağı imal edilebilmektedir (Şengörür, 1994).

Entegre mısır işleme tesisi Şekil 1.1 de gösterilmektedir.

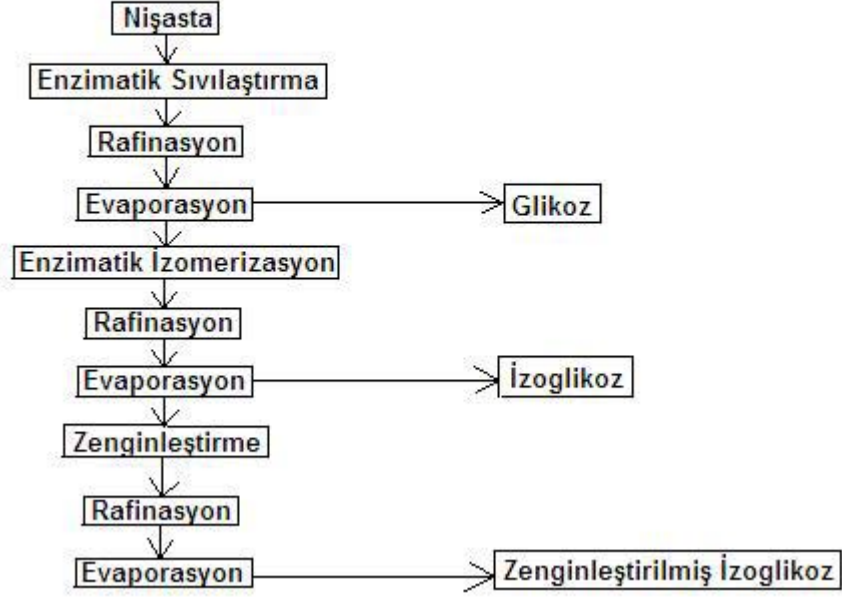
## ÜRETİM AKIŞ ŞEMASI (Yaş Öğütme)



## Üretim Akış Şeması (Nişasta)



## ÜRETİM AKIŞ ŞEMASI ( Rafinasyon )



**Şekil 1.1.** Entegre Nişasta Üretim Tesisi'nin Ana Karakteristikleri (SDMMA Proje Grubu, 1981)

### 1.4.Mısır Nişasta Sanayi Atıklarının Kirlilik Özellikleri

Nişastanın son ürün olduğu fabrikalarda başlıca önemli atıksu kaynakları olarak;

- Ham mısırın yıkanmasında kullanılan su, masarasyon suyunun buharlaştırılmasından sonraki konsantre atıksular ve nişastayı kuruttuktan sonraki proses suyu
- Nişasta fabrikada daha ileri kademedeki işlenirse, bu atıksulara ilave olarak; çözülmüş glikozun deminerilizasyonundan ileri gelen atıksular ve nişasta türevlerinin üretilmesinden ileri gelen atıksular

sayılabilir (Şengül, 1989).

Patates, mısır gibi gıda maddelerini işleme endüstrisi atıksuları; katı madde, protein ve nişasta içerikleri fazla olduğundan kirlilik yükü yüksek atıksular olarak nitelendirilmektedir. Bu tür atıksularda katı madde içeriği olup, yüksek

karbonhidrat ve organik asit içerirler (Dalzell, 1994). Nişasta endüstrisi atıksu özellikleri ortalama değerleri tablo 1.4'te verilmiştir.

**Tablo1.4.** Bir Nişasta Fabrikası Atıksu Özellikleri (Zeevalkink, 1983; Maaskant 1983)

Parametre	Değişim aralığı	Ortalama
KOI (mg/l)	1500-11000	6500
Debi (m <sup>3</sup> /gün)	800-1500	1000
Sıcaklık (°C)	33-39	
N (mg/l)		50
PO <sub>4</sub> (mg/l)		75
Sülfat (mg/l)		350

### 1.5. Nişasta Sanayi Atıksularının Artılmasında Uygulanan Yöntemler

Nişasta sanayi yarattığı katma değeri yüksek ürünleriyle gıda sanayiine hammadde sunan önemli sanayi dallarından biri olmuştur. Mısır işleme tesislerinde mısır işlenerek gıda sektöründe kullanılan ürünler elde edilmektedir (Hebeda, 1987). Bu çalışmada kullanılan atıksuyun alındığı tesiste işlenen mısırın tamamı değerlendirilmektedir. İşlenen mısırdan mısırözü, protein, kepek ve nişasta üretilmektedir. Bu ürünlerin üretiminde kullanılan ıslak öğütme üretim prosesinde mısırın içerisinde bulunan mısır özü, kepek, nişasta ve proteinin birbirlerinden ayrılması işlemi gerçekleşmekte olup, mısırın yumuşaması sırasında masarasyon suyu oluşmaktadır. Masarasyon sonrası evapotörde oluşan kondanse atıksuyu, evapotör yıkama suyu ıslak öğütme prosesinde oluşan atıksu kaynaklarıdır. Islak öğütme sırasında oluşan bu atıksuyun KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı) ve toplam katı madde değerleri çok yüksektir (Erşahin ve ark., 2006). Islak öğütme prosesinden sonra gelen rafineri prosesinde nişastanın molekülleri arasındaki bağlar, sıcaklık ve katalizör yardımıyla parçalanarak fruktoz ve dekstroz elde edilmektedir (Öztürk ve ark., 2005). Rafineri prosesinde oluşan atıksuların KOİ ve toplam katı madde değerleri öğütme prosesi sonucu oluşan atıksulara göre daha düşük değerlere sahiptir (Öztürk ve ark., 2003).

Ayrışabilir organik yüzdesi yüksek olan (%80-85) nişasta sanayii atıksularında istenilen atıksu kalitesi, biyolojik arıtma ve/veya kimyasal arıtma uygulanarak sağlanabilmektedir. Bu amaçla hem aerobik hem de anaerobik arıtma teknolojileri uygulanabilmektedir (Blanchard, 1992; Graham vd., 1994). Ayrıca bu tür atıksuların katı madde içerikleri yüksek olması yüzünden fiziksel arıtma teknolojileri olan ızgara, dengeleme tankı ve ön çöktürme üniteleri de kullanılabilir (Dalzell, 1994). Öztürk vd.'nin nişasta içeriği yüksek atıksularda yapmış olduğu çalışmada ilk etapta fiziksel arıtma daha sonra biyolojik olarak ayrışabilir organik madde içeriği fazla olan bu atıksulara biyolojik arıtma uygulanabileceğini belirtmiştir. Bu durumda havasız biyolojik arıtma yöntemlerini alternatif olarak değerlendirilebileceğini ve bunların enerji gereksinimlerinin az olmasının göz ardı edilmeyeceğini belirtmiştir (Öztürk vd., 2003). Katı madde, protein, nişasta içerikleri fazla olan bu atıksular da genellikle Havasız Çamur Yataklı Reaktör (HÇYR) ve Havasız Akışkan Yataklı Reaktör (HAYR) havasız arıtma sistemleri kullanılmaktadır (El-Gohary ve ark.,1999). Nişasta sanayi atıksularının arıtılmasında kullanılan diğer bir biyolojik arıtma yöntemi aerobik sistemlerdir. Aerobik arıtımda biyofilm sistemleri veya tam karışimli sistemler uygulanabilmektedir. Biyofilm sistemlerde temas süresinin uzun olması ayrışmayı arttıracığından reaktör hacminin büyük olması gerekmektedir. Ancak bu durumda arazi gereksinimi artmakta ve maliyet yükselmektedir. Ekonomik faydalar gözönünde tutulduğunda tam karışimli sistemler tercih edilmektedir (Dalzell, 1994). İnce 1990 da, 37500 mg/l KOI ve 20000 mg/l BOI atıksu karakterine sahip buğday nişastası atıksularında anaerobik kontak arıtma sisteminde çökeltme tankı yerine Crossflow Ultrafiltrasyon ünitesi kullanarak geliştirilen membran anaerobik kontak reaktör sisteminde %99,2 KOI giderme verimi ve % 99,5 BOI giderme verimi elde etmiştir. Membran proseslerin yüksek KOI'ye sahip atıksuların arıtımı için gerekli olan reaktör hacmini azalttığını, yüksek miktarda aktif biyokütlede sistemde tutulduğunu ve nişasta endüstrisi atıksuları gibi yüksek organik yüke sahip atıksuların arıtımında etkili olacağını belirtmiştir (Orhan, 1990).

Nişasta endüstrisi atıksularının bertarafında kullanılan yöntemlerden biri de bu atıksuların sulama suyu olarak kullanılmasıdır. Aşık'ın gıda endüstrisi atıksuların sulama suyu olarak kullanılması üzerine yapmış olduğu çalışmada, patates nişastası atıksularının yakınında uygun arazi varsa, sulama suyu olarak kullanılabilceğini, pirinç ve tahıl nişastası atıksularının belirli koşullarda sulama suyu olarak kullanımına uygun olduğunu belirtmiştir (Aşık, 2005).

Bu atıksuların arıtılmasında uygulanan diğer bir yöntem ise doğal arıtma sistemleridir. Bu tür sistemler ekonomik olduklarından yüksek kirlilik içeren atıksuların arıtımında kullanımı yaygınlaşmaktadır. Nişasta atıksuları ile yapılan çalışmalar sonucunda toplam içeriğinde azalma sağlanması bu uygulamanın önemli faydalarındandır. Ancak geniş arazilere ihtiyaç duyulmaktadır ( Burgoon vd., 1999).

### **1.6. Yeşil Islah (Phytoremediation)**

Bitkilerin veya bitki ürünlerinin kirlenmiş alanları restore veya stabilize etmek için kullanımı, kirliliğin bitki tarafından seçilerek çıkarılması, ayrılması ve arındırılması yeşil ıslah (phytoremediation) olarak bilinmekte ve bitkilerin organik veya inorganik maddeleri giderimi, akümüle etmesi, depolaması veya parçalaması gibi doğal yetenekleri avantaj olarak kullanılmaktadır (Meagher, 2000; McIntyre, 2003). Son zamanlarda kullanılan fizikokimyasal arıtma tekniklerinin çoğu, aşırı derecede kirlenmiş suların yerinde veya başka bir yerde gerçekleştirilen arıtımlarında yararlanılan ana yöntemler olup, düşük kirletici içeriğine sahip ve kirleticilerin yapay ve dağınık olarak bulunduğu geniş kirletilmiş alanların iyileştirilmesi için yeterince uygun olmayan tekniklerdir (Rulkens ve ark., 1998). Bitki ile iyileştirme çalışmalarında kontamine olmuş alanların genişliği veya dağınıklığı dezavantaj olmamaktadır. Bu durumda diğer yöntemlere kıyasla bitki ile iyileştirme ucuz bir seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır. Yeşil ıslahın (Phytoremediation) geleneksel fiziksel ve kimyasal arıtma yöntemlerinden daha ekonomik, teknik ve çevresel avantajları daha fazla olduğu düşünülmektedir (McIntyre, 2003). Ancak iyileştirme süresinin uzun bir süreyi kapsadığı belirtilmektedir (Rulkens ve ark., 1998).



Phytoremediation terimini kelime anlamı olarak ele aldığımızda, bitki anlamındaki "phyto" ile ıslah anlamındaki "remediation" kelimelerinden türetilmiş olup ve 1991'de terminolojiye girmiştir. Bu terim ingilizcede phytoremediation, bioremediation, botanical remediation ve green remediation olarak da anılmaktadır (EPA, 2000). Türkçe'de "Yeşil Islah" olarak kullanılan bu ifade bitki temel alınarak çevreyi ıslah etme teknolojileridir. Bu teknoloji ile organik ve inorganik maddeler bitki kullanılarak kirlilik oluşturduğu alandan bertaraf edilebilmektedir (Henry, 2000). Atık su iyileştirmede kullanılan yeni bir yöntemdir. Yeşil ıslahın çeşitli olumlu ve olumsuz yönleri vardır (EPA, 2000; Farrell ve ark., 1999 ; Henry, 2000; Sutherson, 1999). Yeşil ıslahın fizikokimyasal teknolojilerden çok daha kolay uygulanabilirliği ve bir çok organik ve inorganik kirleticide etkili olması, bu sistemlerin kuruluşu ve ıslah maliyetinin diğer teknolojilere göre çok (4-1000 kat) daha ucuz olması önemli olumlu yönleridir (Sadowsky, 1999). Sistem doğal ve yapay ortamlarda kullanılabilir. Yani kirlilik etmeni, bulunduğu yerde veya başka bir ortama taşınarak bertaraf edilebilir. Bu amaçla kurulmuş alanlar eğitim ve rekreasyon gibi çeşitli amaçlarla kamuya açık yeşil alanlar olarak hizmet verebilen ve sempati ile karşılanan alanlardır. Bitkilere bakım işlemleri, yenileme dahil düzenli yapıldığında sistem çok uzun ömürlüdür. Yerinde yapılan çalışmalarda kirlilik etmeninin alandan taşınma oranı çok düşük (yaklaşık % 5) olup, çevreye (hava ve su) yayılması da çok zayıftır. Bu teknolojinin en önemli olumsuz yönü ise ağır düzeylerde kirlenmiş alanlarda bitkilerin kısa sürede etkinliğini gösterememesidir. Bu nedenle ancak düşük düzeylerde kirlenmiş alanlarda kullanılır. Sistemin etkinliği kök derinlikleri ve iklim koşulları ile sınırlıdır. Doğal olmayan bitkilerin bu amaçla kullanılması biyolojik çeşitliliği olumsuz yönde etkileyebilir.

### **1.6.1. Vejetatif Örtü Sistemleri**

Doğal kaynakların bilinçli ya da bilinçsiz olarak kullanımı sonucunda tahrip olmuş alanların onarımı ve yeniden doğaya kazandırılması çalışmaları son yıllarda önem kazanmıştır. Yoğun kullanımlar sonucunda tahrip olan alanların yeniden bitkisel

örtüye kavuşturulmasında doğal vejetasyon ve vejetasyon örtü sistemleri oldukça önemlidir (Yılmaz ve ark., 2002). Vejetatif örtü sistemleri uzun ömürlü ve kendi kendini yenileyen bir yapı olarak kontamine olmuş alanlarda büyür ve minimum bakım gerektirir. Vejetatif örtü topraktan buharlaşarak su kaybını engelleyici olarak veya ıslah edici olarak iki tiptir. Birincide bitki toprağın su kaybetmesini azaltırken, su tutma yeteneğini de arttırmaktadır. Kirlenici etmenler de yıkanma formasyonuna indirgenemez veya hareket edemez. Yeşil ıslah amaçlı ikinci tip örtüde ise bitki bir örtü olarak suyun infiltrasyonunu minimize eder ve alt tabakadaki kirliliğin bozulması amaçlanır. Bu kirliliğin bozulmasında su alımı, kök çevresi mikrobiyolojisi ve bitki metabolizması var olup sistemde hidrolik kontrol dahil bitkisel bozunum (phytodegradation), köklerde bozunum (rhizodegradation), bitkisel buharlaşma (phytovolatilization) ve bitkisel özümleme (phytoextraction) kategorileri de bulunabilir. Uygulamalarda vejetatif örtü genellikle kirliliğin dağılmasını engelleyecek bariyerler şeklinde oluşturulur. Vejetatif örtüler kirlenmiş yüzey toprağı veya çamur olan yerlerde, belirli kirlilikleri yayan ünitelerin etrafında ve kirli birikintilerin olduğu yerlerde kurulabilir.

Bu yöntem, toprak, sediment ve çamurda uygulanabilir. Bu örtü kendini sürekli yenileyen yüzey erozyonunu minimize eden ve bakım istekleri az olan bir ekosistem olarak düşünülmektedir. Kök çevresindeki aerobik mikrobiyal aktivite, katı atık depolama alanlarında anaerobik gazların oluşmasını engelleyebilecek veya bozulmasını sağlayabilecektir. Bu örtü kirli toprak, sediment ve çamurdaki bitkisel bozunum işleminin zenginleşmesi için potansiyel oluşturur. En önemli dezavantajı uygun bitki örtüsünü garantiye almak için gerekli olabilecek uzun süreli bakım ve kontrolün sağlanması gereğidir. Çünkü bitki türlerinden bazıları zaman içinde diğerine daha baskın hale gelebilir (EPA, 2000; Pivetz, 2001).

### 1.6.2. Yeşil Islah (Phytoremediation) Tekniğinde Kullanılan Bitkiler ve Özellikleri

Bitkinin kirlenen toprak veya su yüzeyindeki nemi alıp havaya transfer etmesi, parçalayıcı enzim üretmesi, ekolojik koşullar altında uzun ömrü olması, erozyon gibi doğal koşullar altında dayanıklı olması arıtmaya yardımcı olan özelliklerindedir (McIntyre, 2003).

Bitki ile iyileştirmede kullanılacak en uygun bitki, yüksek metal düzeylerinde bile yasayabilme, hasat edilebilen kısımlarında yüksek düzeyde metal toplayabilme, hızlı bir büyüme yeteneği, arazide çok miktarda biyokütle üretebilme potansiyeli ve güçlü ve zengin bir kök sistemine sahip olmalıdır (Pivetz, 2001).

Topraklardan metallerin yok edilmesinde bitkilerin kullanılması düşüncesi, doğal olarak mineralleşmiş topraklardaki yeşil bölümlerinde yüksek metal konsantrasyonlarını toplayan, çeşitli yabancı bitkilerin keşfinden sonra oluşmuştur (Zaimoğlu ve ark., 2002). Metal giderimi üç ana stratejiye dayanır; Phytoextraction (biosorbsiyon içerir), Rhizofiltration ve Phytostabilization. Bitki türlerinin metallerle kirlenmiş alanları başarıyla ıslah etme yeteneği metal miktarının aday bitki tarafından akümüle etme fonksiyonudur. Phytoextraction bitkilerin (vahşi ve kültür bitkileri) anten kısımlarına yüksek oranda toksik metalleri biriktirmesidir. Biosorbsiyon Phytoextraction'ın diğer formu olup, biyolojik materyal (tamamen yaşayan organizmalar zorunlu değil) kullanmayı önerir. Rhizofiltration absorblama yeteneği olan bitki köklerinin kullanılmasıdır (McIntyre, 2003). Bitkilerin metalleri konsantre etme kapasiteleri zararlı bir özellik olarak kabul edilir. Çünkü bazı bitkiler doğrudan veya dolaylı olarak, insanların beslenme yoluyla almış oldukları zehirli ağır metallerin bir bölümünün sorumluluğuna sahiptirler (Brown ve ark., 1985). Bitkilerin besin olarak tüketilmesi yoluyla ağır metallerin insanlar tarafından alınması, insanlar üzerinde uzun süre etkili olabilmektedir (Ow, 1996). Eğer toksik elementlerin ticari değeri varsa ekstraksiyon prosedürü sırasında geri kazanılabilir (McIntyre, 2003).

Nişasta endüstrisi atıksularının yer örtücü bitkiler üzerinde uygulanabilirliğinin belirlenmesi nedeni ile bu konu çalışılarak, nişasta atıksularının

arıtılmasına bir alternatif sunmak amaçlanmıştır. Üç çeşit çim bitkisinin torfta yetiştirilmesi koşulunda C1S1 sulama suyu, ½ C1S1 sulama suyu+atıksu ve atıksu ile sulanarak bitkilerin bu ortamlar altında bünyelerinde biriktirmiş oldukları azot, fosfor miktarları ve bitkilerin % örtülülük değerleri, boy gelişimleri ve canlılıkları incelenmiştir.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde tez konusuyla ilgili günümüze değin yapılan çalışmalar üç farklı başlık altında özetlenmiştir. İlk aşamada Yeşil Islah ile ilgili daha önce yapılan çalışmalar, ikinci aşamada kullanılan bitkiler ve yeşil ıslah ile ilgili yapılan çalışmalar, üçüncü aşamada nişasta atıksuyu ile yapılan çalışmalar incelenmiştir.

### 2.1 Yeşil Islah İle İlgili Yapılan Çalışmalar

**Cunningham ve Berti (1993)**, hava, su ve toprak kalitesinin artırılmasında yeşil ıslahı alternatif bir yöntem olarak kabul etmiş ve yeşil ıslahın kısaca çevreye zarar veren kirlilik etmenlerinin bitki kullanılarak çeşitli şekillerde inaktif duruma getirilebileceğini belirterek bu yöntemle kullanılabilir odunsu ve otsu birçok bitki türünü rapor etmişlerdir

**Thorpe (1989)**, "Potasyum Madenlerinin Neden Olduğu Tuzlu Alanların İyileştirilmesi" konulu çalışmasında, atık yığınlarından sızan tuzlu suyun çevreyi kirleterek toprak yapısını etkilediğini ve vejetasyonu öldürmekte olduğunu belirlemişlerdir. Yapılan çalışmada vejetasyonun etkileri yüzey toprağının ıslahı ve atık çamurunun ıslahı olmak üzere iki şekilde incelenmiştir. Yüzey toprağının ıslahında üzerindeki vejetasyon üç ay sonra tamamen öldürülmüş, fakat atık çamurunun iyileştirilmesi için üzerindeki vejetasyon üç yıl süresince deneme alanında kalmıştır. Dikilen beş çim türü içinde atık çamurunun iyileştirilmesi için tuzluluğa dayanıklı en iyi tür *Agropyron trachycaulum* ve *Elymus junceus* olarak tespit edilmiştir. Bu türler çimlenme ve olgunluk evrelerinde laboratuvar koşullarında tuzluluğa dayanıklı türler olduklarını göstermişlerdir. Seradaki kolon çalışmaları da yüzey toprağındaki Na hareketinin arıtma çamurundakine göre daha hızlı olduğunu göstermiştir.

**Gizikoff (1990)**, tarafından yürütülen "Güney İç British Columbia (Kanada) Bakır Madeni Depolarının Yeniden Bitkilendirilmesi ve Atık Yönetimi" konulu çalışmada atıkların vejetasyon üretimi ve toprak yönetimi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Atık kayalar ve buzul kayaları genellikle düşük azot (N),

fosfor (P) ve magnezyum (Mg) içermesi nedeniyle çalışmada düşük örtülü (alan kaplama yeteneği diğerlerine göre daha az olan bitkilerden oluşmuş), çim örtülü, karışık çim ve baklagil örtülü olmak üzere dört ayrı vejetasyon türü oluşturulmuştur. Bozulma özellikleri de N, P, K, Mg, pH, bünye ve gövde yoğunluğu değerlendirmesi için dört ayrı gruba ayrılmıştır. İyileştirme maliyetleri de bu gruplara göre belirlenmiştir. Hektar başına elde edilen en düşük maliyet düşük örtülü vejetasyon tipinden elde edilmiştir.

**Schmeisky ve Podlacha (2000)**, "Tuzlu Çöp Yığınlarının Kuraklığa Dayanıklı Türler ve Halofit (Tuzcul) Bitkilerle Yeniden Bitkilendirilmesi" konulu çalışmalarında çöp yığınlarından çıkan kirli materyal ve organik çöplerin doğal bitki birlikleri ve potansiyel bitki örtüsünün değerini azalttığı sonucuna ulaşmışlardır.

**Guerro ve ark. (2001)**, "Belediye Katı Atık Kompostlarının Yanmış Orman Toprağı Üzerindeki Etkileri" konulu araştırmalarında belediye katı atık kompostlarını yanmış orman toprağı üzerine belirli kalınlıklarda sererek bir yıl süre ile izlemişler, kompost uygulamasının yanmış orman toprağının verimliliğini arttırdığını ve hızlı bir şekilde oluşan bitki örtüsünün toprak erozyonu riskini en aza indirdiğini ortaya koymuşlardır.

**Bleeker ve ark. (2002)**, "Jales madeni atıklarının kirlettiği asidik alanların yeniden bitkilendirilmesinde ıslah edici öneriler ve toleranslı çimler" konulu çalışmalarında bünyesine metal alabilen bitkiler ve metallere toleranslı olan bitkiler kullanılarak Jales madeni atıklarının yer aldığı kirlenmiş asidik alanların çevresel etkilerinin azaltılabileceğinden söz etmektedirler. Değiştirilmiş aluminosilikat, çelik parçaları ve inorganik maddeler eklenerek arsenik konsantrasyonu ve pH değiştirilmiş atıklar ıslah edilerek bitki gelişimi sağlanmıştır. Değiştirilmiş aluminosilikat (Beringite) uygulaması hem pH'yı arttırmış hem de bitkilerin arsenik konsantrasyonuna ulaşabilirliğini sağlamıştır. Dört yıllık atık analizleri yapılmasına rağmen iki yıldan sonra deneylerde etkinliğin artmadığı görülmüştür. Metal toleranslı bitkilerin kullanımı ve atıkların ıslahı ile kirlenmiş Jales maden alanının etkili ve hızlı bir şekilde bitkilendirilebileceği sonucuna varılmıştır. *Agrostis castellana* ve *Holcus lanatus* kombinasyonu her üç maddenin ilavesiyle de başarılı sonuç vermiştir.

**Arienzo ve ark. (2004)**, "Metalürji Tesislerinden Dolaylı Kirilenmiş Toprakların *Lolium perenne* ile Yeniden Bitkilendirme Olanakları" konulu çalışmalarında Güney İtalya, Naples'teki metalürji tesislerinin atıklarından kaynaklanan İtalyan sınır değerlerinin üzerinde oluşmuş Bakır (Cu), Kurşun (Pb) ve Çinko (Zn) ile kirilenmiş alanları *Lolium perenne* ile yeniden bitkilendirme olanakları sera koşullarında denenmiştir. Metalürji tesislerinde iki farklı yerden (RM1 ve RM2) yüzey toprağı (0-40 cm) alınmış, alan yakınından kontrol amaçlı da kullanılacak olan kirilenmemiş kültür toprağı (C) sağlanmış ve bunların 1/3 oranında karıştırılmasıyla (RM1+C ve RM2+C) yetiştirme ortamları hazırlanmıştır. Çimlenmenin 90. gününde sürgün uzunluğu, klorofil içeriğı, biomas verimi, bitki metal alımı, organik karbon içeriğı değişimleri ve topraktaki metal dağılımı gibi özellikler belirlenmiştir. Cu, Pb ve Zn içerikleri hazırlanan karışım topraklarda (RM1+C ve RM2+C) İtalyan sınır değerlerinin iki ve üç katı daha fazla bulunmuştur. Araştırmada kullanılan bitkiler bu ortamlarda %100 canlı kalmış ve gözle görülür hiçbir metal zehirlenmesi belirtisi göstermemişlerdir. Araştırmacılar göre metallere ulaşılabilirliği sınırlayan en önemli parametrelerden birinin yüksek pH olduğunu söylemek mümkündür. RM1, RM2 ve karışım ortamlarından alınan bitkilerin sürgün uzunluğu ve biomas verimi ile toplam klorofil içeriğı kontrol toprağından alınan bitkilerle karşılaştırıldığında hiçbir toksik belirti görülmemesinin daha yüksek bulunmuştur. Kirilenmiş topraklarda yetişen bitkilerin Cu, Pb ve Zn içerikleri kontrol toprağında yetişenlere göre çok daha fazla olsa bile; sonuç olarak *Lolium perenne* türünün kirilenmiş toprakların bitkilendirilmesinde sağlıklı alan kaplama özelliğine sahip olduğu ve alandaki metal kalıntılarını durağan hale getirebileceğı vurgulanmıştır.

**Baldwin (2006)**, hidroponic sistemde *Pteris Cretica Cu Mayii* ve *Pteris Vittata* bitkilerini kullanarak arsenikin giderimi üzerinde bir çalışma yapmıştır. Bu sistemde arsenik hiperakümülatörleri olan bu bitkilerin arsenik ve makronütrientlerin gideriminde fitofiltrasyon karakteristiğı anlaşılmaya çalışıldı. *Pteris Cretica Cu Mayii* bitkisinde arsenik birikimi yaprak ve gövdede köklere göre daha fazla olmuştur. Absorbe edilen makronütrientlerden calcium ve fosfor miktarı büyüme solüsyonunda yetişen kontrol bitkilerle ve arsenikIII'de yetişen bitkilerle

karşılaştırılmıştır. Kök, gövde ve yapraklarda ölçülen makronütrientlerin konsantrasyonları kontrol ortamında yetişen ve arsenikIII'e maruz kalarak yetişen bitkiler arasında önemli farklılıklar bulunduğu tespit edilmiştir. *Pteris Vittata* bitkisinin arsenik birikimi arsenikIII ve arsenikV'de yetiştirilen bitkilere göre önemli bir fark bulunmamıştır.

**Robinson (2005)**, jeotermal aktivitesi olan volkanik alanda toprak, göller, nehirler gibi bölgelerde ortalama arsenik değerini 0,01-0,1 mg/lt olarak ölçmüştür. 28 tür sucul bitki ve 11 karasal bitki türleriyle arsenik giderimi üzerinde çalışmıştır. Bu volkanik alandaki Waikato nehrinde yetişen sucul bitkilerle karasal bitkileri As biriktirme kapasitesine göre kıyaslayarak sucul bitkilerin kullanımının daha yaygın ve kapasitesinin daha çok olduğunu belirlemiştir. 28 tür sucul bitki çalışmasının hepsi biriktirme yapıp bunlardan 9 türü hiperakümülatör olarak adlandırmıştır ve 9 tür kuru ağırlık bazında 1000 mg/kg yi geçmiştir. Karasal bitkilerin ise % 83'ünde As konsantrasyonu 0,5 mg/kg den küçük bulundu. Bütün sucul bitkilerin As'yi akümüle etme kapasitesi 5 mg/kg den daha büyük olduğunu ama karasal bitkilerin hiçbirinin 1 mg/kg yi geçemediğini belirtmiştir.

**Zheljaskov (2005)**, dereotu, nane gibi aromatik bitkilerin ağır metalle kirlenmiş topraklarda yetişmesinde alternatif ürün olarak kullanılabilmesi üzerinde çalışmıştır. Yaptığı çalışmada Cd, Pb, Cu elementlerini 2 bitkinin de birikim yaptığı herbirinin yaprak kök ve gövdelerinde birikimin farklı olduğunu tespit etmiştir. Cd için nanede köklerde yapraklara göre daha fazla birikim olduğunu, Pb için dereotunda gövde ve yapraklarda birikim olduğunu belirlemiştir. Cd ve Cu nun ortama eklenmesinde Pb nin birikiminde dokulardaki konsantrasyonun etkilenmediğini ve Cu için nanede köklerde birikimin olduğunu ve bu aromatik bitkilerin ağır metallerin giderimi için alternatif ürün olarak kullanılabileceğini belirtmiştir.

**Wei (2005)**, arsenik madeninde *Pteris cretica* yetiştirerek arsenik birikimini ve phytoremediation potansiyelini belirlemek için yaptığı çalışmada, arsenik içeren maden bölgesinde 8 *Pteris cretica* ve 16 *Pteris vittata* türlerini topraklara ekmiştir. Bitkilerin toprak üstü yüzeyinde arsenik konsantrasyonunu, arsenik biyoakümülyasyon faktörünü (BF: arseniğin yüzeyden toprağa oranı) ve arsenik



transfer faktörünü (TF: arseniğin yüzeyden köklere oranı) ölçmüştür. *Pteris vittata* bitkisinde toprak üstü ağırlığındaki As konsantrasyonu 3-704 mg/kg, biyoakümülyasyon oranı 0,06-7,43 ve transfer faktörü 0,17-3,98 olarak, *Pteris cretica* türlerinde ise As konsantrasyonu 149-694 mg/kg biyoakümülyasyon oranı 1,34-6,62 transfer oranı 1-2,61 olarak tespit etmiştir. Bu çalışmada As ile kirlenmiş maden sahası koşullarında her türün de As biriktirme kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Genelde Arsenik birikiminin bitkinin toprak üstü yüzeyinde olduğunu ve bitkilerin Arsenik ile kontamine olmuş toprakta phytoremediation'ı kullanma potansiyellerinin olduğu tespit edilmiştir.

**Vickerman (2001)**, de atriplex türlerinde Se birikimini, tuzluluk toleransını saptamak için yaptığı çalışmada 30 tane atripleks türlerinin içinde Atripleks patula, A.Spongiosa 415862, A.Hortensis, A.hortensis 379088 ve A.hortensis 379092 türlerinin en fazla biyokütle üreten ve selenyum biriktirenler olduğunu tespit etmiştir.

**Yılmaz (2006)**, da küçük vasküler bitki türlerinden olan Lemna gibba'nın (Lemnacea) biyokütle büyüme hızı ve nikel biriktirme kapasitesini ölçmüştür. Laboratuvar koşulları altında tuzluluğun bitki büyümesine ve nikel birikimine etkisini belirlemeye çalışmıştır. Yüksek tuzlulukta ( $375 \text{ mol/m}^3 \equiv \% 75$  deniz suyu,  $500 \text{ mol/m}^3 \equiv \% 100$  deniz suyu) artan tuz seviyesiyle büyüme hızında azalma tespit edilmiştir.  $500 \text{ mol/m}^3$  tuz konsantrasyonunda büyüme negatif olmuştur ve bitkide kök kaybı belirlenmiştir. Kontrol grubuyla karşılaştırıldığında bu tuzluluk seviyesi kök uzamasını ve nikel birikimini  $\% 36,4$  ve  $\% 75$  inhibe etmiştir. Sonuç olarak yüksek tuzlulukta biyokütle üretimi ve bitki tarafından nikel birikimi inhibe edilmiştir. Bu bitkinin büyüme hızı ve nikel akümüle etme kapasitesinin önemli derecede tuzluluktan etkilendiği saptanmıştır.

## 2.2. Kullanılan Bitkiler ve Yeşil Islah İle İlgili Yapılan Çalışmalar

**Weaver (1984)**, de As, Hg ve her iki metali de içeren karışımı toprağa ekerek *Cynodon dactylon*'un bu metalleri giderimi ve yapraklarındaki kök ve gövdesindeki metal konsantrasyonlarını ölçmüştür. Bitki büyümesi 90 mg/kg As

içeren toprakta ve 50 mg/kg içeren toprakta azaldı. 45 mg/kg As içeren toprakta bitkinin yapraklarında gövdesinde ve kökünde (kuru ağırlık bazında) As konsantrasyonları sırasıyla 15-25 ve 200 mg/kg olmuştur. Bitkinin toprak üstü aksamında en yüksek As konsantrasyonu 45 mg/kg olduğu belirlenmiştir. 50 mg/kg Hg içeren toprakta bitkinin yapraklarında, gövdesinde ve kökünde Hg konsantrasyon aralığı 1-4 : 37-6 , 0-4 : 1-2 ve 80-800 mg/kg olmuştur. Kontamine olmuş toprakta yetişen *Cynodon dactylon*'daki As ve Hg konsantrasyonu otlatılan hayvanlar için potansiyel tehlike olduğunu belirtmiştir.

**Shu (2001)**, Çin'de maden ocağı olarak kullanılmış bir alanda *Paspalum distichum* ve *cynodon dactylon* ile yapmış olduğu çalışmada bu bitkilerin kurşun, çinko ve bakırı akümüle etme kapasitelerini ve bu iki çim türü popülasyonlarının toleranslarını ölçmüştür. Bu bitkileri, Çin'de daha önce maden ocağı olarak kullanılmış maden atıklarının bulunduğu Pb, Zn ve Cu elementlerini içeren alana ve kontamine olmamış bir alana ekerek onların tolerans indeksini, EC<sub>50</sub> değerini ölçmüştür. Kontamine olmuş alanda büyüyen bitkilerin, kontamine olmamış alanda büyüyen bitkilere göre bu 3 metale karşı daha toleranslı olduğunu belirlemiştir. Fankou maden ocağındaki *P.distichum* bitkisinin Cu'ya yüksek toleranslı olduğunu, Lechang maden ocağındaki popülasyonun da Pb ve Zn'ye en yüksek toleransa sahip olduğunu belirtmiştir. Her iki çim türü de maden sahasında yetiştirildiğinde *P. Distichum*'un *cynodon dactylon*'a göre büyüme performansının daha yüksek olduğunu bulmuştur. Sonuç olarak her iki türün de Pb, Zn ve Cu ile kontamine olmuş atık sahaları ıslah etme potansiyeline sahip olduklarını belirtmiştir.

**Del Rio ve ark. (2002)**, Pb, Cu, Zn, Cd, Tl, Sb, ve As ile kirlenen bir sulak alanda *Cynodon dactylon* bitkisinin başarılı sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

**Osborne (2003)**, "Tuzlu Su İle Kirlenmiş Toprakların İyileştirilmesi İçin Yeniden Bitkilendirilmesi" konulu çalışması için alan ve laboratuvar koşullarında denemeler yürütmüştür. Louisiana, Springhill'de tuzla kirlenmiş alanların iyileştirilmesi için yürütülen denemelerde tohumu ekilen çam bitkisinin canlılığı ve gelişme parametreleri ile toprakta oluşan fiziksel ve kimyasal değişikliklerin izlenmesi ve değerlendirilmesi yapılmıştır. Alanın iyileştirilmesi için toprağın orta

tabakasında sızıntı sularının drenaj sistemi oluşturulmuş, temiz su ile sulama sistemi kurulmuş, gübreleme ve odunsu organik materyallerle katkı yapılmıştır. Alan toprak stabilizasyonu için *Cynodon dactylon* ve *Lolium multiflorum* ile çimlendirilmiştir. Çalışma süresince Sodyum (Na) adsorpsiyonu oranı ve elektriksel iletkenlik (EC) ölçümleri 40 cm derinlikte önemli artışlar göstermiştir. İlk yıl çam tohumları % 84 canlılık oranına sahipken, boyları % 37 oranında, kapalılığı da % 24 oranında artış göstermiştir. İkinci yıl ise bitki % 63 canlılık oranına sahipken, boyları % 43 oranında, kapalılığı da % 61 oranında artmıştır. Arazi ve oda koşullarında yapılan çalışmalar sonucunda tuzla kirlenmiş toprakların özellikleri *Pinus taeda* yetiştirilerek iyileştirilebileceği ortaya konulmuştur. Araştırmacı ayrıca uzun dönem dikkate alındığında 40 cm kök derinliğini aşan bitkiler için canlılık durumu konusunda bu çalışma koşullarında bir yargıya varmanın söz konusu olmadığını belirtmiştir.

**Erdoğan (2004)**, Sofulu çöp depolama alanında *Cynodon dactylon* bitkisi ile yaptığı çalışmada, bu türün sızıntı suyu ile sulanması koşullarında 1.yıl % 53.5, 2.yıl % 98 alanı kapattığını ve bitkinin sağlıklı, koyu yeşil renkli ve kontrol bitkilerine göre daha sukkulent bir doku oluşturduğunu saptamıştır. Bitkinin yetiştirildiği toprakta deneme öncesi % 0.27 olan N, 2.yıl % 0.52 olarak bulunmuştur.

**Castro (2006)**, Petrol hidrokarbon kirliliği altında *Cynodon dactylon* bitkisi ile yaptığı çalışmada, *Cynodon dactylon* bitki köklerinin DNA ve RNA larını inceleyerek EC50 değerini belirleyerek bu bitkinin petrol kirliliği altında yetiştiğini saptamıştır.

**Leung (2006)**, Beş farklı maden sahası içinde ve As, Pb, Zn, Cu ve Cd ağır metal kirliliği altında *Cynodon dactylon* ile yaptığı çalışmada bu bitkinin köklerinde, filizlerinden 57 kat fazla As birikimi olduğu gözlemlenmiştir.

**Calheiros (2006)**, *Canna indica*, *Typha latifolia*, *Phragmites australis*, *Stenotaphrum secundatum* ve *Iris pseudacorus* bitki türlerini kullanarak inşa ettiği yatay akışlı sulak alanlarda deri işleme tesislerinden oluşan atıksuları kullanarak, bu bitkilerin canlılığını ve KOİ giderimini belirlemiştir. Sistemlerin, 3 ve 6 cm gün-1 lik iki farklı hidrolik yükleme oranı altındaki arıtma kabiliyetlerini inceleyerek, 332

ve 1602 kg ha<sup>-1</sup> gün<sup>-1</sup> arasında değişen organik madde girişi için KOİ % 41-73 oranında azaldığını, 218 ve 780 kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> arasında değişen organik madde girişi için BOİ<sub>5</sub> %41-58 oranında azaldığını gözlemlemiştir. Besin geideriminin de *Phragmites australis* and *Typha latifolia* türlerinde oluştuğunu ve 17 ay boyunca yaptığı bu çalışmada bu atıksuların yoğun organik kirliliğe sahip olduklarını belirterek bitkiler arasında KOİ gideriminde önemli farklar olmadığını belirtmiştir.

**Xia (2002)**, de Çin'in kuzeybatısında Petrokimya tesisinin bulunduğu bölgede kaya petrolü bulunan maden sahasının bozunmuş ekosistemini Vetiver çimi (*Vetiveria zizanioides*), bahia çimi (*Paspalum notatum*), St. Augustine (tembel adam) çimi (*Stenotaphrum secundatum*), ve bana çimi (*Pennisetum glaucum* × *P. purpureum*) türlerini kullanarak bu alanın rehabilitesi üzerinde çalışmıştır. Vetiver çimi %99, Bahia çimi %96, tembel adam çimi %91, bana çimi % 62 büyüme oranına sahip olduğunu, 6 ay sonunda vetiver çiminin en fazla yeri kapladığını ve biyokütleyle sahip olduğunu belirtti. Bu alanda gübreleme yaparak bitkilerin biyokütlelerinde artış olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca kurşun ve kadmiyum ağır metallerinin bu alanda farklı konsantrasyonlara sahip olduğunu ve bitkilerde de farklı miktarlara ve dağılımlara sahip olduğunu belirtmiştir. Gübrelemeyle birlikte bitkilerin bu metalleri akümüle etme kapasitelerinin düştüğünü ancak her bitkide akümüle olan toplam metal miktarının bitkinin biyokütlesindeki artıştan dolayı azalmadığını ve bu alanın rehabilitasyonu için en uygun türün vetiver çimi (*Vetiveria zizanioides*) olduğunu tespit etmiştir.

**Cossu (2000)**, laboratuvar koşulları altında belediye katı atıklarının ham ve ön arıtılmış sızıntı sularının KOİ ve amonyak gideriminde farklı organik yüklemeler altında karasal bitkilerden *Stenotaphrum secundatum*'u ve yüzen sucul bitkilerden *Lemna minor*, *Eichhornia crassipes* and *Myriophyllum verticellatum* türlerini kullanarak yeşil ıslah üzerinde çalışmıştır. KOİ organik yükleme aralığı 2-30 g m<sup>-2</sup> gün<sup>-1</sup> olup *Stenotaphrum secundatum* için maksimum konsantrasyon 1600 mg/ l<sup>-1</sup> KOİ ve 300 mg/l<sup>-1</sup> amonyak olduğunu, KOİ, BOİ ve amonyak gideriminde en iyi sonuçlar ham sızıntı suyunda yüzey sulak alanlarda KOİ 2 g m<sup>-2</sup> gün<sup>-1</sup>, yeraltı sulak alanda 2 ve 5 g m<sup>-2</sup> gün<sup>-1</sup> organik yüklemelerde bulmuştur. "Ön arıtılmış sızıntı suyunda da sucul bitkilerin en düşük yükleme miktarı olan 2 g m<sup>-2</sup> gün<sup>-1</sup> de düşük

giderim olduğunu belirtmiştir. Bu yükleme miktarında ham sızıntı suyu için *Stenotaphrum secundatum* bitkisinde büyüme KOİ giderimi yüksek oranda olup,  $5 \text{ g m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$  ve üstü organik yükleme miktarında bitkinin yeşil kısımları yok olup giderim sağlanamamıştır. Yine bu yükleme miktarında karasal ve sucul bitkilerde her iki tip sızıntı suyundada amonyak giderimi yüksek olup aralarında önemli bir fark olmadığını belirterek, *Stenotaphrum secundatum* türünün sızıntı suyu gideriminde kullanılabileceğini gözlemlemiştir.

### 2.3. Nişasta Atıksuyu İle İlgili Yapılan Çalışmalar

**Şengörür (1994)**, “Mısır Nişasta Sanayi Atıksularının Yukarı Akışlı Havasız Çamur Yataklı Reaktörlerle Arıtımında Proses Verimine Etki Eden Faktörler” konulu çalışmasında mısır nişasta sanayi atıksularının yukarı akışlı havasız çamur yataklı arıtımında 13 saat hidrolik bekleme süresi, 11,35 kg KOİ/m<sup>3</sup>-gün organik yük, 0.184 kg KOİ/kg UAKM-gün çamur yükleme süresinde %89.9 KOİ giderme verimi elde edilmiştir. Yine aynı organik yükte 218 lt/gün biyogaz elde edilmiş ve bunun metan muhtevası %72 olarak ölçülmüştür.

**Rajbhandari (2004)**, biyolojik olarak parçalanabilen yüksek oranda katı madde içeren nişasta atıksularının arıtımında Anaerobic Havuzların özellikle etkili olabileceğini saptamıştır. Çalışmada yaklaşık debisi 5000 m<sup>3</sup>/gün olan nişasta atıksuyu 7,39 ha alanda seri halde anaerobic havuz sisteminde arıtılmış, daha sonra 29,11 ha alanda fakültatif havuzda bekletilmiştir. Kimyasal oksijen ihtiyacı ve askıda madde giderimi %90, siyanür giderimi ise %51 olarak sağlandığı belirtilmiştir.

**Rajasimman (2006)**, Yüksek organik içeriğe sahip nişasta endüstrisi atıksularını gidermek için düşük yoğunluklu biyokütle ile akışkan yataklı bioreaktör kullanarak yaptığı çalışmada, optimum KOİ giderimini (% 93.8) başlangıç substrat konsantrasyonu 2250 mg/lt olduğunda ölçmüştür.

Ünal ve ark. (2005a), de nişasta, glikoz ve fruktoz içeren model atıksuların kesikli kültürde anaerobik arıtımı üzerine yapmış olduğu çalışmada, mezofilik sıcaklıkta karbonhidrat gideriminin daha hızlı gerçekleştiğini, ortam sıcaklığında gerçekleştirilen denemelerde uçucu yağ asitleri birikiminin daha fazla olduğunu, sıcaklığın uçucu asit birikimine ve biyogaz verimine etkisini istatistiksel olarak önemli bulduğunu belirterek, anaerobik arıtımın düşük sıcaklıkta da gerçekleştirilebileceğini tespit etmiştir.

Ünal ve ark. (2005b), değişik konsantrasyonlardaki (2 ve 4  $g\ l^{-1}$ ) farklı karbonhidrat karışımlarının (nişasta-glikoz, nişasta-fruktoz, nişasta-glikoz-fruktoz) anaerobik arıtımın stabilitesine etkisi incelenmiştir. Sıralı bir substrat kullanımı gözlenmiştir; ilk olarak glikoz ve/veya fruktoz tüketildikten sonra nişasta kullanımı başlamıştır. Glikoz ve/veya fruktoz nişasta kullanımını katabolit represyano uğrattığını belirtmiştir.

### 3. MATERYAL VE METOD

#### 3.1. Materyal

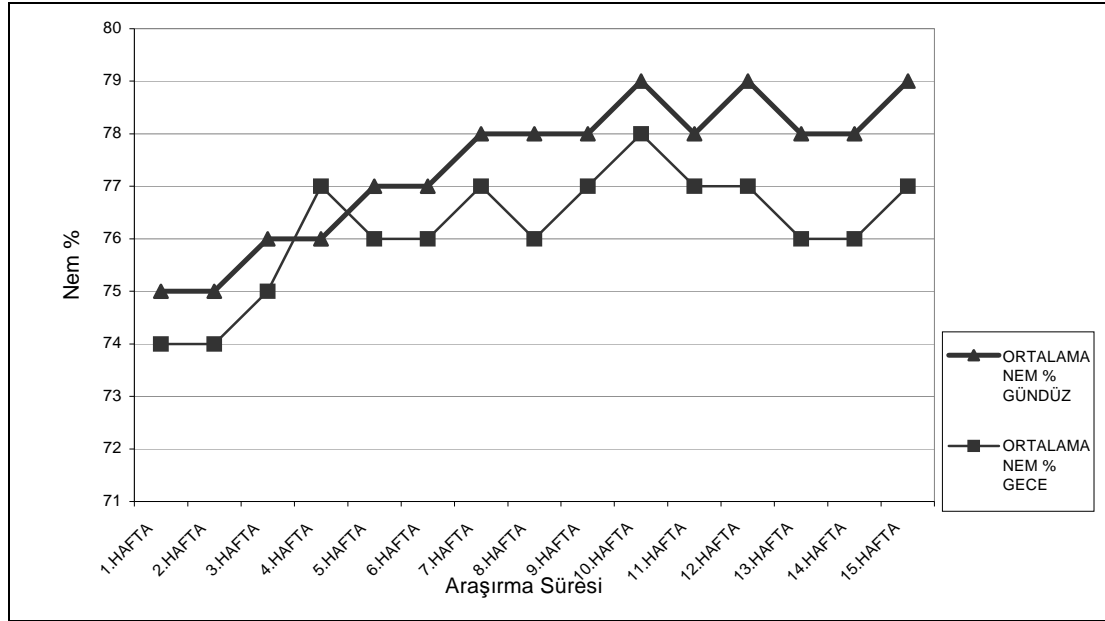
##### 3.1.1. Araştırma Yeri

Çalışma düzeneği, Çukurova Üniversitesi Balcalı Kampüsü sahasının içerisinde, Çevre Mühendisliği Bölümü kimya laboratuvarı yanında kurulmuştur. Balcalı Kampüsü, Adana ili yakınlarında bulunmaktadır. Adana ili, 36° 59' Kuzey enlemi ile 35° 18' Doğu boylamında Aşağı Seyhan ovası üzerinde yer alır (D.M.İ Genel Müdürlüğü 1974).

##### 3.1.2. Araştırma Yeri İklim Koşulları

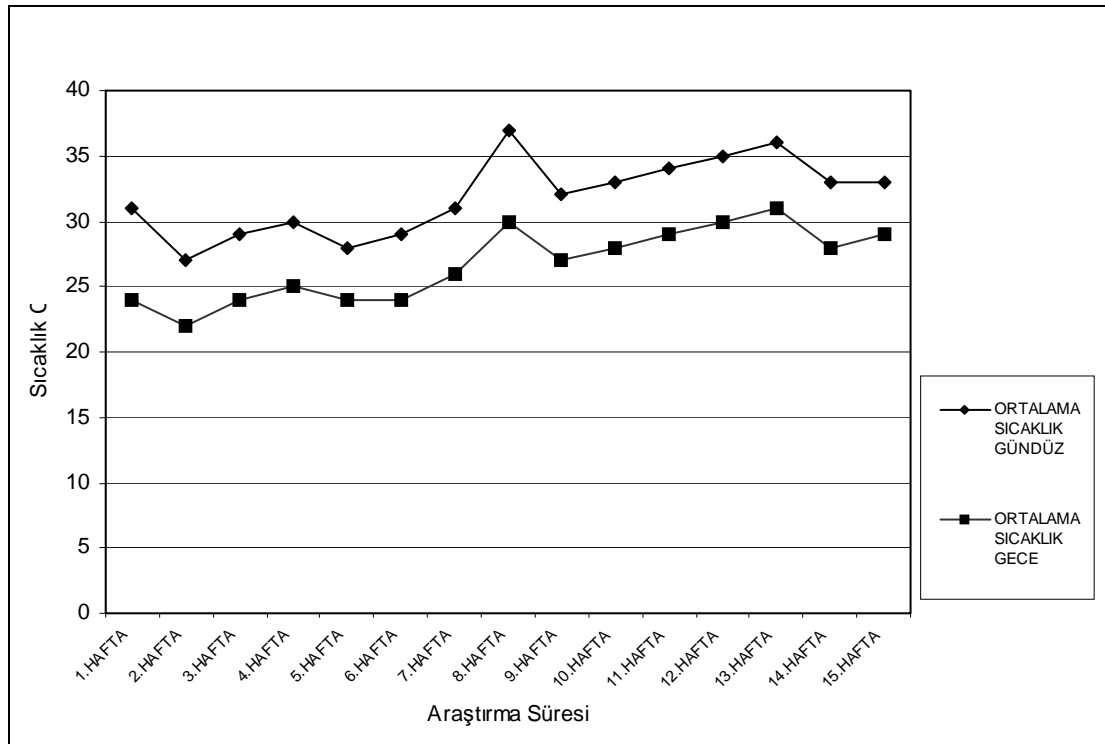
Araştırmanın kurulduğu Çukurova Üniversitesi Balcalı Kampüsü yazları sıcak ve kurak, kışları serin ve yağışlı geçen tipik Akdeniz iklim kuşağındadır. Deney düzeneği laboratuvar ortamı dışında kurulmuş olup, araştırmada kullanılan bitkilerin ekim tarihi olan 04.05.2007 tarihi ile hasat tarihi olan 15.08.2007 tarihi arasındaki 104 gün süresince sıcaklık ve nem ölçümleri yapılmıştır.

Araştırmanın yapıldığı ortamın zamana bağlı nem ve sıcaklık değerleri sırasıyla Şekil 3.1. ve 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Araştırmanın Yapıldığı Alanın Zamana Bağlı % Nem Değerleri

Araştırmanın yapıldığı alanın zamana bağlı ortalama sıcaklık değerleri Şekil 3.2.'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Deneme Süresince Araştırmanın Yapıldığı Alanın Zamana Bağlı Sıcaklık Değerleri



### 3.1.3. Bitkinin Yetiştirildiği Torfun Özellikleri

Torf her türlü bitki yetiştirilmesinde kullanılan su tutma kapasitesi yüksek doğal bir maddedir. Besin maddelerince zengin, gübrelemeyi gerektirmez, katyon değişim kapasitesi yüksektir. Yabancı ot tohumu ihtiva etmez, gevşek bir yapıya sahiptir. Deneme bitkilerinin yetiştirildiği ortam olan torfun özellikleri Tablo 3.1.'de verilmiştir.

**Tablo 3.1.** Bitkinin yetiştirildiği Torf'un Özellikleri.

Parametreler	Değerler (%)
pH	6-7
Organik Madde Oranı	87
Azot	0,87
Su Tutma Oranı	210
Fosfor	0,158
Kalsiyum	8,20

### 3.1.4. Kullanılan Atıksu ve Özellikleri

Mısır işleme endüstrisi atıksuları; katı madde, protein ve nişasta içerikleri fazla olduğundan kirlilik yükü yüksek atıksular olarak nitelendirilmektedir. Bu tür atıksularda katı madde içeriği olup, yüksek karbonhidrat ve organik asit içerirler (Dalzell, 1994).

Bu çalışmanın deneysel kısmında kullanılan mısır nişasta sanayi atıksuyunun aylık ortalama değerleri aşağıda katı madde 115mg/l, klorür 418 mg/l, kimyasal oksijen ihtiyacı 2736 mg/l, toplam azot 50 mg/l, fosfor 75 mg/l ve ph 6,8'dir. Çalışmada kullanılan bazı atıksu özellikleri tablo 3.2'de gösterilmiştir.

**Tablo3.2.** Çalışmada Kullanılan Nişasta Fabrikası Atıksu Özellikleri

Parametre	Değeri
pH	6,8
KOİ (mg/l)	2736
AKM (mg/l)	115
Klorür (mg/l)	418
Toplam Azot (mg/l)	50

### 3.1.5. Kullanılan Bitkiler ve Özellikleri

Bu çalışmada, günümüzde dünyanın sıcak ve ılıman iklimlerinde yaygın olarak kullanılan sıcak iklim çimlerinden Bermuda Çimi (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) ve sıcak iklim çimlerinden farklı olarak Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) kullanılmıştır. Çim türlerinden *Cynodon dactylon* ve *Stenotaphrum secundatum* yeşil ıslah amaçlı bazı çalışmalarda kullanılan türlerdir (Pivet, 2001; Bech ve ark., 2002).

#### 3.1.5.1. Bermuda Çimi (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.)

*Cynodon dactylon* hızlı gelişen çok yıllık bir sıcak iklim çimidir. 30-40cm kadar boylanabilen tür Akdeniz iklim kuşağında ve ortalama yıllık sıcaklığı 20°C civarında olan hemen hemen her yerde yetişir (Erdoğan, 2004). Dünyada en yaygın kullanım alanı bulunan ve değişik koşullara adapte olabilen Bermuda çimleri genellikle doğu Afrika'dan türemiştir ve ılık-yağışlı, tropik ve subtropik iklimlere yayılmıştır. Bazı araştırmacılara göre tümü Bermuda Çimleri olarak isimlendirilen *Cynodon* türleri çok sık, güçlü ve yoğun yapılı bir çim tabakası meydana getirmektedir. Yaprak ayalarının eni dar olduğundan ince, çok ince veya orta dokulu bir yapı oluşturmakta, renk çok açık yeşilden koyu yeşile kadar değişirken, büyüme stolon ve rizomlarla tümüyle yatık bir formda gerçekleşmektedir. Kök sistemi saçak, yoğun ve oldukça derindir. Tüm Bermuda tiplerinin üretimi yolma veya biçme

çelikler ve köklü çeliklerle vejetatif olarak gerçekleştirilirken sadece Bermuda çimi tohumlarıyla da üretilebilmektedir.

Bemuda çimi, ılıman-yağışlı ve ılıman-yarıkurak iklimlere adapte olduğundan sıcak ve kurağa son derece dayanıklıdır, ancak soğuğa çok duyarlıdır. Bu nedenle kışın, korunma sistemi gereği uyku dönemine girer ve tümüyle sararır. Bu sararma ve uyku hali toprak ısısı 15 °C' in altına indiğinde başlayıp, ilkbaharda tekrar bu sıcaklığın üzerine çıktığında sona erer ve bitki büyümesi yeniden başlar. Işığı çok seven bitkinin gölgeye dayanıklılığı da yok denecek kadar azdır.

Çok değişik toprak koşullarına adapte olabilen Bermuda çimi verimli, nispeten gevşek yapılı, süzek topraklarda en yüksek performansa ulaşır. Ancak kaba çok kaba (kumlu) toprak yapısı, besin maddesi noksanlığı nedeniyle olumsuz sonuç vermektedir. Bitki su birikmelerine, tuzluluğa ve pH 5.5-7.5 olan toprak asitliği koşullarına dayanıklıdır (Avcıoğlu, 1997).



**Resim 3.1.** Bermuda Çimi (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.)

### 3.1.5.2. Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum* (Walt.) Kuntze)

Batı Hindistan'ın doğal türü olan bu çim bitkisi, Meksika, Afrika, Avustralya, Güney Amerika'nın güneyine ve Akdeniz bölgesine yayılmıştır. Kaba dokulu, orta yoğunlukta, mavimsi yeşil renkli bir örtü oluşturur ve yaprak ayaları alta doğru hafif dönük durduğundan diğer çimlerden kolayca ayrılır. Saçak kök sistemi orta derinliktedir. Adi Cadiotu olarak da adlandırılan bu bitki, çok sayıda tohum oluşturması ve tohumlarının canlılığının sınırlı kalması nedeniyle daha çok vejetatif organlarla ve çim kapakları vb yöntemlerle üretilir.

Çok yıllık bir sıcak iklim buğdaygili olan Yengeçotu (Yengeç Çimi), ılıman-yağışlı iklimlerin sıcak bölümlerine adapte olmuştur ve soğuğa en dayanıksız sıcak iklim çimidir. Kışın sararıp yazın yeşil rengine tekrar kavuşur ancak kışa giriş ve çıkış dönemlerindeki büyüme hızı açısından Bermuda çiminden daha zayıftır. Kurağa dayanıklılığı da daha geridir ancak gölgeye dayanıklılığı daha iyidir. Değişik topraklara adapte olabilen bitki, nemli-organik topraklarda, pH 6.5-7.5 olan koşullarda çok daha başarıyla yetişir. Tuzlu koşullara da üstün bir dayanıklılığı olan Yengeçotu, ince bir çim dokusu gerektirmeyen ve gölgelik olan koşullarda park ve gezinti alanlarında yaygın olarak kullanılır (Avcıoğlu, 1997).



**Resim 3.2.** Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum* (Walt.) Kuntze)

### **3.1.5.3. Karaçim (*Ophiopogon japonicum*)**

Anavatanı Japonya olan karaçim, otsu yapıda, koyu siyah ve yeşil renkli, ince yapraklı ve toprak altında soğanlar içeren Zambakgiller (Liliaceae) familyasından bir çim bitkisidir. Sıcak iklimlerdeki gölge ve serin alanlarda başarıyla yetişebilir. 15-20 cm boylanabilen sık çim dokusu basmaya ve ezilmeye dayanıklı olmadığından, park ve bahçelerdeki ağaç altları için uygundur. Köklerinden ayırarak kolayca üretilebilen karaçim, buğdaygil çim bitkilerine nazaran daha yavaş gelişmekte bu nedenle de 1-2 kez veya hiç biçilmemekte, yaz aylarında beyaz-menekşe renkte açan çiçekler daha sonra koyu mavi veya siyah renkli meyvelere dönüşmektedir (Avcıoğlu, 1997).



**Resim 3.3.** Karaçim (*Ophiopogon japonicum*)

### 3.2. Metod

#### 3.2.1. Araştırmanın Kurulması

Araştırmada üç farklı çim bitkilerinden Bermuda Çimi (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) ve Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) üzerine C1S1 sulama suyu, ½ C1S1 sulama suyu+atıksu ve atıksu kullanılarak bitkilerin üç farklı su kalitesinde bünyelerinde biriktirdikleri azot, fosfor değerleri incelenmiştir. Deneme yapılacak ortam belirlenerek bu amaçla kullanılacak materyal temin edilmiştir. 40 x 20 x 7 cm ebatlarında plastik kaplara ekimi yapılacak olan çim türleri için yetiştirme ortamı hazırlanmıştır. Çim türlerinin yetiştirileceği ortam olarak kullanılacak olan torfun özellikleri belirtilerek çalışmada her çim türü için, her biri üç tekerrürlü olmak üzere araştırmada kullanılmıştır. Her bir kaba 4 lt torf konularak hazırlanan toplam 27 adet yetiştirme ortamı kullanılmıştır. Her bir kaba toplam dört kök olmak üzere 04.05.2007 tarihinde ekim

yapılarak her deneme kabına, 1000 ml C1S1 sulama suyu ile can suyu verilmiştir (Kanber, 1997). Bitkilerin ortama adapte olabilmesi için ilk hafta her kaba sadece şehir suyu verilmiştir. İkinci haftadan itibaren kontrol grubu bitkilerine 1000 ml C1S1, ikinci gruba 500 ml C1S1 ve 500 ml atıksu, üçüncü gruba ise 1000 ml sadece atıksu verilmiştir. Sulama işlemi, ilk bir ay haftada bir gün, ikinci ve üçüncü aylarda haftada iki gün periyodik olarak hasat işleminin yapıldığı 15.08.2007 tarihine kadar yapılmıştır.

### **3.2.2. Hasat**

Bitkilerin gelişmelerini tamamlamasından sonra hasat işleminden önce bitkilerde boy ölçümü, örtülük değerlendirmesi ve canlı kalma değerlendirmesi yapılmıştır. 15.08.2007 tarihinde hasat işlemi yapılarak bitkinin topraktan temizlenmesi için yıkama işlemi yapılmış ve daha sonra bitkilerin kök ve gövdeleri birbirinden ayrılarak hassas terazide yaş ağırlıkları tartıldı. Bitkilerin hasat edildiği gün topraktan da örnek alınarak eşit olacak şekilde yaş ağırlıkları tartılmıştır.

Her tekrürde bulunan çimlerin kök ve gövdelerinin tümü ve topraktan örnek alınarak etüve konup 60°C de 2 gün boyunca bekletilerek sabit ağırlığa gelmeleri sağlanmıştır. Sabit ağırlığa ulaşan bitki kök ve gövdeleri ve toprak numuneleri hassas terazide tartılmıştır. Kuru ağırlıkları alınmış olan numuneler öğütücüde öğütülerek elekten geçirilmiş ve grup ve tekrürlerine göre numaralandırılmış özel nem geçirmez poşetlere konulmuştur. Daha sonra hazırlanmış poşetler azot (N) ve fosfor (P) analizleri yapılmak üzere laboratuvara gönderilmiştir. Son aşamada ise sayısal veriler ışığında değerlendirmeler yapılmıştır.

### **3.2.3. Gözlem ve Ölçümler**

#### **3.2.3.1. Fenolojik Gözlemler**

##### **3.2.3.1 (1) Boy (cm)**

Bitki boyu ölçümleri, ekimin yapıldığı ilk gün ve hasattan bir gün önce yapılmıştır. Toprak yüzeyinden bitkinin en üst (en uzun) noktasına kadar olan mesafe cetvel yardımıyla ölçülmüş ve değerler denemelerdeki ölçümlere göre aritmetik ortalama alınarak belirlenmiştir.

### 3.2.3.1 (2) Yüzey Örtülülüğü

Bitkilerin yüzeyi örtme (kaplama) dereceleri, Çelik (1998)'in belirttiği Randall (1978)'da esasları verilen ızgara çerçeve sistemi yardımıyla tespit edilmiştir. Bu yöntemde 1 m<sup>2</sup>' lik alan üzerine ızgara şeklindeki bir çerçeve istenilen yüksekliğe yerleştirilir ve bu çerçeve üzerinde 10 cm eşit aralıklarla bir ağ sistemi oluşturulur. Bu ağ sisteminde her bir kesişme noktası bir ölçüm noktasını oluşturur. Bu kesişme noktalarından aşağıya bir çubuk dik olacak şekilde indirilir. Bu çubuk bitkinin herhangi bir kısmına dokunuyorsa (+) olarak, çubuk bitkiye değil de toprağa değiyorsa (-) olarak değerlendirilmiş ve bu sonuçlara dayanılarak % örtü dereceleri hesaplanmıştır.

### 3.2.3.2. Azot ve Fosfor Analizleri

Araştırmada çalışılan çimlerin, kök ve gövdelerinden ve topraktan alınan örneklerden hazırlanan numunelere ait azot ve fosfor miktarlarının tespit edilmesi amacıyla, Eko-Sistem Çevre Analiz Laboratuvarında, Standart Spektrofotometrik Yöntem (DIN) ve Standart Kjeldahl Yöntemi ile ölçümleri yapılmıştır (Boyd ve Tucker, 1992; AOAC, 1990) Ölçüm sonuçlarının istatistiksel analizleri yapılarak standart sapmaları tespit edilmiştir (Kinnear, 1994).

**Fosfor Tayini:** Analizler yapılırken hazır reaktifler kullanılmıştır. Bu işlem sırasında 0,2 gr öğütülmüş kuru numuneye 2 ml 1/3'lük HCL asit çözeltisi ilave edilmiş ve bu karışım üzerine 18 ml saf su ilave edilerek bir süre karıştırılarak bekletilmiş ve süre sonunda süzülerek analize hazır hale getirilmiştir. Daha sonra analizler DR HAT LANGE 2800 Marka spektrofotometre cihazında standart spektrofotometrik yöntemle yapılmıştır (Boyd ve Tucker, 1992)



**Azot Tayini:** Toplam Azot tayini A.O.A.C. Official Methods of Analysis 955.04 (1990) da belirtilen esaslara göre Kjeldahl Yöntemi ile yapılmıştır. Bu işlem sırasında 0,2 gr öğütülmüş kuru numune üzerine % 33'lük 35 ml NaOH ilave edilir. Bu karışım üzerine % 4'lük 15 ml borik asit ilave edilir. Borik asitin rengi azottan dolayı yeşil renge dönüşür. Yeşil renge dönüşen borik asit çözeltisi 0,1 N'lik sülfirik asit ile eski rengine dönüşene kadar titre edilerek harcanan sülfirik asit miktarı kaydedilerek toplam azot hesaplanmıştır (AOAC, 1990).

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Fenolojik Gözlemler

#### 4.1.1. Boy (cm)

Araştırmada kullanılan bitkilerin çalışma sonunda boylarının ortalama ölçüm sonuçları Tablo 4.1’de verilmiştir. Boy ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde, bitkiler içerisinde, atıksu ile sulama yapılan ortamda yetişen Bermuda Çim (*Cynodon dactylon*) bitkisinin en fazla boy gelişimi (49,5 cm) gösteren çim türü olduğu görülmüştür. Bermuda Çim (*Cynodon dactylon*) bitkisi en az boy gelişimini C1S1 sulama suyu ile sulanan ortamda (33 cm) göstermiştir. Bermuda Çim (*Cynodon dactylon*) hızlı gelişen çok yıllık bir sıcak iklim çimi olup en fazla 40cm’e kadar boylanabilen bir türdür (Erdoğan, 2004). Araştırma sonunda, Bermuda Çim (*Cynodon dactylon*) bitkisi için literatürde belirtilenden daha fazla boylandığı gözlemlenmiştir.

**Tablo 4.1.** Araştırmada Kullanılan Bitkilerin Çalışma Sonunda Boylarının (cm) Ortalama Ölçüm Sonuçları

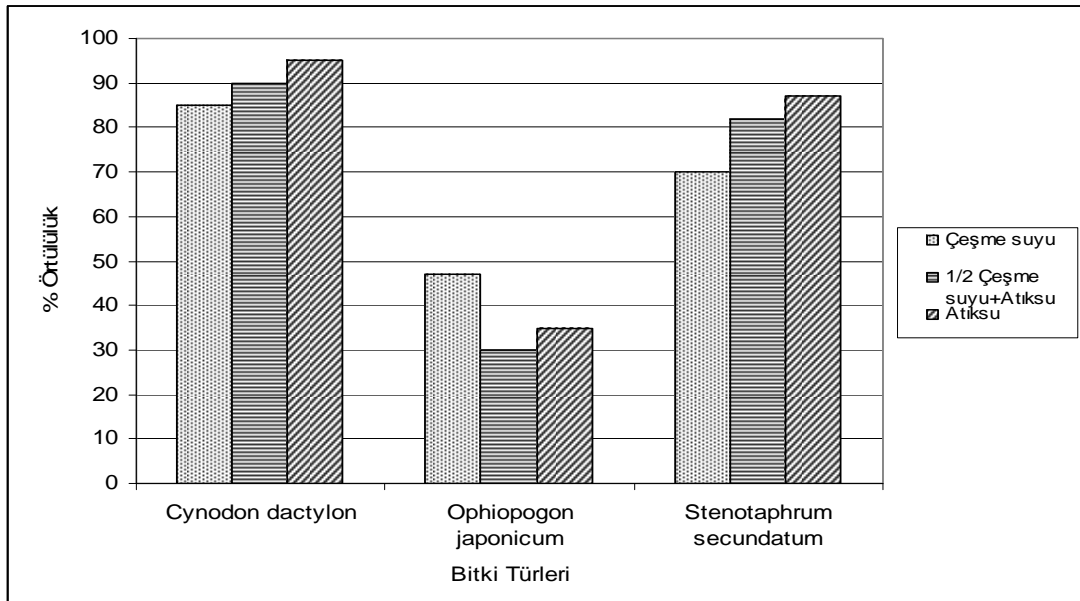
Araştırmada Kullanılan Bitkiler	Çeşme Suyu	1/2 Çeşme suyu + Atıksu	Atıksu
Bermuda Çimi ( <i>Cynodon dactylon</i> )	33	42,3	49,5
Karaçim ( <i>Ophiopogon japonicum</i> )	17,4	17,3	17,9
Yengeçotu ( <i>Stenotaphrum secundatum</i> )	34,7	29,6	25,9

Araştırma sonunda Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) bitkisinde de yukarıya doğru yükselme, dal oluşturma ve belirtilen boy uzunluğuna ulaştığı görülmüştür. Bitkinin en fazla boy gelişimini çeşme suyu ile sulanan ortamda (34,7 cm), en az boy gelişimini ise atıksu ile sulanan ortamda (yaklaşık 26 cm) gösterdiği

görülmüştür. Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) bitkisinin en fazla 40 cm boylandığı belirtilmektedir (FAO, 2005). Çalışma sonucunda Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) bitkisinin boy gelişiminin literatürde belirtilen değere yaklaştığı gözlenmiştir.

Araştırma sonunda Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) bitkisinin en fazla boy gelişimini atıksu ile sulanan ortamda (yaklaşık 18 cm), en az boy gelişimini ise ½ atıksu ve çeşme suyu ile sulanan ortamda (17,3 cm) gösterdiği görülmüştür. Avcıoğlu'nun yapmış olduğu çalışmada Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) bitkisinin, 15-20 cm boylanabilen ve sık çim dokusu bir bitki olduğu belirtilmiştir (Avcıoğlu, 1997). Çalışma sonucunda bu bitkinin boy uzunluğu literatürde belirtilen aralıkta olduğu gözlenmiştir.

#### 4.1.2. Yüzey Örtülülüğü



**Şekil 4.1.** Araştırmada Kullanılan Bitki Türlerinin Deneme Süresince Belirlenen % Örtülülük Oranları

Araştırmada kullanılan bitki türlerinin deneme süresince belirlenen örtülülük düzeyleri Şekil 4.1'de verilmiştir. Araştırma bitkilerinin örtülülük düzeyleri

değerlendirildiğinde Bermuda Çim (*Cynodon dactylon*) bitkisinin atıksu ile sulanan ortamda % 95, ½ atıksu ve çeşme suyu ile sulanan ortamda % 90 ve sadece çeşme suyu ile sulanan ortamda % 85 örtülülük ile en fazla örtülülük düzeyine ulaştığı, bitkilerin canlılıklarını korudukları gözlenmiştir.

Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) bitkisi, atıksu ile sulanan ortamda % 87, ½ atıksu ve çeşme suyu ile sulanan ortamda % 82 ve sadece çeşme suyu ile sulanan ortamda % 70 örtülülük düzeyine ulaşmış, bitkilerin büyük ölçüde canlılıklarını korudukları gözlenmiştir.

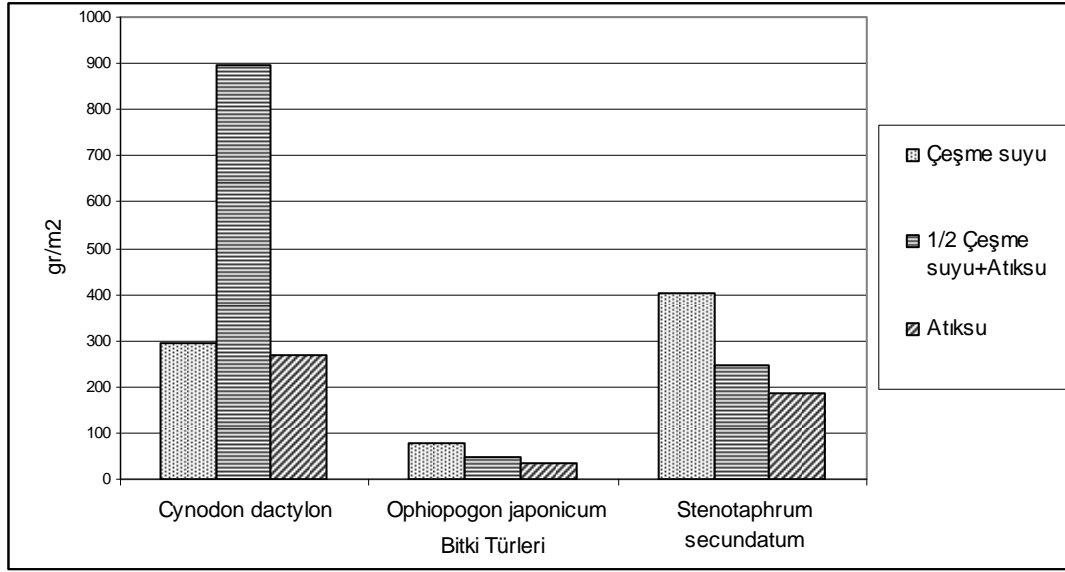
Araştırma bitkileri içerisinde Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) bitkisi çeşme suyu ile sulanan ortamda % 47, atıksu ile sulanan ortamda % 35, ½ atıksu ve ve sadece çeşme suyu ile sulanan ortamda % 30 örtülülük düzeyine ulaşmış, bitkilerin çok az bir kısmının canlılıklarını korudukları gözlenmiştir (Avcıoğlu, 1997).

Randall, 1978 esaslarına göre tespit edilen yüzey örtülülük değerleri; Bermuda Çim (*Cynodon dactylon*) bitkisinde en fazla örtülülüğün % 95 örtülülük değeri ile atıksu ile sulanan ortamda, Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) bitkisinde en fazla örtülülük % 87 ile atıksu ile sulanan ortamda, Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) bitkisinde ise % 47 ile çeşme suyu ile sulanan ortamda olduğu görülmüştür.

## **4.2. Hasat Değerleri**

### **4.2.1. Yaş Ağırlık**

Araştırmada kullanılan bitki türlerinin toprak altı aksamalarının çalışma sonunda tespit edilmiş olan yaş ağırlıkları Şekil 4.2'de verilmiştir.

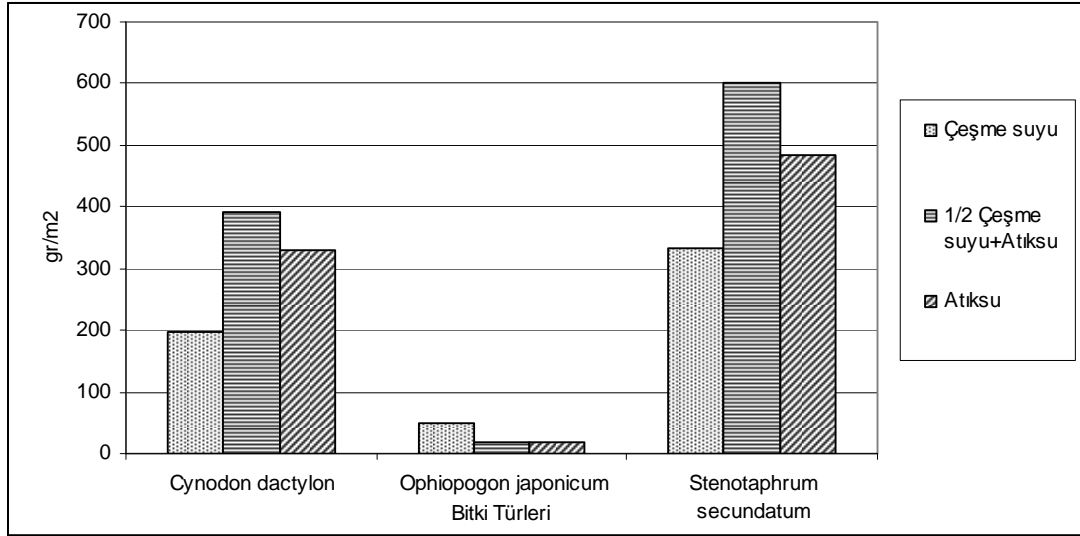


**Şekil 4.2.** Araştırmada Kullanılan Bitki Türlerin Toprak Altı Aksamlarının Yaş Ağırlıkları

Çalışma sonunda Bermuda Çim (*Cynodon dactylon*) bitkisinin toprak altı aksamının yaş ağırlığının, kullanılan diğer türlere göre daha fazla olduğu bu bitkiyi Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) ve Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) bitkilerinin izlediği görülmüştür.

Toprak altı aksamın yaş ağırlığı, Bermuda Çim (*Cynodon dactylon*) bitkisinde, 1/2 çeşme suyu ve atıksu karışımında en fazla ölçülürken (894 gr/m<sup>2</sup>), Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) (400 gr/m<sup>2</sup>) ve Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) (78 gr/m<sup>2</sup>) bitkilerinde çeşme suyu ile sulanan ortamda ölçülmüştür.

Toprak altı aksamın yaş ağırlığının en düşük değerleri ise Bermuda Çim (*Cynodon dactylon*) bitkisinde (268 gr/m<sup>2</sup>), Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) (187 gr/m<sup>2</sup>) ve Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) bitkilerinde (34 gr/m<sup>2</sup>) atıksu ile sulanan ortamda ölçülmüştür. Araştırmada kullanılan bitki türlerinin toprak üstü aksamlarının çalışma sonunda tespit edilmiş olan yaş ağırlıkları Şekil 4.3'de verilmiştir.



**Şekil 4.3.** Araştırmada Kullanılan Bitki Türlerin Toprak Üstü Aksamlarının Yaş Ağırlıkları

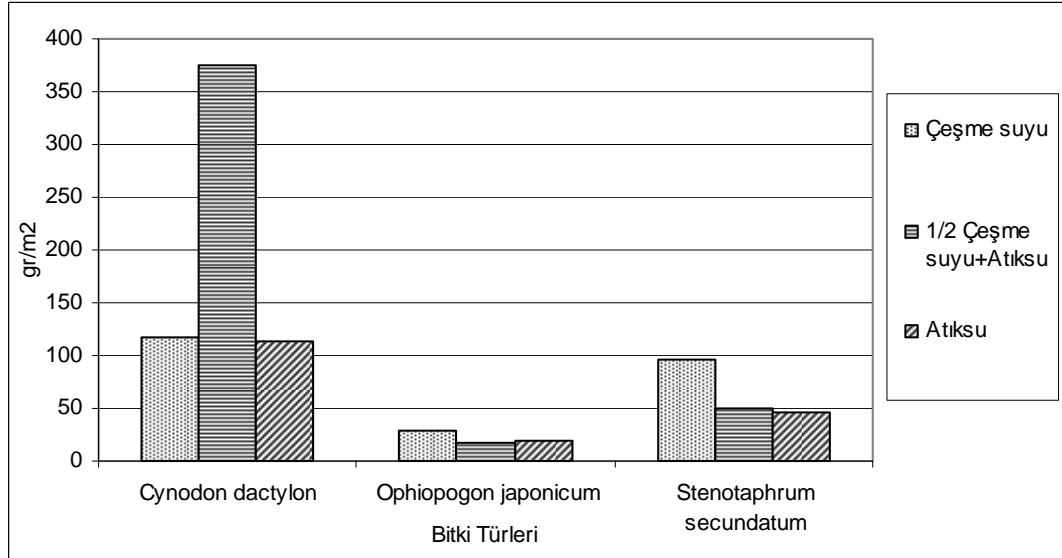
Çalışma sonunda Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) bitkisinin toprak üstü aksamının yaş ağırlığının kullanılan diğer türlere göre daha fazla olduğu bu bitkiyi Bermuda Çim (*Cynodon dactylon*) ve Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) bitkilerinin izlediği görülmüştür.

Toprak üstü aksamın yaş ağırlığı, Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) bitkisinde, 1/2 çeşme suyu ve atıksu karışımı ile sulanan ortamda en fazla ölçülürken (600 gr/m<sup>2</sup>), Bermuda Çim (*Cynodon dactylon*) bitkisinde atıksu ile sulanan ortamda (329 gr/m<sup>2</sup>) yetişen ve Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) bitkisinde, en fazla çeşme suyu ile sulanan ortamda (51 gr/m<sup>2</sup>) yetişen bitkilerde ölçülmüştür.

Toprak üstü aksamın yaş ağırlığının en düşük değerleri ise Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) (332 gr/m<sup>2</sup>) ve Bermuda Çim (*Cynodon dactylon*) bitkilerinde çeşme suyu ile sulanan ortamda, Bermuda Çim (*Cynodon dactylon*) bitkisinde ise atıksu ve 1/2 çeşme suyu ve atıksu karışımı ile sulanan ortamlarda aynı değer (20 gr/ m<sup>2</sup>) ölçülmüştür.

#### 4.2.2. Kuru Ağırlık

Araştırmada kullanılan bitki türlerinin toprak altı aksamlarının çalışma sonunda tespit edilmiş olan kuru ağırlıkları Şekil 4.4'de verilmiştir.



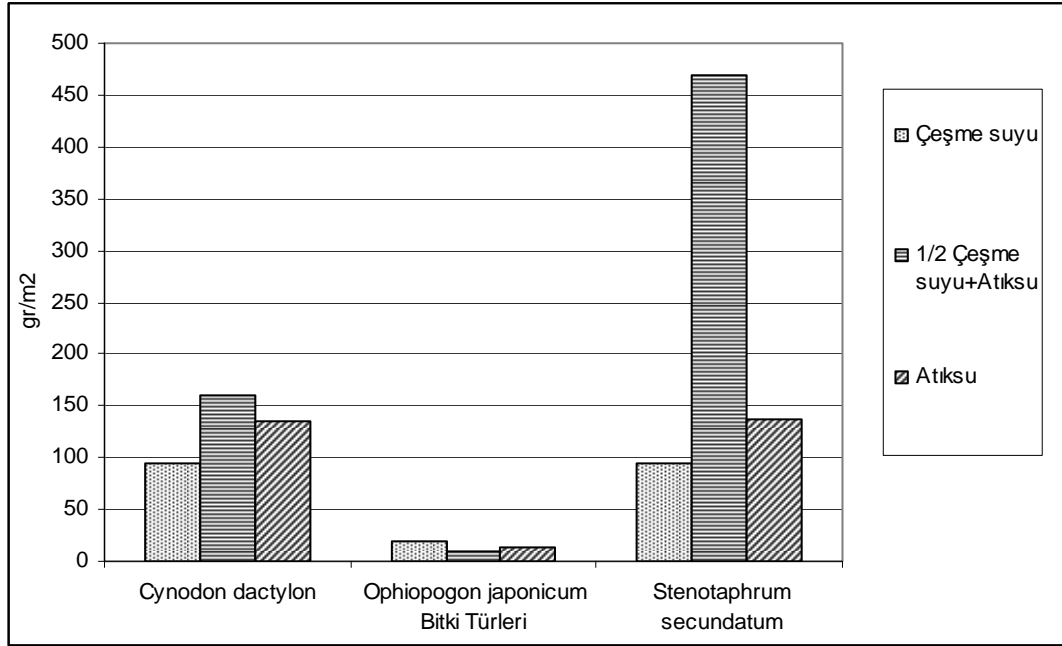
**Şekil 4.4.** Araştırmada Kullanılan Bitki Türlerinin Toprak Altı Aksamlarının Kuru Ağırlıkları

Çalışma sonunda Bermuda Çim (*Cynodon dactylon*) bitkisinin toprak altı aksamının kuru ağırlığının kullanılan diğer türlere göre daha fazla olduğu bu bitkiyi Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) ve Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) bitkilerinin izlediği görülmüştür.

Toprak altı aksamın kuru ağırlığı, Bermuda Çim (*Cynodon dactylon*) bitkisinde, 1/2 çeşme suyu ve atıksu karışımı ile sulanan ortamda en fazla ölçülürken (375 gr/m<sup>2</sup>), Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) (96 gr/m<sup>2</sup>) ve Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) (29 gr/m<sup>2</sup>) bitkilerinde çeşme suyu ile sulanan ortamda gözlenmiştir.

Toprak altı aksamın kuru ağırlığının en düşük değerleri ise Bermuda Çim (*Cynodon dactylon*) (113 gr/m<sup>2</sup>) ve Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) (46 gr/m<sup>2</sup>) bitkilerinde atıksu ile sulanan ortamda, Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) bitkisinde ise, 1/2 çeşme suyu ve atıksu karışımı ile sulanan ortamda (18 gr/m<sup>2</sup>) gözlenmiştir.

Araştırmada kullanılan bitki türlerinin toprak üstü aksamlarının çalışma sonunda tespit edilmiş olan kuru ağırlıkları Şekil 4.5’de verilmiştir.



**Şekil 4.5.** Araştırmada Kullanılan Bitki Türlerin Toprak Üstü Aksamlarının Kuru Ağırlıkları

Çalışma sonunda Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) bitkisinin toprak üstü aksamının kuru ağırlığının kullanılan diğer türlere göre daha fazla olduğu bu bitkiyi Bermuda Çim (*Cynodon dactylon*) ve Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) bitkilerinin izlediği görülmüştür.

Toprak üstü aksamın kuru ağırlığı, Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) (470 gr/m<sup>2</sup>) ve Bermuda Çim (*Cynodon dactylon*) (160 gr/m<sup>2</sup>) bitkilerinde 1/2 çeşme suyu ve atıksu karışımı ile sulanan ortamda en fazla ölçülürken Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) bitkisinde (20 gr/m<sup>2</sup>) çeşme suyu ile sulanan ortamda en fazla gözlenmiştir.

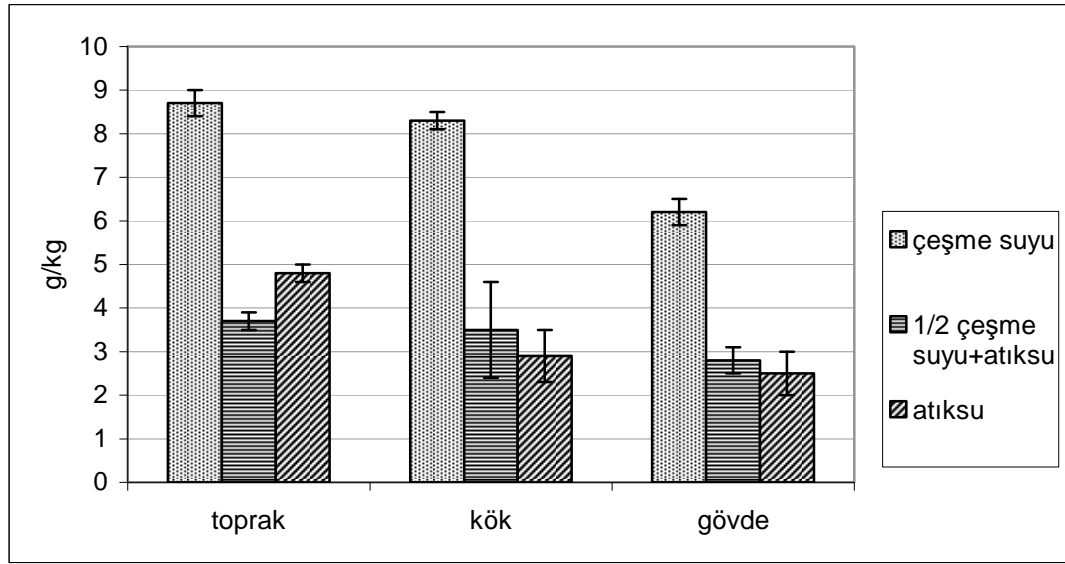
Toprak üstü aksamın kuru ağırlığının en düşük değerleri ise Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) (95 gr/m<sup>2</sup>) ve Bermuda Çim (*Cynodon dactylon*) (95 gr/m<sup>2</sup>) bitkilerinde çeşme suyu ile sulanan ortamda, Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) bitkisinde ise 1/2 çeşme suyu ve atıksu karışımı ile sulanan ortamda (10 gr/m<sup>2</sup>) görülmüştür.



### 4.3. Azot ve Fosfor Analizleri

#### 4.3.1. Azot Değerleri

Araştırmada kullanılan Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) bitkisinin, toprak, toprak altı ve toprak üstü aksamlarının, çalışma sonunda tespit edilmiş olan toplam Azot (N) değerleri Şekil 4.6' da verilmiştir.

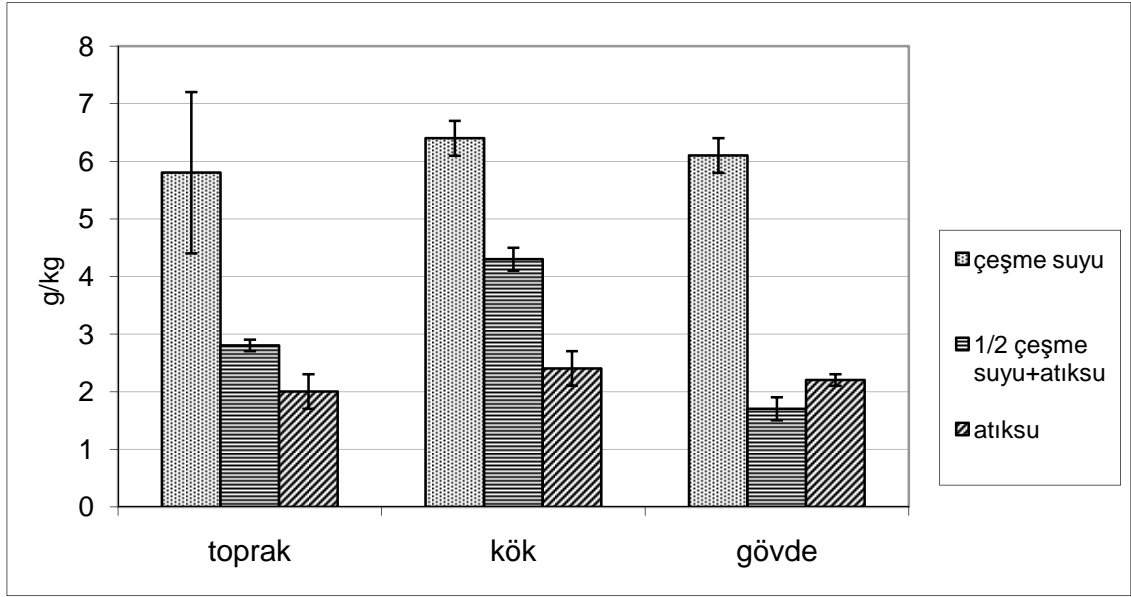


Şekil 4.6. Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) Bitkisinde Toplam Azot (N) Değerleri

Çalışma sonunda Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) bitkisinin toprak altı ( $8,3 \pm 0,2$  g/kg) ve toprak üstü ( $6,2 \pm 0,3$  g/kg) aksamlarında toplam azot (N) birikiminin, tamamı çesme suyu ile sulanan ortamda, en yüksek değere ulaştığı görülmüştür. Genel olarak artan azot oranlarında bitkilerin daha kaba ve etli yapıda geliştiği görülmektedir (Özbek, 1984).

Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) bitkisinde toprak altı ( $2,9 \pm 0,6$  g/kg) ve toprak üstü ( $2,5 \pm 0,5$  g/kg) aksamda en düşük azot (N) birikimi, atıksu ortamında yetişen bitkide ölçülmüştür. Öcal (2005)'in Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) bitkisiyle yapmış olduğu çalışmada bu bitkinin en yüksek azot (N) değerlerini toprak altı aksamında biriktirdiğini belirtmiştir.

Araştırmada kullanılan Bermuda Çim (*Cynodon dactylon*) bitkisinin, toprak, toprak altı ve toprak üstü aksamlarının, çalışma sonunda tespit edilmiş olan toplam azot (N) değerleri Şekil 4.7’de verilmiştir.



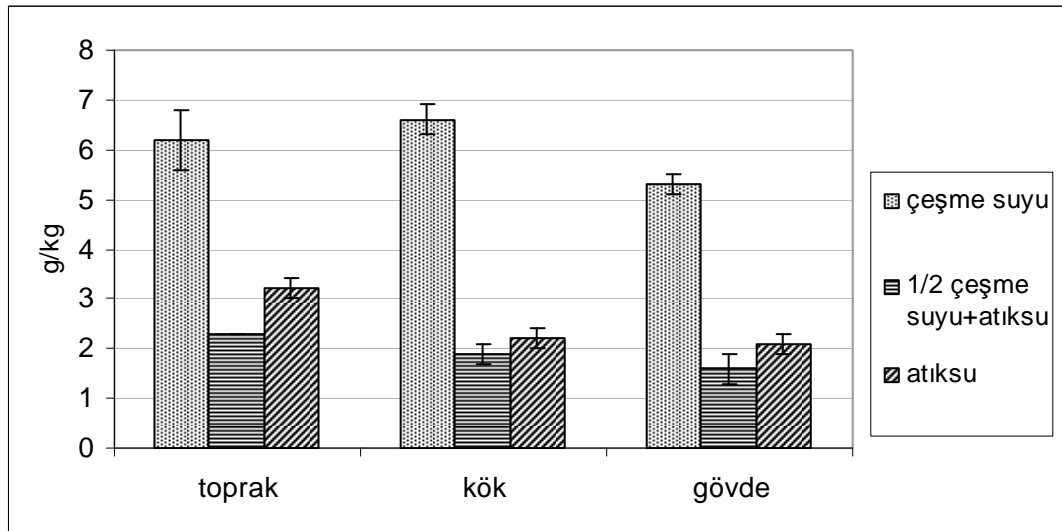
**Şekil 4.7.** Bermuda Çim (*Cynodon dactylon*) Bitkisinde Toplam Azot (N) Değerleri

Çalışma sonunda Bermuda Çim (*Cynodon dactylon*) bitkisinin toprak altı ( $6,4 \pm 0,1$  g/kg) ve toprak üstü ( $6,1 \pm 0,3$  g/kg) aksamlarında toplam azot (N) birikiminin, çişme suyu ile sulanan ortamda, en yüksek değere ulaştığı görülmüştür.

Bitkide, azot (N) birikimi, çişme suyu ile sulanan ortamda, toprak altı ve toprak üstü aksamda en yüksek değerde ölçülürken, toprak altı ve toprak üstü aksamda azot (N) birikimi, 1/2 çişme suyu+atıksu karışımında ve atıksu ile sulanan ortamlarda yetişen bitkilerde, çişme suyu ile sulanan ortamda yetişen bitkilere oranla çok daha düşük değerlerde ölçülmüştür. Toprak üstü aksamalarda 1/2 çişme suyu+atıksu karışımında sulanan ortamda  $1,7 \pm 0,3$  g/kg, atıksu ile sulanan ortamda  $2,2 \pm 0,1$  g/kg değerlerinde ölçüm yapılmıştır. Toprak altı aksamalarda ise atıksu ile sulanan ortamda  $2,4 \pm 0,2$  g/kg , 1/2 çişme suyu+atıksu karışımında sulanan ortamda ( $4,3 \pm 0,2$  g/kg ) değerlerinde ölçüm yapılmıştır. Erdoğan (2004)'ün sızıntı suyu ile

bu bitki üzerindeki çalışmasında bitkinin etli yapıda ve azot içeriğinin yüksek olduğunu bulmuştur. Bu durum kullanılan atıksuların farklı özelliklerinden kaynaklanabilir. Diğer çim türlerinde yapılan çalışmalarda en yüksek toplam azot miktarı aksamalarda özellikle sürgünlerde biriktiği belirlenmiştir (Skerman ve ark, 1990).

Araştırmada kullanılan Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) bitkisinin, toprak, toprak altı ve toprak üstü aksamlarının, çalışma sonunda tespit edilmiş olan toplam azot (N) değerleri Şekil 4.8’de verilmiştir.



**Şekil 4.8.** Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) Bitkisinde Toplam Azot (N) Değerleri

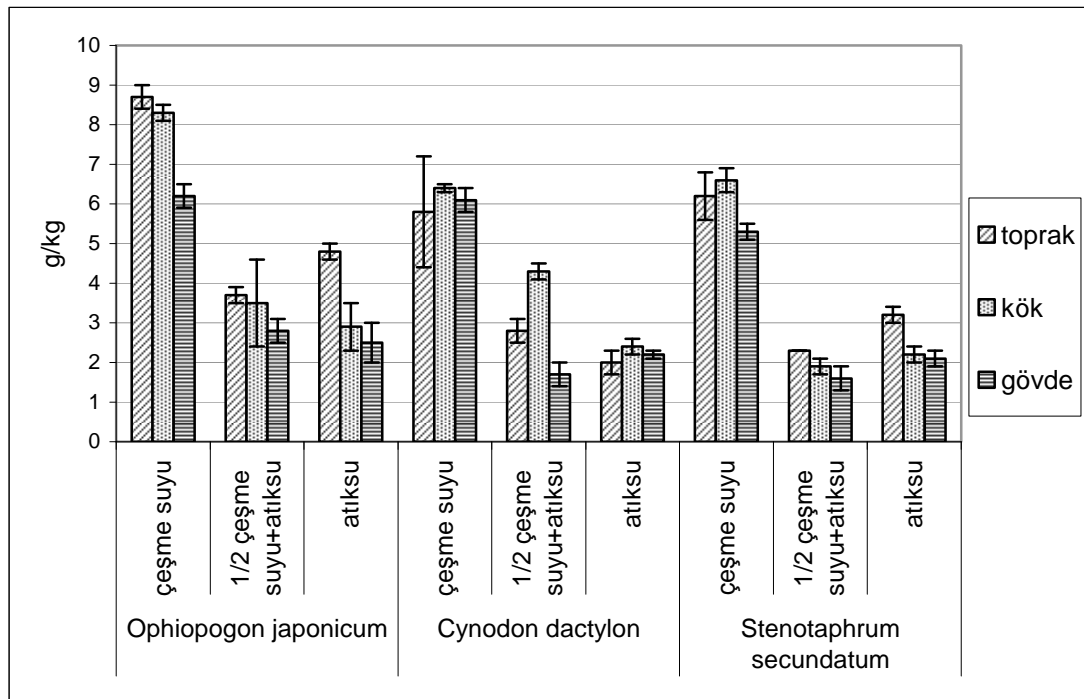
Çalışma sonunda Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) bitkisinin toprak altı ve toprak üstü aksamında azot (N) birikiminin, çişme suyu ile sulanan ortamında, en yüksek değere ulaştığı görülmüştür.

Bitkide, azot (N) birikimi, çişme suyu ile sulanan ortamda, toprak altı ( $6,6 \pm 0,3$  g/kg) ve toprak üstü ( $5,3 \pm 0,2$  g/kg) aksamda en yüksek değerde ölçülürken, bunu atıksu ile sulanan ortamda yetişen bitkilerin toprak altı ( $2,2 \pm 0,2$  g/kg) ve toprak üstü ( $2,1 \pm 0,2$  g/kg) aksamda yapılan ölçümler izlemiştir. Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) bitkisinde toprak altı ( $1,9 \pm 0,2$  g/kg) ve toprak üstü ( $1,6$

$\pm 0,3$  g/kg) aksamalarında en düşük azot (N) birikimi, 1/2 çeşme suyu+atıksu karışımında sulanan ortamda yetişen bitkilerde ölçülmüştür.

Yapılan benzer çalışmalarda *Kochia scoparia* bitkisi azottan daha yüksek düzeyde yararlanmıştır. Bu tür de kirli alanlarda kullanılabileceği belirtilen bir türdür (Schnoor, 2002).

Araştırmada kullanılan bitkilerin, toprak, toprak altı ve toprak üstü aksamlarının, çalışma sonunda tespit edilmiş olan karşılaştırmalı toplam azot (N) değerleri Şekil 4.9. ve Şekil 4.10'da verilmiştir.

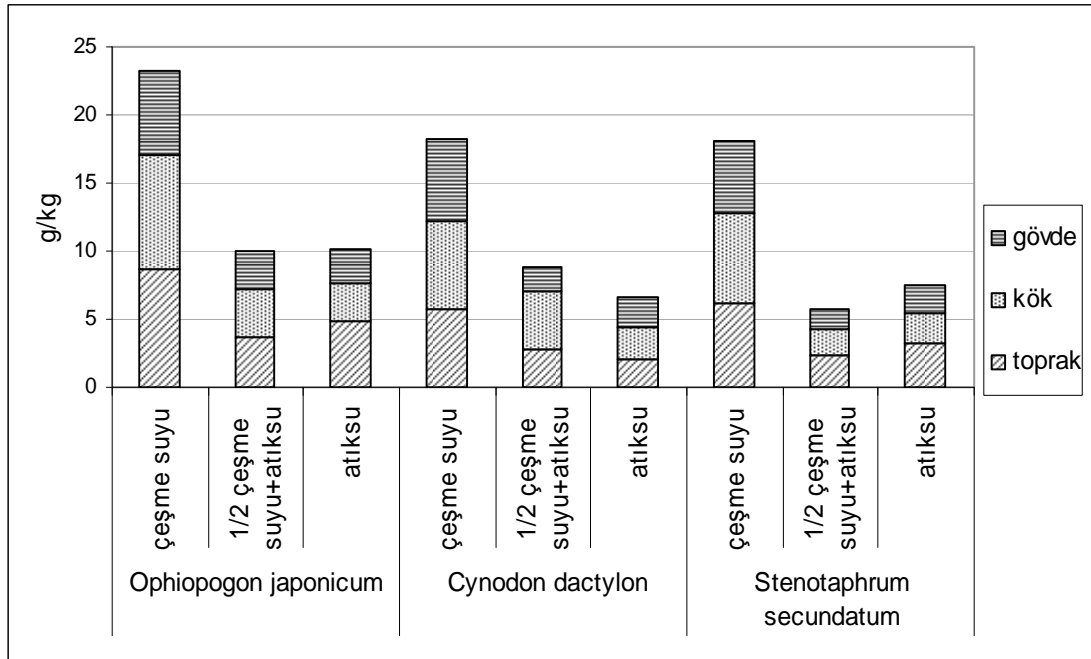


**Şekil 4.9.** Araştırmada Kullanılan Bitkilerin Karşılaştırmalı Toplam Azot (N) Değerleri

Grafikte de görüldüğü gibi üç çim türünden en yüksek azot (N) değeri  $8,7 \pm 0,3$  g/kg ile Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) bitkisinde çeşme suyu ile sulanan ortamda görülmüştür. Çeşme suyu ile sulanan ortamda yetişen bitkilerde azot (N) birikimi en üst düzeyde elde edilmiştir. 1/2 çeşme suyu + atıksu karışımı ortamında elde edilen değerler ikinci sırada yer alırken, tüm bitkiler için atıksu değerleri en

düşük değerler olarak karşımıza çıkmıştır. *Thypha latifolia* bitkisinin köklerindeki N miktarı sürgün ve rizomlardan daha yüksek bulunmuştur (EPA,2000).

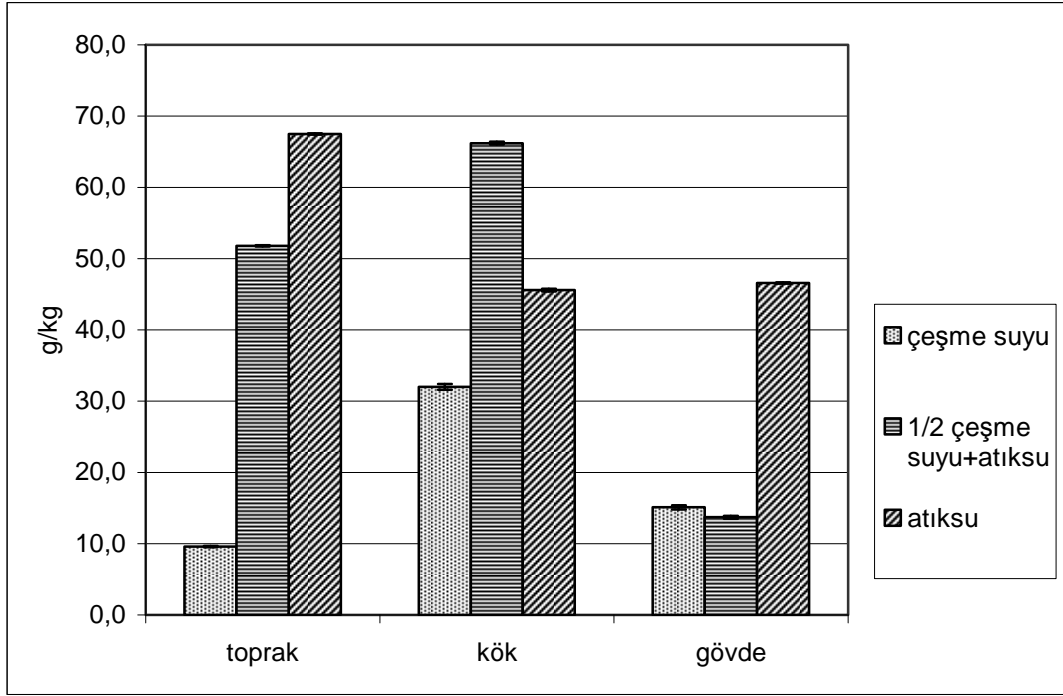
Bitki aksamalarına bakıldığında en yüksek değerde azot (N) birikimi kök bölgesinde görülmüştür. Araştırma bitkileri içerisinde kökte çeşme suyu ile sulanan ortamda, Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) bitkisinde,  $8,3 \pm 0,2$  g/kg değeri ile en yüksek düzeyde Azot (N) birikimi görülmüştür. Bitki aksamalarına göre en düşük Azot (N) değeri ise Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) bitkisinde 1/2 çeşme suyu+atıksu karışımında sulanan ortamda, toprak üzeri aksamalarda,  $1,6 \pm 0,3$  g/kg değeri ile karşımıza çıkmıştır. Öcal (2005)'ın Bermuda Çimi (*Cynodon dactylon*), Karaçim (*Ophiopogon japonicum*), Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) bitkileriyle yapmış olduğu çalışmada en yüksek azot birikimini Bermuda Çimi (*Cynodon dactylon*) bitkisinde kök bölümünde, ikinci sırada Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) bitkisinde en düşük azot birikimini ise Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) bitkisinde olduğunu gözlemlemiştir.



Şekil 4.10. Araştırmada Kullanılan Bitkilerin Karşılaştırmalı Toplam Azot (N) Değerleri

#### 4.3.2. Fosfor Değerleri

Araştırmada kullanılan Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) bitkisinin, toprak, toprak altı ve toprak üstü aksamlarının, çalışma sonunda tespit edilmiş olan fosfor (P) değerleri Şekil 4.11’de verilmiştir.



**Şekil 4.11.** Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) Bitkisinde Fosfor (P) Değerleri

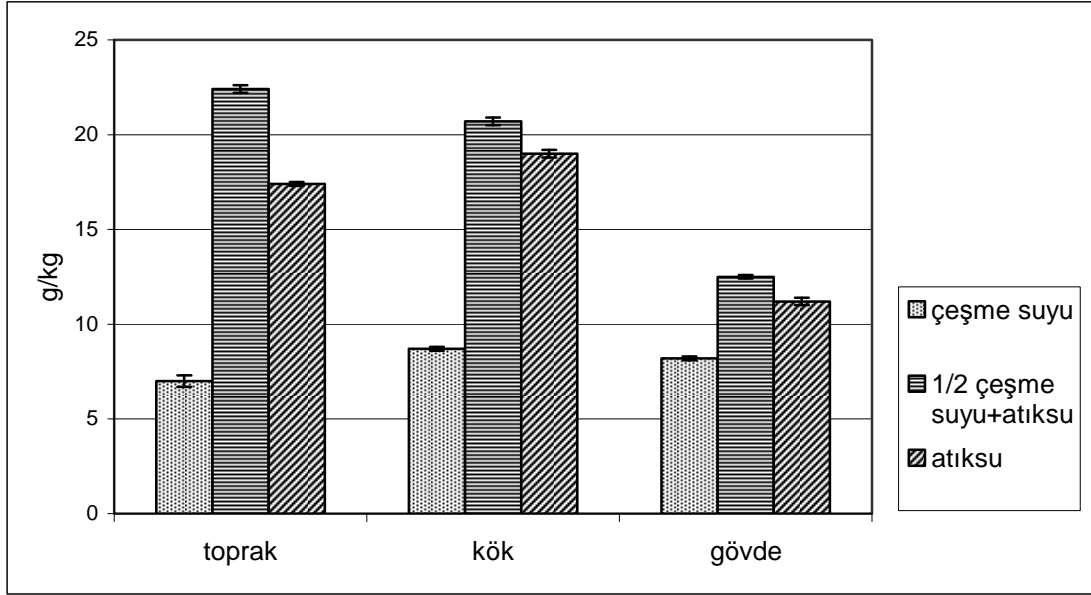
Çalışma sonunda Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) bitkisinde fosfor (P) birikiminin toprak altı ( $66,2 \pm 0,2$  g/kg) aksamında  $\frac{1}{2}$  çeşme suyu + atıksu karışımı ortamında, toprak üstü ( $46,6 \pm 0,1$  g/kg) aksamında ise, atıksu ortamında, en yüksek değere ulaştığı görülmüştür.

Bitkide, fosfor (P) birikimi, toprak altı aksamda  $\frac{1}{2}$  çeşme suyu + atıksu karışımı ortamında, toprak üstü aksamda atıksu ortamında en yüksek değerde ölçülürken, bunu atıksu ortamında yetişen bitkilerin toprak altı ( $45,6 \pm 0,2$  g/kg) ve çeşme suyu ortamında yetişen bitkilerin toprak üstü ( $15,1 \pm 0,3$  g/kg) aksamlarında yapılan ölçümler izlemiştir.

Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) bitkisinde toprak altı ( $32 \pm 0,4$  g/kg) aksamda çeşme suyu ile sulanan ortamda ve toprak üstü ( $13,7 \pm 0,2$  g/kg) aksamda  $\frac{1}{2}$

çeşme suyu + atıksu karışımı ile sulanan ortamda en düşük fosfor (P) birikimi ölçülmüştür.

Araştırmada kullanılan Bermuda Çim (*Cynodon dactylon*) bitkisinin, toprak, toprak altı ve toprak üstü aksamlarının, çalışma sonunda tespit edilmiş olan fosfor (P) değerleri Şekil 4.12' de verilmiştir.

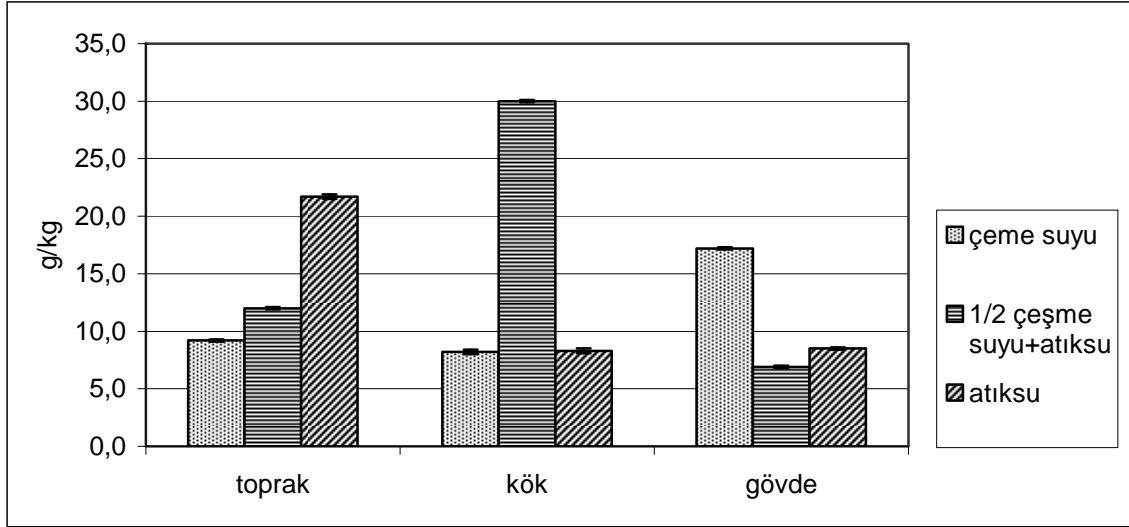


**Şekil 4.12.** Bermuda Çimi (*Cynodon dactylon*) Bitkisinde Fosfor (P) Değerleri

Çalışma sonunda Bermuda Çim (*Cynodon dactylon*) bitkisinin toprak altı ( $20,7 \pm 0,2$  g/kg) ve toprak üstü ( $12,5 \pm 0,1$  g/kg) aksamında fosfor (P) birikiminin 1/2 çeşme suyu + atıksu karışımı ortamında, en yüksek değere ulaştığı görülmüştür.

Bitkide, fosfor (P) birikimi, 1/2 çeşme suyu + atıksu karışımı ortamında, toprak altı ve toprak üstü aksamda en yüksek değerde ölçülürken, toprak altı ( $19 \pm 0,2$  g/kg) ve toprak üstü ( $11,2 \pm 0,2$  g/kg) aksamda atıksu ortamında fosfor (P) birikimi ikinci sırayı izlemiştir. En düşük fosfor (P) değerleri ise, toprak altı ( $8,7 \pm 0,1$  g/kg) ve toprak üstü ( $8,2 \pm 0,1$  g/kg) aksamda çeşme suyu ortamında ölçülmüştür.

Araştırmada kullanılan Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) bitkisinin, toprak, toprak altı ve toprak üstü aksamlarının, çalışma sonunda tespit edilmiş olan Fosfor (P) değerleri Şekil 4.13' de verilmiştir.



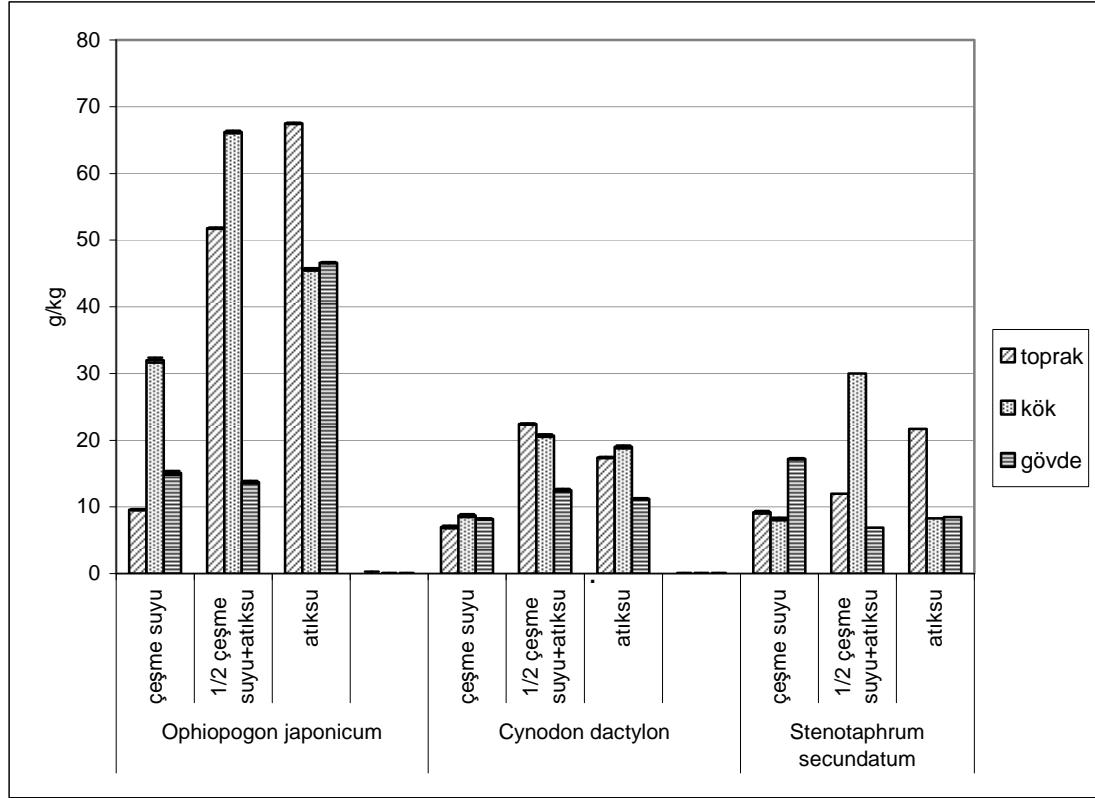
**Şekil 4.13.** Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) Bitkisinde Fosfor (P) Değerleri

Çalışma sonunda Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) bitkisinin toprak altı aksamda ( $30 \pm 0,1$  g/kg)  $\frac{1}{2}$  çeşme suyu + atıksu karışımı ortamında ve toprak üstü ( $17,2 \pm 0,1$  g/kg) aksamında çeşme suyu ortamında yetişen bitkilerde fosfor (P) birikiminin, en yüksek değere ulaştığı görülmüştür. Fosfor (P) birikimi, toprak altı aksamda  $\frac{1}{2}$  çeşme suyu + atıksu karışımı ortamında, toprak üstü aksamda çeşme suyu ortamında en yüksek değerde ölçülürken, bunu atıksu ortamında yetişen bitkilerin toprak altı ( $8,3 \pm 0,2$  g/kg) ve toprak üstü ( $8,5 \pm 0,1$  g/kg) aksamda yapılan ölçümler izlemiştir.

Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) bitkisinde toprak altı aksamda ( $8,2 \pm 0,2$  g/kg) çeşme suyu ortamında, toprak üstü ( $6,9 \pm 0,1$  g/kg) aksamda en düşük fosfor (P) birikimi,  $\frac{1}{2}$ çeşme suyu + atıksu ortamına yetişen bitkide ölçülmüştür.

Araştırmada kullanılan bitkilerin, toprak, toprak altı ve toprak üstü aksamlarının, çalışma sonunda tespit edilmiş olan karşılaştırmalı fosfor (P) değerleri Şekil 4.14. ve Şekil 4.15’de verilmiştir.



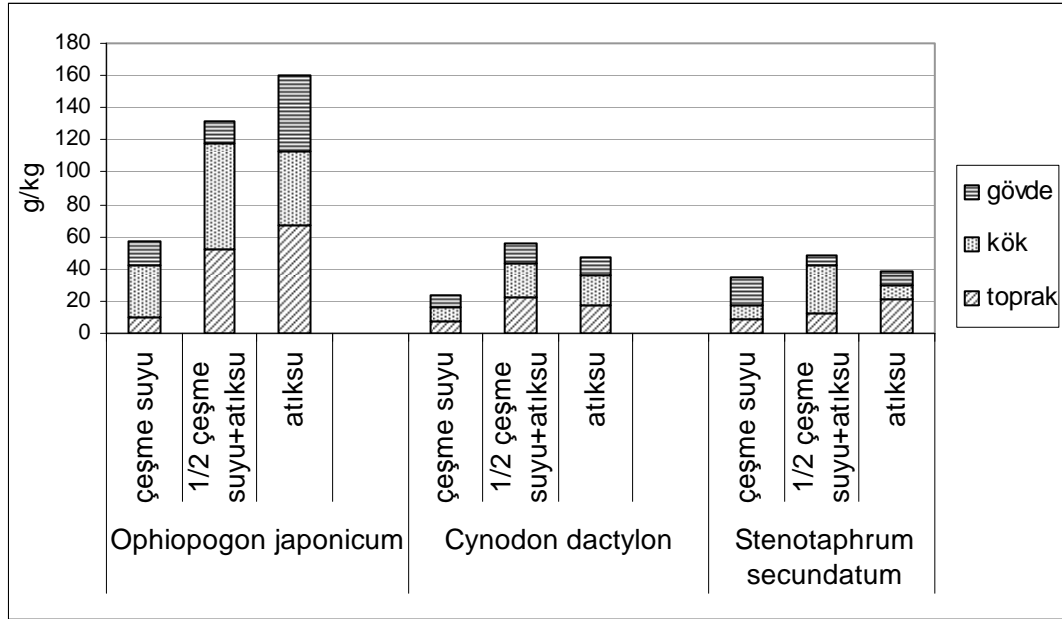


**Şekil 4.14.** Araştırmada Kullanılan Bitkilerin Karşılaştırmalı Fosfor (P) Değerleri

Grafikte de görüldüğü gibi üç çim türünden en yüksek fosfor (P)  $67,5 \pm 0,1$  g/kg değeri ile Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) bitkisinde atıksu ortamında görülmüştür. Atıksu ile sulanan ortamda yetişen bitkilerde fosfor (P) birikimi en üst düzeyde elde edilmiştir.  $\frac{1}{2}$  çeşme suyu + atıksu ortamında elde edilen değerler ikinci sırada yer alırken, tüm bitkiler için çeşme suyu ile sulamada bitkilerin fosfor (P) alımı en düşük düzeyde olmuştur.

Bitki aksamalarına bakıldığında en yüksek değerde fosfor (P) birikimi kök bölgesinde görülmüştür. Araştırma bitkileri içerisinde kökte,  $\frac{1}{2}$  çeşme suyu + atıksu karışımı ortamında, Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) bitkisinde,  $66,2 \pm 0,2$  g/kg değeri ile en yüksek düzeyde Fosfor (P) birikimi görülmüştür. Bitki aksamalarına göre en düşük fosfor (P) değeri ise Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) bitkisinde  $\frac{1}{2}$  çeşme suyu + atıksu karışımı ortamında, toprak üzeri aksamalarda,  $6,9 \pm 0,1$  g/kg değeri ile karşımıza çıkmıştır. Öcal (2005)'in Bermuda Çimi (*Cynodon dactylon*)

bitkisiyle yapmış olduğu çalışmada en yüksek fosfor birikiminin kökte, Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) ve Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) bitkileriyle yapmış olduğu çalışmada en yüksek fosfor birikiminin yine kökte olduğunu belirtmiştir.



**Şekil 4.15.** Araştırmada Kullanılan Bitkilerin Karşılaştırmalı Fosfor (P) Değerleri

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu araştırmada, organik içeriği yüksek, mısırdan nişasta üretimi elde edilen işleme tesisinden oluşan ön artılmış nişasta atıksularının yer örtücü bitkiler üzerinde kullanımına ve ileri artılmasına bir alternatif sunulmuştur. Nişasta atıksuları yüksek oranda protein ve nişasta içerdiğinden organik kirlilik yükü kuvvetli atıksu olup arıtma işlemleri yüksek maliyetli ve oldukça güçtür.

Bu çalışmada bu arıtma işlemlerine bir alternatif olarak, ön artılmış nişasta atıksularının bitki gelişiminde kullanılabilme olanaklarının araştırılması amacı ile yer örtücü bitkilere yetişme ortamı olarak torf kullanılması koşulunda bitkilerin gelişimleri ve bünyelerinde biriktirdikleri azot ve fosfor miktarları incelenmiştir.

Çalışmada, günümüzde dünyanın sıcak ve ılıman iklimlerinde yaygın olarak kullanılan sıcak iklim çimlerinden Bermuda Çimi (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) ve sıcak iklim çimlerinden farklı olarak Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan çim türlerinden Bermuda Çimi (*Cynodon dactylon*) ve Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) yeşil ıslah amaçlı bazı çalışmalarda kullanılan türlerdir.

Araştırmada kullanılan bitki türlerinden Bermuda Çimi (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), deneme sonunda boy ve yüzey örtülülüğü değerlendirildiğinde boy gelişimi ve yüzey örtülülüğü açısından en iyi gelişimi gösteren bitki türü olduğu görülmektedir. Bitkiler deneme sonunda canlılıklarını kaybetmeden koyu yeşil renklerini korumuşlar ve atıksu ile sulanan ortamda en koyu renk aldığı gözlenmiş olup, boy gelişimlerinde de etkili bir ilerleme olmuştur.

Kimyasal analizler sonucunda, Bermuda Çimi (*Cynodon dactylon*) bitkisinin toprak altı ( $6,4\pm 0,1$  g/kg) ve toprak üstü ( $6,1\pm 0,3$  g/kg) aksamlarında azot (N) birikiminin, çeşme suyu ile sulanan ortamda, en yüksek değere ulaştığı görülmüştür. Bitkinin toprak altı aksamında ( $2,4\pm 0,3$  g/kg) değer ile atıksu ile sulanan ortamda ve toprak üstü aksamda ( $1,7\pm 0,2$  g/kg) değer ile çeşme suyu+atıksu karışımında sulanan ortamda en düşük azot (N) birikimi ölçülmüştür.

Bermuda Çimi (*Cynodon dactylon*) bitkisinin toprak altı ( $20,7\pm 0,2$  g/kg) ve toprak üstü ( $12,5\pm 0,1$  g/kg) aksamında fosfor (P) birikiminin ½ çeşme suyu + atıksu

karışımı ortamında, en yüksek değere ulaştığı görülmüştür en düşük fosfor (P) birikimi, toprak altı ( $8,7\pm 0,1$  g/kg) ve toprak üstü ( $8,2\pm 0,1$  g/kg) aksamalarda çeşme suyu ile sulanan ortamda yetişen bitkilerde ölçülmüştür.

Karaçim (*Ophiopogon japonicum*)'in deneme sonunda boy ve yüzey örtülülüğü değerlendirildiğinde boy gelişimi ve yüzey örtülülüğü açısından iyi bir gelişim gösteremediği, bitkilerin canlılıklarını kaybetmiş ve cılız olduğu görülmüştür. Bu bitki türü, toprak altı ve toprak üstü aksamalarında fosfor (P) birikimi performansı bakımından en başarılı tür olmakla birlikte bitki gelişimi ve canlılığı bakımından iyi bir gelişim gösterememiştir.

Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) bitkisinin toprak altı ( $8,3\pm 0,2$  g/kg) ve toprak üstü ( $6,2\pm 0,3$  g/kg) aksamalarında azot (N) birikiminin, tamamı çeşme suyu ile sulanan ortamda, en yüksek değere ulaştığı görülmüştür. Bitkinin toprak altı ( $2,9\pm 0,6$  g/kg) ve toprak üstü ( $2,5\pm 0,5$  g/kg) aksamda en düşük azot (N) birikimi, atıksu ortamında yetişen bitkide ölçülmüştür.

Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) bitkisinde fosfor (P) birikiminin toprak altı ( $66,2\pm 0,2$  g/kg) aksamında  $\frac{1}{2}$  çeşme suyu + atıksu karışımı ortamında, toprak üstü ( $46,6\pm 0,1$  g/kg) aksamında ise, atıksu ortamında, en yüksek değere ulaştığı görülürken, en düşük fosfor (P) birikimi toprak altı ( $32\pm 0,4$  g/kg) aksamda çeşme suyu ile sulanan ortamda ve toprak üstü ( $13,7\pm 0,2$  g/kg) aksamda  $\frac{1}{2}$  çeşme suyu + atıksu karışımı ile sulanan ortamda ölçülmüştür

Yengeçotu (*Stenotaphrum secundat*)'nun deneme sonunda boy ve yüzey örtülülüğü değerlendirildiğinde boy gelişimi açısından iyi bir gelişim gösterdiği, bitkinin canlılığını kaybetmediği, toprak üstü aksamda canlılıklarını çok iyi koruduğu görülmüştür.

Kimyasal analizler sonucunda, Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) bitkisinin toprak altı ve toprak üstü aksamında azot (N) birikiminin, çeşme suyu ile sulanan ortamda, toprak altı ( $6,6\pm 0,3$  g/kg) ve toprak üstü ( $5,3\pm 0,2$  g/kg) aksamda en yüksek değerde ölçülürken, toprak altı ( $1,9\pm 0,2$  g/kg) ve toprak üstü ( $1,6\pm 0,3$  g/kg) aksamalarında en düşük azot (N) birikimi,  $\frac{1}{2}$  çeşme suyu+atıksu karışımında sulanan ortamda yetişen bitkilerde ölçülmüştür.

Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) bitkisinin toprak altı aksamda ( $30\pm 0,1$  g/kg) ½ çeşme suyu + atıksu karışımı ortamında ve toprak üstü ( $17,2\pm 0,1$  g/kg) aksamında çeşme suyu ortamında yetişen bitkilerde fosfor (P) birikiminin, en yüksek değere ulaştığı görülmüştür. Bitkide toprak altı aksamda ( $8,2\pm 0,2$  g/kg) çeşme suyu ile sulanan ortamda, toprak üstü ( $6,9\pm 0,1$  g/kg) aksamda en düşük fosfor (P) birikimi, 1/2çeşme suyu + atıksu ile sulanan ortamda yetişen bitkide ölçülmüştür.

Araştırma sonucunda bitki gelişimi, canlılığı ve yüzey örtülülüğü açısından en başarısız tür Karaçim (*Ophiopogon japonicum*), bitkinin toprak altı ve toprak üstü aksamlarında azot (N) ve fosfor (P) birikimi performansı bakımından en başarısız tür Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) bitkisi olmuştur.

Çalışma sonucunda, Bermuda Çimi (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) bitkisinin, atıksu, ½ atıksu ve çeşme suyu karışımı ve sadece çeşme suyu ile sulanan yetiştirme ortamlarında, boy gelişimi ve yüzey örtülülüğü açısından en iyi gelişimi gösteren bitki türü olduğu görülmüştür. Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) ise çeşme suyu ile sulanan ortamda, toprak altı ve toprak üstü aksamlarında azot (N) birikimi, ½ atıksu ve çeşme suyu karışımı ve sadece çeşme suyu ile sulanan ortamda ise fosfor (P) birikimi performansı bakımından en başarılı tür olmuştur ancak bitki gelişimi ve canlılığı bakımından iyi bir gelişim gösterememiştir. Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) bitkisi ise boy ve yüzey örtülülüğü gelişimi açısından Bermuda Çimi (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.)'nden sonra gelmekte olup iyi bir gelişim göstermiştir. Ancak toprak altı ve toprak üstü aksamlarında azot (N) ve fosfor (P) birikimi performansı bakımından en düşük değerlerdeki tür olmuştur.

Atıksu ile sulanan ortamda, Bermuda Çimi (*Cynodon dactylon*) bitkisi diğer ortamlara göre daha koyu yeşil renk almıştır. Ayrıca ½ atıksu ve çeşme suyu karışımı ve sadece çeşme suyu ile sulanan ortamlarda da bitkinin canlılığı ve yüzey örtülülüğü performansı çok iyi görülmüştür. Bu nedenle nişasta atıksularının kullanımına uygun olmakla birlikte, yeşil görünümleri ile de alanların peyzajlarını sağlamış olacaktır.

Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) bitkisi hem atıksu ile sulanan ortamda hem de ½ atıksu ve çeşme suyu karışımı ile sulanan ortamda canlılığı, yüzey örtülülüğü ve bitki gelişimi bakımından başarılı olması bu bitkinin nişasta atıksularının kullanımına uygun olabileceği gözlenmiştir.

Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) bitkisi ise kök ve gövdelerinde azot (N) ve fosfor (P) birikimi bakımından çok başarılı bir tür olmuştur. Bu bitkinin diğer bitkilerle bir arada kullanılması ile bu bitkinin de azot (N) ve fosfor (P) birikimi performansının yüksek olması nedeniyle başarı oranının yükseleceği düşünülmektedir. Ancak Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) bitkisinin boy gelişimi ve yüzey örtülülüğü açısından iyi bir gelişim gösteremediği, bitkilerin canlılıklarını iyi koruyamamaları nedeniyle tek başına alanın peyzajı için uygun değildir. Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) bitkisinin azot (N) ve fosfor (P) birikimi yüksek olsa dahi bu bitkinin yüzeyi kaplama miktarı az olduğu için toplam alandan kaldırılan azot Bermuda Çimine (*Cynodon dactylon*) göre avantajlı olmayabilir.

Çalışma sonunda, bitki gelişimi, azot (N) ve fosfor (P) birikimi performansı bakımından başarılı olduğu düşünülen Bermuda Çimi (*Cynodon dactylon*) ve Karaçim (*Ophiopogon japonicum*) yüzey örtülülüğü ve bitki canlılığı bakımından Bermuda Çimi (*Cynodon dactylon*) ve Yengeçotu (*Stenotaphrum secundatum*) bitkilerinin farklı atık sularda gösterebilecekleri başarının incelenmesi faydalı olacaktır.

## **KAYNAKLAR**

- A.O.A.C., 1990 Official Methods of Analysis. 955.04
- ARIENZO M., ADAMO P., COZZOLINO V., 2004, "The potential of *Lolium perene* for revegetation of contaminated soil from a metallurgical site" , Science of The Total Environment, Volume 319, Issues 1-3, p. 13-25
- AŞIK B. B., KATKAT A. V., 2005, "Gıda Sanayi Arıtma Tesisi Atık Suyu'nun Sulama Suyu Olarak Kullanım Olanakları" Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Cilt 19(2) s. 23-31
- AVCIOĞLU, R., 1997, Çim Tekniği Yeşil Alanların Ekimi Dikimi ve Bakımı, Ege Üniversitesi Matbaası, Bornova-İzmir s.90-97-105.
- BALDWIN P. R. AND BUTCHER D. J. 2007, "Phytoremediation of arsenic by two hyperaccumulators in a hydroponic environment", Microchemical Journal volume 85 issue 2 p. 297-300
- BECH, J., POSCHENRIEDER, C., BARCELO, J., LANSAC, A., 2002, "Plants from Mine Spoils in the South American Area as Potential Sources of Germplasm for Phytoremediation Technologies" Acta Biotechnol. 22. (2002) 1-2, 5-11.
- BLAYLOCK M. J., HUANG J. W., 2000, "Phytoextraction of Metals" Phytoremediation of Toxic Metals. Using Plants to Clean up The Environment" A Wiley-Interscience Publication, Section III, Volume 5, p. 53-70
- BLANCHARD, P. H., 1992 Technology of Corn Wet Milling, Elsevier USA
- BLEEKER, M.P., ASSUNCAO, G.L., VERKLEIJ A.C., 2002, Revegetation of the Acidic as Contaminated Jales Mine Spoil Tips Using a Combination of Spoil Amendments and Tolerant Grasses, The Science of the Total Environment 300, p.1-13.
- BOYD C. E., TUCKER C. S., 1992, Water Quality and Pond Soil Analysis for Aquaculture Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, p. 183, Alabama
- BROWN, R. G. 1985, Effects of wetlands on runoff entering lakes in the Twin Cities metropolitan area, Minnesota. U.S. Geological Survey, Water Resource

- Investigations report 85-4170. In *Freshwater wetlands, urban stormwater and nonpoint pollution control: A literature review and annotated bibliography*, ed. E.C. Stockdale. 2d ed. (1991). Washington State Department of Ecology, Olympia, WA.
- BURGOON, P. S., KADLEC, R. H., HERDERSON M., 1999, "Treatment of Potato Processing Wastewater With Engineered Natural Systems", *Water Science and Technology* Vol. 40 No. 7, pp.17-24
- CALHEIROS C. S. C., RANGEL A. O. S. S., CASTRO P. M. L., 2007, "Constructed Wetland Systems Vegetated With Different Plants Applied To The Treatment Of Tannery", *Wastewater Water Research*, Volume 41, Issue 8, p. 1790-1798
- COSSU R., HAARSTAD K., LAVAGNOLO M.C., LITTARRU P., 2001, "Removal Of Municipal Solid Waste Cod And  $\text{NH}_4\text{-N}$  By Phyto-Reduction: A Laboratory-Scale Comparison Of Terrestrial And Aquatic Species At Different Organic Loads", *Ecological Engineering*, Volume 16, Issue 4, p. 459-470
- CORN REFINERS ASSOCIATION, 1999, [www.corn.org](http://www.corn.org)
- CUNNINGHAM, S., BERTI, W.R., 1993, Remediation of contaminated soils with green plants: an overview. *In Vitro Cell Dev. Biol.* 29, p. 207-219.
- DALZELL, J. M., 1994, "Food Industry and The Environment: Practical Issues and Cost Implications, Blackie Academic and Professional, London.
- DEL RIO, M., FONT, R., ALMELA, C., VELEZ, D., MONTORO, R., DE HARO BAILON, A., 2002, Heavy metals and arsenic uptake by wild vegetation in the Guadamar river area after the toxic spill of the Aznalcollar mine. *J Biotechnol.* 2002 September 11, 98 (1), p.125-137.
- DEMIREZEN YILMAZ D., 2007, "Effects of salinity on growth and nickel accumulation capacity of *Lemna gibba* (Lemnaceae) *Journal of Hazardous Materials*", Volume147,Issues1-2,p.74-77



- DEVLET PLANLAMA TEŞKİLATI, 2001, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı  
Gıda Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Nişasta ve Nişasta Bazlı  
Şekerler Alt Komisyon Raporu, Ankara
- DMİ Genel Müdürlüğü, 1974, Ortalama ve Ekstrem Kıymetler Meteoroloji Bülteni,  
Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Başbakanlık Basımevi,  
ANKARA, s 674.
- EPA, 2000 (Environmental Protection Agency), “Introduction to Phytoremediation”,  
EPA/600/r-99/107, Cincinnati, Ohio, U.S.A, p 72, <http://www.clu-in.org>
- EPA, 2001, “Guiding Principles for Constructed Wetlands”.
- ERDOĞAN KÜÇÜK, R., 2004, Katı Atıkların Depolanması Sonrasında Bitkisel  
Gelişim ve Adana- Sofulu Çöplüğü Üzerine Bir Araştırma, Çukurova  
Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana, 33 s.
- EREMEK TAR G. KARAHAN O. GERMİRLİ F. ÖVEZ S. ÜNER H. ORHON D.,  
2002, “Biological treatability of a Corn Wet Mill Effluent” Water Science  
Technology, Volume 45, No 12, p. 339-346
- ERŞAHİN, M. E., TEZER B. H., ÖZTÜRK İ., BİLGE C., 2006, “Mısır İşleme  
Endüstrisinde Kirlilik Profili ve Atık Azaltımı Yaklaşımı” İstanbul Teknik  
Üniversitesi Su Kirlenmesi Kontrolü Dergisi Cilt 16 Sayı:1-3 s. 25-33
- ERŞAHİN M. E., 2005, “Mısır İşlemesi Atıksularının Anaerobik Artımına ADM1  
Modelinin Uygulanması” Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü  
İstanbul
- EUROPEAN STARCH ASSOCIATION (ESA), 2001,  
[www.corn.org/web/processc.htm](http://www.corn.org/web/processc.htm)
- FAO, 2002, Food and Agriculture Organization of United Nations,  
<http://www.fao.org>
- FARRELL, S., HILLARD, J., McCURDY, M., 1999, “Unassisted and Enhanced  
Remediation Studies for Onshore Oil Spills” Concept Development Louisiana  
Applied and Educational Oil Spill Research and Development Program,  
OSRADP Technical Report Series 98-002.

- GRAHAM A. R., ISHERWOOD, H. I., WALLIS F. M., 1994 “ Evaluation of Two Upflow Anaerobic Digesters Purifying Industrial Wastewaters High in Organic Matter” Water Science and Technology vol. 29, Issue 9, p. 225-229
- GUERRO, C., GOMEZ, I., MORAL, R., MARAIX-BENEYTO J., HERNANDEZ T., 2001 “Reclamation of a Burned Forest Soil with Municipal Waste Compost: Macronutrient Dynamic and Improved Vegetation Cover Recovery” Bioresource Tecnology, Volume 76, Issue 3, PII:S09608524(00)00125-5, Spain, p. 221-227.
- GZIKOFF, K.G., 1990, Spoil Management and Revegetation Success on Waste Rock Dumps at a Southern Interior British Columbia Copper Mine. The University of British Columbia Msc Thesis, Canada, ISBN:0-315-59587-6, p. 176.
- HEBEDA, R., 1987 Corn: Chemistry and Technology. Watson SA and Ramstad pp.501-534
- HENRY J., 2000 “An Overview oh the Phytoremediation of lead and Mercury”. U.S. EPA, Office of Solid Waste and Emergency Response Technology Innovation Office, p.51
- İNCE O., 1990 “Endüstriyel Atıksyaların Arıtma Verimini Arttıran Yeni Bir Teknoloji: Membran Crossflow Ultrafiltrasyon Tekniği” Ekoloji Dergisi s.36-39
- JOHNSON, L. A., 1991 Steeping Maize İn The Presence Of Multiple Enzymes. I. Static Batchwise Steping. Cereal Chem. 68:7-12
- KANBER, R., 1997 Sulama Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:174, Ders Kitapları Yayın No:52
- KINNEAR P. R., GRAY C. D., 1994 SPSS for Windows Made Simple. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, Hillsdale, USA p.97-120
- KIRTOK Y., 1998 “ Mısır Üretimi ve Kullanımı” Kocaoluk Basım ve Yayınevi, İstanbul s.25-35

- LEUNG H. M., YE Z. H., WONG M. H., 2007, Survival strategies of plants associated with arbuscular mycorrhizal fungi on toxic mine tailings Chemosphere Volume 66, Issue 5, p. 905-915
- MANDÍ, L., 1994, Marrakesh Wastewater Purification Experiment Using Vascular Aquatic Plants *Eichornia crasipes* and *Lemna gibba*. Water Science Technology, 29.283-287
- MCINTYRE, T., 2003, Phytoremediation of Heavy Metals From Soils. Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology. Vol.78, pp 97-123
- MEAGHER, R. B., 2000, Phytoremediation of toxic elemental and organic pollutants. Current Opinion in Plant Biology , Vol. 3 p.153–162
- ORON, G., 1994, Duckweed Culture For Wastewater Renovation And Biomass Production. Agricultural Water Management, 26.27-40
- OW, D.W., 1996, Heavy Metal Tolerance Genes: Prospective Tools For Bioremediation. Resources, Conservation Recycling 18, p 135-149.
- ÖCAL, A., 2005, Zeytinyağı Atık Suyu ve Pirininin Bitki Yetiştirilmesinde Kullanım Olanaklarının Anlaşılması, Çukuroava Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana
- ÖVEZ, S., EREMEKTAR, G., GERMİRLİ, F. G., ORHON, D., 2001 “Pollution Profile of a Wet Mill” Fresenius Environmental Bulletin 10, 6, 539-544
- ÖZBEK, H., KAYA, Z., TAMCI, M., 1984. Bitkinin Beslenmesi ve Metabolizması. (Mengel, K.’dan çeviri). Ç.Ü.Z.F.Yay.: 162, Ders Kitabı:12. A.Ü. Basımevi
- ÖZTÜRK İ., ERŞAHİN, M. E., TEZER, B. H., 2005 Cargill Orhangazi Mısır İşleme Fabrikası’nda Atık Yönetimi, Kirlilik Profili Teknik Rapor, İTÜ Geliştirme Vakfı İktisadi İşletmesi, İTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü, İSTANBUL
- ÖZTÜRK İ., GENÇSOY E. B., AYDIN A. F., KIRMIZI Y., EKER Z., 2003 Patates İşleme Endüstrisi Atıksularının İki Kademeli Biyolojik Arıtımı, İstanbul Teknik Üniversitesi Su Kirlenmesi Kontrolü Dergisi Cilt 13 Sayı:1 s. 1-9
- PENA CASTRO J. M., BARRENA B. E., FERNANDEZ, L., MEDRANO R. L., 2006 “Isolation and Identification of Up-Regulated Genes in Bermudagrass Roots (*Cynodon dactylon* L) Grown Under Petroleum Hydrocarbon Stress” Plant Science, Volume 170, Issue 4, p. 724-731

- PIVETZ, B.E., 2001, "Phytoremediation of Contaminated Soil and Ground Water at Hazardous Waste Sites" United States Environmental Protection Agency EPA, 540/S-01/500, p 36.
- RAJASIMMAN M., KARTHIKEYAN C., 2007, "Aerobic Digestion of Starch Wastewater in a Fluidized Bed Bioreactor with Low Density Biomass Support" Journal of Hazardous Materials, Volume 143, Issue1-2, p.82-86
- ROBINSON B, KIM N, MARCHETTI M, MONI C, SCHROETER L, DIJSSEL C, MILNE G AND CLOTHIER B, 2006, "Arsenic hyperaccumulation by aquatic macrophytes in the Taupo Volcanic Zone, New Zealand", Environmental and Experimental Botany, Volume 58, Issues 1-3, P. 206-215
- RULKENS, W.H., TICHY, R., GROTENHUIS, J.T.C., 1998, "Remediation of Polluted Soil and Sediment: Perspectives and Failures" Water Sci. Technol. 37, p 27-35.
- SADOWSKY, M.J., 1999, "Phytoremediation: Past Promises and Future Practises" Microbial Biosystems: New Frontiers, Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Symposium on Microbial Ecology, Bell CR, Brylinsky M, Johnson-Green P(ed), Atlantic Canada Society for Microbial Ecology, Halifax, Canada,
- SCHMEISKY, H., PODLACHA, G., 2000, "Natural Revegetation of Saline Waste Dumps drought Tolerant Specialists and Halophytes, Landscape and Urban Planning" Volume 51, Issues 2-4, PII:S0169-2046(00)00106-7, Germany, p. 159-163.
- SCHNOOR, J.L., 2002, "Phytoremediation of soil and ground water" GWRTAC (Ground-Water Remediation Technologies Analysis Center) Technology Evaluation Report TE-02-01 45 P.
- SDMMA Proje Grubu 1981. Düzce Mısır Özü Yağı Fabrikası Fizibilite Etüdü, Adapazarı
- SHU W. S., YE Z. H., LAN C. YZHANG., Z. Q., WONG M. H., 2002 "Lead, zinc and copper accumulation and tolerance in populations of Paspalum distichum and Cynodon dactylon" Environmental Pollution, Volume 120, Issue 2, p.445-453

- SKERMAN, P.J., RIVEROS, F., 1990. Tropical grasses, FAO Plant Production and Protection Series No.23, ISBN 92-5-101128-1, Rome
- SUTHERSON, S. S., 1999, "Phytoremediation", "Remediation Engineering: Design Concepts" Kitabı, Sutherson, S.S. (editör). CRC Press LLC. Boca Raton.
- ŞENGÖRÜR B., 1994, "Mısır-Nişasta Sanayi Atıksularının Yukarı Akışlı Havasız Çamur Yataklı Reaktörle Arıtımında Proses Verimine Atki Eden Faktörlerin İncelenmesi" Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- ŞENGÜL, F., 1989 Endüstriyel Atıksuların Özellikleri ve Arıtılması, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Basım Ünitesi, s 270-274, İzmir
- THORPE, M.B., 1989, Rehabilitation Studies on Saline Land Caused by Potash Mining Activity (Mine Tailing). Phd Thesis, The University of Saskatchewan (Canada), ISBN:0-315-58869-1, p. 182.
- ÜNAL M. Ü., AKSAY S., YILMAZ T., 2005(a) " Sıcaklığın Karbonhidratların Aneorabik Giderimine Etkisi", Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Bölüm 20, s. 27-35
- ÜNAL M. Ü., AKSAY S., YILMAZ T., 2005(b) " Karışık Substratın Aneorabik Arıtım Stabilitesine Etkisi", Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Bölüm 20, s. 37-44
- VALTCHO D. ZHELJAZKOV, LYLE E. CRAKER AND BAOSHAN XING 2006, "Effects of Cd, Pb, and Cu on growth and essential oil contents in dill, peppermint, and basil", Environmental and Experimental Botany, Volume 58, Issues 1-3, p.9-16
- VICKERMAN D. B., SHANNON M. C., BAÑUELOS G. S., GRIEVE C. M., TRUMBLE J. T., 2002, "Evaluation of Atriplex lines for selenium accumulation, salt tolerance and suitability for a key agricultural insect pest", Environmental Pollution, Volume 120, Issue 2, p. 463-473
- YILMAZ H., KARAHAN F., BULUT Z., DEMİRCAN N., ALPER H., 2002, Su Havzalarında Toprak ve Su Kaynaklarının Korunması, Geliştirilmesi Ve Yönetimi Sempozyumu, 77-84, Erzurum

- WEAVER R. W., MELTON J. R., WANG D., DUBLE R. L., 1984, "Uptake of arsenic and mercury from soil by bermudagrass *Cynodon dactylon*", Environmental Pollution Series A, Ecological and Biological, Volume 33, Issue 2, p. 133-142
- WEI C. Y., CHEN T-B 2006, "Arsenic accumulation by two brake ferns growing on an arsenic mine and their potential in phytoremediation", Chemosphere, Volume 63, Issue 6, p. 1048-1053
- XIA H. P., 2004, "Ecological Rehabilitation And Phytoremediation With Four Grasses In Oil Shale Mined Land", Chemosphere, Volume 54, Issue 3, p. 345-353
- ZAIMOĞLU Z., SÖĞÜT Z., ERDOĞAN KÜÇÜK R., DOĞAN S., 2002, Toprak ve Su Kirliliğinde Bitkisel Islah-Phytoremediation Yöntemlerinin Adana İli Örneğinde Uygulanabilirliği, 1. Ulusal Çevre Sorunları Sempozyumu, s 828-837, Erzurum.
- ZEEWALKINK, J.A., MAASKANT, W., 1983, Biogas From Effluents of Starch Industries by Anaerobic Treatments. 34 th Starch Convention of the Association of Cereal Research: Detmold

## ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Osmaniye’de doğdum. İlk, orta ve lise eğitimimi Osmaniye’de tamamladım. 1999 yılında Mersin Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü’nde lisans eğitimime başlayarak 2004 yılında tamamladım. Aynı yıl Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans eğitimini kazandım. Şuanda Çevre ve Orman Bakanlığı’nda, ÇED ve Planlama Genel Müdürlüğü Atık ve Kimya Tesisleri Şubesi’nde Uzman Yardımcısı olarak görev yapmaktayım.