

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

**ATIKSULARIN YAPAY SULAK ALANLARDA
ARITIMININ İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Savaş YETİK

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr.Saim ÖZDEMİR

Mayıs 2008

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ATIKSULARIN YAPAY SULAK ALANLARDA
ARITIMININ İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Savaş YETİK

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 23 / 05 /2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.



Prof.Dr.Saim ÖZDEMİR
Jüri Başkanı



Prof.Dr.Hasan ARMAN
Üye



Yrd.Doç.Dr.Nurtaç ÖĞLENİ
Üye

TEŞEKKÜR

Bir idealimin gerçekleŐmesine katkıda bulunması ve gerekse tez konunun seçimi, yürütülmesi ve yönlendirilmesi aşamasında her zaman yakın ilgi ve desteğini sabırla esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Saim ÖZDEMİR'e teşekkür ederim.

Analizlerin yapılmasında yardımcı olan Adasu Karaman Atıksu Tesisleri çalıŐanlarına göstermiş oldukları yakın ilgiden dolayı teşekkür ederim.

ÇalıŐmalarımnda her konuda yardımcı olan ve destekleyen sevgili aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
TABLolar LİSTESİ.....	vii
ÖZET.....	viii
SUMMARY.....	ix
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Geyve İlçesi Doğantepe Köyünün Genel Özellikleri.....	4
2.2. Yapay Sulak Alanlar	5
2.2.1.Yapay sulak alanların dünya tarihçesi.....	6
2.2.2.Yapay sulak alanların Türkiye’deki durumu.....	7
2.2.3.Yapay sulak alan tipleri.....	7
2.2.3.1. Yüzey akışlı yapay sulak alanlar.....	7
2.2.3.2. Yüzeyaltı akışlı yapay sulak alanlar.....	8
2.3. Yapay Sulak Alanlarda Kirliliklerin Giderimi.....	9
2.3.1. AKM giderimi.....	10
2.3.2. BOİ giderimi.....	10
2.3.3. Azot giderimi.....	10
2.3.4. KOİ giderimi.....	11
2.3.5. Karbon giderimi.....	11

BÖLÜM 3.

MATERYAL VE METOD.....	12
3.1. Materyal.....	12
3.1.1. Sulak alanda kullanılan bitkinin özelliği.....	12
3.1.2. Çalışmada kullanılan yapay sulakalanın özellikleri.....	14
3.1.3 Çalışma yerine ait meteorolojik veriler.....	15
3.2. Metod.....	15
3.2.1. Su analizleri ile ilgili laboratuvar çalışmaları.....	16

BÖLÜM 4.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	18
4.1. Yapay Sulak Alanın Su Analiz Sonuçları.....	19
4.1.1. Sulak alan giriş ve çıkış suyunun pH değişimi.....	19
4.1.2. Yapay sulak alanda AKM giderimi.....	20
4.1.3. Yapay sulak alanda KOİ giderimi.....	22
4.1.4 Yapay sulak alanda BOİ giderimi	24
4.1.3.Yapay sulak alanda NH ₄ -N giderimi.....	25
4.1.3. Yapay sulak alanda NO ₃ -N giderimi.....	27
4.2. Öneriler.....	29

KAYNAKLAR.....	30
----------------	----

EKLER.....	33
------------	----

ÖZGEÇMİŞ.....	35
---------------	----

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AKM	: Askıda katı madde
BOİ	: Biyolojik oksijen ihtiyacı
CH ₄	: Metan
CO ₂	: Karbondioksit
KOİ	: Kimyasal oksijen ihtiyacı
l	: Litre
m ³	: Metre küp
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
N ₂	: Azot
NH ₄ -N	: Amonyum azotu
NO ₃ -N	: Nitrat azotu
Q	: Debi
q	: Ortalama su miktarı
SKKY	: Su kirliliği kontrolü yönetmeliği

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Doğantepe köyünden bir görüntü	4
Şekil 2.2.	Yapay sulak alan Örneği.....	5
Şekil 2.3.	Yüzey akışlı yapay sulak alan.....	7
Şekil 2.4.	Yüzeyaltı akışlı yapay sulak alan.....	8
Şekil 2.5.	Yüzeyaltı akışlı sulak alan sistemleri a- yüzeyaltı yatay akışlı b-yüzeyaltı düşey akışlı.....	8
Şekil 3.1.	<i>Typha latifolia L</i> bitkisi.....	13
Şekil 3.2.	Yapay sulak alanın yatak teşekkülü için kullanılan malzemelerin cinsileri ve dolgu yüksekliği.....	14
Şekil 4.1.	Yapay sulak alanın giriş ve çıkış suyu pH değerlerinin deşarj standartı ile kıyaslanması.....	20
Şekil 4.2.	Yapay sulak alanın giriş ve çıkış suyu AKM değerlerinin deşarj standartı ile kıyaslanması (mg/l).....	21
Şekil 4.3.	Yapay sulak alanın giriş ve çıkış suyu KOİ değerlerinin deşarj standartı ile kıyaslanması (mg/l).....	23
Şekil 4.4.	Yapay sulak alanın giriş ve çıkış suyu BOİ değerlerinin deşarj standartı ile kıyaslanması (mg/l).....	24
Şekil 4.5.	Yapay sulak alanın giriş ve çıkış suyu NH ₄ -N değerlerinin değişimi (mg/l).....	26
Şekil 4.6.	Yapay sulak alanın giriş ve çıkış suyu NO ₃ -N değerlerinin değişimi (mg/l).....	27

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1.	Sulak alanlarda gerçekleşen giderim mekanizmaları	9
Tablo 3.1.	Aylık sıcaklık ve yağış miktarı değerleri.....	15
Tablo 3.2.	Su örneklerinin alınma tarihleri.....	16
Tablo 4.1.	Sektör: Evsel Nitelikli Atıksular (Eşdeğer Nüfusun Ne olduğuna Bakılmaksızın Doğal Arıtma (Yapay Sulak Alan) ve Stabilizasyon Havuzları Sistemiyle Biyolojik Arıtma Yapan Kentsel Atıksu Arıtma Tesisleri İçin) için verilen deşarj değerleri.....	18
Tablo 4.2.	Yapay sulak alanın pH giriş ve çıkış değerleri.....	19
Tablo 4.3.	Yapay sulak alanın giriş ve çıkış suyunda tespit edilen AKM değerleri ve yapay sulak alanın giderim performansı.....	20
Tablo 4.4.	Yapay sulak alanın giriş ve çıkış suyunda tespit edilen KOİ değerleri ve yapay sulak alanın giderim performansı.....	22
Tablo 4.5.	Yapay sulak alanın giriş ve çıkış suyunda tespit edilen BOİ değerleri ve yapay sulak alanın giderim performansı.....	24
Tablo 4.6.	Yapay sulak alanın NH ₄ -N giriş ve çıkış değerleri.....	25
Tablo 4.7.	Yapay sulak alanın NO ₃ -N giriş ve çıkış değerleri.....	27

ÖZET

Anahtar Kelimeler : Evsel atıksu, Arıtma, Yapay sulak alan, *Typha latifolia L.*,

Yapay sulak alanlar, evsel atıksu arıtımı için konvansiyonel arıtma sistemlerine bir alternatif olarak son yıllarda uygulanması artan enerji ihtiyacı az, yatırım ve işletme maliyetleri düşük, işletim şartları basit, çamur üretimi çok az, doğal bir atıksu arıtma sistemidir.

Bu çalışmada bir yatay akışlı, yapay sulak alan teknolojisi incelenmiştir. Bu çalışma Sakarya Geyve Doğantepe köyünde evsel atıksuyu arıtmak üzere kurulmuş içinde *Typha latifolia L.* bitkisi bulunan yapay sulak alan üzerinde ekim 2007– nisan 2008 sezonunda 7 aylık periyotta yürütülmüş olup, AKM, KOİ , BOİ, NH₄-N ve NO₃-N parametrelerinin kirlilik giderim verimi araştırılmıştır.

Yapay sulak alanı ortalama kirlilik giderim verimlilikleri sırasıyla AKM %91-96, KOİ %75-91, BOİ % 90-93 , NH₄-N % 22-34 ve NO₃ –N % 65-75 bulunmuştur. Bu çalışma sonucunda kış periyodunda, yapay sulak alanların, kırsal alandaki evsel atıksuların kirlilik düzeyinin azaltılmasında önemli bir rol oynadığı kanaatine varılmıştır.

TREATMENT OF DOMESTIC WASTEWATER BY CONSTRUCTED WETLAND

SUMMARY

Key Words: Domestic wastewater, treatment, constructed wetland, *Typha latifolia* L.,

Constructed wetlands are natural wastewater treatment systems increasingly employed in the last few years for domestic wastewaters, as an alternative to conventional treatment systems, because of low energy demand, low capital and operations-maintenance costs, simple operation and low sludge generation.

In this study, the treatment performance of a horizontal flow constructed wetland technology has been evaluated, which was built in the Doğantepe Village, Geyve, Sakarya. Constructed wetland was planted with *Typha latifolia*. In the study, the removal efficiency of total suspended solids (TSS), chemical oxygen demand (COD), five-day biochemical oxygen demand (BOD₅), ammonium-nitrogen (NH₄⁺-N) and nitrate-nitrogen (NO₃⁻-N) were measured for a period of 7 months, during October 2007-April 2008.

According to the results obtained the average pollution removal efficiencies by constructed wetland were 91%-96% for TSS, 75%-91% for COD, 90%-93% BOD, 22%-34% for NH₄-N and 65%-75% for NO₃-N. These results indicated that, wetlands might be an applicable system for the treatment of the domestic wastewater releasing from the rural areas during the winter period.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günümüzde teknolojiye meydana gelen ilerleme, sanayileşmenin hızla artması, dünya nüfusunda meydana gelen artış ve bunun sonucunda ülkelerin endüstrileşmeye daha çok önem vermeleri sonucu çevre kirlenmesi hızlanmakta, enerji sıkıntısı gibi su sıkıntısı tehlikesi de insanoğlunu ciddi bir şekilde tehdit etmektedir.

Dünyanın her tarafında suya olan talep her geçen gün artmaktadır. Dünyada pek çok ülke su yetersizliği ile karşı karşıya kalacaktır. Yeryüzündeki içme ve kullanma suyunun miktarı sınırlıdır. Su ihtiyacının artması, kullanılmış suyun yeniden kullanılması kavramını gündeme getirmiştir. Atıksuların sulamada kullanımı birçok ülkede, özellikle sulamanın zorunlu ve su kaynağının kısıtlı olduğu ülkelerde, giderek artmaktadır. Nüfus artışına paralel olarak artan içme ve kullanma suyu ihtiyacı yanında tarımsal su kaynaklarına duyulan ihtiyaç da önemlidir.

Günümüzde hiçbir arıtma işlemine tabi tutulmadan çevreye bırakılan atıksular; akarsu, nehir, göl ve denizleri, hatta sızıntı yoluyla yeraltı sularını kirletmeye başlamış, çevre ve insan sağlığını tehdit eder boyutlara ulaşmıştır. Çevre kirliliğinin bir çeşidi olan su kirliliği; son yıllarda endüstrileşmenin yaygınlaşması, evsel ve endüstriyel atıksuların arıtılmadan alıcı ortamlara verilmesi, bilinçsiz kullanılan gübreleme ve pestisitler nedeniyle önemli ölçüde artmaktadır.

Sağlıklı su temin edebilmek için planlanan su arıtma sistemlerinin ekonomik çözümlerinde mühendislik bilimi açısından, maliyeti ve işletilmesi göz önüne alındığında en uygun arıtma sistemini seçerken, doğal ortama mümkün olan en az kirleticinin verilmesi hedeflenmektedir.

Endüstrileşmiş ülkeler, atıksularını uygun yöntemlerle arıtabilirlerken, gelişmekte olan ülkelerde geleneksel arıtım teknolojilerinin yeterince geliştirilememiş olması yüzünden, hala atıksularını arıtamadan deşarj etmektedirler [1].

Arıtılmadan su kaynaklarına deşarj edilen evsel ve endüstriyel atıksuların su kaynaklarımız üzerindeki olumsuz etkileri, çevre ve halk sağlığı açısından olduğu kadar ekonomik yönden de büyük önem taşımaktadır. Atıksuların çevreye zarar vermemesi veya tekrar kullanılabilmesi için taşıdığı kirletici yüklerinden arıtılması gerekmektedir. Bu suların taşıdıkları farklı kirletici özellikleri, onların arıtılmasında, fiziksel, kimyasal ve biyolojik bir takım farklı arıtma işlemlerinin gerekliliğini beraberinde ortaya çıkarmıştır. Bu işlemler; pahalı teknolojik ekipmanlar, sarf malzemeler, yüksek işletim maliyeti ve bilgisine ihtiyaç duymaktadır. Diğer sistemlerin sözü edilen bu kullanım kısıtları; atıksuların, yalnızca doğal malzemeler ve yöntemler kullanılarak arıtılması ilkesine dayanan “Doğal Arıtma” yöntemlerinin cazibesini artırmıştır. Bu sistemin çalışmasında en önemli faktör bitkilerin arıtma kapasitesidir. Havadan aldıkları oksijeni kökleri vasıtasıyla atık suya ileten bitkiler, aynı zamanda kökleri vasıtasıyla suda istenmeyen kirletici maddeleri besin olarak kullanarak suyun arıtılmasını sağlamaktadır [2].

Yapay sulak alanlar; kamışsı türde su bitkileri, gözenekli bir taşıyıcı ortam ve farklı akış özelliklerindeki bileşenlerinden oluşan sistemlerdir. Suyun akış özellikleri, taşıyıcı ortam malzemesi, yerleştirme şekli ve kullanılan bitki türlerindeki alternatiflerin çokluğu ile yapay sulak alan uygulamaları çeşitlenmektedir.

Atıksu arıtımı için yapay sulak alanların kullanımı yeni bir fikir değildir; geçmişteki bir çok kültürler atıklarını özümseme kapasitesi oldukça yüksek olan doğal bataklıklara ya da sulak alan bitkilerini içeren uzun ve dar kanallara vererek bertaraf etme yolunu denemişlerdir [3].

Yapay sulak alanlar diğer arıtma sistemlerine göre basit ve ucuz olmaları nedeniyle dünyanın birçok bölgesinde ve ülkemizde giderek artan bir şekilde su kirliliklerini arıtmak üzere, çeşitli ölçeklerde ve değişik tasarımlarla kullanılmaktadırlar.

Yapay sulak alanlar; kentsel, endüstriyel ve tarımsal atıksuları arıtabilen ilave sistem veya alternatif arıtma yöntemi olarak düşünülen eko-teknolojik sistemlerdir [4].

“Yapay Sulak alan Sistemleri ”; kentsel ve endüstriyel atıksu arıtımında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemler sadece ortamdaki güneş enerjisini kullanarak köklü, yüzücü ve batık bitkiler sayesinde atıksulardaki organik ve inorganik kirleticileri, askıda katı maddeleri ve toksik maddeleri yüksek oranda temizlemektedir [5].

Yapay sulak alanlar, aslında doğal olandan farklı değildir, atık suyun dış ortama sızıntı olmadan, kontrollü olarak bitki yatağına verildiği ve bu şekilde arıtıldığı sistemdir. Biyolojik sistemlerin etkinliği doğal olarak, ekolojik bölge, ve buna bağlı doğal çevre ve iklim faktörleri, bitki türü ve atık suyun karakteri gibi faktörlerden doğrudan etkilenmektedir [6]. Atık suyun arıtım etkinliği genellikle aktif bitki büyümesinin olduğu yaz dönemlerinde, bitki büyümesinin olmadığı kış dönemlerine kıyasla daha yüksek olmaktadır [7]. Bu çalışmada ülkemizde henüz yeni yeni uygulamaları başlayan yapay sulak alan teknolojisinin evsel nitelikli atık suyu arıtma etkinliğinin, bitki büyümesinin olmadığı kış aylarında nasıl değiştiği araştırılmıştır. Yapay sulak alan olarak, Sakarya ili Geyve ilçesi Doğantepe Köyünde, içinde *T. latifolia* bitkisi bulunan yüzey altı yatay akışlı yapay sulak alan çalışılmış ve evsel nitelikli atıksuları arıtmadaki performansı değerlendirilmiştir.

BÖLÜM 2. GENEL BİLGİLER

2.1. Geyve İlçesi Doğantepe Köyünün Genel Özellikleri

Sakarya iline 40 km, Geyve ilçesine 5 km uzaklıkta olan köy halkının tamamı 1924 Lozan mübadelesiyle Yunanistan'ın İskeçe vilayetine bağlı Çakırlı, Adaköy ve Kavala bölgesinden göç etmiştir. Köy adını hemen kuzeydoğusunda yer alan tepeden almaktadır. Köy dört mahalleden oluşmakta bunlar; Aşağı, Yukarı, Karşı ve Kıran mahalleleridir. Köy 225 haneden oluşmakta ve 897 kişilik bir nüfusa sahiptir. Köyün ekonomisi ağırlıklı olarak bitkisel üretimdir. Köyde ilköğretim okulu vardır. Köyde, içme suyu şebekesi ve kanalizasyon şebekesi mevcuttur. Köyde sağlık ocağı ve sağlık evi vardır. Köye ulaşımı sağlayan yol asfalttır ve bu yol tarımsal pazarlamada önemli bir unsur olan pazara yakınlık ve yola yakınlık ilkesine uygundur. Ayrıca köye yakın yerlerde tarımsal amaçlı soğuk hava depoları mevcuttur. Köyden geçen Karaçay adındaki dere tarımsal amaçlı olarak kullanılmakta, fakat bu dere yazın kurumaktadır. Çalışma bölgesi Şekil 2.1'de sunulmaktadır.

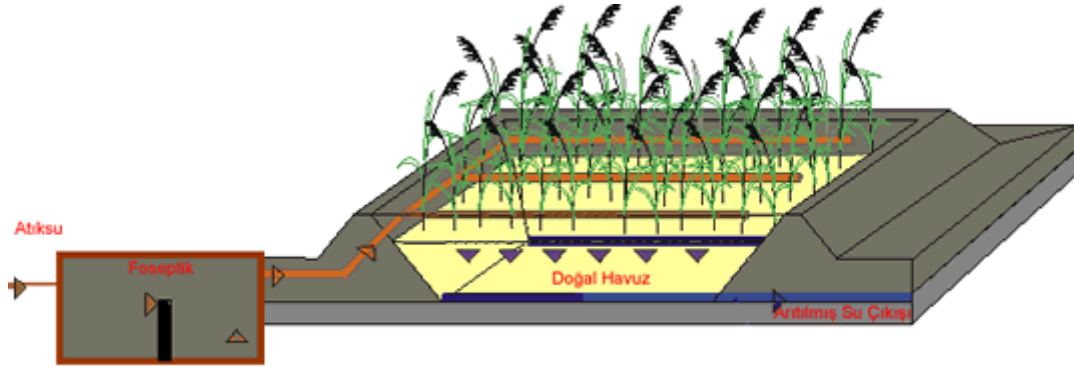


Şekil 2.1. Doğantepe köyünden bir görüntü

2.2. Yapay Sulak Alanlar

Yapay sulak alan sistemleri özel olarak tasarlanan yataklarda yetiştirilen bitkiler vasıtasıyla atıksuların arıtılması esasına dayanmaktadır. Yapay sulak alanlar, evsel ve endüstriyel atıksu arıtımı için konvansiyonel arıtma sistemlerine bir alternatif olarak son yıllarda uygulanması artan enerji ihtiyacı az, yatırım ve işletme maliyetleri düşük, işletim şartları basit ve çamur üretimi çok az, doğal bir atıksu arıtma sistemidir. Özellikle arazinin bol, ucuz ve işletme için kalifiye teknik personelin az olabileceği kırsal bölgelerde, kompleks ve mekanik donanımlı hantal konvansiyonel arıtma sistemlerine göre, fizibil bir arıtma yöntemi olarak önerilmektedir [8].

Doğal malzeme kullanılarak ihtiyaç büyüklüğünde hazırlanan havuzlarda atıksuyun filtre edilmesi, yetiştirilen sulak alan bitkileri ve filtre ortamındaki mikroorganizmalarla suyun arıtılması esasına dayanan bu sistem, doğal yapının küçük taklitleridir. Şekil 2.2’de bu sisteme bir örnek verilmektedir [9].



Şekil 2.2. Yapay sulak alan örneği

2.2.1. Yapay sulak alanların dünya tarihçesi

Robert Kadlec 1973 yılında yaptığı çalışmada, havuz ve sazlık sistemden oluşan gerçek boyutlarda araştırma amaçlı üç adet yapay sulak alan inşa etmiştir. Bu çalışma yapay sulak alanın arıtım performansını değerlendirmek için yapılmış en önemli çalışmadır [7].

Atıksuların arıtımı konusunda iki önemli uzman George Tchobanoglous ve Gordon Culp, yapay sulak alanların atıksuları arıtmadaki ilk mühendislik çalışmaları gerçekleştirmişlerdir [10]. ABD’de Dr. Donald Hammer, Kentucky eyaletinde atıksuların arıtımı için gerçek ve pilot ölçekli yapay sulak alan projelerinin yapımını başlatmıştır. Bu projeleriyle, yapay sulak alanlarla ilgili bilgileri geliştirmeye ulusal anlamda önayak olmuştur [11].

Nepal’de yapay sulak alanlar Çevre ve Halk Sağlığı Organizasyonu tarafından ilk olarak Dhulikhel Hastanesinin evsel nitelikli atıksuları için yapılmış ve buradan alınan olumlu sonuçtan sonra Nepal’de yapay sulak alanlar yapılmıştır [12].

Yapay sulak alanlar; Danimarka’da çoğu yüzey altı yatay akışlı yapay sulak alan sistemi olarak yapılmış ve üzerlerine bir kamış türü olan *phragmites australis* bitkisi dikilmiştir [13]. Yapay sulak alanların sayısının; İsveç’te ondört adet ve Norveç’te yirmi adet olduğu bildirilmektedir [14].

Avusturya’da yüz altmış’ın üzerinde yapay sulak alan kurulmuş ve yapımları halen devam eden tesisler mevcuttur [13]. Yapay sulak alanların sayısının Portekiz’de yüziki adet ve İtalya’da üçyüz adet olduğu bildirilmektedir [15]. Yapay sulak alan sistemi dünyanın birçok ülkesinde kullanılmakta ve bu sistemlerin yapımına halen devam edilmektedir [16].

2.2.2. Yapay sulak alanların Türkiye'deki durumu

Türkiye'de yapay sulak alanlar ilk olarak T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğüne "Doğal Arıtma Projesi" kapsamında yapılmıştır. Daha sonra Köy Hizmetlerinin kapanması sonucunda projeyi İl Özel İdareleri devam etmiştir. T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından inşa edilen ilk sulak alan Projesi Ankara-Haymana-Dikilitaş Köyünde kurulduğu ve bundan sonra bunu ilk takip eden çalışmanın İzmir-Torbalı-Korucuk Köyü olmak üzere Türkiye genelinde birçok tesis kurularak işletmeye alınmış ve bir çok köydede çalışmalar devam etmektedir [17].

2.2.3 Yapay sulak alan tipleri

Yapay sulak alanlar işletilme özelliklerine göre ;

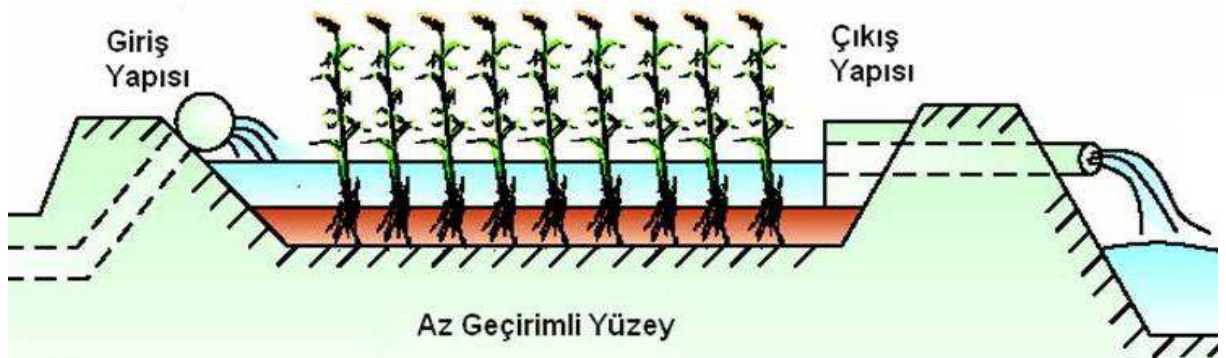
Yüzey akışlı sistemler (Free Water Surface Flow Wetlands)

Yüzey altı akışlı sistemler (Subsurface Flow Wetlands)

sistemler olmak üzere 2'ye ayrılırlar.

2.2.3.1 Yüzey akışlı yapay sulak alanlar

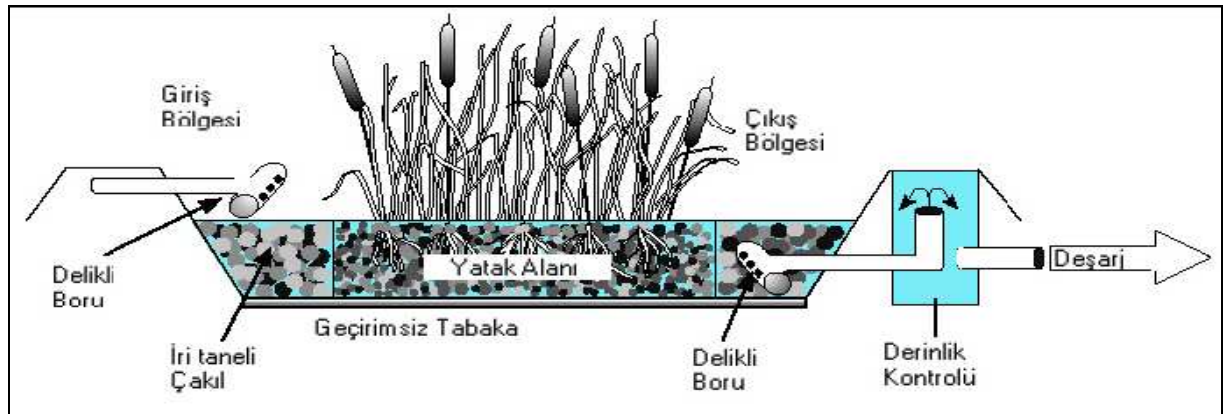
Yüzey akışlı sistemler (Şekil 2.3) yaklaşık olarak 0,6-0,8 m. derinliğinde olup yatakları çakıl veya kum ile doldurulur. Havuzun başlangıcında bir dağıtım kanalı ve çıkışında da bir çıkış borusu bulunur. En önemli dezavantajları sivrisinek kontrolü gerektirmeleridir. Bitkiler oldukça sık olduğundan sivrisineklerle mücadelede kesin bir başarı elde edilememektedir. Sistemde, yüzücü, batık veya köklü bitkiler kullanılmaktadır [18].



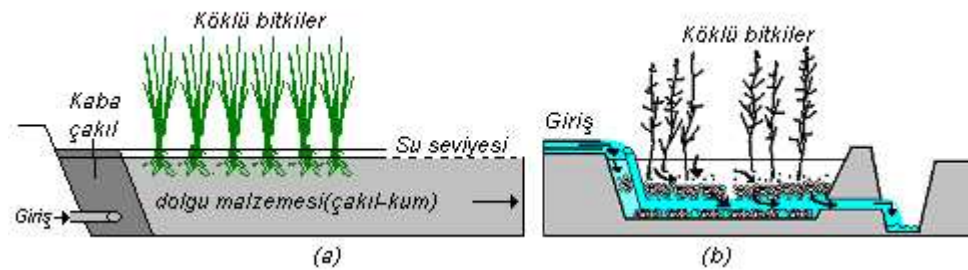
Şekil 2.3.Yüzey akışlı yapay sulak alan

2.2.3.2. Yüzealtı akışlı yapay sulak alanlar

Sistem bitkilerin büyümesini temin eden çakıl taşlı ve kumlu bir ortam ile kanallar ve havuzlardan ibarettir. Yüze altı akışlı sulak alanlardaki başlıca tasarım kriterleri, bekleme süresi, BOİ ve derinliktir. Yüze altı akışlı sistemler, yüze akışlı sistemler gibi benzer giderim mekanizmalarını kullanmaktadır. Yüze altı akışlı sistemlerde atıksu yüze altından aktığı için çakıl gibi bir dolgu malzemesi ile temas halindedir. Bu sebeple de bakterilerin büyümesi için daha yüksek bir yüze alanı ve daha yüksek bir organik yüke müsaade etmektedir. Temel giderim mekanizmaları; filtrasyon, çökelme ve mikrobiyolojik ayrışım olup serbest yüze akışlılarla benzer niteliktedir. Atıksuyun akışına göre yatay ve düşey akışlı olarak ikiye ayrılmaktadırlar [19].



Şekil 2.4. Yüze altı akışlı yapay sulak alan



Şekil 2.5. Yüzealtı akışlı sulak alan sistemleri a-Yüze altı yatay akışlı , b-Yüze altı düşey akışlı

Yüze altı yatay akışlı sulak alan sistemi: Yüze altından giren atıksu çıkış bölgesine (genelde taban kısmında) ulaşana kadar gözenekli yatak malzemesi içerisinde (yüzeyi geçmeyecek şekilde) yavaşça akmaktadır. Bu yavaş akım sayesinde atıksu aerobik, anoksik ve anaerobik bölgelerle temas eder (Şekil 2.5.a).

Aerobik bölge olarak tanımlanan yerler substrat ortamına oksijen transferi yapan kökler ile rizomların yakın çevresidir.

Yüzeyaltı düşey akışlı sulak alan sistemi: Düşey akışlı sistemler klasik biyolojik filtreler (damlatmalı filtreler) prensip olarak çok benzerdir. Şekil 2.5.b' de tipik bir düşey akışlı sistem görülmektedir [20].

Kullanım açısından yatay ve düşey akışlı sulak alanlar bazı avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Düşey Akış Sistemlerinin Avantajları; Kullanım alanının küçük olması, iyi oksijen iletimine sahip olduğundan nitrifikasyonun gerçekleşmesi, Dezavantajları ise; akış yönü mesafesi kısa olması, denitrifikasyonun gerçekleşmesinin düşük, teknik açıdan maliyeti daha yüksek ve özellikle fosfor giderim veriminin düşük olmasıdır. Yatay akış sistemlerinin avantajları; alıkonulma süresi uzun olduğundan besin maddelerinin giderimi daha kolay olurken, nitrifikasyon ve denitrifikasyon da gerçekleşebilmektedir; N ve P uzaklaştırılmasında ise humik asit oluşur, yaşam döngüsü uzundur. Dezavantajları ise, alan ihtiyacının büyük olmasıdır [6].

2.3. Yapay Sulak Alanlarda Kirliliklerin Giderimi

Atıksudaki organik madde, enerji kaynağı ve biyokütle sentezi için hammadde olarak kullanılır. Bu bağlamda gerçekleşen reaksiyonlar, molekülleri organizmaların kullanımına, enerji üretimine veya hücre yapıtaşları sentezinde kullanmaya hazır hale getirir. Tablo 2.1'de doğal arıtma sistemlerinde gerçekleşen arıtım mekanizmaları özetlenmektedir [13].

Tablo 2.1. Sulak alanlarda gerçekleşen giderim mekanizmaları

Parametre	Giderim Mekanizması
AKM	Çökelme, Süzülme
BOİ	Biyolojik ayrışma, Çökelme
Azot	Amonyaklaşma Nitrifikasyon Denitrifikasyon, Bitkilerin kullanımı
Fosfor	Çökelme ve adsorbsiyon, Bitkilerin kullanımı
Patojen	Çökelme, Ölüm, U.V. Radyasyonu, Bitki köklerinden antibiyotik salgısı

2.3.1. AKM giderimi

Sulara çeşitli şekillerde karışıp, suda bulanıklık oluşturan ve zamanla çökmeyen maddeler AKM olarak tanımlanır. Fiziksel prosesler özellikle AKM gideriminde önemli rol oynamaktadır. Yer çekimi ile çökme, AKM gideriminin büyük kısmından sorumludur. AKM partikülleri ile su arasındaki yoğunluk farkından dolayı yerçekimi etkili olmaktadır. AKM uzaklaştırma verimi; partikülün çökme hızı ve sulak alanın boyu ile ilgilidir. Sulak alanlar; bitki kök ve gövdelerindeki filtreleme etkisi ve suyun akış hızını azaltmasından dolayı çökme olayına katkıda bulunmaktadır [21].

2.3.2. BOİ giderimi

Yapay sulak alanlarda bu reaksiyonların gerçekleşmesi için gerekli olan oksijen kaynağı yüzey havalandırmasıdır. Başlıca biyokimyasal bozunma reaksiyonları, bitkilerin su altında kalan bölümleri ve dip birikintilerinin yüzeylerinde gerçekleşir. Aerobik koşulları sağlamak için mevcut tek oksijen taşıma mekanizması oksijenin yapraklardan köklere taşınmasıdır. Bu durumda biyokimyasal reaksiyonlar tıpkı bir damlatmalı filtrede olduğu gibi ortamın çeperlerinde ve bitkilerin su altında kalan kısımlarında oluşan biyofilm tabakasında gerçekleşir. Bitkilerin kök bölümlerine taşınan oksijen, arıtım için gerekli aerobik koşulları sağlar. Yapay sulak alanların projelendirilmesinde BOİ giderimi, hidrolik şartlar ile birlikte göz önüne alınan en önemli parametredir [22].

2.3.3. Azot giderimi

Yapay sulak alanlardaki azot; partikül, çözülmüş, organik ve inorganik azot formları Halinde bulunur. Sulak alanlardaki azot reaksiyonları mineralizasyon ve volatilizasyon, biyolojik alımın, Nitrifikasyon, Denitrifikasyon ve azot sabitleme şeklinde gerçekleşir. Mineralizasyon ve Volatilizasyon; Mineralizasyon, organik maddenin inorganik bileşenlere ayrılması işlemi olup ve nutrientlerin salınımını sağlar ve amonyum iyonu bu sırada bir çok reaksiyondan geçer. Amonyum serbest amonyak ile denge halinde olup, pH ile kontrol edilir. pH'ın yüksek olduğu değerlerde bu denge amonyak yönüne kayar. Amonyak yüksek pH'larda uçucu bileşik olup, amonyak gazı kaybı buharlaşma ile gerçekleşir.

Biyolojik alınımlar; burada bitkiler amonyumu azot kaynağı olarak kullanarak arıtımda rol oynarlar ve ayrıca bitkiler azotu nitrat formunda bünyelerine alırlar [16]. Azot sabitleme; Denitrifikasyon sonucunda oluşan azot kaybını dengeleyen bir azot reaksiyondur. N_2 gazı, organik azota yada amonyağa indirgenir. Azotu sabitleyen bakteriler, mikroorganizma grubunu oluşturmaktadır. Nitrifikasyon; Nitrifikasyon prosesi ise yapay sulak alan sistemlerinde amonyağın nitrosomonas ve nitrobakter ototrofik bakterilerince indirgenerek nitrat oluşumunu sağlamasıdır. Denitrifikasyon; heterotrofik mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilir ve bu reaksiyonun hızı ortamda bulunan organik karbon tarafından tespit edilebilmektedir [6,23].

2.3.4. KOİ giderimi

Organik maddelerden olan KOİ aerobik ve anaerobik hetererof mikroorganizmalar tarafından giderilmektedir. KOİ gideriminde rol oynayan bir başka parametre ise sulak alanlardaki bitki köklerinin, ortamı oksijenlendirmesidir. KOİ giderimini etkileyen başlıca parametreler atıksuyun KOİ yükü, yatakların tasarımı, işletme koşulları, kullanılan dolgu malzemelerinin özellikleri, oksijen difüzyonu ve konveksiyonudur [24].

2.3.5. Karbon giderimi

Sulak alanlarda karbon hızlı bir şekilde ayrışmaktadır. Karbon alımı ve üretimi arasındaki denge, dışarıya verilen karbon miktarını belirlemektedir. Sulak alan sisteminde, çevrilen karbon miktarı atıksu ile verilen karbon miktarından fazla olup bu çevrim atıksudaki karbon giderimini sağlamaktadır. Bu sistemde bitkiler fotosentez yaptıklarından CO_2 'e ihtiyaç duyarlar. Birçok organizma solunum yoluyla CO_2 bırakır ve çeşitli ara yollarla CH_4 gibi CO_2 'in de mikrobiyolojik yollarla üretilmesine sebep olur. Bütün gazlar suda belirli miktarlarda çözündüklerinden dolayı sistemden atmosfere veya atmosferden sisteme karbon transferi sağlanmaktadır [16].

BÖLÜM 3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Yapay sulak alan teknolojisinin kırsal alanda kullanımına ilişkin olarak Köy Hizmetleri Sakarya İl Müdürlüğünce Geyve Doğantepe Köyü'ne kurulan sulak alanın 2007 Ekim - 2008 Nisan tarihleri arasında bitki büyümesinin olmadığı 7 aylık kış döneminde; evsel nitelikli atık suları arıtmak için üzerinde *Typha latifolia* bitkisi bulunan yapay sulak alanın giriş ve çıkış noktalarından alınan atıksu numunelerinin pH, AKM, KOİ, BOİ, NH₄-N ve NO₃-N değerlerine bakılarak performansının incelenmesi çalışmanın esas materyalini oluşturmaktadır.

3.1.1. Sulak alanda kullanılan bitkinin özelliği

Typha latifolia: *Typha latifolia* (Şekil 3.1) çok yıllık su yabancı otudur. Gövdesi 2 m'ye kadar uzanır. Yaprakları 1-2 cm genişliğinde, 1-2 m uzunluğunda (yaklaşık sapların boyu kadardır) ve mavimtrak yeşil renklidir. Kökler boğumlu rizomludur. Her bitkide tek ve kalın bir sap mevcuttur. Erkek ve dişi başaklar bitişiktir ya da aralarında 0,5-2,5 cm boşluk bulunur. Yaz ortasında çiçek açar. Üremesi tohum ve rizomla olmaktadır [25].

Typha birçok su yabancı otu gibi değişik amaçlar için kullanılmaktadır. Bu amaçlardan bir tanesi de atıksuların arıtılmasında kullanılmasıdır. Bu yöntem 1980'li yıllardan sonra Yeni Zelanda, Güney Afrika ve İsrail gibi birçok ülkede kullanılmaya başlanmıştır. Bu bitkiler yüzey akışlı bataklıklarda su içinde ve yüzey altı akışlı bataklıklarda da zemin içinde geniş adsorpsiyon yüzeyleri oluşturmak sureti ile hem mikrobiyolojik büyümeyi, hem de çözülmüş oksijenin kök bölgesine iletilmesini sağlamaktadır. Böylece kök çevresinde önce bir aerobik biyofilm, sonra da bir aneorobik biyofilm oluşmaktadır.

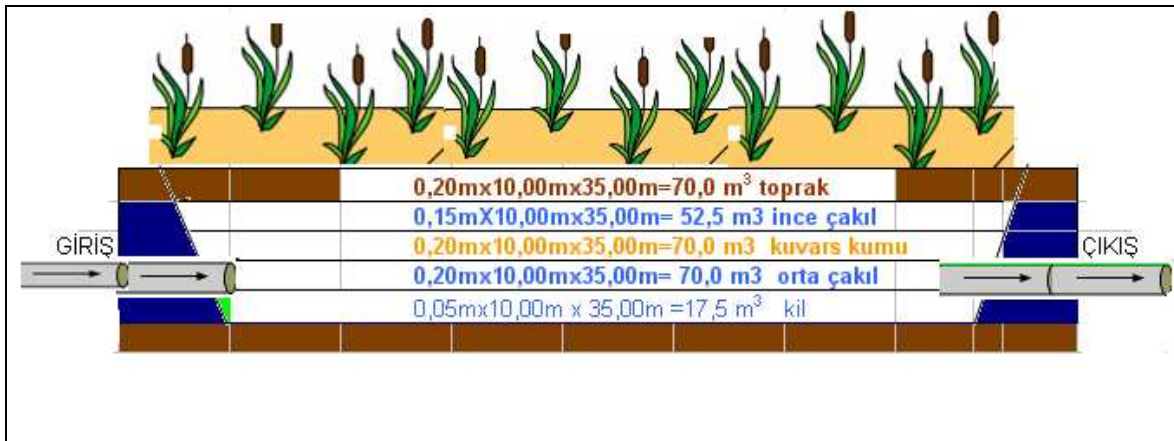
Oluşan bu biyofilm zamanla genişleyerek çoğalmakta ve yapay bataklığın önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Bu noktadan sonra bitkilerin etkinliği azaldığından, hasat edilmesi ve yerine yenilerinin çoğalmalarının sağlanması zorunludur. Bu yolla ortamdaki mineral tuzlar bitkiler tarafından adsorbe edilmek sureti ile ortamın tuz potansiyeli düşürülmektedir. Bitkinin kök sistemine verilen oksijen ile bazı toksik maddeler ve patojenler bitkisel etki ile ortamdan uzaklaştırılmaktadır. Bu tür bir uygulamada atık sular, öncelikle bir fiziksel ayırmadan geçmektedir [26].



Şekil.3.1 *Typha latifolia* bitkisi

3.1.2 Çalışmada kullanılan yapay sulak alanın özellikleri

Yapay sulak alanın uzunluğu 35 m, genişliği 10 m olarak kurulmuştur. İnşası 2004 yılının Ekim ayında tamamlanmış ve sistem devreye alınmıştır. Koku ve sivrisinek gibi problemlerin daha az olduğu yüzeyaltı yatay akışlı sistemdir. Yapay sulak alanda yatak derinliği 0,8 m olarak belirlenmiştir. Bitkilerin yetiştirileceği filtre ortamı ise beş katman oluşturulmuştur. Bu katmanlar ince çakıl, orta çakıl, kuvars kumu, kil ve bitki toprağından oluşmuştur. En alt katmanda bölgeden temin edilen 5 cm yüksekliğinde kil, üzerine 20 cm yükseklikte orta çakıl üzerine 20 cm yükseklikte kuvars kumu üzerine 15 cm yüksekliğinde ince çakıl ve en üst tabakada ise 20 cm yüksekliğinde toprak kullanılmıştır. Giriş ve çıkış yapısının içine atık suyu dağıtmak ve toplamak için 110/110PVC boru kullanılarak atık suyun yatağa dağılımı sağlanmıştır. Sulak alana gelen atıksu ön arıtım olarak foseptikten geçmektedir. Foseptik biriktirme, çökeltme ve dinlendirme bölümlerinden oluşmaktadır.



Şekil 3.2. Yapay sulak alanın yatak teşekkülü için kullanılan malzemelerin cinsileri ve dolgu yüksekliği.

Sistemin günlük atıksu debisi

Toplam nüfus, N: 897 kişi q :60 lt/kişi.gün

Q gün: $897 \times 60 \text{ lt/kişi.gün} \times 1 \text{ m}^3 / 1000 \text{ lt} = 54 \text{ m}^3 / \text{gün}$

Q = 54 m³/gün = 0,6 lt/sn atıksu debisi olarak hesaplanmıştır.

Hidrolik bekleme süresi :

Yatağın net gözenek hacmi (m³) / Debi (m³/gün) şeklinde hesaplanır.

Yatağın net gözenek hacmi : Yatak genişliği x Yatak uzunluğu x Yükseklik x Geçirimsizlik
Kum, çakıl ve topraktan oluşan yatağın geçirgenliği (porozite) ort. 0,42 (%42) dir.

Hidrolik bekleme süresi = (10m x 35m x 0,80m) x 0,42 geçirimsizlik / 54 (m³/gün) =
2,17 gün olarak hesaplanmıştır.

3.1.3. Çalışma yerine ait meteorolojik veriler

Meteoroloji müdürlüğünden alınan; çalışmanın yapıldığı aylara ait meteorolojik veriler ile ilgili değerler Tablo 3.1 'de gösterilmektedir.

Tablo 3.1 . Aylık sıcaklık ve yağış miktarı değerleri.

Aylar		2007 yılı			2008 yılı			
		09.Ay	10.Ay	11.Ay	12.ay	1.Ay	2.Ay	3.Ay
Sıcaklık °C	Ort.	21,1	17,1	11,4	7,3	4,6	6,5	12,6
	Max.	28,2	22,8	15,6	11,2	8,7	11,1	7,9
	Min.	15,8	13,1	7,8	4,0	1,2	2,6	7,9
Yağış(Ort.)(mm)		14,3	6,2	88,8	120,5	69	68,4	92,8

3.2 Metod

2007 Ekim ayından başlayarak 2008 Nisan ayına kadar yedi aylık kış dönemi boyunca; su kirliliği kontrolü yönetmeliği numune alma ve analiz metotları tebliğine uygun olarak; Tablo 3.2'de görüldüğü gibi giriş ve çıkış suyundan ayda bir ve 3 tekerrürlü olmak üzere alınan 2 saatlik kompozit numuneler saklama koşullarına uygun şekilde laboratuara getirilmiş ve analiz metotları tebliğine uygun olarak Adasu Karaman atık su arıtma tesisinde analiz edilmiş olup ve ölçülen değerlerin ortalamaları alınmıştır.

Tablo 3.2 Su örneklerinin alınma tarihleri

Örnek Alma Yeri	Örnek Alma Tarihleri
Doğantepe Köyü Yapay Sulak alanı	01.10.2007 02.11.2007 01.12.2007 02.01.2008 01.02.2008 02.03.2008 01.04.2008

3.2.2. Su analizleri ile ilgili laboratuvar çalışmaları

pH analizi: pH değeri Standart Metot 4500 pH metre ile saptanmıştır. Analiz için 100 ml su giriş ve çıkış suyu numunelerine pH metrenin daldırılması ile pH değerleri ölçülmektedir.

BOİ analizi: BOİs Velp Scientifica BOD System model analiz seti ile ölçülmüştür. Bu sistem kapalı ortamda basınç değişimini takip ederek BOİ₅ ölçümünü gerçekleştirmektedir. Deneyden önce giriş ve çıkış suyu numunelerinin KOİ değerleri bulunur. Bulunan değerler ve katsayıların olduğu tablo yardımıyla deneyde kullanılacak giriş ve çıkış suyu numune miktarları belirlenir. Gerekli miktardaki numuneler kahverengi BOİ şişelerine aktarılır. Şişe içerisine manyetik karıştırma çubuğu atılır ve suyun sıcaklığını 20 °C ye getirmek amacıyla 30 dk. süreyle inkübatör içerisine konulur. 30 dk sonra şişeler çıkartılarak içlerine kullanılan numune miktarına bağlı olarak yukarıda hesaplanmış nitrifikasyon inhibitörü hassas terazide tartılarak konur. Kauçuk kılıflar şişelerin ağzına yerleştirilir ve içerisine 2 adet NaOH konulur. Daha sonra şişeler 20 °C ye ayarlı inkübatöre konur. OXİTOP 24 saatte bir ölçüm değerlerini hafızaya otomatik olarak kaydeder. 5 gün sonunda BOİ değeri OXİTOP üzerindeki göstergeden okunur. Okunan değer tabloda karşılık gelen faktörle çarpılarak BOİ değeri mg/l olarak bulunmaktadır.

AKM analizi: AKM tayininde elektrospektrofotometre cihazı kullanılmıştır. Bu analizde giriş ve çıkış suyu numuneleri daha küçük hacimli kaplara alınarak karıştırıcı sistem yardımıyla karıştırmaya tabi tutulurlar. Bu esnada cihaz çalıştırılarak kod değeri olarak 630 girilir ve dalga boyu 810 nm olarak ayarlanır. 25 ml hacme sahip cihaza özel cam şişe içerisine saf su konularak cihaz sıfırlanır. Daha sonra başka bir 25 ml hacme sahip cam şişe içerisine karışmakta olan giriş suyu numunesinden konur fazla zaman kaybetmeden şişenin dış yüzeyi temizlendikten sonra hemen cihaza konur ve okutulur. Aynı işlem çıkış suyu numunesi içinde tekrarlanır. Cihazın okuduğu değerler giriş ve çıkış suyu içerisindeki AKM değerleri olarak kaydedilmektedir.

KOİ analizi: KOİ ihtiyacı tayininde elektrospektrofotometre cihazı kullanılmaktadır. Kullanılan kimyasallar bu cihaz için özel olarak üretilen deney kitleridir. İki çeşit deney kiti bulunmaktadır. Sarı renkte olanı düşük KOİ değerleri için kırmızı renkte olanı ise yüksek değerde olanı içindir. Giriş suyu KOİ değeri her zaman çıkış suyundan fazla olduğu için kırmızı kit giriş suyundaki KOİ miktarı için, sarı kit ise çıkış suyundaki KOİ miktarı içindir. Düşük değerli KOİ kiti için; cihaz kodu olarak 430 değeri girilir ve 420 nm dalga boyuna ayarlanır önceden hazırlan şahit numunenin cihaza okutulması yapılır KOİ değerini öğrenmek istediğimiz tüp cihaza yerleştirilir ve okutulur. Yüksek değerli KOİ kiti için; cihaz kodu olarak 435 değeri girilir ve 620 nm dalga boyuna ayarlanır önceden hazırlan şahit numunenin cihaza okutulması yapılır KOİ değerini öğrenmek istediğimiz tüp cihaza yerleştirilir ve okutularak değeri bulunur.

NH₄-N analizi : Giriş ve çıkış suyundan 0,50 ml su numunesi alınarak içerisine 10N ve 0,5 cc NaOH koyularak iyon seçici cihazda okutularak, giriş suyu ve çıkış suyu değerleri bulunur.

NO₃-N analizi : Spektrofotometrik yöntemle ölçülür 3 adet 10 ml lik küvetlerden 1.küvete saf su 2.küvete giriş numunesi 3.küvete çıkış numunelerinden koyulur ve içlerine nitrover nitrat reaktifleri koyularak reaktiflerin çözünmesi için 1 dk çalkalanır ve 5 dk bekletilir bu süre sonunda giriş ve çıkış suyu numuneleri cihazda okutulurak değerleri bulunur.

BÖLÜM 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapay sulak alan teknolojisinin kırsal alanda kullanımına ilişkin olarak Köy Hizmetleri Sakarya İl Müdürlüğüne Geyve Doğantepe Köyü'ne kurulan yapay sulak alanın 2007 - 2008 yılları arasında 7 aylık kış döneminde; evsel nitelikli atıksu arıtımı incelenmiştir. İçinde *Typha latifolia L.* bitkisi bulunan yapay sulak alanın giriş ve çıkış noktalarından alınan atıksu numunelerinin pH, AKM, KOİ, BOİ, NH₄-N ve NO₃-N parametrelerinin ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Ülkemizde evsel nitelikli atıksuların arıtma tesislerinden çıktıktan sonra alıcı ortama deşarj edilmesinde istenen standart değerler Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından yürütülen''Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği''nde belirtilmiş olup, bu değerler Tablo 4.1'de sunulmuştur [27]. Çalışmada elde edilen analiz sonuçları Tablo 4'1 de verilen deşarj standartları ile kıyaslanarak değerlendirilmiştir.

Tablo 4.1. Nitelikli Atıksular (Eşdeğer Nüfusun Ne Olduğuna Bakılmaksızın Doğal Arıtma (Yapay Sulak Alan) ve Stabilizasyon Havuzları Sistemiyle Biyolojik Arıtma Yapan Kentsel Atıksu Arıtma Tesisler) için verilen deşarj değerleri.

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT NUMUNE 2 SAATLİK	KOMPOZİT NUMUNE 24 SAATLİK
BİYOKİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI(BOİ ₅) (ÇÖZÜNÜŞ)	(mg/L)	75	50
KİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI(KOİ)	(mg/L)	150	100
ASKIDA KATI MADDE (AKM)	(mg/L)	200	150
pH		6-9	6-9

4.1. Yapay Sulak Alanın Su Analiz Sonuçları

Evsel nitelikli atık suların yapay sulak alanlarda arıtılabilirliğinin araştırıldığı bu çalışmada, arıtım performansı kirlilik parametresi başlığı adı altında değerlendirilmiştir.

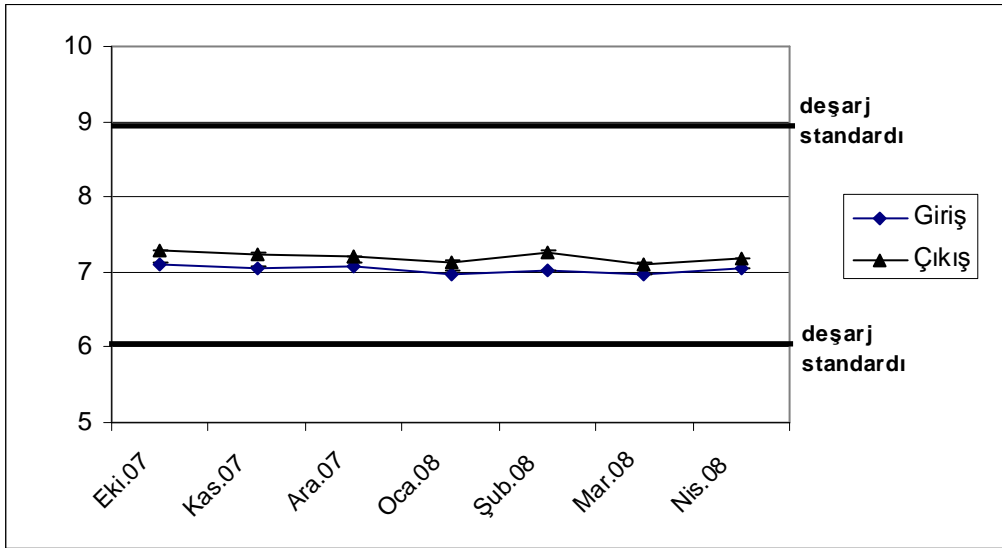
4.1.1. Sulak alan giriş ve çıkış suyunun pH değişimi

Yapay sulak alanından alınan atıksu numunelerinde pH giriş ve çıkış değerleri Tablo 4.2’de; 7 aylık periyot boyunca meydana gelen değişim ise deşarj standardı ile kıyaslamalı olarak Şekil 4.1’de verilmektedir.

Tablo 4.2. Yapay sulak alanın pH giriş ve çıkış değerleri

Tarih	Giriş	G.st.sapma	Çıkış	Ç.st.sapma	% değişim
01.10.2007	7,09	0,04	7,28	0,01	2,58
02.11.2007	7,04	0,05	7,24	0,01	2,84
01.12.2007	7,08	0,05	7,20	0,01	1,84
02.01.2008	6,98	0,05	7,13	0,01	2,29
01.02.2008	7,03	0,01	7,26	0,01	3,32
02.03.2008	6,97	0,01	7,09	0,03	1,82
01.04.2008	7,04	0,01	7,17	0,01	1,85

Yapay sulak alan havuzu giriş suyunda pH parametresinin değeri; en düşük mart ayında 6,97, en yüksek ise ekim ayında 7,09, çıkış suyunda ise; en düşük mart ayında 7,09 mg/l, en yüksek ise ekim ayında 7,28 bulunmuştur. pH değişimi en düşük mart ayında % 1,82, en yüksek ise şubat ayında % 3,32 olarak bulunmuştur. Yapay sulak alana giren atık suyun pH değeri, arıtıldıktan sonra, çıkış suyunda kısmi olarak artmaktadır. Bununla birlikte, sulak alana giren ve çıkan suda tespit edilen pH değerleri, SKKY’de verilen geniş pH aralığı değerleri içinde kalmaktadır.



Şekil 4.1 . Yapay sulak alanın giriş ve çıkış suyu pH değerlerinin deşarj standardı ile kıyaslanması

Besin maddelerinin gideriminde, nitrifikasyon için 6,6 üzerinde pH değeri ve denitrifikasyon için ise 6,5–9,5 arasında pH değeri idealdir [28].

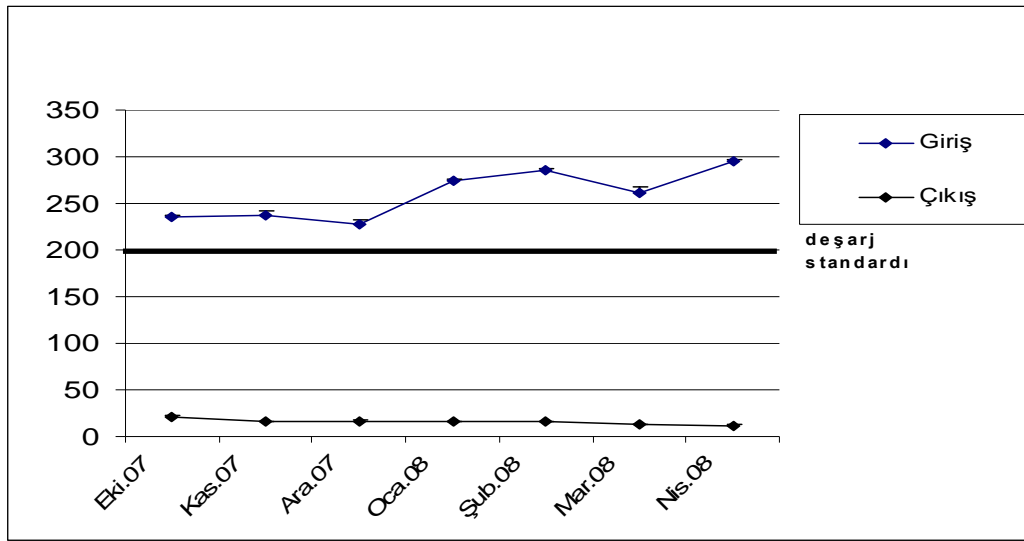
4.1.2. Yapay sulak alanda AKM giderimi

Yapay sulak alana gelen atık su ve sistemden çıkan arıtılmış suda tespit edilen AKM değerleri tablo 4.3’de, 7 aylık periyot boyunca meydana gelen değişim ise deşarj standardı ile kıyaslamalı olarak Şekil 4.2’de verilmektedir.

Tablo 4.3. Yapay sulak alanın giriş ve çıkış suyunda tespit edilen AKM değerleri ve yapay sulak alanın giderim performansı

Tarih	Giriş	G.st.sapma	Çıkış	Ç.st.sapma	% Giderim
01.10.2007	235	1,11	21	1,3	91
02.11.2007	238	4,89	15	0,9	94
01.12.2007	227	4,89	16	1,3	93
02.01.2008	275	0,67	16	1,1	94
01.02.2008	286	0,67	16	1,1	95
02.03.2008	262	5,33	13	0,4	95
01.04.2008	296	0,89	12	0,7	96

Yapay sulak alan giriş suyunda AKM parametresinin değeri; en düşük aralık ayında 227 mg/l, en yüksek ise nisan ayında 296 mg/l ve çıkış suyunun en düşük değeri nisan ayında 12 mg/l, en yüksek değeri aralık ayında 21 mg/l olarak bulunmuştur. Giderim verimliliği ise; en düşük ekim ayında % 91, en yüksek ise nisan ayında % 96 olarak bulunmuştur. %91-96 arasında değişen AKM giderim verimi Tablo 4.1’de verilen SKKY deşarj standartlarını sağlamaktadır.



Şekil 4.2. Yapay sulak alanın giriş ve çıkış suyu AKM değerlerinin deşarj standardı ile kıyaslanması (mg/l)

Yapay sulak alanların en etkin giderdiği parametre askıda katı maddedir. Özellikle bu çalışmada olduğu gibi yüzey altı akışlı sistemlerde, hidrolik akış hızının düşük, bekleme süresinin uzun olduğu durumda, AKM'nin katı matriks içinde filtrasyonu ve çökmesinden dolayı giderim daha yüksek olmaktadır [29]. Bununla birlikte AKM giderimine mevsimsel farklılıkların da etkisi olmaktadır. Özellikle şiddetli yağışlardan sonra sulak alanlara giren su miktarının arttığı durumda çıkış sularında tespit edilen AKM artış göstermektedir. Bunun nedenini sulak alan yatakları içinde tutulamayan katı maddelerin, yatak yüzeyinde biriken çamur, bitki mineralizasyonundan geriye kalanlar ile yatak içinde bulunan alg, fungi ve bakterilere ait ölü hücrelerin, yağmur suyunun etkisiyle yataktan atılması şeklinde açıklanmaktadır [30].

Kış ayları, yağışların sulak alana gelen su miktarının en yüksek olduğu dönemdir. Bu kış döneminde yapılan bu sulak alan çalışmasının, sulak alanların kış mevsiminde de AKM gideriminde etkin olduğunu göstermektedir. Yapay sulak alanlarla ilgili yapılan literatür çalışmalarında, karışık karakterli atıksu örneği ile farklı akış şekline sahip yapay sulak alan sistemlerine göre AKM giderimi; %82 -%96 arasında değişim gösterdiği görülmüş ve bu değerlerin yaptığımız çalışmada elde edilen giderim performansı ile kıyaslandığında sonuçların benzer olduğu görülmektedir [6,31,32].

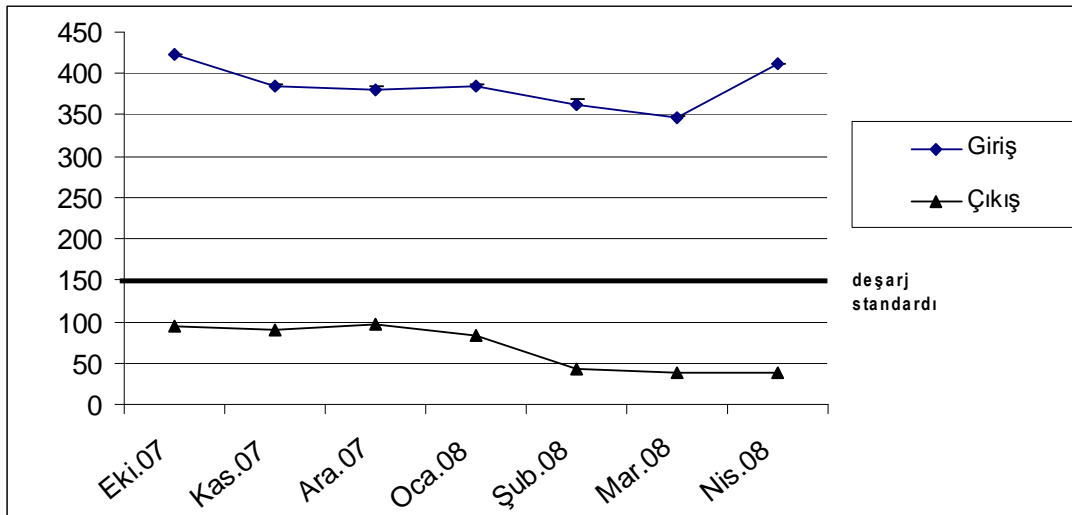
4.1.3. Yapay sulak alanda KOİ giderimi

Yapay sulak alanından alınan atık su numunelerinde KOİ giriş ve çıkış değerleri Tablo 4.4'de, 7 aylık periyot boyunca meydana gelen değişim ise deşarj standardı ile kıyaslamalı olarak Şekil 4.3'de verilmektedir.

Tablo 4.4. Yapay sulak alanın giriş ve çıkış suyunda tespit edilen KOİ değerleri ve yapay sulak alanın giderim performansı

Tarih	Giriş	G.st.sapma	Çıkış	Ç.st.sapma	Giderim (%)
01.10.2007	423	0,44	95	2,0	78
02.11.2007	386	0,44	90	2,89	77
01.12.2007	381	3,56	97	0,67	75
02.01.2008	384	4,00	84	0,67	78
01.02.2008	363	4,24	43	1,11	88
02.03.2008	347	1,56	37	1,11	89
01.04.2008	411	1,11	39	0,67	91

Yapay sulak alan havuzu giriş suyunda KOİ parametresinin değeri ; en düşük mart ayında 347 mg/l, en yüksek ise ekim ayında 423 mg/l bulunmuştur. Çıkış suyundaki KOİ parametresinin değeri ise; en düşük mart ayında 37 mg/l, en yüksek ise aralık ayında 97 mg/l olarak tespit edilmiştir. Çıkış suyunda tespit edilen KOİ değerleri Tablo 4.1'de verilen SKKY deşarj standartlarını sağlamaktadır.



Şekil 4.3. Yapay sulak alanın giriş ve çıkış suyu KOİ değerlerinindeşarj standardı ile kıyaslanması (mg/l)

Yapay sulak alanlarda organik madde giderimi filtrasyon, çökeltme ve aerobik parçalanma ile gerçekleşmektedir [33]. Dolayısı ile hidroluk yükleme ve hidroluk kalış süresi belirleyici faktör olmaktadır [34]. KOİ gideriminde sulak alan bitkilerinin rolü olmamakla birlikte, sisteme oksijen sağlamalarından dolayı önemli bileşenlerdendir. Literatürde yapay sulak alanlarda KOİ giderimi %67.5 ile % 95 arasında rapor edilmektedir [6,34,35]. Yapılan bu çalışmada KOİ giderimi %75 ile % 91 arasında değişim göstermiş ve ortalama giderimi % 82 olarak belirlenmiştir. KOİ gideriminin literatürde verilen değerlerden düşük olmasının nedeni kış aylarında aktif bitki büyümesi olmamasının ve dolayısı ile yeterli aerobik koşulların sağlanmadığının, literatürde verilen değerlerden yüksek olmasının nedeni ise hidroluk bekleme süresinin (2.17gün) uzun olmasından kaynaklanmış olabilir. Bununla birlikte, yapay sulak alan arıtım sistemi kış aylarında dahi atıksudeşarj standartlarını sağlamıştır (Şekil 4.3)

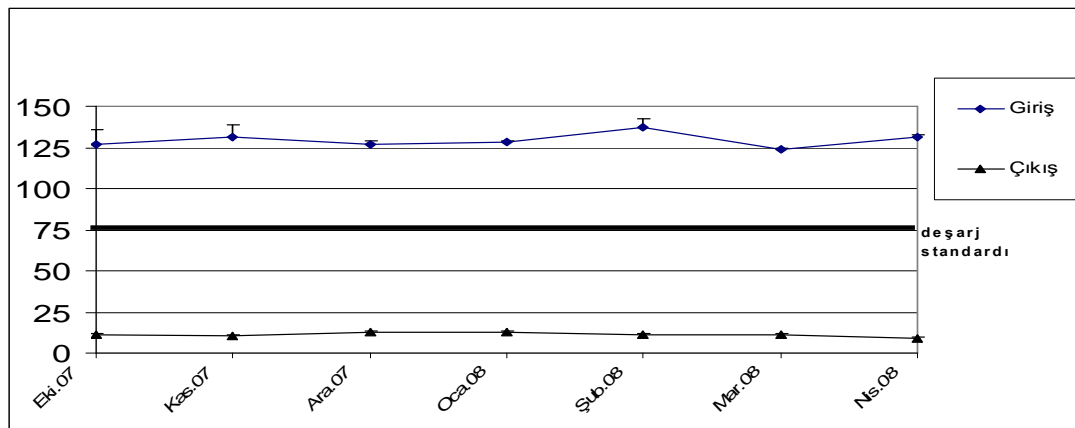
4.1.4. Yapay sulak alanda BOİ giderimi

Yapay sulak alanından alınan atıksu numunelerinde BOİ giriş ve çıkış değerleri Tablo 4.5 'de 7 aylık periyot boyunca meydana gelen değişim ise deşarj standardı ile kıyaslamalı olarak Şekil 4.4'de verilmiştir.

Tablo 4.5 . Yapay sulak alanın giriş ve çıkış suyunda tespit edilen BOİ değerleri ve yapay sulak alanın giderim performansı

Tarih	Giriş	G.st.sapma	Çıkış	Ç.st.sapma	% Giderim
01.10.2007	127	8,67	11	0,89	91
02.11.2007	131	7,78	11	0,89	92
01.12.2007	127	2,00	13	0,89	90
02.01.2008	128	1,33	13	0,89	90
01.02.2008	137	5,33	11	0,89	92
02.03.2008	124	0,67	11	0,67	91
01.04.2008	132	1,11	9	0,67	93

Yapay sulak alan havuzu giriş suyunda BOİ parametresinin değeri; en düşük mart ayında 124 mg/l, en yüksek ise şubat ayında 137 mg/l ve çıkış suyunda ise; en düşük nisan ayında 9 mg/l, en yüksek ise aralık ve ocak aylarında 13 mg/l tespit edilmiştir. Giderim verimi ise en düşük aralık ve ocak ayında % 90, en yüksek ise nisan ayında % 93 olarak bulunmuştur.



Şekil 4.4. Yapay sulak alanın giriş ve çıkış suyu BOİ değerlerinin deşarj standardı ile kıyaslanması (mg/l)

Yapay sulak alanlardaki BOİ giderimi, aerobik bakterilerce gerçekleştirilen mikrobiyal indirgemeyi içeren fiziksel ve biyolojik proseslerce gerçekleştirilmektedir [36]. BOİ içinde birçok karbon bileşimini bulunduran bir parametredir. BOİ'yi harcayan sulak alan prosesleri biyokimyasal ve kimyasal işlemlerin yer aldığı bölgeleri içerirler. Bu proseslerden bir kısmı ayrışma ile BOİ üretmekte, bir kısmı ise harcamaktadır. Sonuçta net harcama bu iki prosesin farkıdır. Çok düşük sıcaklıklarda ayrışmanın yavaşladığı bilinmektedir, ancak BOİ giderme prosesleri sıcaklığın düşmesiyle yavaşlamamaktadır. Sıcaklığın BOİ indirgenmesinde ihmal edilebilecek bir etkisi olduğu görülmektedir. BOİ' nin bir kısmı partiküler ve bir kısımda çökeltme yoluyla giderilebilir. Bu nedenle fiziksel proses de sıcaklığa bağlı değildir. Önemli proseslerden biri oksidasyon reaksiyonları için gerekli olan oksijene bağlı olarak karbon bileşiklerinin aerobik bozunmasıdır. İhtiyaç duyulan oksijenin büyük bir kısmı atmosferik oksijenin çözünmesinden sağlanır. Oksijen gazının çözünürlüğünde düşük sıcaklıklarda da artış gösterdiği bildirilmektedir [22]. Yapılan çalışmalara göre, farklı bitki türüne ve akış şekline sahip sulak alanlar da evsel atıksu arıtımında genel olarak %82-99 BOİ giderimi elde edildiği belirtilmektedir [6,34,35]. Bu çalışma sonucunda sıcaklığın düşük olduğu aylarda, BOİ parametresinde %90- %93 arasında yüksek bir giderim gösterdiği ve ayrıca atıksu deşarj standartlarını sağladığı görülmektedir.

4.1.5. Yapay sulak alanda NH₄-N Giderimi

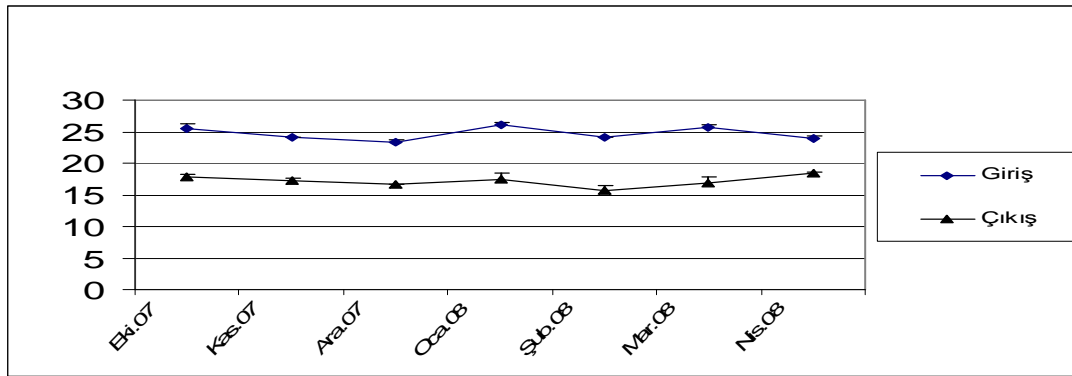
Yapay sulak alanından alınan atıksu numunelerinde NH₄-N giriş ve çıkış değerleri Tablo 4.6'da, amonyum gideriminin aylık değişimi Şekil 4.5'de verilmiştir.

Tablo 4.6. Yapay sulak alanın NH₄-N giriş ve çıkış değerleri

Tarih	Giriş	G.st.sapma	Çıkış	Ç.st.sapma	Giderim (%)
01.10.2007	25,5	0,67	17,8	0,47	30
02.11.2007	24,2	0,01	17,2	0,44	28
01.12.2007	23,4	0,26	16,7	0,01	28
02.01.2008	26,0	0,48	17,5	0,89	32
01.02.2008	24,0	0,01	15,6	0,75	34
02.03.2008	25,7	0,44	16,9	1,00	34
01.04.2008	24,1	0,38	18,5	0,08	22

Yapay sulak alana $\text{NH}_4\text{-N}$ parametresinin değeri giriş suyunda; en düşük şubat ayında 24,0 mg/l, en yüksek ise ocak ayında 26,0 mg/l ve çıkış suyunda ise; en düşük şubat ayında 15,6 mg/l, en yüksek ise nisan ayında 18,5 mg/l olarak bulunmuştur.

$\text{NH}_4\text{-N}$ giderimi, 7 aylık periyotta % 22-%34 arasında değişim göstermiş ve en düşük oranda giderimin olduğu parametre olarak belirlenmiştir. Tablo 4.1'de $\text{NH}_4\text{-N}$ için verilen deşarj limit değeri bulunmadığından dolayı kıyaslama yapılamamıştır.



Şekil 4.5. Yapay sulak alanın giriş ve çıkış suyu $\text{NH}_4\text{-N}$ değerlerinin değişimi (mg/l)

Yapay sulak alanlar azot döngüsünün gerçekleştiği ortamlardan birisidir. Atıksu ve ortamda bulunan organik azot amonyum, nitrit, nitrat ve gaz azotu sürekli olarak bir formdan diğerine geçiş gösterir. Azot giderimi ise amonifikasyon, nitrifikasyon, denitrifikasyon, volatizasyon, bitki alımı toprak matriksine adsorbsiyon ile gerçekleşir. Bu mekanizmaların içinde en önemli rolü mikrobiyal nitrifikasyon ve denitrifikasyon oynamaktadır [33]. Yapay sulak alanlarda genellikle azot giderimi düşüktür ve bu nedenle, yapay sulak alandan çıkış yapan su bir daha azot giderimine tabi tutulmaktadır [37]. Yüzey altı akışlı sistemlerde ise yetersiz havlanmadan dolayı nitrifikasyon oranının gerilemesinden dolayı, amonyum giderimi daha düşük gerçekleşmektedir [33]. Nitekim bu çalışmada en düşük giderim amonyum ve nitrat azotunda saptanmıştır. Mevsimin aktif bitki büyümesine uygun olmamasından dolayı mikrobiyal aktivitelerin olduğu bölgenin yeterince oksijen sağlanamamasında etkili olduğu anlaşılmaktadır. Nitekim, aynı bölgede yapılan başka bir çalışmada yaz aylarında amonyum gideriminin daha yüksek (% 68-87) olduğu rapor edilmektedir [38].

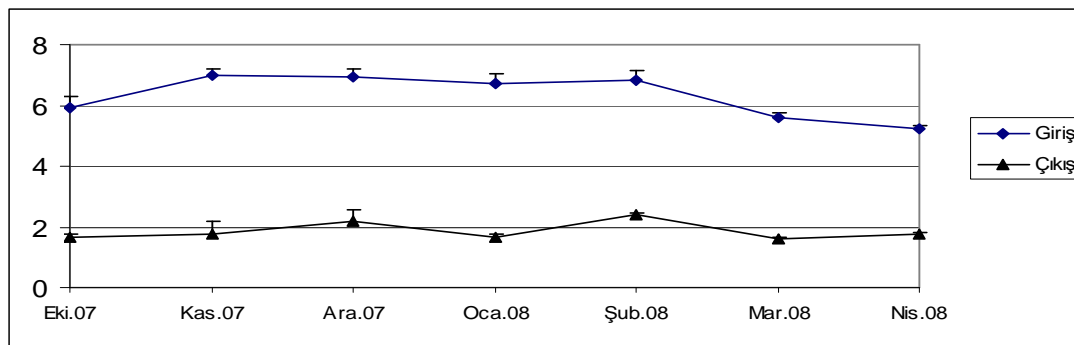
4.1.6 Yapay sulak alanda NO₃-N giderimi

Yapay sulak alanından alınan atıksu numunelerinde NO₃-N giriş ve çıkış değerleri Tablo 4.7’de, gideriminin aylık değişimi Şekil 4.6’da verilmiştir.

Tablo 4.7. Yapay sulak alanın NO₃-N giriş ve çıkış değerleri

Tarih	Giriş	G.st.sapma	Çıkış	Ç.st.sapma	% Giderim
01.10.2007	5,9	0,38	1,7	0,09	72
02.11.2007	7,0	0,20	1,8	0,42	75
01.12.2007	6,9	0,24	2,2	0,38	69
02.01.2008	6,7	0,33	1,7	0,09	74
01.02.2008	6,8	0,33	2,4	0,07	65
02.03.2008	5,6	0,13	1,6	0,07	71
01.04.2008	5,2	0,09	1,8	0,04	66

Yapay sulak alana giriş suyunda NO₃-N parametresinin değeri; en düşük nisan ayında 5,2 mg/l, en yüksek ise kasım ayında 7,0 mg/l; çıkış suyundaki ise; en düşük mart ayında 1,6 mg/l, en yüksek şubat ayında 2,4 mg/l olarak tespit edilmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre giderim verimi en düşük şubat ayında % 65, en yüksek ise kasım ayında % 75 olarak tespit edilmiştir. Tablo 4.1’de verilen parametrelere bakıldığında NO₃-N parametresi ile ilgili olarak bir veri olmadığından dolayı ; deşarj standardına göre bir kıyaslama yapılamamaktadır.



Şekil 4.6. Yapay sulak alanın giriş ve çıkış suyu NO₃-N değerlerinin değişimi (mg/l)

Yapay sulak alanda $\text{NO}_3\text{-N}$ konsantrasyonunun çıkış değerinin giriş değerinden daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durum denitrifikasyonun sistemde gerçekleştiğini göstermektedir. Nitrifikasyon prosesi için oksijenin sistemlere girmesi gerekmektedir. Bu da bitki kökleri tarafından sağlanmaktadır. Bitkiler kökleri vasıtası ile 20 cm'ye kadar oksijeni taşıyabilmektedir. Daha alt tabaka aerobik bölgeden anaerobik bölgeye geçiş katmanıdır. Denitrifikasyon ise anaerobik bölgede gerçekleşmektedir [39]. Azot; ardışık reaksiyonlarla $\text{NO}_3\text{-N}$ (nitrifikasyon) ürünlerine dönüştürülerek giderilirler. Sulak alanlara organik yükü yüksek olan atıksu uygulandığında, yalnızca katı maddeler ve karbon giderilebilirken, organik içeriği az olan atıksular uygulandığında nitrifikasyon ve denitrifikasyon gerçekleşebilir. Kış aylarında $\text{NO}_3\text{-N}$ giderimin diğer parametrelere göre düşük olmasının nedeninin ; bu mevsimde bitkilerin canlılıklarını kaybederek köklerindeki organik azotun saprofitler tarafından parçalanması ve anorganik azot formlarına dönüştürülmesi ile açıklanmaktadır [13]. Yapay sulak alanlarla ilgili yapılan literatür çalışmalarında, karışık karakterli atıksu örneğine ve farklı akış şekline sahip yapay sulak alan sistemlerinde $\text{NO}_3\text{-N}$ giderim performansları; %70-%75 arasında değişim gösterdiği görülmekte ve bu değerlerin yaptığımız çalışmada elde edilen giderim performansı ile kıyaslanması neticesinde sonuçların benzer olduğu görülmektedir [6]. Azot döngüsü dinamik döngüdür ve sulak alanlarda azot giderim mekanizması en az emin olunan konulardandır. Bununla birlikte mikrobiyal denitrifikasyonun en önemli rolü oynadığı ileri sürülmektedir. Sulak alan ortamda $\text{NO}_3\text{-N}$ gideriminin olabilmesi için anaerobik bölgeye ihtiyaç vardır. Nitrifikasyon ile $\text{NO}_3\text{-N}$ oluşumunda sürekli desteklenmektedir. Bu çalışmada giriş suyunda tespit edilen $\text{NO}_3\text{-N}$ düzeyi (5,2-7,0), önceki çalışmalarla kıyaslandığında düşüktür [6,13].

4.2. Öneriler

Günümüzde küçük yerleşim birimlerine de kanalizasyon sistemi yapılmaya başlanmıştır. Toplanan kanalizasyon ise ya direkt alıcı ortama deşarj edilmekte veya foseptik tankta ön-kısmi arıtıma tabi tutulduktan sonra çevreye verilmektedir. Her iki durumdada hem alıcı ortamın su kalitesi bozulmakta hemde koku, parazit ve patojen oluşumu gibi ciddi çevre kirliliğine neden olmaktadır.

Maliyeti düşük, çevreye dost, ekolojik arıtım yaklaşımları belirtilen problemlere çözüm oluşturmak için dünyada son yıllarda tercih edilen yöntemler oluşmuştur. Ülkemiz ve bölgemizde de aynı yaklaşımlar tercih edilerek demostrasyon amaçlı yapay sulak alan arıtım sistemleri devreye alınmaya başlanmıştır.

Çalışmada incelenen yapay sulak alan Köy Hizmetleri tarafından Geyve- Doğantepe köyüne 2004 yılında kurulan yüzey altı, yatay akışlı yapay sulak alan arıtım sistemidir. Proje bitirildikten sonra sistemin çalışma performansı takip edilememiştir.

Bu çalışmada Ekim 2007-Nisan 2008 ayları arasında sistemin kış mevsiminde sistemin atık su arıtım performansı izlenmiş ve arıtım performansı SKKY' de verilen yapay sulak alan deşarj limitleriyle kıyaslanmıştır. Çalışmada kirlilik parametresi olarak incelenen ve SKKY' de deşarj limit değerleri verilen pH, AKM, KOİ ve BOİ yönünden etkin bir giderim sağlandığı ve deşarj limitlerini sağladığı tespit edilmiştir. Azot giderme oranı düşük olmakla birlikte çıkış suyunda tespit edilen NO₃-N ve NH₄-N değerlerinin litaretür bilgisiyle uyum içerisinde olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmada elde edilen veriler, foseptikten çıkan atık suların yapay sulak alanlarda etkin bir şekilde arıtılabilirliğini göstermektedir. Koku oluşumu gibi ikincil kirliliğe neden olmadığı, görsel kirlilik oluşturmadığı için nüfus yoğunluğunun düşük olduğu bölgelerde toplanan atık suların güvenli ve ekonomik bir şekilde arıtılması için yaygınlaştırılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Sistemin uzun ömürlü olması verimli çalışabilmesi için bölge halkı tarafından da kabul edilebilirliğinin önceden sağlanması gerekir.

KAYNAKLAR

- [1] LIER, J.B., VAN LETTINGA, G., Appropriate technologies for effective management of industrial and domestic wastewaters: the decentralised approach Water Sci. Technol.40: 171-184.1999.
- [2] ANONİM, Doğal Arıtma Proje Bilgi Edinirme CD'si. KHGM 2004.
- [3] BRİX, H., Use of Wetlands in Water Pollution Control: Historical Development. Present Status. and Future Perspectives. Journal of Water Science and Technology; 30(8):209-220. 1994.
- [4] KADLEC, R.H., KNIGHT, R.L., Treatment Wetlands, Lewis Publishers. Boca s.893, Florida, USA.1996.
- [5] KÜÇÜK, S.Ö., ŞENGÜL, F., KAPDAN İ., Deri End. Atıksularının ArıtımındaYapay Sulakalanların Kullanımı Üzerine Bir Örnek. V.Ulusal Çevre Mühendisliği.,Kongresi Bildiriler Kitabı,1-4 Ekim 2003,83-99,Ankara. 2003.
- [6] <http://www.epa.gov/owow/wetlands/pdf/sub.pdf> nisan 2008
- [7] BAHR, T.G., BALL, R.C.,TANNER., H.A.,The Michigan State University Water Quality Management Program, In Wastewater Use in the Productionof Food and Fiber–Proceedings..EPA,1974; 660/2-74-041.
- [8] ÇİFTÇİ. H., KAPLAN.Ş., KÖSEOĞLU. H., KARAKAYA. E., KİTİŞ.M., Ecologic life and wastewater treatment in constructed wetlands Pp .23 (1-2):149 -160. 2007.
- [9] <http://www.menementopraksu.gov.tr> Nisan 2008.
- [10] TCHOBANOGLIOUS, G., CULP, G., Aquaculture Systems for WastewaterTreatment: An Engineering Assessment., pp.13–42.1980.
- [11] HAMMER, D. A., 1989. Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. Chelsea,MI: Lewis Publishers. pp. 702-709; 1989.
- [12] SHRESTHA, R. A New Step Towards Wastewater Treatment in Nepal. A Journal of theEnvironment,Ministry of Populationand Environment, 2001.

- [13] VYMAZAL, J., BRIX, H., COOPER, P.F., HABERL, R., PERFLER, R., LABER, J., Removal Mechanisms and Types of Constructed Constructed Wetlands for Wastewater Treatment in Europe. Backhuys Pub, Leiden, pp. 18–66.1998.
- [14] WITGREN, H. B., MAEHLUM, T., Wastewater Treatment Wetland in Cold Climates. Water Science and Tech., 35(5): pp 45-53.1997
- [15] VYMAZAL, J., Horizontal Sub-Surface Flow and Hybrid Constructed Wetlands Systems for Wastewater Treatment. Ecological Engineering, 25,pp 478–490.2005.
- [16] REDDY, K. R., ANGELO, E. M., Biogeochemical Indicators to Evaluate Pollutant Removal Efficiency in Constructed Wetland. Water Science andTech., 35(5) pp 1–10.1997
- [17] İSKENDER, G., ALANTON, İ., TANIK, A., YENER, S.G., GÜREL, M., ÖVEZ, S., Türkiye’de Yapay Sulakalan Uygulamaları. VI. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, İstanbul.2005
- [18] REED, S.C., CRITES, R.W., MIDDLEBROOKS, E.J., Natural Systems for Waste Management and Treatment. p 576 , 1995.
- [19] MOSHİRİ, G.A., Constructed Wetlands for Water Quality Improvement. p632 ., 1993.
- [20] COOPER. P.F.. JOB. G.D.. GREEN. M.B.. SHUTES. R.B.E.,..Reed Beds and Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. 1996.
- [21] MULAMOOTTİL, G., MCBEAN, E., ROVERS, F., Constructed Wetlands for the Treatment of Landfill Leachates s.281; 1998
- [22] KADLEC, R., BRİX, H., Wetland Systems for Water Pollution Control, Water Science and Tecnology.Vol.32,No3.1995.
- [23] www.epa.qld.gov.au/publications/p00424aa.pdf/Guidelinesforusingfre nisan 2008.
- [24] KORKUSUZ, E.A., Düşey Akışlı Ekilmiş Sulakalanların Arıtma Verimlerinin Karşılaştırılması. Çevre Mühendisleri Odası, VI..Ulusal Çevre Mühen. Kong. Bildiri Kitabı, 506–516, İstanbul.24-26 Kasım 2005.
- [25] ÖZER,Z., ÖNEN, H., UYGUR, F.,N., Türkiye’nin Bazı Yabancıotları (Tanımları ve Savaşimleri).Gaziosmanpaşa Ün.Zir.Fak.Yay.38,Tokat1999
- [26] TOK,H.H, Çevre Kirliliği, Trakya Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No. 244, Ders Kitabı No. 30, Tekirdağ.1996.
- [27] <http://www.cevreorman.gov.tr/yasa/y/25687.doc> nisan 2008

- [28] COSSU, R., HAARSTAD, K., LAVAGNOLO, M. C., LITTARRU, P., 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*, 16, pp 459–470. 2001.
- [29] FEO, G., BELGIORNO, V., Napoli, R.M.A., Vertical Flow reed bed systems: a feasible solution for small wastewater treatment plants, IWA 2006.
- [30] KOOTTATEP, T., POLPRASERT C., OANH, N. T., HEINSS, U., MONTANGERO, A., STRAUSS, M., Septage Dewatering in Vertical-Flow Constructed Wetlands Located in the Tropics. *Water Science and Tech.*, 44 (2–3) pp 8-181. 2001.
- [31] LUNA, Y., OTAL, E., VILCHES, L.F., VALE, J., QUEROL, X., PEREIRA, C.F., Use of zeolitised coal fly ash for landfill leachate treatment: A pilot plant study; pp 1877-1883. 2006
- [32] NEWMAN J.M., CLAUSEN J.C., NEAFSEY J.E., Seasonal performance of a wetland constructed to process dairy milkhouse wastewater in Connecticut 181-198 .2000.
- [33] KORKUSUZ, E.A., BEKLIÖĞLU, M., DEMİRER, N.G., Comparison of the treatment performances of blastfurnace slag-based and gravel-based vertical flow wetlands operated identically for domestic wastewater treatment in Turkey. *Ecol. Eng.*, 24, 187-200; 2005
- [34] RAN, N., AGAMI, M., ORON, G., A pilot study of constructed wetlands using duckweed (*Lemna gibba* L.) for treatment of domestic primary effluent in Israel. *Water Research*. 38, 2241-2248. 2004.
- [35] ANSOLA, G., GONZALEZ, J.M., CORTIJO, R., LUÍS, E.D., Experimental and full-scale pilot plant constructed wetlands for municipal wastewater treatment pp 43-52; 2003.
- [36] NAYLOR, S; BRISSON, I; LABELLE, M. A., DRIZO, A., COMEAU, Y., Treatment of Freshwater Fish Farm Effluent Using Constructed Wetlands: the Role of Plants and Substrate. *Water Science and Technology*, 48(5), 215–222. 2003.
- [37] LEE, C.C., LIN, S.D., Handbook of Environmental Engineering Calculations, I, McGraw-Hill, New York, 1999.
- [38] ÖZDEMİR, S., SENGÖRÜR, B., Performance of a constructed wetland system for the treatment of domestic wastewater, *Fresenius Environmental Bulletin*, Vol 15, No 3, p 242-244; 2006.
- [39] HE, Q., MANKIN, KR Performance variations of cod and nitrogen removal by vegetated submerged bed wetlands. *Journal of American Water Resources Association*, 38, 6 1679-1689; 2002.

EK

Doğantepe köyü yapay sulak alanını, laboratuar ve arazi çalışmalarından görüntüler





ÖZGEÇMİŞ

Savaş YETİK, 09.02.1974 de Göle'de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Kocaeli'de tamamladı. 1991 yılında Tüpraş 50.Yıl Lisesi 'inden Matematik Bölümünden mezun oldu. 1993 yılında başladığı Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü 'nden 1997 yılında Ziraat Mühendisi ünvanı alarak mezun oldu.1998 yılında kısa dönem olarak askerliğini yaptı. İş deneyimi olarak Tarım Müdürlüğünde 4 yıl, Tarım Bakanlığı Tarım Danışmanlığı projesinde 2 yıl çalıştı, çok çeşitli kamu davalarında zirai ve mülk bilirkişisi olarak görev aldı, halen özel bir gübre fabrikasında pazarlama satış departmanlığında Ziraat Mühendisi olarak çalışmakta olup. Evli ve bir çocuk babasıdır.