

**KOCAELİ KENTSEL ARITILMIŞ
ATIKSULARININ SULAMADA KULLANIM
OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

Hasan ADA

Yüksek Lisans Tezi

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Lokman DELİBAŞ

2011

T.C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KOCAELİ KENTSEL ARITILMIŞ ATIKSULARININ
SULAMADA KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Hasan ADA

TARIMSAL YAPILAR ve SULAMA ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Prof. Dr. LOKMAN DELİBAŞ

TEKİRDAĞ-2011

Her hakkı saklıdır

Prof. Dr. Lokman DELİBAŞ danışmanlığında, Hasan ADA tarafından hazırlanan bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından. Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Juri Başkanı : Prof. Dr. Lokman DELİBAŞ

İmza :

Üye : Prof. Dr. Aydın ADILOĞLU

İmza :

Üye : Doç. Dr. Fatih KONUKÇU

İmza :

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun tarih ve sayılı
kararıyla onaylanmıştır.

Doç. Dr. Fatih KONUKÇU

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KOCAELİ KENTSEL ARITILMIŞ ATIKSULARININ SULAMADA KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Hasan ADA

Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Lokman DELİBAŞ

Arıtılmış atıksuların rekreasyon, tarımsal ve sanayi alanlarında kullanımı, alternatif bir su kaynağı sağlaması, bununla birlikte yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının korunması ve kullanılan gübre miktarının azalması gibi avantajlar sağlayabilmektedir. Ancak bilinçsiz bir şekilde kullanılması halinde insan sağlığı ve çevre üzerinde oluşturabileceği olumsuz etkiler iyi bir şekilde değerlendirilmelidir.

Bu çalışmada İzmit Su ve Kanalizasyon (İSU) Genel Müdürlüğüne bağlı Kullar atıksu arıtma tesisinden temin edilen atıksu kullanılmıştır. Arıtma tesisinden temin edilen atıksu üzerinde yapılan analizler sonucunda ağır metal içerikleri Toprak Kirliliğinin Kontrol Yönetmeliği'nde (TKKY) belirtilen sınır değerlerin altında olduğu belirlenmiştir.

Yürütülen çalışmada 5 farklı şebeke ve atıksu karışımı (%0, %25, %50, %75, %100) çim bitkisi üzerine uygulanmıştır. Deneme sonucunda çim bitkisinin bitki boyu ve bitki yaş ağırlık değerleri incelenmiş ve bu değerlerin arıtılmış atıksu miktarının artmasına bağlı olarak arttığı gözlemlenmiştir.

Deneme sonucunda parsellerinden alınan toprak örnekleri üzerinde yapılan ağır metal analizleri sonucunda tüm karışım değerlerinde Cd değeri yüksek çıkmakla birlikte arıtılmış atıksuyun %75 ve %100 uygulandığı konularda Toprak Kirliliğinin Kontrol Yönetmeliği'nde (TKKY) belirtilen 3 mg/kg sınır değeri aşarak sırasıyla 3,33 mg/kg ve 3,24 mg/kg olarak belirlenmiştir. Toprak örnekleri analiz sonucunda Hg değeri arıtılmış atıksuyun %100 uygulandığı konuda Toprak Kirliliğinin Kontrol Yönetmeliği'nde (TKKY) belirtilen 1,5 mg/kg sınır değeri aşarak 1,77 mg/kg olarak belirlenmiştir.

Sonuç olarak çim bitkisinin sulanmasında arıtılmış atıksu ve şebeke suyu karışımlarının kullanımında %100 ve %75 oranlarında Cd ve Hg değerlerinin yüksek çıkması nedeniyle insan ve çevre sağlığı açısından diğer karışım oranları tercih edilmelidir.

Anahtar kelimeler: Arıtılmış atık su, sulama, rekreasyon, çim, Kocaeli.

2011 , 32 sayfa

ABSTRACT

Master of Science Thesis

A RESEARCH ON THE INVESTIGATION OF USING POSSIBILITIES OF KOCAELI PROVINCE TREATED WASTE WATER FOR IRRIGATION PURPOSES.

Hasan ADA

Namık Kemal University
Institute of Natural and Applied Sciences
Farm structures and Irrigations Department

Supervisor: Prof. Dr. Lokman DELİBAŞ

Use of treated wastewater for agricultural, recreational and industrial purposes of only provides an alternative water resource as well as contributing to decrease fresh surface and groundwater resources usage and chemical fertilisers usage. However, improper use may cause damages to human health and to environment. Therefore, it should be critically evaluated.

In this research, treated wastewater of Kullar treatment plant of Kocaeli Province was used. Analysis done on this water proved that the heavy metal contents were found to be smaller than the critical threshold values suggested by Soil Contamination Control Directives (TKKY).

In the research, five different mixing ratios (treated wastewater + tap water, i.e.: 0%, 25%, 50%, 75%, 100% treated wastewater) were applied to grass. Grass height and fresh weight were evaluated to investigate using possibilities of wastewater for recreational purposes. Both parameters were positively affected by the increase of wastewater in the mixture. .

Soil analysis done on the samples taken from the treated pilots showed that Cd contents were higher, being 3,33 and 3,24, that the critical value of 3 mg/kg suggested by TKKY for the mixing ratios of %75 and %100 treatments, respectively. Similarly Hg values also exceeded the critical values of 1,5 mg/kg with the value of 1,77 mg/kg for the treatment of 100% treated wastewater.

As a result, considering the soil and wastewater analysis results and human health and environmental concern, mixing ratios other than 75% and 100% treated wastewater can be used for irrigation of recreational areas.

Keywords: Treated wastewater, irrigation, recreational areas, turf, Kocaeli

2011, 32 pages

TEŞEKKÜR

Tez konumun saptayarak, her aŐamada tım bilgi ve olanakları sağlayan, Sayın hocam Prof. Dr. Lokman DELİBAŞ'a, verilerin değerlendirip dızenlenmesinde ve her tırlı yardımlarından dolayı Sayın AraŐ. Gör. Erhan GEZER'e, tez aŐamasında her tırlı destekte bulunan değerli eŐim, Mediha ADA'ya ve beni bu gınlere getiren ve her zaman yanımda olan AİLEM'e, sonsuz teşekkür eder saygılarımı ve Őıkranlarımı sunarım.

Hasan ADA

SİMGELER DİZİNİ

%	: Yüzde
m ³	: Metre küp
EC	: Elektriksel iletkenlik
NO ₃	: Nitrat
SO ₄	: Sülfat
L	: Litre
nm	: Nanometre
°C	: Santigrad derece
m	: Metre
cm	: Santimetre
mm	: Milimetre
mL	: Mililitre
mg	: Miligram
µS	: Mikro Siemens
da	: Dekar
ppm	: Milyonda bir kısım
O.M	: Organik madde
SKKY	: Su kirliliği kontrol yönetmeliği
KOİ	: Kimyasal oksijen ihtiyacı
AKM	: Askıda katı madde
Na	: Sodyum
Ca	: Kalsiyum
Fe	: Demir
Cl	: Klor
Zn	: Çinko
Cu	: Bakır
Cd	: Kadmiyum
Mn	: Mangan
Cr	: Krom

Hg	: Civa
Ni	: Nikel
As	: Arsenik
Pb	: Kurşun
ÇKM	: Çözünebilir katı madde
SAR	: Sodyum absorpsiyon oranı
DSY	: Değişebilir sodyum yüzdesi
FOA	: Gıda ve tarım örgütü

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER DİZİNİ	iv
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
3. MATERYAL ve YÖNTEM	8
3.1 Materyal	8
3.1.1 Bölgenin Meteorolojik Verileri	8
3.1.2 Toprak Özellikleri	8
3.1.3 Atıksu Arıtma Tesisleri	9
3.2 Yöntem	11
3.2.1 Denemenin Kurulması	11
3.2.2 Toprak ve Su Örneklerinin Analizleri	13
3.2.3 Bitkisel Ölçüm ve Analizler	14
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	15
4.1 Toprak ve Su Analiz Sonuçları	15
4.2 Bitkisel Ölçüm ve Analiz Sonuçları	21
4.2.1 Bitki Boy Uzunlukları	21
4.2.2 Bitki Yaş Ağırlığı	24
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	27
6.KAYNAKLAR	29
ÖZGEÇMİŞ	32

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 3.1. Deneme desenin genel görünümü	12
Şekil 3.2. Bir deneme parselinin ayrıntısı.....	12
Şekil 4.1. 1 No’lu deneme parseli su karışımları ve zamana göre çim uzunluğunun ölçümü.....	23
Şekil 4.2. 2 No’lu deneme parseli su karışımları ve zamana göre çim uzunluğunun ölçümü.....	23
Şekil 4.3. 3 No’lu deneme parseli su karışımları ve zamana göre çim uzunluğunun ölçümü.....	24
Şekil 4.4. 1 No’lu deneme parselindeki çim bitkisinin yaş ağırlıkları.....	25
Şekil 4.5. 2 No’lu deneme parselindeki çim bitkisinin yaş ağırlıkları.....	26
Şekil 4.6. 3 No’lu deneme parselinin çim bitkisinin yaş ağırlıkları.....	26

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 3.1. Kocaeli ilinin 2000 - 2009 yılları arası meteorolojik verileri	9
Çizelge 3.2. 42 evler tesis debisi ve kirlilik konsantrasyonu	10
Çizelge 3.3. Kullar tesis debisi ve kirlilik konsantrasyonu	10
Çizelge 3.4. Plajyolu tesis debisi ve kirlilik konsantrasyonu	10
Çizelge 3.5. Deneme parsellerine göre atıksu ve şebeke suyu karışım oranları.....	12
Çizelge 3.6. Toprak analiz parametreleri ve sonuçları.....	13
Çizelge 3.7. Sulama suyu analiz parametreleri.....	14
Çizelge 4.1. 1 No'lu toprak denemesinin analiz sonuçları	15
Çizelge 4.2. 2 No'lu toprak denemesinin analiz sonuçları	16
Çizelge 4.3. 3 No'lu toprak denemesinin analiz sonuçları	16
Çizelge 4.4. 4 No'lu toprak denemesinin analiz sonuçları	16
Çizelge 4.5. 5 No'lu toprak denemesinin analiz sonuçları	17
Çizelge 4.6. Toprak ağır metal analiz parametreleri ve sonuçları.....	17
Çizelge 4.7. Deneme sonucunda parsellerden alınan toprak örneklerinden elde edilen ağır metal analiz sonuçları	18
Çizelge 4.8. Evsel nitelikli atıksular kirlilik yükü.....	18
Çizelge 4.9. Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite kriterleri.....	18
Çizelge 4.10. Atıksu tesisi su çıkış parametreleri ve değerleri.....	19
Çizelge 4.11. Şebeke suyu parametreleri ve değerleri.....	20
Çizelge 4.12. Bitki boyu varyans analiz tablosu	22
Çizelge 4.13. Bitki yaş ağırlık varyans analiz tablosu	26

1. GİRİŞ

Doğal kaynakların hızla tüketildiği günümüzde, bir taraftan daha çok üretim ve tüketim yapısına paralel olarak artış gösteren atıklarla oluşan çevre kirliliğini azaltma, diğer taraftan dünya nüfusunun içme ve kullanma suyu ile besin üretimini arttırma ihtiyacı, geriye kazanılabilir atıklardan yeniden yararlanmayı gündeme getirmiştir (Öbek ve ark. 2005).

Konutlar, sanayi-endüstri kuruluşları, enerji santralleri, tarım ve hayvancılık uygulamaları sonucu açığa çıkan ve içinde sağlığa zararlı biyolojik ve kimyasal maddeleri barındıran sular, atık su olarak tanımlanır (Singer ve Galan 1984). Günümüzde hiçbir arıtma işlemine tabi tutulmadan çevreye bırakılan atık sular; akarsu, nehir, göl ve denizleri, hatta sızıntı yoluyla yeraltı sularını kirleterek çevre ve insan sağlığını tehdit eden en önemli nedenlerden biri haline gelmiştir.

Kent nüfusuyla birlikte su kullanımının da artması, çok miktarda atık su oluşmasına neden olmaktadır. Çevresel sağlık ve su kirliliğinin önlenmesi, günümüzün en önemli sorunlarından birisidir. Bunun yanısıra, kentsel atık suların güvenli ve yararlı bir şekilde uzaklaştırılma gerekliliği de kentsel toplumların önemle üzerinde durdukları diğer bir konudur (Pescod 1992; Toze 2006).

Atıksuların en çok kullanıldığı yerler; tarımsal sulama, tarım dışı sulama (park, bahçe, yeşil alanlar, golf sahası vb.) ve yeraltı suyu beslemesidir (Asano 1991). Gelişmekte olan ülkelerdeki şehirlerden çıkan atık suların %80'inin şu anda sürekli ve mevsimlik sulama için kullanılmakta olduğu tahmin edilmektedir (Wahaab 1995).

Tarımsal sulama için suların yeniden kullanılması ile ilişkilendirilen birçok risk etmeni bulunmaktadır. Bazı risk etmenleri, kısa sürede etkili olurlar ve ortaya çıkan etkinin şiddeti insanların, hayvanların veya çevresel temas potansiyeline bağlı olarak değişir (mikrobiyal patojenler gibi). Diğer risk etmenleri ise daha uzun sürelerde ve arıtılmış suyun sürekli kullanılmasıyla artan (toprak tuzluluğu, toksik kimyasalların etkileri gibi) etkilere sahiptir (Toze 2006).

Arıtılmış atık sular sulama amacıyla birçok ülkede kullanılmaktadır. Bu ülkelerden; Meksika, ABD, İspanya, İsrail, İtalya, Fransa, Tunus, Yunanistan kullanım amaçlarına göre arıtılmış atık suların sağlaması gereken kalite ölçütlerini veren, uygun arıtma yöntemlerini

belirten ve sulama amacıyla bu suların nasıl kullanılması gerektiğini açıklayan rehberler geliştirmiştir (Blumenthal et al. 2000a; Salgot et al. 2001b; US EPA 2004; Kukul et al. 2005). Türkiye’de tarımsal amaçlı kullanılacak arıtılmış atık sular için kalite ölçütleri ve teknik sınırlamalar Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (Resmi Gazete 2001) ile tanımlanmıştır.

Kocaeli, ülkemiz ekonomisinde çok önemli bir yere sahiptir. Önemli ulaşım ağlarının merkezinde olması, sahip olduğu alt yapı imkânları, ulusal ve uluslar arası pazarlara yakınlığı nedeniyle ülke sanayinin bel kemiği konumunda olan ve ticaret hacmi açısından da her geçen gün gelişen ve yeniliklere seyirci kalmayan bir kenttir. Kocaeli, 1,5 milyon kişi ile nüfus yoğunluğu olarak 11. sırada yer almakta ve ülkemiz nüfusunun yaklaşık %2’sini barındırmaktadır. Sanayi yatırımları için her zaman bir cazibe merkezi olan Kocaeli, Türk İmalat Sanayi üretimine yapmış olduğu yaklaşık %12’lik üretim katkısı ile İstanbul’dan sonra gelen ikinci büyük sanayi kenti olup, bu özelliğini son 20 yıldır korumaktadır. Kocaeli’nin dış ihracatında “Taşıt Araçları ve Yan Sanayi” en önemli kalemi oluştururken, “Elektrik-Elektronik, Makine ve Bilişim” ile “Demir Çelik Ürünleri” onu takip etmektedir (Anonim 2011).

Kocaeli ilinin İzmit ilçesinde bulunan ev kaynaklı atık su arıtma tesislerinden biri olan Kullar evsel atıksu arıtma tesisinin çıkış suyu, Su kullanım kalite yönetmeliği esaslarıncı değerlendirilmeye tabi tutulmuştur. Atık suyun bitkiler üzerinde ve toprak bünyesinde bıraktığı tesirler, atıksu analiz sonuçları ile desteklenerek incelenmiştir. Tesis çıkış suyunda incelenecek birçok parametre bulunmakta olup, evsel atıksu arıtma tesisi çıkış suyunda ağır metal içeriğine bakılarak atık suyun rekreasyon alanlarında ve tarımsal alanlarda kullanılabilirliği belirlenmeye çalışılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Su, yeryüzünde hava ile birlikte hayatın kaynağını oluşturur. Suyun olmadığı bir ortamda tarım, endüstri veya günlük yaşamdan söz edilemez. Bitki, hayvan, insan ve tüm canlı dokuları su ve kuru maddeden oluşmuştur. Bütün canlılar hayatlarını devam ettirebilmeleri için, bünyelerindeki su oranlarını korumak zorundadırlar. İhtiyaç duyulan bu su, yeraltı ve yerüstü su kaynaklarından sağlanmaktadır. Su kaynaklarının kullanılmasını bozacak veya zarar verecek derecede kalitesini düşürecek biçimde suyun içinde organik, inorganik, radyoaktif veya biyolojik herhangi bir yabancı madde bulunması “su kaynaklarının kirlenmesi” demektir (Yüksel ve Konukçu 1999).

Nüfus artışı, kentleşme ve sanayileşme neticesinde ortaya çıkan aşırı su tüketimi ve küresel ısınma sonucunda artan kuraklık, dünya üzerinde mevcut tatlı su kaynaklarının hızlı ve acımasız bir şekilde tüketilmesine neden olmaktadır. Bu problem özellikle Türkiye'nin de içinde bulunduğu Akdeniz ülkelerinde ve Ortadoğu'da son yıllarda daha da önemli hale gelmekte ve artık sahip olunan su kaynakları ülkeler arasındaki stratejik ilişkiler ve pazarlıkların ana unsurlarından biri olmaktadır. Artan talebe karşılık tatlı su kaynaklarını yenileyip miktarını artırmak teknik ve ekonomik açıdan sınırlayıcı olduğu için sürdürülebilir kalkınmayı sağlayabilecek değişik pratik çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda “temiz su kaynaklarını korumanın ilk yolu atıksuları geri kazanma ile başlar” düşüncesi ile arıtılmış atıksuların geri kazanımı ve birçok değişik amaçlı geri kullanımı için son yıllarda yapılan çalışmalarda ve uygulamalarda artış gözlenmektedir. Atıksuların geri kazanımı ile hem tatlı su kaynaklarının tüketimi azaltılmakta hem de deşarj edilen arıtılmış atıksuların çevresel etkileri en aza indirilmektedir.

Arıtılmış atıksuların tarımsal sulamada kullanımı Dünya genelinde çok yaygın bir uygulama olup ülkemizde Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) Madde 28'e göre sulama suyunun yetersiz olduğu ve ekonomik değer taşıdığı yörelerde, SKKY Teknik Usuller Tebliğinde verilen sulama suyu kalite kriterlerini sağlayacak derecede arıtılmış atıksuların, sulama suyu olarak kullanılması teşvik edilmektedir. Suların araziye verilmesi ve sulamaya uygunluğu açısından önerilen sınır değerlere göre tarımsal sulama açısından sular 5 farklı kalite sınıfına ayrılmış olup bunlardan 1. ve 2. sınıf suların hiçbir sınırlama getirmeden sulamada kullanılabileceği, 3., 4. ve 5. sınıf suların ise bazı sınırlamalarla kullanılabileceğini belirtmiştir (Resmi Gazete 2004).

Atıksuların faydalı amaçlar için yeniden kullanılabilceği yerler tarımsal sulama, kentsel kullanım (park, rekreasyon alanı, peyzaj alanlarının sulanması, yangın suyu olarak kullanım vb.), yer altı suyu beslemesi ve endüstriyel amaçlı (soğutma suyu, kazan besleme suyu ve proses suyu) kullanım olarak sayılabilir (Asano 1991).

Tunusun değişik bölgelerinden onbeş ayrı kentsel ve endüstriyel kaynaktan alınan atık su örneklerinin sulama suyu kalitesi, toprak ve yeraltı suyu üzerine olabilecek etkileri yönünden yapılan çalışma sonucunda atık suların tarımsal kullanım potansiyeli açısından Ca miktarı ve EC bakımından toprak tuzluluğuna neden olabileceğini, yüksek bitki besin elementi içeriğine rağmen özellikle NO₃ bakımından yeraltı suyu kirliliğine dikkat edilmesi gerektiği bildirilmiştir (Bahri 1998).

Atık suların sulama amaçlı kullanılması durumundaki sınır değerleri belirlenmesi için gerçekteştirilen çalışmanın sonucunda 1. ve 2. sınıf atık suların hiçbir sınırlama getirmeden sulamada kullanılabilceğini, 3. ve 5. sınıf atık suların ise bazı sınırlamalarla kullanılabilceği belirtilmiştir (Feidler ve Herausg 1990).

Arıtılmış atıksuların bazı çim türlerinde tohum çimlenmesi ve fide gelişimi üzerine etkilerini incelenmiştir. Tohumların çimlendirilmesinde sulama amacıyla Maltepe Askeri Lisesi, Turyağ Sabun ve Yağ Fabrikası ve Manisa şehir atıksu arıtma tesisleri çıkışından alınan suların %100 ve %50'lik konsantrasyonları; kontrol materyallerine ise çeşme suyu uygulamışlardır. Arıtılmış atık su uygulanan tohumlar ile kontrolleri arasında çimlenme %'si yönünden istatistiki olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Yapılan yaprak boyu ölçümlerinde arıtılmış atık su uygulanan L. Perenne fidelerinin kontrolden daha uzun olduğu saptanmıştır. Kök boyu ölçümlerine göre ise arıtılmış atık su uygulanan F. Rubra ve A. Tenius fidelerinde kökler kontrole göre kısa olduğu belirlenmiştir (Özcan ve Oluk 2005).

Değişik bitki tohumlarına sıvılaştırılmış Seka atığı uygulanarak, tohum çimlenmesi ve fide gelişiminin atık su konsantrasyon artışına bağlı olarak olumsuz etkilenip etkilenmediğini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada, %50'lik konsantrasyona kadar Seka atığının tohum çimlenmesini olumlu etkilediğini; %50 den sonraki konsantrasyonlarda çimlenmede sorun olduğunu bildirilmiştir (Saygıdeğer 1994).

Arıtılmış atıksuların tarımda kullanılması ve insan sağlığı yönünden riskler kimyasal içerikleri bakımından yapılan bir çalışmada, atık suların tarımsal amaçlı kullanımını kısıtlayan

asıl önemli sorun yüksek tuz konsantrasyonu, Na, Cl, SO₄ gibi iyonlardır. İlaçlar (analjezikler, kafein, kolesterol ilaçları, antidepresanlar, antibiyotikler) ve endokrin sistemini bozan maddeler (doğum kontrol ilaçları, estradiol bileşikleri, bitki östrojenleri, böcek ilaçları, bifenoller ve ağır metaller gibi endüstriyel kimyasallar) gibi kirleticiler, özellikle içme suyu olarak insanlar tarafından kullanılan yüzey ve yeraltı su kaynaklarına karışırlarsa insan sağlığı için tehdit oluştururlar. Atık suların uygun olarak toplanması ve arıtıldıktan sonra güvenli yöntemlerle tarımda kullanılması teşvik edilmelidir. Bu sayede su tasarrufunun sağlanacağı, su kaynaklarının kirletilmeyeceği, bitki veriminin artacağı, yapay gübre gereksiniminin azalacağı, atık sular doğaya zarar vermeden en yararlı şekilde uzaklaştırılacağını sonucunu bildirmişlerdir (Kukul ve ark. 2005).

Arıtma tesisi sularını çim bitkisinin sulamasında kullanılan çalışmada atıksu deneme materyaline belirli oranlarda vermiştir. Atıksu oranı arttıkça bitkinin büyüme hızı, boy oranı ve bitkinin kuru ağırlığının arttığı saptamıştır. Çim bitkisine gelişimin ileri haftalarında arıtılmamış çamur ile sulanan çimlerde N vurucu etki yaparken, arıtılmış çamur ile sulanan çimlerdeki gelişimin, normale oranla 2 kat kuru madde artışına ve 4 kata kadar da yaş madde artışına neden oldukları gözlemlenmiştir (Öztürk ve ark. 1995).

Diyarbakır'da foseptik atıklar ile sulanan Hevsel bahçelerindeki marul bitkisi ile bu alana ait su ve toprak örneklerinin Zn, Cu, Pb, Mn ve Fe miktarlarını tayin edilmiştir. Ayrıca bu atıkların karışmadığı Fabrika deresi civarındaki marulların ve bu alana ait toprak ve su örneklerinde Zn, Cu, Pb, Mn ve Fe miktarları da tayin edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, foseptik sularla gelen Zn, Cu, Pb, Mn ve Fe miktarları Hevsel bahçelerinde diğer alana göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Fabrika deresi ile sulanan marul ve toprak örneklerinde ise Fe miktarı daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, foseptik atıklardaki Mn, Cu, Zn ve Pb gibi ağır metallerin konsantrasyonlarının fazla olması, etkilediği toprak ve bu alanlarda yetiştirilen bitkilerde ağır metallerin birikmesine neden olduğu, bu nedenle foseptik atıkların tarımsal alanlara boşaltılmaması veya arıtma işlemlerinden geçirildikten sonra boşaltılmaları gerektiği sonucuna varılmıştır (Demir ve Aydın 2000).

Penguen Gıda Sanayii arıtma tesislerinden çıkan atık suyun sulama suyu olarak kullanım olanaklarının incelendiği ve Bursa'da yapılan bu çalışmada atık su analiz değerleri 7.01.1991 tarih, 20748 sayılı resmi gazetede yayımlanan "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği"nde belirtilen ve suların araziye verilmesi ve sulamaya uygunluğu açısından önerilen sınır değerlerle karşılaştırılmıştır. Arıtma tesisi atık suyunun sulama suyu

olarak kullanım olanağını belirlemek amacıyla yapılan analizler sonucunda, atık suyun zamana bağlı olarak $C_3 S_1$ (yüksek tuzlu) ve $C_4 S_2$ (çok yüksek tuzlu) sulama suyu sınıflarına girdiği belirlenmiştir. Atıksuyun kullanılmak istenmesi halinde dikkatli olunması gerektiği, kontrollü olarak veya seyreltilerek kullanılabilceği belirtilmiştir (Katkat ve Aşık 2005).

Şanlıurfa'da yapılan bir çalışmada, şehir merkezinden geçen, evsel ve sanayi atık sularının döküldüğü Karakoyun deresi suyu ile sulanan soğan bitkisinde toksik element birikimi araştırılmıştır. Çalışmada kullanılan atıksuda As, Cu ve Cd elementlerinin değerleri sınır değerlerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Sonuçta araştırmacılar bu çalışmada elde edilen verilere göre, soğan bitkisinde biriken Cd miktarının, daha önce yapılmış çalışmaların ışığında, insan sağlığı için zararlı etkilerinin bulunabileceğini bildirmiştir (Doğan 2003).

İzmir ilinde oluşan evsel ve endüstriyel nitelikli atık suların arıtıldıktan sonra denize deşarj edilmesi yerine Menemen Ovasında sulama suyu olarak kullanılabilirliğinin incelendiği çalışmada, biyolojik arıtma işleminden geçirilen İzmir evsel ve endüstriyel nitelikli atık suların, bazı sulama suyu kalite parametreleri yönünden sulamaya uygunluğu, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği ve ilgili literatür ışığında irdelenmiştir. Sonuç olarak İzmir kentsel arıtılmış atık suyunun, toplam tuz, EC, ÇKM, SAR, DSY ve Cl açısından birçok bitkinin tolerans sınırını aştığı ve dolayısıyla mevcut durumuyla bu suların sulamada kullanımının mümkün olmadığını belirtilmiştir (Aşık ve ark. 2005).

Bursa ilinde kurulu bulunan bir Organize Sanayi Bölgesinden (OSB) kaynaklanan atık suların mevcut arıtma tesisinde arıtıldıktan sonra sulama suyu olarak tekrar kullanılabilirliği araştırmışlardır. OSB'de mevcut olan atık su arıtma tesisinden çıkan arıtılmış atık su, kimyasal çöktürme ve iyon değişimi yöntemlerine tabi tutularak sulama suyu standartlarını aşan kirletici parametreler üzerinde giderim verimleri tespit edilmiştir. Kimyasal çöktürme işleminde uygun değer giderim verimi pH 11'de sağlanmış olup AKM ve KOİ parametrelerinde sırasıyla %96, %31, renk parametresinde 436, 525 ve 620 nm dalga boylarında %75, %88 ve %90 giderim verimleri elde edilmiştir. İyon değişimi yöntemi ile 20 mL H-Tipi reçine/ 20 mL OH-tipi reçine oranında; %71 SO_4 , %96 Cl, %95 iletkenlik ve renk parametresinde 436, 525 ve 620 dalga boylarında ortalama %90 giderim verimleri elde edilmiştir. Çalışma neticesinde, atık suyun kalitesinin 1. sınıf sulama suyu kalitesine ulaştığı ve tekrar kullanılabilirliğinin mümkün olduğunu bildirmişlerdir (Üstün ve Solmaz 2005).

Silivri-İstanbul, Paşaköy-İstanbul, Yumurtalık-Adana ve Kayseri belediyelerinin kentsel arıtılmış atık su kalitelerinin, su kirliliğini yönetmeliği çerçevesinde, sulama suyu olarak uygunluğunu değerlendirdikleri bir çalışma yürütülmüştür. Tüm arıtma tesislerindeki atık sular ağır metal içeriği açısından, standartlara uygun bulunmuştur. BOİ₅, SO₄, pH ve bor içeriği açısından hemen tüm tesislerdeki arıtılmış atık sular I. Sınıf sulama suyu özelliği taşırken, TDS, NO₃, EC ve SAR bakımından III. ve IV. sınıf sulama suları arasında yer almıştır. Su kirliliği yönetmeliği çerçevesinde, tüm arıtılmış atık sularda özellikle fekal koliform düzeyinin IV. ve V sınıf olduğunu bildirmişler ve sulama suyu olarak uygun olmadığını vurgulamışlardır. Araştırmacılar, ele alınan, kentsel atık su arıtım tesislerinin bazılarında dezenfeksiyon ünitelerinin bulunmadığını, ünitelerin bulunduğu tesislerde ise tatmin edici ve etkili şekilde işletilmediğini, bunun sebebini de, işletme masraflarının oldukça yüksek olmasından kaynaklandığını belirtmiştir (Arslan ve ark 2007).

Atıksu ile 28 ay boyunca sulanan topraklardaki porozite değişiminin incelendiği çalışma sonucunda mikro ve makro porozitesinin arttığını saptanmıştır. Ancak bu değişimin geçici olduğunu, çünkü atıksu uygulamasından bir yıl sonra kontrol parseli ile deneme parseli arasında porozite ile ilgili önemli bir farklılığın olmadığı belirtilmiştir (Sort ve Alcaniz 1999).

ABD’de California gibi bazı eyaletlerde arıtılmış atık suların rekreasyonel amaçlı kullanılacağı durumlarda, atık su ikincil arıtma ve dezenfeksiyona tabi tutularak toplam koliform miktarı 2,2 adet/100 mL seviyesine indirilmektedir. Yüzme ve bunun gibi halka açık ve rekreasyonel amaçlarla kullanılacak arıtılmış atık sulara ise; ikincil arıtmadan sonra koagülasyon, filtrasyon ve dezenfeksiyon işlemleri uygulanarak, en az 2,2 adet/100 mL ve en fazla 23 adet/100 mL koliform sınır değerleri uygulanmaktadır (EPA 1992).

Arıtılmış atık suların zemine sızdırılarak toprağın arıtma kapasitesinden yararlanılması gelişmiş batı ülkelerinde (ABD, Hollanda, Almanya gibi) uygulama alanı bulmaktadır. ABD’de, 1962 yılından itibaren gerçekleştirilen arıtılmış atık suların yer altı sularını beslemesi çalışmaları, 1978’den itibaren daha da iyileştirilerek, atık suların içme suyu standartlarında arıtmadan geçirildikten sonra, yeraltına besleme yapılması şeklinde devam etmektedir. Arıtılmış atık suların yeraltı suyuna deşarj edilmesindeki amaçları; kıyı alanlarında aküfere tuzlu su girişimini önlemek, atık suyun daha iyi arıtılmasını ve tekrar kullanımını sağlamak, içme suyu yada diğer aküferlerin su kapasitesinin arttırılmasını sağlamak, arıtılmış suyun depolanmasını sağlamak ve yer altı su seviyesindeki düşmeyi önlemek olarak sıralamak mümkündür (Güneş 2002).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

Bu bölümde, bölgenin meteorolojik verileri, toprak özellikleri ve evsel atıksular hakkında bilgi verilmiştir.

3.1.1 Bölgenin Meteorolojik Verileri

Jeolojik ve coğrafi yapı açısından 40°- 41° Kuzey Paralelleri ile 29°-31° Doğu Meridyenleri arasında bulunmakta, güneyde İzmit Körfezi, kuzeyde ise dik yamaçlarla Karadeniz'e uzanmaktadır. Arazi yapısının dik yamaçlara sahip olması nedeniyle, % 5 eğime sahip olup, düzlükler az yer tutmaktadır. Kentin yerleşmiş olduğu alan ise geniş düzlüklerden mahrum, dar ve kıyıya paralel uzanan bir banttır. Topografya koşulları, kenti birbirine benzemeyen iki büyük kısma ayırmaktadır.

İzmit Körfezi Akdeniz ile Karadeniz İklimleri arasında geçiş iklimine sahip olup, iklime Akdeniz özelliğini kazandıran etken ise kışların ılık ve yağışlı oluşudur. Körfez Kıyıları arasında sıcaklık bakımından farklılık yoktur. Yıllık ortalama sıcaklık 15,3 °C, Temmuz ayı ortalama sıcaklık 24,8 °C'dir. Bölgede en yüksek sıcaklığın Temmuz ve Ağustos aylarında; en düşük sıcaklığın ise Ocak ve Şubat aylarında gerçekleştiği Çizelge 3.1'de görülmektedir. Yıllar ortalamasına göre olan en düşük sıcaklık değeri -5,6 °C'dir (DMİ 2010).

Çizelge 3.1'de görüldüğü gibi bölgede en çok yağış Aralık ve Ocak, en az yağış ise Temmuz ve Ağustos aylarında olmaktadır. Yıllık yağışlı gün sayısı ortalaması 115,4 gündür. Yıllık ortalama yağış miktarı ise 718,1mm'dir. Yerleşimde en yüksek ortalama nisbi nem %73,2 değeri ile Aralık, Ocak ve Şubat aylarında, en düşük ortalama nisbi nem ise %29,5'lik oranla Eylül ayında gerçekleşmektedir (DMİ 2010).

3.1.2 Toprak Özellikleri

Bölgenin toprak özelliklerinin belirlenmesi amacı ile 0-30 cm derinliğinden bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır (Bouyoucous 1951). Toprak özelliklerinden bünye, pH, tuzluluk, kireç, azot, fosfor, potasyum ve organik madde analizleri yapılmıştır.

Çizelge 3.1. Kocaeli ilinin 2000 - 2009 yılları arası meteorolojik verileri

İklim Parametreleri	Aylar												Yıllar Ort.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ort. Sıcaklık	6,3	7,0	9,6	13,1	17,9	22,4	24,8	24,7	20,7	16,7	12	7,9	15,3
En Yüksek Sıcaklık	22,3	23,6	30,2	33,6	34,4	38,7	44,1	39	35,9	36,2	27,2	24,3	44,1
En Düşük Sıcaklık	-0,6	-5,6	-3,8	-0,1	5,2	10,2	14,1	13,9	10,6	2,4	-0,4	-2,4	-5,6
Ort. Yüksek Sıcaklık	8,2	9,1	21,1	15,4	20	23,7	25,7	26,6	21,9	18	13,8	11,6	17,9
Ort. Düşük Sıcaklık	2,6	3	4,6	7,3	10,7	14,4	16,4	16,9	13,8	10,9	7	5,2	9,4
Ort. Nisbi Nem	63,1	61,1	58,6	57,9	56,5	53,8	55	57,4	29,5	62,4	61,9	73,2	57,5
Aylık Yağış Toplamı (mm)	98,4	73,1	70,2	46	26	38,1	31,5	44,4	53,5	56,1	78,6	10,2	718,1
Yağışlı Gün Sayısı	14,3	13,5	11,5	9,2	6,3	6,3	4,3	4,2	8,2	11	9,9	16,7	115,4

3.1.3 Atıksu Arıtma Tesisleri

Kocaeli ili genelinde toplam 10 adet atıksu arıtma tesisi bulunmaktadır. Bu tesislerden 1'i endüstriyel atıksuların arıtma işlemini gerçekleştirirken diğer 9 tesis evsel atıksuların arıtılması işlemlerini gerçekleştirmektedir. Deneme alanının kurulduğu alana yakın 3 adet atıksu arıtma tesisi bulunmaktadır. Bu tesislerden 2'si evsel atıksu arıtımı yaparken diğer tesis endüstriyel atıksuların arıtımını yapmaktadır.

Endüstriyel atıksuların arıtımının yapıldığı 42 evler arıtma tesisinde ortalama 35000 m³/gün endüstriyel atıksu arıtımı yapılmaktadır. Endüstriyel atıksu arıtma tesisinin günlük giriş- çıkış debisi ile giriş - çıkış kirlilik konsantrasyonlarının yıllık ortalama değerleri Çizelge 3.2'de görülmektedir (İSU 2011).

İzmit ilçesinde evsel atıksu arıtımı Kullar ve Plajyolu tesislerinde yapılmaktadır. Plaj Yolu evsel atıksu arıtma tesisinin ortalama debisi 72000 m³/gün 'dür. Kullar Atıksu Arıtma tesisinin ortalama debisi 62544 m³/gün 'dür. Çizelge 3.3'de kullar atıksu arıtma tesisinin, Çizelge 3.4'te ise Plajyolu atıksu arıtma tesisinin günlük çıkış debisi ile giriş - çıkış kirlilik konsantrasyonlarının yıllık ortalama değerleri açıkça görülebilir (İSU 2011).

Çizelge 3.2. 42 Evler tesis debisi ve kirlilik konsantrasyonu

Debiler					
Q min (m ³ /gün)		Q ort (m ³ /gün)		Q maks (m ³ /gün)	
13680		35040		42000	
Giriş kirlilik konsantrasyonları			Çıkış kirlilik konsantrasyonları		
BOİ ₅ (mg/L)	AKM (mg/L)	KOİ (mg/L)	BOİ ₅ (mg/L)	AKM (mg/L)	KOİ (mg/L)
250	350	800	45	100	30

42 evler endüstriyel arıtma tesisinde atıksu giriş kirlilik konsantrasyonlarının yıllık ortalama değerleri BOİ₅ 250 mg/L değerinden 45 mg/L değerine, AKM 350 mg/L değerinden 100 m/L değerine, KOİ 800 mg/L değerinden 30 mg/L değerine düşürülmektedir.

Çizelge 3.3. Kullar tesis debisi ve kirlilik konsantrasyonu

Debiler					
Q min (m ³ /gün)		Q ort (m ³ /gün)		Q maks (m ³ /gün)	
41472		62544		125712	
Giriş kirlilik konsantrasyonları			Çıkış kirlilik konsantrasyonları		
BOİ ₅ (mg/L)	AKM (mg/L)	KOİ (mg/L)	BOİ ₅ (mg/L)	AKM (mg/L)	KOİ (mg/L)
288	48	19	20	20	13

Bu çalışmadan kullanılan atıksuyun alındığı evsel arıtma tesisi olan Kullar atıksu arıtma tesisindeki giriş ve çıkış kirlilik konsantrasyonlarının yıllık ortalama verileri Çizelge 3.3'te verilmiştir. Tesisin giriş ve çıkış kirlilik konsantrasyonlarının yıllık ortalama değerleri BOİ₅ 288 mg/L değerinden 20 mg/L değerine, AKM 48 mg/L değerinden 20 m/L değerine, KOİ 19 mg/L değerinden 13 mg/L değerine düşürülmektedir.

Çizelge 3.4. Plajyolu tesis debisi ve kirlilik konsantrasyonu

Debiler					
Q min (m ³ /gün)		Q ort (m ³ /gün)		Q maks (m ³ /gün)	
50112		72000		99120	
Giriş kirlilik konsantrasyonları			Çıkış kirlilik konsantrasyonları		
BOİ ₅ (mg/L)	AKM (mg/L)	KOİ (mg/L)	BOİ ₅ (mg/L)	AKM (mg/L)	KOİ (mg/L)
200	230	427	20	20	13

Plajyolu evsel atıksu arıtma tesisinde atıksu giriş kirlilik konsantrasyonlarının yıllık ortalama değerleri BOİ₅ 200 mg/L değerinden 20 mg/L değerine, AKM 230 mg/L değerinden 20 m/L değerine, KOİ 427 mg/L değerinden 13 mg/L değerine düşürülmektedir.

Çizelge 3.2, 3.3 ve 3.4'ten elde edilen veriler doğrultusunda atık su arıtma tesisinde işlenen atıksu miktarı yaklaşık 170000 m³/gün'dür. Çizelgelerde yer alan veriler tesislerin ortalama çıkış değerleri olduğundan yıl içinde bu değerlerde artış yada azalma olabilmektedir.

Kocaeli ilindeki kentsel atıksular, bu yörede oluşturulacak yeşil alanların sulamasında kullanılarak, bitki ve toprakta üzerinde meydana gelebilecek etkiler araştırılmıştır.

3.2 Yöntem

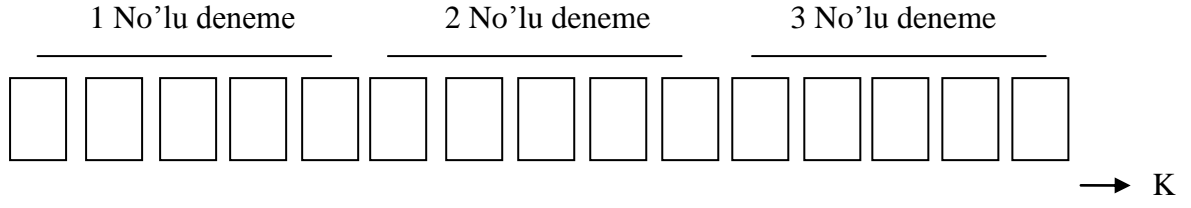
Bu bölümde, deneme kurulması, toprak ve su örneklerinin analizleri ile bitkilerin ölçüm ve analiz metotları yer almaktadır.

3.2.1 Denemenin Kurulması

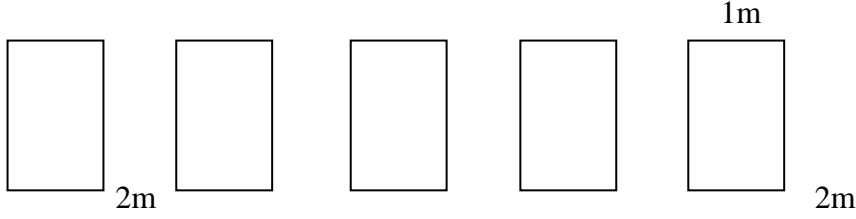
Araştırma, tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekrarlı olarak yürütülmüş ve deneme konuları rastgele dağıtılmıştır (Yurtsever 1984). Deneme deseni Şekil 3.1'de, deneme parselinin ayrıntısı Şekil 3.2'de verilmiştir. Şekillerden de görüldüğü gibi, deneme alanı 2 x 1 m boyutlarında toplamda 30 m²'dir. Sulamalarda sızma yoluyla oluşabilecek yan etkileri önlemek amacıyla parseller arasında 2 m boşluk bırakılmıştır. Denemeler arasında bırakılan boşluklar toplamı 48 m² olup, boşluklar dahil toplam deneme alanı 78 m²'dir.

Atıksu arıtma tesisi çıkış suyunun bitki ve toprakta bırakabileceği etkilerin belirlenmesi amacıyla, deneme parselleri farklı sulama oranları ile sulanmıştır. Her deneme parseli 5'e bölünmüştür. Bu 5 adet parselde de farklı atıksu ve şebeke suyu oranları ile sulama yapılmıştır. Atıksu ile şehir şebeke suyu (%0, %25, %50, %75, %100) oranlarında karıştırılarak deneme parsellerine çim bitkisinin ihtiyaç duyduğu miktarda ve bitkiyi strese sokmayacak aralıklarla verilmiştir.

Denemelerde kullanılan atıksu ve şebeke suyunun deneme parsellerine göre dağılımı Çizelge 3.5'te gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Deneme deseninin genel görünümü



Şekil 3.2. Bir deneme parselinin ayrıntısı

Denemede alanında kullanılan toprağın, deneme öncesinde ve deneme sonrasında numuneleri alınıp kimyasal özelliklerine bakılmıştır. Sulamanın bitki ve toprak bünyesine olan tesirlerinin belirlenmesi amacıyla, toprağın sulamadan önce alınan numuneleri ve kimyasal analiz sonuçlarını gösterir içerik Çizelge 3.6'dır.

Toprak örnekleri alınırken arazide farklılık (eğim, toprak rengi, toprak tipi) olmadığından genelde her parselden 1 numune alınması yeterli görüldü. Numuneler, bel yardımı ile açılan çukurun 0-30 cm derinliğinden alınmıştır.

Çizelge 3.5. Deneme parsellerine göre atıksu ve şebeke suyu karışım oranları

1 No'lu deneme parseli	2 No'lu deneme parseli	3 No'lu deneme parseli	Atık su oranı (%)	Şebeke Suyu Oranı (%)
1	2	5	0	100
2	4	4	25	75
3	5	1	50	50
4	3	2	75	25
5	1	3	100	0

3.2.2 Toprak ve Su Örneklerinin Analizleri

Deneme alanında kullanılan toprağın ve suyun analizler parametreleri Çizelge 3.6'da ve Çizelge 3.7'de gösterilmiştir. Deneme öncesi ve deneme sonrasında alınan toprak numunelerinin laboratuvar analizlerini Kocaeli Tarım İl Müdürlüğünde, toprak içeriğinde oluşabilecek ağır metal birikiminin tespiti için de Çizelge 3.8'de gösterilen parametrelere göre toprak testleri Gübretaş'ta yapılmıştır. Çizelge 3.6'da denemenin kurulacağı alandan homojen şekilde alınmış toprak numunesinin sonuçları da verilmiştir.

Çizelge 3.7'de sulama suyunda kullanılan parametreler, ölçüm metodları ve birimleri yer almaktadır. Ölçümlerde standart metodun yanı sıra membran filtrasyon yöntemi, merck yöntemi, TS EN İSO yöntemleri de kullanılmıştır.

Bitki sulamasında kullanılan atık su ve şehir şebeke suyu numunelerinin analizi için, su numunelerinin, pH, AKM, BOİ₅, Koliform Bakteri, NO₃, SO₄, Zn, Cd, Ni, Cr, Bor, Sodyum, Klorür, Demir, Potasyum, Mangan, Toplam Azot, Toplam Fosfor, Pb, Çkm, KOİ değerleri belirlenmiştir. Laboratuvar analizleri sonucunda evsel atık sularının sulama suyu olarak kullanım olanakları Su kirliliği kontrol yönetmeliği uyarınca incelenmiştir.

Çizelge 3.6. Toprak analiz parametreleri ve sonuçları

Toprak Analiz Parametreleri								
Derinlik (cm)	Toprak pH	Bünye (m.L.)	EC (µS/cm)	% CaCO ₃	% N (Azot)	Fosfor (kg/da)	Potasyum (kg/da)	% O.M
	7,55	78	365	3,69	0,154	1,88	71	3,08
0-30 cm	Hafif Alkali	Kil	Tuzsuz	Az Kireçli	Çok İyi	Çok Az	Çok Az	İyi

Deneme alanında kullanılan toprak pH bakımından hafif alkali, Bünye olarak killi, EC bakımından tuzsuz, kireçli, azot içeriği bakımından çok iyi, fosfor ve potasyum bakımından çok az, organik madde bakımından iyi içeriktedir.

Çizelge 3.7. Sulama suyu analiz parametreleri

Parametre	Metod	Birim
pH	Standart Metod 4500 H-B	-
Askıda katı madde	Standart Metod 2540-D	mg/L
BOI ₅	Standart Metod 5210-B	mg/L
Koliform bakteri	Membran Filtrasyon Yöntemi	0/100 mL
NO ₃	Merck Yöntemi 14563	mg/L
SO ₄	Standart Metod 4500-D	mg/L
B	TS EN İSO 11885:2008	mg/L
Na	TS EN İSO 11885:2008	mg/L
Cl	Merck Yöntemi 14730	mg/L
Fe	TS EN İSO 11885:2008	mg/L
K	TS EN İSO 11885:2008	mg/L
Mn	TS EN İSO 11885:2008	mg/L
TN	Merck yöntemi 14763	mg/L
TP	Merck yöntemi 14729	mg/L
Pb	TS EN İSO 11885:2008	mg/L
Çözünabilir katı madde	Standart Metod 2710-C	mL/L
Kimyasal oksijen ihtiyacı	Merck yöntemi 14895	mg/L

3.2.3 Bitkisel Ölçüm ve Analizler

Çim bitkisinin değişik su konsantrasyonlarına karşı vereceği tepkilerin belirlenmesi amacıyla, atıksu ve şebeke suyu farklı oranlarda karıştırılarak sulama yapılmıştır. Atıksu ve şebeke suyunun içeriğindeki mineraller farklı oranlarda olduğu için atıksuyun zararlı olabilecek etkileri ile şebeke suyunun birleşimi bitkinin büyümesinde, renk koyuluğunun değişmesinde ve hızlı büyümesinde olan etkileri araştırılmıştır. Söz konusu bitki; büyüme zamanı, uzunluk, yaş ağırlık ve içeriğindeki ağır metal birikimi parametreleri açısından değerlendirilmiştir.

Bitki boyu ölçülürken bitkinin bulunduğu parselin değişik noktalarından (en az 5 nokta) değerler alınmıştır ve ortalamaları o parselin bitki uzunluğu olarak belirtilmiştir. Bitki boyu ölçülmesinde esas alınan nokta toprak üst kotu ile bitkinin yeşil kısmıdır. Bitkinin kök uzunluğu ölçümlerde dikkate alınmamıştır. Bitkilerin parsellere göre ağırlıkları ölçülürken, bitkinin toprak üst kotu ile 2 cm arasında kalan kısmı biçilmemiştir. Çim bitkisinin biçilen kısmı hassas terazi kullanılarak tartılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1 Toprak ve Su Ağır Metal Analiz Sonuçları

Bu bölümde denemede kullanılan toprak ve su analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Toprakta birikme ihtimali olan; bitkiler için yararlı maddelerle, zararlı olabilecek maddelerin analiz sonuçları incelenmiştir. Laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen toprak ve su verileri çizelgeler halinde detaylı olarak verilmiştir.

Şebeke suyu kullanım oranı %100 olan 1 nolu deneme parselinin toprak analizi sonuçları Çizelge 4.1’de görülmektedir. Denemede kullanılan toprak hafif alkali, bünye olarak killi, tuzsuz, az kireçli, azot bakımından çok iyi, fosfor ve potasyum bakımından çok az, organik madde bakımından iyi düzeydedir. Yapılan sulamalar neticesinde toprak analiz parametreleri içeriği bakımından birikme olmadığı görülmektedir.

Çizelge 4.1. 1 No’lu toprak denemesinin analiz sonuçları

Toprak Analiz Parametreleri								
Derinlik (cm)	Toprak pH	Bünye (m.L.)	E.C (µS/cm)	% CaCO ₃	% N (Azot)	Fosfor (kg/da)	Potasyum (kg/da)	% O.M
0-30 cm	7,55	78	365	3,69	0,154	1,88	71	3,08
	Hafif Alkali	Kil	Tuzsuz	Az Kireçli	Çok İyi	Çok Az	Çok Az	İyi

Şebeke suyu kullanım oranı %75, arıtılmış atık su kullanım oranı %25 olan 2 nolu deneme parselinin toprak analizi sonuçları Çizelge 4.2’de görülmektedir. Sulama yapılmadan önce analizi yapılan toprak numunesinin hafif alkali, bünye olarak killi, tuzsuz, az kireçli, azot bakımından zengin, fosfor ve potasyum bakımından fakir, organik madde bakımından iyi düzeydedir. Deneme sonucunda şebeke suyu ve arıtılmış atık su ile muamele edilen toprağın içeriğinde önemli düzeyde bir parametre artışı görülmemiştir. Sadece fosfor ve potasyum değerlerinde hafif bir artış gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.2. 2 No'lu toprak denemesinin analiz sonuçları

Toprak Analiz Parametreleri								
Derinlik (cm)	Toprak pH	Bünye (m.L.)	E.C (µS/cm)	% CaCO ₃	% N (Azot)	Fosfor (kg/da)	Potasyum (kg/da)	% O.M
0-30 cm	7,38	72	376	3,69	0,148	2,15	90,3	2,97
	Hafif Alkali	Kil	Tuzsuz	Az Kireçli	İyi	Çok Az	Çok Az	İyi

Toprak içeriğindeki 3,57 kg/da fosfor oranı diğer parsellere göre en yüksek olan deneme 3 nolu denemedir. İçeriğinde bulunan tuzda fosfor gibi yüksek değerdedir. Şebeke suyu kullanım oranı %50, arıtılmış atık su kullanım oranı %50 olan 3 nolu deneme parselinin toprak analizi sonuçları Çizelge 4.3'de görülmektedir.

Çizelge 4.3. 3 No'lu toprak denemesinin analiz sonuçları

Toprak Analiz Parametreleri								
Derinlik (cm)	Toprak pH	Bünye (m.L.)	E.C (µS/cm)	% CaCO ₃	% N (Azot)	Fosfor (kg/da)	Potasyum (kg/da)	% O.M
0-30 cm	7,65	74	466	4,06	0,154	3,57	100	3,08
	Hafif Alkali	Kil	Tuzsuz	Az Kireçli	Çok İyi	Az	Çok Az	İyi

Şebeke suyu kullanım oranı %25, arıtılmış atık su kullanım oranı %75 olan 4 nolu deneme parselinin toprak analizi sonuçları Çizelge 4.4'te görülmektedir. Deneme sonucunda şebeke suyu ve arıtılmış atık su ile muamele edilen toprağın içeriğinde önemli düzeyde bir parametre artışı görülmemiştir. Sadece % CaCO₃ değerlerinde hafif bir artış gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.4. 4 No'lu toprak denemesinin analiz sonuçları

Toprak Analiz Parametreleri								
Derinlik (cm)	Toprak pH	Bünye (m.L.)	E.C (µS/cm)	% CaCO ₃	% N (Azot)	Fosfor (kg/da)	Potasyum (kg/da)	% O.M
0-30 cm	7,58	74	333	4,8	0,154	1,47	93	3,08
	Hafif Alkali	Kil	Tuzsuz	Az Kireçli	Çok İyi	Çok Az	Çok Az	İyi

Arıtılmış atık su kullanım oranı %100 olan 5 nolu deneme parselinin toprak analizi sonuçları Çizelge 4.5'te görülmektedir. Deneme sonucunda şebeke suyu ve arıtılmış atık su ile muamele edilen toprağın içeriğinde önemli düzeyde bir parametre artışı görülmemiştir.

Deneme öncesinde ve deneme tamamlandıktan sonra parsellerden alınan toprak örnekleri üzerinde yapılan ağır metal analiz sonuçları Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7'de görülmektedir. Çizelgeden de görüleceği gibi Cd ve Hg değerleri Toprak Kirliliğinin Kontrol yönetmeliğinde belirtilen sınır değerlerinin üzerinde sonuçlar elde edilmiştir. Toprak numuneleri üzerinde yapılan Ni, Pb, As ve Cr analizleri sonucunda elde edilen değerler Toprak Kirliliğinin Kontrol yönetmeliğinde belirtilen sınır değerlerinin altında sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 4.5. 5 No'lu toprak denemesinin analiz sonuçları

Toprak Analiz Parametreleri								
Derinlik (cm)	Toprak pH	Bünye (m.L.)	E.C (µS/cm)	% CaCO ₃	% N (Azot)	Fosfor (kg/da)	Potasyum (kg/da)	% O.M
0-30 cm	7,53	76	384	4,08	0,154	1,65	95	3,08
	Hafif Alkali	Kil	Tuzsuz	Az Kireçli	Çok İyi	Çok Az	Çok Az	İyi

Çizelge 4.6. Toprak ağır metal analiz parametreleri ve sonuçları

Toprak ağır metal analizi (ppm)						
Cr	Ni	As	Cd	Hg	Pb	
42,7	35,56	0,331	3,24	1,77	18,18	

Arıtılmış atık suların ve şebeke sularının değerlendirilmesi, Sulama Sularının Sınıflandırılmasında Esas Alınan Sulama Suyu Kalite Kriterleri ile Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği literatür bilgisi ışığında irdelenmiştir.

Evsel nitelikli atıksular kirlilik yükü Çizelge 4.8'de gösterilmiştir. Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite kriterleri Çizelge 4.9'da, Elde edilen değerleri standart kabul edilen değerlerle karşılaştırdığımızda arıtma tesisi atıksu içeriğinde Zn, Cd, Ni ve Cr kalıntılarına rastlanmamıştır.

Çim tohumu toprağa atıldıktan sonra yapılan her sulamada, su numuneleri alınıp laboratuvarında analizleri yaptırılmıştır. Arıtılmış atıksuların analizleri Çizelge 4.10'da, şebeke suyunununda analizleri Çizelge 4.11'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.7. Deneme sonucunda parsellerden alınan toprak örneklerinden elde edilen ağır metal analiz sonuçları

Analiz Sonuçları	1 nolu	2 nolu	3 nolu	4 nolu	5 nolu
Cr	30,82	39,02	40,03	45,02	42,7
Ni	26,35	37,16	38,16	38,74	35,56
As	< 0,331	< 0,331	< 0,331	< 0,331	< 0,331
Cd	2,10	2,81	2,75	3,33	3,24
Hg	0,495	0,107	0,140	0,122	1,770
Pb	14,47	25,55	21,55	19,22	18,18

Çizelge 4.8. Evsel nitelikli atıksular kirlilik yükü

Parametre	Birim	Kompozit Numune	Kompozit Numune 24 saatlik
BOİ ₅	(mg/L)	40	35
KOI	(mg/L)	120	90
Akm	(mg/L)	40	25
pH		6-9	6-9

Çizelge 4.9. Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite kriterleri

Sulama Suyu Kriterleri	Sulama Suyu Sınıfı				
	1 . Sınıf su (Çok iyi)	2 . Sınıf su (İyi)	3 . Sınıf su (Kullanılabilir)	4 . Sınıf su (İhtiyatla kullanılabilir)	5 . Sınıf su (Zararlı uygun değil)
Ec (µmhos/cm)	0-250	250-750	750-2000	2000-3000	>3000
SAR	<10	10-18	18-26	>26	-
Klorür (mg/L)	0-142	142-249	249-426	426-710	>710
Sodyum (mg/L)	<20	20-40	40-60	60-80	>80
SO ₄ (mg/L)	0-192	192-336	336-575	575-960	>960
Bor (mg/L)	0-0,5	0,5-1,12	1,12-2	>2	-
Top. Tuz kons. (mg/L)	0-175	175-525	525-1400	1400-2100	>2100

Çizelge 4.10. Atıksu tesisi su çıkış parametreleri ve değerleri

Parametreler	Atıksu tesisi su çıkış değerleri						Ortalama
	Tarih						
	03.03.10	07.03.10	14.03.10	23.03.10	01.04.10	06.04.10	
pH	7,86	7,47	7,22	7,32	7,17	7,48	7,42
AKM (mg/L)	18	16	18	15	13	18	16,33
BOİ ₅ (mg/L)	9	16	10	13	15	16	13,17
Koliform Bakteri (0/100 mL)	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
NO ₃ (mg/L)	15,2	2,7	10,4	8	7,1	11	9,07
SO ₄ (mg/L)	22	39	20	18	25	28	25,33
Bor (mg/L)	-	0,068	0	0	0,003	0	0,036
Sodyum (mg/L)	4,23	1,64	1,73	1,8	1,21	1,61	2,04
Klorür (mg/L)	63	57	50	52	70	44	56
Demir (mg/L)	0,013	0,025	0,03	0,017	0,011	0,21	0,051
Mangan (mg/L)	0,039	0,11	0,07	0,091	0,085	0,054	0,08
Kurşun	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
ÇKM (mL/L)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Ec (µmhos/cm)	935	825	730	655	750	830	787,5
KOI (mg/L)	35	30	40	25	30	36	32,67
Potasyum (mg/L)	6,75	6,24	4,82	5,36	5,42	5,86	5,74
Toplam azot (mg/L)	22	18	8	9	11	13	13,5
Toplam Fosfor (mg/L)	1,1	1,3	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9

Çizelge 4.11. Şebeke suyu parametreleri ve değerleri

Parametreler	Şebeke suyu değerleri						Ortalama
	Tarih						
	03.03.10	07.03.10	14.03.10	23.03.10	01.04.10	06.04.10	
pH	7,56	7,47	7,22	7,32	7,17	7,48	7,37
Akm (mg/L)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
BOİ ₅ (mg/L)	6	5	5	4	6	5	5,17
Koliform bakteri (0/100 mL)	0	0	0	0	0	0	0
NO ₃ (mg/L)	<2,2	<2	<1,3	<1,5	<1,4	<1,8	<1,7
SO ₄ (mg/L)	32	20	22	18	21	25	23
Bor (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0
Sodyum (mg/L)	3,6	3,4	2,6	2,7	3	3,2	3,08
Klorür (mg/L)	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Demir (mg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mangan (mg/L)	0,17	0,13	0,12	0,18	0,19	0,12	0,15
Kurşun	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Çkm (mL/L)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Ec (µmhos/cm)	120	150	110	160	170	180	148,33
KOI (mg/L)	20	18	20	19	25	15	19,5
Potasyum (mg/L)	1,2	0,5	0,3	0,3	0,2	0,5	0,5
Toplam azot (mg/L)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Toplam Fosfor (mg/L)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

Şebeke suyu değerleri parametre değerleri, Çizelge 4.9'da yer alan Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite kriterlerine göre 1. Sınıf su değerindedir.

Elde edilen tüm bu veriler Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından yürütülen 31 Aralık 2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği ve literatür bilgisi ışığında irdelenmiştir.

Arıtılmış atıksu parametre değerleri, Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9'da yer alan kalite kriterlerine göre herhangi bir sınırlamaya gidilmeden bitki sulamasında kullanılabilceği görülmektedir. Arıtılmış atıksu parametre değerlerinin çoğu 1.sınıf çıkmıştır. Ancak EC değeri en yüksek 935 µmhos/cm ile 3. Sınıf çıkmıştır. Bu değere rağmen atıksu kullanılabilir vasıfta yer almaktadır.

Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından yürütülen 31 Aralık 2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliğine göre Şehir şebeke suyu ve arıtılmış atıksu değerleri bakımından her iki suyun kullanımına engel bir durum söz konusu değildir.

4.2 Bitkisel Ölçüm ve Analizler

Bu denemede bitki üzerinde yapılması planlanan analizler, fiziksel özellikleri ile ilgili konularda olmuştur. Çim bitkisinin fiziksel özellikleri bakımından ele alınacak parametreler; çim bitkisinin topraktan çıkışı, zamana göre büyüme hızı, renk koyuluğu ve yaş ağırlığıdır. Ayrıca atıksuların içeriğinde bulunan maddelerin bitkilerin gelişimleri üzerine olan etkileri de incelenmiştir.

4.2.1. Bitki Boy Uzunlukları

Aynı toprak özelliğinde bulunan deneme parsellerine, 5 farklı su karışım oranı (% 0, % 25, % 50, % 75, % 100) seçeneği uygulanmış ve 3 tekerrür yapılmıştır. Bu çalışmada elde edilen verilerden boy uzunlukları Şekil 4.1, 4.2 ve 4.3 te görülmektedir.

Şekil 4.1'de tamamı şebeke suyu ile sulanan 1 sıra nolu deneme parselinde dönem içerisinde meydana gelen uzama miktarı 16 cm, %25'i atıksu %75'i şebeke suyu kullanılan 2 sıra nolu deneme parselinde dönem içerisinde meydana gelen uzama miktarı 17 cm, %50'si atıksu %50'si şebeke suyu kullanılan 3 sıra nolu deneme parselinde dönem içerisinde

meydana gelen uzama miktarı 19 cm, %75'i atıksu %25'i şebeke suyu kullanılan 5 sıra nolu deneme parselinde dönem içerisinde meydana gelen uzama miktarı 18 cm, atıksu kullanımı %100 olan 5 sıra nolu deneme parselinde dönem içerisinde meydana gelen uzama miktarı 20 cm olarak ölçülmüştür.

Şekil 4.2'de tamamı şebeke suyu ile sulanan 1 sıra nolu deneme parselinde dönem içerisinde meydana gelen uzama miktarı 16 cm, %25'i atıksu %75'i şebeke suyu kullanılan 2 sıra nolu deneme parselinde dönem içerisinde meydana gelen uzama miktarı 16 cm, %50'si atıksu %50'si şebeke suyu kullanılan 3 sıra nolu deneme parselinde dönem içerisinde meydana gelen uzama miktarı 18 cm, %75'i atıksu %25'i şebeke suyu kullanılan 5 sıra nolu deneme parselinde dönem içerisinde meydana gelen uzama miktarı 19 cm, atıksu kullanımı %100 olan 5 sıra nolu deneme parselinde dönem içerisinde meydana gelen uzama miktarı 20 cm olarak ölçülmüştür.

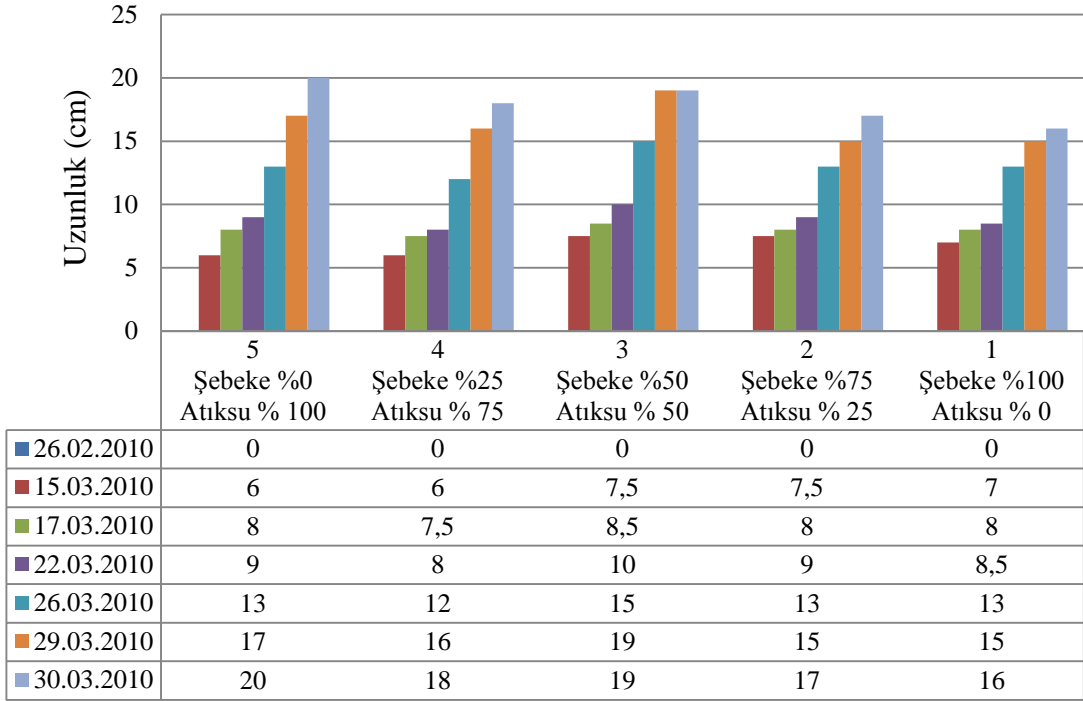
Şekil 4.3'te tamamı şebeke suyu ile sulanan 1 sıra nolu deneme parselinde dönem içerisinde meydana gelen uzama miktarı 17 cm, %25'i atıksu %75'i şebeke suyu kullanılan 2 sıra nolu deneme parselinde dönem içerisinde meydana gelen uzama miktarı 17 cm, %50'si atıksu %50'si şebeke suyu kullanılan 3 sıra nolu deneme parselinde dönem içerisinde meydana gelen uzama miktarı 18 cm, %75'i atıksu %25'i şebeke suyu kullanılan 5 sıra nolu deneme parselinde dönem içerisinde meydana gelen uzama miktarı 19 cm, atıksu kullanımı %100 olan 5 sıra nolu deneme parselinde dönem içerisinde meydana gelen uzama miktarı 19 cm olarak ölçülmüştür.

Çizelge 4.12' den anlaşılacağı gibi, denemede çim bitkisinin uzunluk değerleri kullanılarak yapılan varyans analizi sonucunda uygulanan atıksu dozları arasındaki farklılıkların istatistiki olarak 0,01 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.12. Bitki boyu varyans analiz tablosu

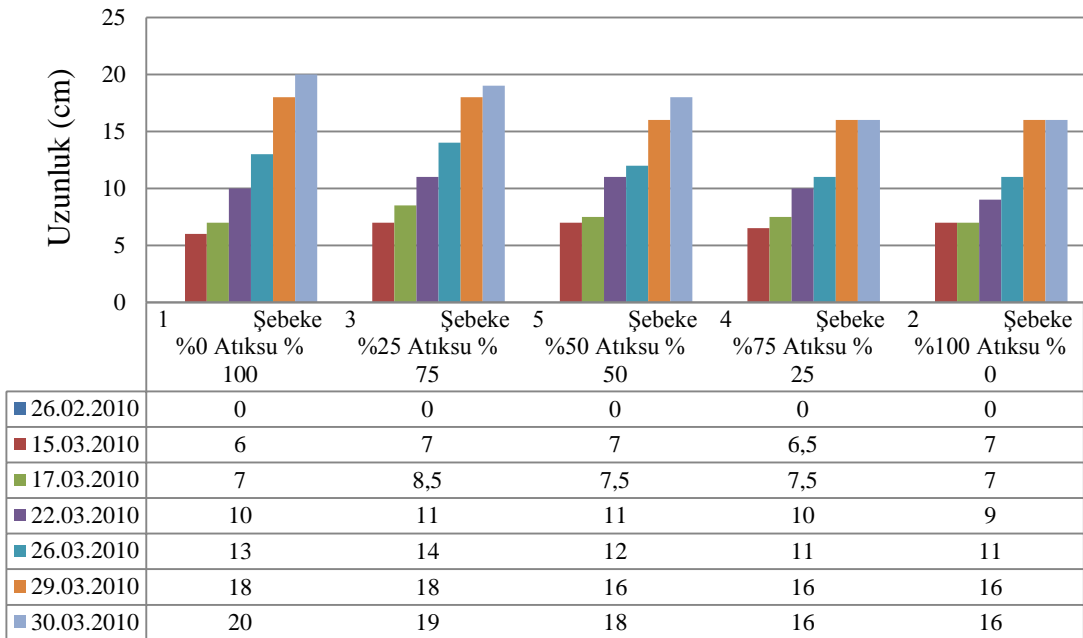
Kaynak	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler ortalaması	F	P
Faktör	4	0,65536	0,16384	18,26	0,000
Hata	10	0,08973	0,00897		
Toplam	14	0,74509			

1 No'lu deneme parseli çim uzunlukları



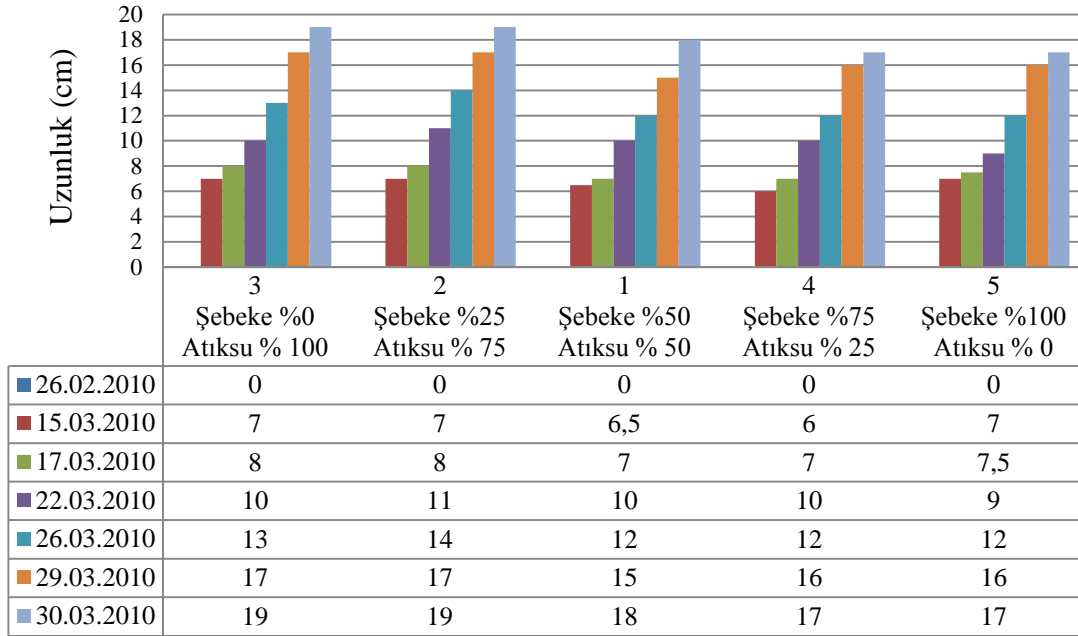
Şekil 4.1. 1 No'lu deneme parseli su karışımları ve zamana göre çim uzunluğunun ölçümü

2 No'lu deneme parseli çim uzunlukları



Şekil 4.2. 2 No'lu deneme parseli su karışımları ve zamana göre çim uzunluğunun ölçümü

3 No'lu deneme parseli çim uzunlukları



Şekil 4.3. 3 No'lu deneme parseli su karışımları ve zamana göre çim uzunluğunun ölçümü

4.2.2. Bitki Yaş Ağırlığı

Çim bitkisinin değerlendirilmesinde kullanılan parametrelerden bir diğeri bitkilerin yaş ağırlıklarının ölçülmesidir. Hasadı yapılan çim bitkisinin m²'ye göre yaş ağırlıkları hassas terazide tartılarak deneme parsellerine göre ağırlıkları grafiksel olarak şekillerle gösterilmiştir.

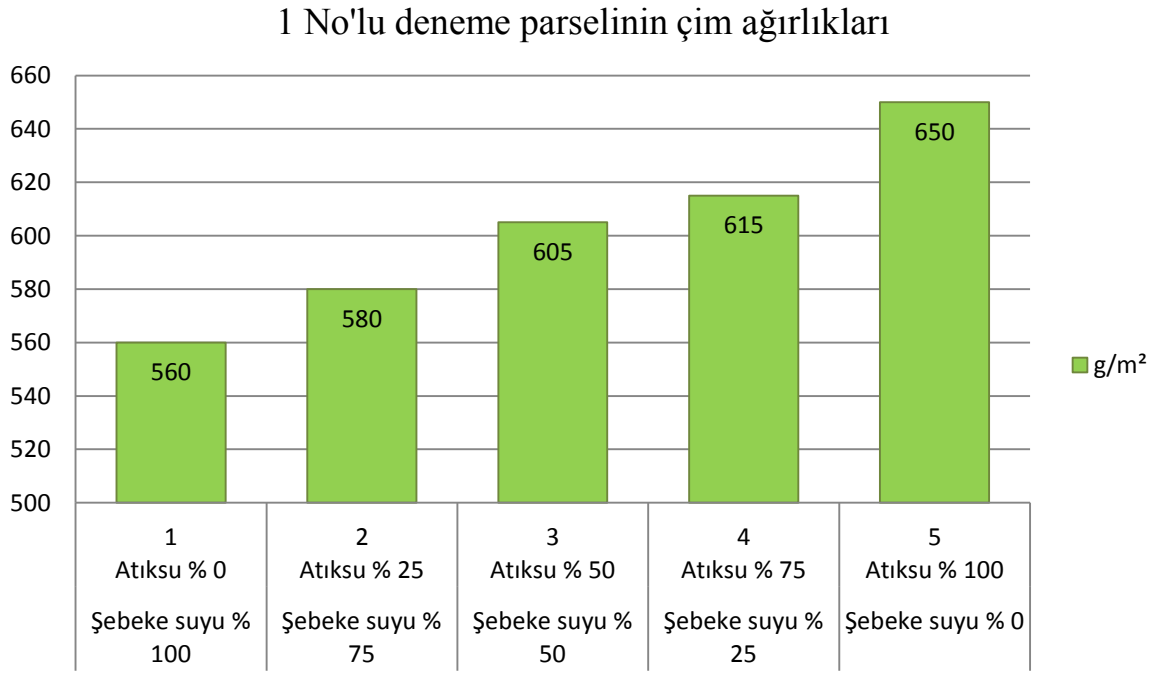
Atıksu ve şebeke suyu kullanılarak 5 farklı su karışım oranı (% 0, % 25, % 50, % 75, % 100) seçeneği uygulanmış deneme parsellerinden elde edilen çim bitkisinin yaş ağırlıkları, grafiksel olarak Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da görülmektedir.

Şekil 4.4 incelendiğinde atıksu kullanımı arttıkça bitkilerden elde edilen ağırlıkta da artış görülmektedir. Tamamı şebeke suyu ile sulanan 1 sıra nolu deneme parselinde bitki ağırlığı 560 g/m², %25'i atıksu %75'i şebeke suyu kullanılan 2 sıra nolu deneme parselinde bitki ağırlığı 580 g/m², %50'si atıksu %50'si şebeke suyu kullanılan 3 sıra nolu deneme parselinde bitki ağırlığı 605 g/m², %75'i atıksu %25'i şebeke suyu kullanılan 5 sıra nolu deneme parselinde bitki ağırlığı 615 g/m², atıksu kullanımı %100 olan 5 sıra nolu deneme parselinde bitki ağırlığı 650 g/m² olarak ölçülmüştür.

Şekil 4.5'te tamamı şebeke suyu ile sulanan 1 sıra nolu deneme parselinde bitki ağırlığı 580 g/m^2 , %25'i atıksu %75'i şebeke suyu kullanılan 2 sıra nolu deneme parselinde bitki ağırlığı 595 g/m^2 , %50'si atıksu %50'si şebeke suyu kullanılan 3 sıra nolu deneme parselinde bitki ağırlığı 620 g/m^2 , %75'i atıksu %25'i şebeke suyu kullanılan 5 sıra nolu deneme parselinde bitki ağırlığı 640 g/m^2 , atıksu kullanımını %100 olan 5 sıra nolu deneme parselinde bitki ağırlığı 660 g/m^2 olarak ölçülmüştür.

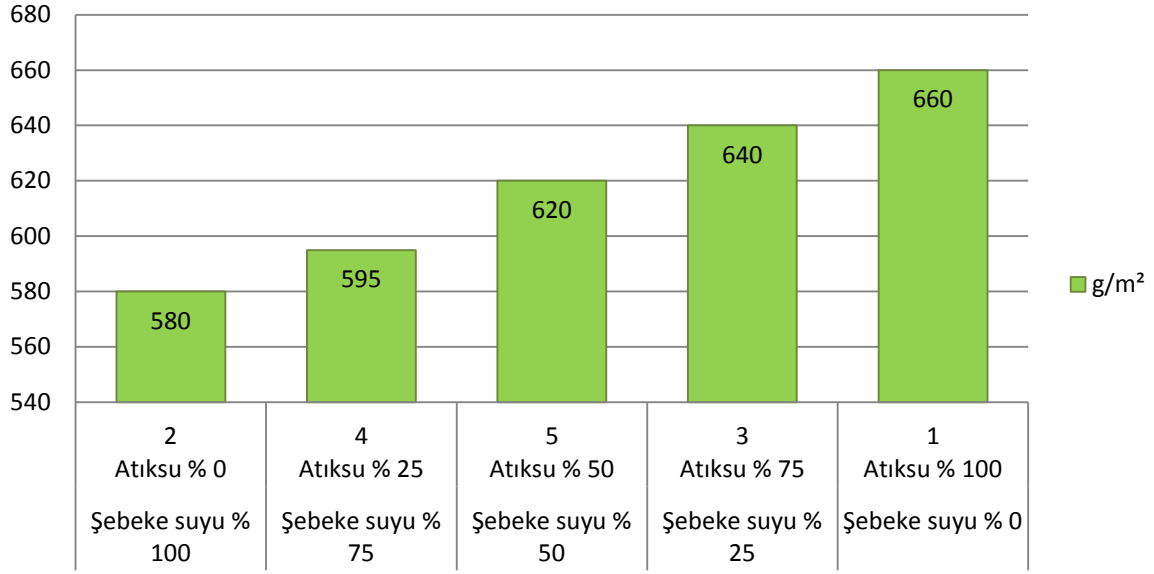
Şekil 4.6'da tamamı şebeke suyu ile sulanan 1 sıra nolu deneme parselinde bitki ağırlığı 560 g/m^2 , %25'i atıksu %75'i şebeke suyu kullanılan 2 sıra nolu deneme parselinde bitki ağırlığı 570 g/m^2 , %50'si atıksu %50'si şebeke suyu kullanılan 3 sıra nolu deneme parselinde bitki ağırlığı 585 g/m^2 , %75'i atıksu %25'i şebeke suyu kullanılan 5 sıra nolu deneme parselinde bitki ağırlığı 600 g/m^2 , atıksu kullanımını %100 olan 5 sıra nolu deneme parselinde bitki ağırlığı 630 g/m^2 olarak ölçülmüştür.

Çizelge 4.13' ten anlaşılacağı gibi, denemede çim bitkisinin yaş ağırlık değerleri kullanılarak yapılan varyans analizi sonucunda uygulanan atıksu dozları arasındaki farklılıkların istatistiki olarak 0,01 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir.



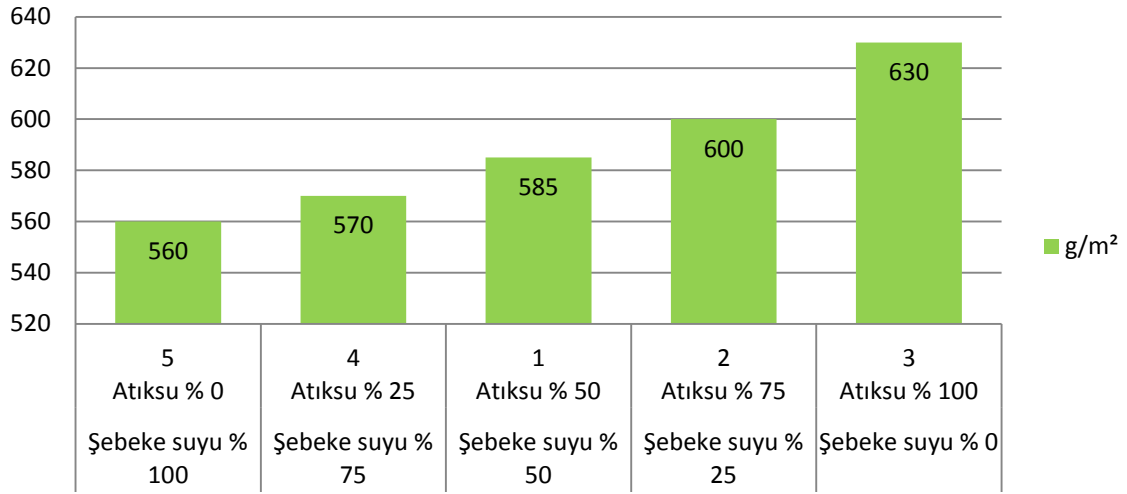
Şekil 4.4. 1 No'lu deneme parselindeki çim bitkisinin yaş ağırlıkları

2 No'lu deneme parselinin çim ağırlıkları



Şekil 4.5. 2 No'lu deneme parselindeki çim bitkisinin yaş ağırlıkları

3 No'lu deneme parselinin çim ağırlıkları



Şekil 4.6. 3 No'lu deneme parselinin çim bitkisinin yaş ağırlıkları

Çizelge 4.13. Bitki yaş ağırlık varyans analiz tablosu

Kaynak	Serbestlik derecesi	Kareler Toplamı	Kareler ortalaması	F	P
Faktör	4	11750	2938	11,83	0,001
Hata	10	483	248		
Toplam	14	14233			

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Dünyada ve ülkemizde giderek artan su ihtiyacı ve mevcut su kaynaklarının kirlenmesi sonucu atıksuların arıtılarak alıcı ortama verilmesi günümüzde yapılması gereken bir zorunluluk haline dönüşmüştür. Alıcı ortama deşarj edilen bu sular, FAO ve SKKY'nin belirlediği standartları sağlamak zorundadır. Bu standartlara erişen arıtılmış atık suların kullanılabilceği birçok sektör bulunmakta olup atık sular bu şekilde değerlendirildiği takdirde, doğal kaynak sularının daha uzun süre kirlenmeyeceği ve bizlere daha uzun süreler hizmet edebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu çalışmada evsel arıtılmış atıksuların içeriğindeki parametreler SKKY'ye göre değerlendirilmiştir.

Denemede Kullar atıksu arıtma tesisinden alınan atıksu üzerinde, atıksuların alıcı ortama deşarj edilmesinde dikkate alınan kriterler olan BOİ₅, KOI, AKM yıllık ortalama konsantrasyon değerlerine bakılmıştır. İSU'dan elde edilen analiz sonuçlarına göre BOİ₅ değeri 48 mg/L, KOI değeri 13 mg/L, AKM değeri 20 mg/L olarak belirlenmiştir. Ölçülen değerler doğrutusunda atıksuların BOİ₅, KOI, AKM konsantrasyon değerleri toprak kirliliği kontrol yönetmeliğinde izin verilen değerlerin altında bulunmuştur.

Arıtma tesislerinden alınan atıksular SKKY'nin belirlediği "sulama suyu sınıfı değerlendirme" kriterlerine göre değerlendirildiğinde, EC, SAR, Klorür, Değişebilir sodyum %'si, Sülfat, Bor konsantrasyonu, Toplam tuz konsantrasyonu değerleri bakımından incelenmiştir. EC değeri 787.5 değeri ile 3.sınıf sulama suyu (kullanılabilir) olup diğer parametre değerleri bakımından 1. Sınıf su (çok iyi) olduğu sonucuna varılmıştır.

Arıtılmış atıksuların rekreasyon alanlarında ve tarımsal alanlarda kullanılması durumunda içeriğindeki yararlı elementlerden dolayı ticari gübre kullanımının bir azalma söz konusu olacaktır. Denemede 5 farklı şebeke ve atıksu karışımı (%0, %25, %50, %75, %100) çim bitkisi üzerine uygulanmıştır. Deneme sonucunda çim bitkisinin bitki boyu ve bitki yaş ağırlık değerleri incelenmiş ve bu değerlerin arıtılmış atıksu miktarının artmasına bağlı olarak arttığı gözlemlenmiştir. Dolayısıyla sulama amaçlı arıtılmış atıksu kullanımı ile çiftçilerimizin en büyük gider kalemi olan ticari gübreden ekonomi sağlaması mümkün olacaktır.

Deneme sonucunda parsellerinden alınan toprak örnekleri üzerinde yapılan ağır metal analizleri sonucunda tüm karışım değerlerinde Cd değeri yüksek çıkmakla birlikte arıtılmış atıksuyun %75 ve %100 uygulandığı konularda Toprak Kirliliğinin Kontrol Yönetmeliği'nde

(TKKY) belirtilen 3 mg/kg sınır değeri aşılarak sırasıyla 3,33 mg/kg ve 3,24 mg/kg olarak belirlenmiştir. Toprak örnekleri analiz sonucunda Hg değeri arıtılmış atıksuyun %100 uygulandığı konuda Toprak Kirliliğinin Kontrol Yönetmeliği'nde (TKKY) belirtilen 1,5 mg/kg sınır değeri aşılarak 1,77 mg/kg olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla arıtılmış atıksular yüksek karışım oranlarında insan ve çevre sağlığı açısından önemli sorunlara neden olabilecektir. Bu nedenle çim bitkisinin sulanmasında diğer karışım oranlarının kullanılması tercih edilmelidir.

Ülkemizde atıksu arıtma tesislerinin sayıları gün geçtikçe artmaktadır. evsel nitelikli arıtılmış atıksuyun kullanılması ve değerlendirilmesi gelecek nesiller açısından çok önemli olup; bu tesislerden çıkan suların standartlara uyması, standartlara uymayan suların standartlara uyuncaya kadar temizlenmesi ve kullanımının bir an önce yaygınlaştırılması, çok önemli olan temiz su kaynaklarının korunmasında en önemli etkenlerden birisidir.

Türkiye'nin sanayi ve nüfus bakımında en kalabalık şehirlerinden biri olan Kocaeli'de, İzmit Su ve Kanalizasyon İdaresi (ISU) yılda yaklaşık olarak 105 milyon m³ atıksuyu arıtarak denize deşarj etmektedir. Bu sular uzun vadede önemli çevre sorunlarını da birlikte getirmektedir. Atıksuların günümüz şartlarında kullanım gerekliliğinin olduğuna, su zengini olmayan ülkemizde atıksuların rekreasyon, tarım ve sanayi sektöründe kullanımının yaygınlaştırılmasının hem ekonomik yönden hem de doğal kaynakların korunması açısından oldukça önemlidir. Bu araştırma ile atıksu arıtma tesislerinde arıtılmış suların değerlendirilerek rekreasyon ve tarım alanlarında kullanılabilirliğinin gösterilmesi hedeflenmiştir.

6. KAYNAKLAR

- Anonim, 2011. Kocaeli ve Makine Sektörüne İlişkin Bazı Veriler. <http://www.makinebirlik.com/content/docs/izmit-raporu.pdf>. (Erişim tarihi 05.01.2011).
- Asano, T. (1991) "Planning and Implementation of Water Reuse Projects", *Wat. Sci. & Tech.*, 24/9: 1 –10.
- Aşık. Ş, Akkuzu. E, Karataş. B S, (2005). İzmir Kentsel Arıtılmış Atık Sularının Sulamada Kullanım Olanaklarının İncelenmesi *Ege Üniv. Ziraat. Fak. Derg.*, 2005, 42(3):111-122 ISSN 1018-885.
- Bahri A (1998). Fertilizing value and polluting load of reclaimed water in Tunisia. *Water Research Volume 32, Number 11, November 1998*, pp 3484-3489.
- Blumenthal U.J., Peasey A., Ruiz-Palacios G. and Duncan Mara D. 2000. Guidelines for Wastewater Reuse in Agriculture and Aquaculture: Recommended Revision Based on New Research Evidence. *Water and Environmental Health at London and Loughborough (WELL) Study, Task No: 68 Part 1, Loughborough University, UK.* <http://www.lboro.ac.uk/well>
- Bouyoucous, G.J., 1951. A Recalibration of the Hydrometer Method for the Making Mechanical Analysis of Soils. *Agronomy Journal*, No:43, 434-438.
- Büyükkamacı N, ve Onbaşı A.N (2007). 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi Yaşam ve Çevre Teknolojileri Kongresi İzmir, 24-27 Ekim 2007.
- Demir, R. Aydın, F. (2000). Atıksular ile Sulanan Marullarda Ağır Metaller Üzerine Bir Çalışma. *Ekoloji dergisi Cilt: 9 Sayı: 36 (2000)*, 15-17.
- DMİ 2010, Kocaeli İli 2000 - 2009 yılları arası meteorolojik verileri
- Doğan M (2003). Şanlıurfa'da Karakoyun Deresi Atık Suları ile Sulanan Soğanda Toksik Element Birikimi Üzerine Bir Araştırma. *Ekoloji dergisi Cilt:12 Sayı: 48 (2003)*.
- DSİ. 2005. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı-DSİ, 2005. Akarsularımız, Göllerimiz, Barajlarımız. "DSİ Zamanla Yarışıyor".
- EPA Manual (1992). Guidelines for Water Reuse, EPA/625 /R-92/004, September,1992,USA.
- Feidler, H. J.(Herausg). 1990. Bodennutzung und bodenschutz. Birkhauser Verlag, Basel-Boston-Berlin, pp.268.
- Günes S., 2002. Arıtılmış Atıksuyun ve Arıtma Çamurlarının Geri Kazanımı, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara, s:180-181.
- İSU (2011). İzmit su ve kanalizasyon işletmesi 2010 yılı verileri.

- Katkat, V. ve Aşık, B. (2005) Gıda Sanayii Arıtma Tesisi Atık Suyu'nun Sulama Suyu Olarak Kullanım Olanağı Uludağ.Üniv.Zir.Fak.Derg., 19(2): 23-31.
- Kukul, Y.S., Anac, S., Salgot, M. and Molina, J. 2005. Developing Standards and Guidelines for Reuse of Treated Wastewater with Risk Assessment in Agriculture of Turkey. MED-REUNET II Workshop on Mediterranean Experiences on Water Reuse. Barcelona, Spain, 12 – 13 May, 2005.
- Öbek, E., Ş. Y. Tatar, H. Hasar, F. Karataş, M. F. Erulaş, 2005. Tavuk Kesimhanesi Atıksu Arıtma Tesisi Giriş ve Çıkış Suları ile Arıtma Çamurundaki Vitamin Düzeylerinin Değerlendirilmesi. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17 (2), 327-334.
- Özcan S, Oluk S., 2005. Arıtılmış Atıksuların Bazı Çim Türlerinde Tohum Çimlenmesi ve Fide Gelişimi Üzerine Etkileri. Kastamonu Eğitim Dergisi 159-162 Mart 2005 Cilt:13 No:1.
- Öztürk M, Özcan S, Pakfiliz Y, 1995. Arıtma Tesisi Sularının Bitki Sulamasında Kullanılması. Ekoloji Dergisi 9-13 Nisan-Mayıs-Haziran 1995 Sayı 15.
- Pescod, M.B. 1992. Wastewater Treatment and Use in Agriculture. Irrigation and Drainage Paper, No. 47, FAO, Rome. 125 p.
- Resmi Gazete. 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 31 Aralık 2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete.
- Salgot M. and Angelakis A.N. 2001. Guidelines and Regulations on Wastewater Reuse. Pages 446-465, in Decentralized Sanitation and Reuse. Integrated Envir. Tech. Series, IWA Publishing, London, UK.
- Saygıdeğer, S. (1994): Sıvılaştırılmış Seka atığının çeşitli bitki tohumlarının çimlenmesine etkileri, Turkish Journal of Botany, vol. 18, no.1, pp. 1-4.
- Sort, X. And Alcaniz, J.M., 1999 modification of soil porosity after application of sewage sludge soil& tillage research, 49, 337-345.
- Toze, S. 2006. Reuse of Effluent Water-Benefits and Risks. J. of Agricultural Management, 80:147-159.
- US EPA. 2004. Guidelines for Water Reuse US EPA and US Agency for International Development. EPA/625/R-04/108.
- Üstün E.G. ve Solmaz S. K. A. 2007.Bir Organize Sanayi Bölgesi Atıksu Arıtma Tesisinden Çıkan Atıksuların Tarımsal Amaçlı Sulama Suyu Olarak Yeniden Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Ekoloji Dergisi. 15, 62, 55-61
- Wahaab, R. A., 1995. Wastewater treatment and reuse: envionmental healt and safety considerations, International journal of environmental healt reearch, 5:35-46.

Yurtsever, N., 1984. Deneysel İstatistik Metodları. Köy Hizm. Genel Müd. Yayınları No:121, 624s, Ankara

Yüksel, A.N. ve F. Konukçu, 1999. Tarımsal Çevre Kirliliği ve Su Kalitesi. Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayın No: 271, Ders Kitap No: 34.

ÖZGEÇMİŞ

İzmit'te 1981 yılında doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İzmit'te tamamladı. 2001 yılında girdiği Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesinden, 2005 yılında bölüm üçüncüsü olarak mezun oldu. 2007 yılında kısa bir süreliğine İstanbul'da özel bir firmada çalıştıktan sonra aynı yıl içinde Kocaeli Büyükşehir Belediyesi'nde Mühendis olarak çalışmaya başladı. 2008 yılında Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde yüksek lisans eğitimine başladı. Halen Kocaeli Büyükşehir Belediyesi'nde Mühendis olarak çalışmaya devam etmektedir.