

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ARAÇ YIKAMA ATIKSULARININ
YÜZEY ALTI YAPAY SULAK ALANLAR İLE ARITIMI**

Tuğba NACAR

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2020**

Doç. Dr. Deniz UÇAR danışmanlığında, Tuğba NACAR'ın hazırladığı “**Araç Yıkama Atıksularının Yüzey Altı Yapay Sulak Alanlar ile Arıtımı**” konulu bu çalışma 24/08/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman : Doç. Dr. Deniz UÇAR

.....

Üye : Doç. Dr. Özlem DEMİR

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Adem Yurtsever

.....

Bu Tezin Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Doç. Dr. İsmail HİLALİ

Enstitü Müdürü

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

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ	1
1.1. Yapay Sulak Alanlar	5
1.1.1. Yapay sulak alan uygulamaları	11
1.2. Gri Sular	14
1.2.1. Endüstriyel olarak üretilen gri sular	17
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	22
2.1. Atıksuların Yapay Sulak Alan ile Arıtımı	22
2.2. Gri Suların Arıtımı	24
2.2.1. Gri suların yapay sulak alan sistemi ile arıtılması	27
2.3. Araç Yıkama Atıksularının Arıtımı	30
2.3.1. Araç yıkama atıksularının membran yöntemiyle arıtılması	35
3. MATERYAL ve YÖNTEM	38
3.1. Materyal	38
3.1.1. Laboratuvar ölçekli yüzey altı yapay sulak alan	38
3.1.2. Kullanılan bitki [sazlık, kamış (phragmites australis)]	40
3.2. Yöntem	40
3.2.1. Analitik metotlar	42
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	43
4.1. Kimyasal Oksijen İhtiyacı Değişimleri	43
4.2. Bulanıklık	46
4.3. İletkenlik	48
4.4. Alkalinite ve pH	49
4.5. Tartışma	51
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	53
KAYNAKLAR	56
ÖZGEÇMİŞ	59

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ARAÇ YIKAMA ATIKSULARININ YÜZEY ALTI YAPAY SULAK ALANLAR İLE ARITIMI

Tuğba NACAR

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Deniz UÇAR
Yıl:2020, Sayfa:59

Araç yıkama istasyonlarında yıkanan araç başına kullanılan teknolojiye ve aracın büyüklüğüne bağlı olarak, 40 ila 600 litre arasında su kullanılmaktadır. Oluşan gri suda ise, araç üzerindeki toz, motor kısmından kaynaklanan yağ ve bol miktarda deterjan bulunmaktadır. Araç yıkama tesislerindeki oluşan bu atıksuyun arıtımı için, öncelikle AKM'nin ve yağın giderildiği bir çökeltim ya da filtrasyon ve yağ tutucu sonrasında deterjanın giderilebilmesi için (1) membran, (2) aktif karbon adsorpsiyonu ya da (3) kimyasal çökeltim uygulanmaktadır. Ancak bu arıtım metotlarında deterjanlar atıksudan başka bir su ortamına konsantre olmakta ya da aktif karbon üzerinde adsorbe olmaktadır. Deterjanların sürdürülebilir olarak nihai bertarafı ve gri suyun nihai arıtımı üzerine çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla bu tez çalışmasında oto yıkama sularının nihai arıtımı için yüzey altı akışlı yapay sulak alan sistemleri, biyolojik olarak parçalanabilen deterjanlar ile test edilmiştir. Bu kapsamda sentetik olarak hazırlanan araç yıkama suları deterjan giderimi açısından yüzey altı akışlı yapay sulak alan sisteminde arıtılmıştır. Sonuçlar KOİ giderimi, bulanıklık, alkalinite ve iletkenlik olarak yorumlanmıştır.

Çalışma boyunca ortalama KOİ giderim verimi %68 civarında olup maksimum gözlenen KOİ giderimi %87'dir. Bu kapsamda 108 günlük çalışmada artan KOİ giderim verimleri daha uzun süreli çalışmalarda daha da yükselebileceği gibi mevcut arıtım verimi ile son durulama haricinde arıtılan su ile araçların yıkanması mümkündür.

ANAHTAR KELİMELEER: Araç yıkama suları, yüzeyaltı akışlı yapay sulak alanlar, doğal arıtma, deterjan giderimi

ABSTRACT

MSc Thesis

Treatment Of Car Wash Wastewater With Sub-Surface Artificial Wetlands

Tuğba NACAR

**Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering**

**Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Deniz UÇAR
Year: 2020, Page:59**

Depending on the technology used per vehicle and the size of the vehicle washed at car wash stations, between 40 and 600 liters of water are used. In the gray water formed, there is dust on the vehicle, oil from the engine part and plenty of detergent. For the treatment of this wastewater formed in the vehicle washing facilities, firstly, a precipitate in which AKM and oil are removed or after filtration and oil trap, (1) membrane, (2) activated carbon adsorption or (3) chemical precipitation are applied. However, in these treatment methods, detergents are concentrated to a water environment other than wastewater or adsorbed on activated carbon. Studies on sustainable final disposal of detergents and final treatment of gray water are needed. For this purpose, in this thesis, underground flow artificial wetland systems were tested with biodegradable detergents for the final treatment of car wash water. In this context, car wash water prepared synthetically was treated in a subsurface flow wetland system for detergent removal. Results were interpreted as COD removal, turbidity, alkalinity and conductivity.

During the study, the average COD removal efficiency was about 68% and the maximum COD removal observed was 87%. In this context, increasing COD removal efficiencies in 108 days of operation may increase even more in long-term operations and it is possible to wash vehicles with purified water except for the last rinse with the current treatment efficiency.

KEYWORDS: Car wash water, subsurface artificial wetlands, natural treatment, detergent removal

TEŞEKKÜR

Öncelikle yüksek lisans eğitimim boyunca her zaman yanımda olan, desteklerini esirgemeyen, bana birçok farklı proje ve konuda çalışma fırsatı veren ve aynı zamanda tez çalışmamda yol göstermekle yetinmeyip, büyük bir özveri ve fedakarlık ile benimle çalışan, çalışma ortamımızı eğlenceli ve zevkli bir hale getiren, motivasyonumuzu arttırmak için elinden gelen her şeyi yapan danışmanım sevgili Doç. Dr. Deniz Uçar'a çok teşekkür ederim.

Tez çalışmasına başlamadan önce yaptığım ön çalışma için araç yıkama istasyonlarından araç yıkama atıksularını toplamamda bana yardımcı olan ve ayrıca çalışma boyunca da manevi desteğini esirgemeyen arkadaşım Çevre Mühendisi Şehmus YÜCEL'e çok teşekkür ederim.

Benim daima yanımda olan, okumam için elinden gelen her şeyi yapan, yaptığım her işte de arkamda duran, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, bu seviyelere gelmeme vesile olan, benim dünyadaki en güzel varlığım biricik rol modelim olan annem Rabia NACAR'a, karşıma ne çıkarsa çıksın yılmadan devam etmemi sağlayan, bana kendi ayaklarım üzerinde durmamı öğreten canım babam Hasan Kamil NACAR'a ve bu dünyada kardeşlik sevgisi tatmama vesile olan, her durumda ve her olayda arkamı kollayan tez çalışmam boyunca da manevi desteklerini eksiltmeyen her zaman yanımda olduklarını hissettiren kardeşlerim Hatice Nur NACAR'a, Songül NACAR'a, Muhammed Ali NACAR'a ve Mehmet Nuri NACAR'a çok teşekkür ederim.

Kendisini geç tanımama rağmen bana babam gibi davranan, daima koruyup kollayan benim için maddi manevi hiçbir destekten kaçınmayan, üniversite hayatım boyunca yaptığım her işte arkamda duran ve destek olan eniştem Kasım ÇAKMAK'a ve eşi halam Cemile ÇAKMAK'a çok teşekkür ederim.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Dünya’da su kaynaklarının dağılımı.....	1
Şekil 1.2. Doğal arıtma sistemlerinin şematik olarak gösterimi	5
Şekil 1.3. Serbest yüzey akışlı yapay sulak alan.....	9
Şekil 1.4. Düşey akışlı yapay sulak alan kesiti	10
Şekil 1.5. Yatay akışlı yapay sulak alan kesiti.....	11
Şekil 1.6. Yeraltı akışkanlı yapay sulak alan örneği	12
Şekil 1.7. Yüzey altı yatay akışlı yapay sulak alan	13
Şekil 1.8. Gri suyun kaynaklarına göre sınıflandırılması	15
Şekil 1.9. Günlük evsel su tüketim oranları.....	16
Şekil 1.10. Evsel atıksu fraksiyonları.....	17
Şekil 1.11. Arıtma donanımlı sistem ve arıtmasız sistemin çevre etkileri.....	20
Şekil 2.1. Yeniyayla Köyü sulak alanından çeşitli resimler	23
Şekil 2.2. Bir toprak filtresi ve bir dikey akış sulak alanını birleştiren sulak alan	25
Şekil 2.3. Doldurma ve çizme için tasarlanmış sulak alan	25
Şekil 2.4. Kurulumun şematik çizimi.....	26
Şekil 2.5. Tanktaki saz bitkileri	28
Şekil 2.6. Araba yıkama atık suyunun çok aşamalı arıtımının şematik diyagramı.....	31
Şekil 2.7. Pıhtılaşma ve elektro-pıhtılaşma reaktörünün şematik görünümü.....	34
Şekil 3.1. Kontrol reaktörünün yapım aşamasındaki görseller	39
Şekil 3.2. Yapay sulak alan reaktörünün yapım aşamasındaki görseller	39
Şekil 4.1.KOİ ile artan deterjan konsantrasyonları arasındaki ilişki	43
Şekil 4.2. Çalışma boyunca zamana bağlı olarak KOİ konsantrasyonları	44
Şekil 4.3. Her iki reaktör için zamana karşı bulanıklık değerleri.....	46
Şekil 4.4. Dolgu malzemesi tıkanmış bir yüzey altı yapay sulak alan sisteminin genel görünümü	47
Şekil 4.5. Deterjan konsantrasyonları ile iletkenlik etkisi	48
Şekil 4.6. Çalışma boyunca zamana bağlı iletkenlik değerleri	49
Şekil 4.7. Zamana bağlı alkalinite ve pH değerleri	50

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Kaynaklardan çekilen su ve doğrudan alıcı ortamlara deşarj edilen atık su miktarı	3
Çizelge 1.2. Yapay sulak alanların diğer arıtma sistemlerine göre avantajları ve dezavantajları	7
Çizelge 1.3. Yapay sulak alanların çalışma mekanizması.....	8
Çizelge 1.4. Farklı uygulamalar kullanarak araç yıkama sistemlerinin karşılaştırılması	19
Çizelge 1.5. Malezya’da araç yıkama istasyonları çıkış sularına ait özellikler.....	21
Çizelge 2.1. Kamış performansı ve analiz edilen deney sonuçları.....	27
Çizelge 2.2. Toplanan çeşitli parametrelerin ortalama konsantrasyonu	28
Çizelge 2.3. Gri su ve arıtılmış su numunesinin fiziko-kimyasal özellikleri ve yüzdelik değerleri	30
Çizelge 2.4. Arıtma öncesi ve sonrası oto yıkama atık suyunun özellikleri	32
Çizelge 2.5. Arıtılmış oto yıkama atık suyunun analiz edilen numunelerinin sonuçları	33
Çizelge 2.6. MBR sisteminin farklı yerlerinde araç yıkama suyu kalitesi	36
Çizelge 2.7. Pıhtılaşma (şap ve PACl ile) ve ozonlama sonrası araç yıkama atıksu kalitesi	37
Çizelge 3.1.Yapılan analizler ve sıklıkları	41

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

AKM	Askıda Katı Madde
BOİ	Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOD)
BOİ5	Biyolojik Oksijen İhtiyacı (5 Günlük)
Cr	Krom
ÇO	Çözülmüş Oksijen
DS	Toplam Çözülmüş Katı Maddeler
ECOSAN	Ekolojik Evsel Atıksu Yönetimi
EC	Elektriksel İletkenlik
GROW	Yeşil Çatı Suyu Geri Dönüşüm Sistemi
HRT	Hidrolik Bekletme Süresi
HF	Yüzey Akış
KOI	Kimyasal Oksijen İhtiyacı (COD)
MBR	Membran Biyoreaktörü
MBAS	Yüzey Aktif Maddeler Tayini
Ni	Nikel
NH ₃	Amonyak Azotu
NH ₄ ⁺	Amonyum
NO ₃ ⁻	Nitrat Azotu
OSB	Organize Sanayi Bölgeleri
PACl	Polialüminyum Klorür
PacL	Poli-Alüminyum Klorür
PO ₄ ⁻³	Fosfat Fosforu
TDS	Toplam çözülmüş madde
TSS	Toplam Askıda Katı
TN	Toplam Azot
TKN	Toplam Kjeldahl Azotu
TOC	Toplam Organik Karbon

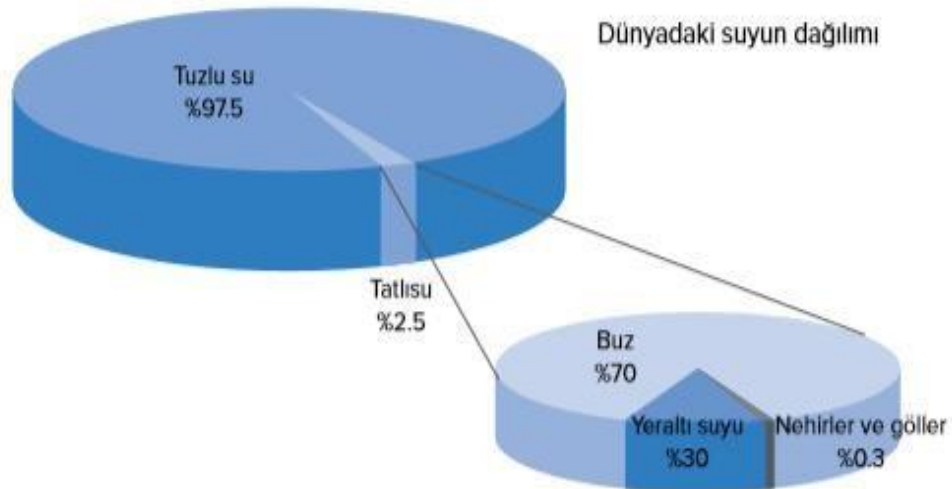
TP	Toplam Fosfor
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
VF	Dikey Akış
YAYSA	Yüzey altı Yapay Sulak Alan
Zn	Çinko



1. GİRİŞ

Su canlı ve cansız tüm varlıkların dünya üzerindeki faaliyetlerini sürdürebilmesi için gerekli bir maddedir. Yaşadığımız dünyanın dörtte üçü sularla kaplıdır fakat insanların kullanabildiği tatlı su kaynakları oldukça kısıtlı miktardadır. Kullanılabilir suyun %1'den daha az bir kısmı insan ve ekosistem kullanımına elverişli tatlı su kaynaklarından oluşmaktadır (Muluk ve ark., 2013). Gelişmekte olan ülkeler ortalama olarak 50-80 L kişi başı günlük su tüketirken, gelişmiş ülkelerde ortalama olarak 500-800 L kişi başı günlük su tüketilmektedir. Su kıtlığı çekilen bölgelerde ise ortalama olarak günlük kişi başı 20-60 L'ye kadar düşmektedir (Breines, ve ark., 2000).

Dünya yüzeyinde yaklaşık olarak tatlı su miktarı 35 milyon km³'dir. Bu da dünya yüzeyindeki toplam suyun %2,5'u olup bu miktarın yalnızca % 0,3'ü (yaklaşık km³'e eşdeğerdir) insan ve ekosistem kullanımına elverişli tatlı su kaynaklarından oluşmaktadır. Geri kalan tatlısu çoğunlukla yüksek dağlardaki buzullarda, kutuplarda ve yeraltında bulunmaktadır (Muluk ve ark., 2013). Dünya üzerindeki toplam su ve bu suya oranla tatlı su miktarlarının grafiksel dağılımı aşağıda (Şekil 1.1.) sunulmuştur.



Şekil 1.1. Dünya'da su kaynaklarının dağılım

Dünyada yaşayan bütün varlıkların gereksinim duyduğu su, canlıların hayatlarını devam ettirebilmeleri için içme ve kullanmanın yanında sanayileşme, tarımsal faaliyetler, ekosistemin devamlılığını sağlamak amacıyla ve diğer birçok alanlarda hayati öneme sahiptir. Dünya üzerinde yaşayan nüfusun çoğalması, endüstrinin gelişerek sanayileşmenin artması, tatlı su kaynaklarının kirletilmesi ve iklim değişikliği nedeni ile su dağılımında dengesizlik insanlığı alternatif içme suyu kaynaklarını araştırmayı zorunlu hale getirmiş ve suların arıtılarak tekrar kullanımına mecbur kılmıştır (Baran, 2017).

Suda bulunması istenmeyen zararlı maddelerin, suyun niteliğini bozacak oranda ve yoğunlukta suya karışması su kirliliğine neden olur. Su kirliliğini meydana getiren başlıca kaynaklar olarak, konutlar, endüstri kuruluşları, araç yıkama istasyonları, termik santraller, toksik madde içeren atıklar, kimyasal mücadele ilaçları, tarımsal sanayi atık suları, sağlık kuruluşları, nükleer santrallerden çıkan sıcak sular ve toprak erozyonu gibi süreçler ve maddeler verilebilir. Oluşan kirli suya ise atık su denilmektedir (Anonim, 2011).

Atık su arıtma, suların çeşitli kullanımları sonucunda oluşan atık su haline gelerek kaybettikleri kimyasal, fiziksel ve bakteriyolojik özelliklerinin bir kısmını veya tamamını tekrar kazandırabilmek için ve ayrıca deşarj edildikleri alıcı ortamın doğal, fiziksel, kimyasal, bakteriyolojik ve ekolojik özelliklerini değiştirmeyecek şekilde uygulanan kimyasal, fiziksel ve biyolojik olarak arıtma işlemlerinin birinin veya birkaçının uygulanmasına verilen isimdir (Sonune ve Ghate, 2004).

TÜİK verilerine göre belediyeler, köyler, termik santraller, imalat sanayi işyerleri, organize sanayi bölgeleri (OSB) ve maden işletmeleri tarafından 2018 yılında 17,5 milyar m³ su direkt olarak su kaynaklarından çekildiği belirtilmiştir. Bu bölgelerde oluşan toplam 14,8 milyar m³ atık su da alıcı ortamlara deşarj edilmiştir. Soğutma suyu hariç deşarj edilen atık suyun %81'ine arıtma işlemi uygulanarak deşarj edilmiştir. Aşağıda (Çizelge 1.1.) kaynaklardan çekilen su ve doğrudan (arıtma işlemleri uygulanmadan) alıcı ortamlara deşarj edilen atık su verileri gösterilmiştir (URL-1).

Çizelge 1.1. Kaynaklardan çekilen su ve doğrudan alıcı ortamlara deşarj edilen atık su miktarı

	Çekilen Su Miktarı (Bin M ³)	Deşarj Edilen Atıksu Miktarı (Bin M ³)	Soğutma Suyu Hariç Deşarj Edilen Atıksu Miktarı (Bin M ³)	Soğutma Suyu Hariç Arıtılarak Deşarj Edilen Atıksu Oranı(%)
Toplam	17 528 789	14 759 458	5 534 286	80,9
Belediyeler	6 190 224	4 548 657	4 548 657	88,4
Köyler	394 824	394 824	123 117	19,9
İmalat sanayi iş yerleri	2 675 606	2 165 373	209 771	85,8
Termik santraller	7 867 738	7 527 047	257 477	3,8
Organize sanayi bölgeleri	159 469	235 651	235 651	98,7
Maden işletmeleri	240 928	159 613	159 613	4,6

Atıksu arıtma işlemlerinin amacı ülkeden ülkeye değişiklik göstermektedir. Gelişmiş ülkelerde tüm kirleticileri su ortamından uzaklaştırmak bir amaç iken gelişmekte olan ülkeler için su kaynaklı hastalıkların bulaşmasının ve yüzey sularının ötrofikasyonunun önlenmesidir. Az gelişmiş ülkelerde ise bu işlem genellikle patojenlerin kontrolü ve halk sağlığının korunması amacı ile yapılır (Carr, 2005). Atıksu arıtımı işlemlerinde gerçekleşen temel aşamalar şöyle sıralanabilir:

1. Suda bulunan askıdaki katı maddelerin (AKM) uzaklaştırılması
2. Suyun içerisindeki ağır metal ve toksik maddelerin uzaklaştırılması
3. Suyun içerisindeki biyolojik olarak parçalanabilen organik maddelerin uzaklaştırılması
4. Suyun deşarj edilecek ortamına bağlı olacak şekilde azot ve fosforun uzaklaştırılması
5. Sudaki patojenik organizmaların yok edilmesi

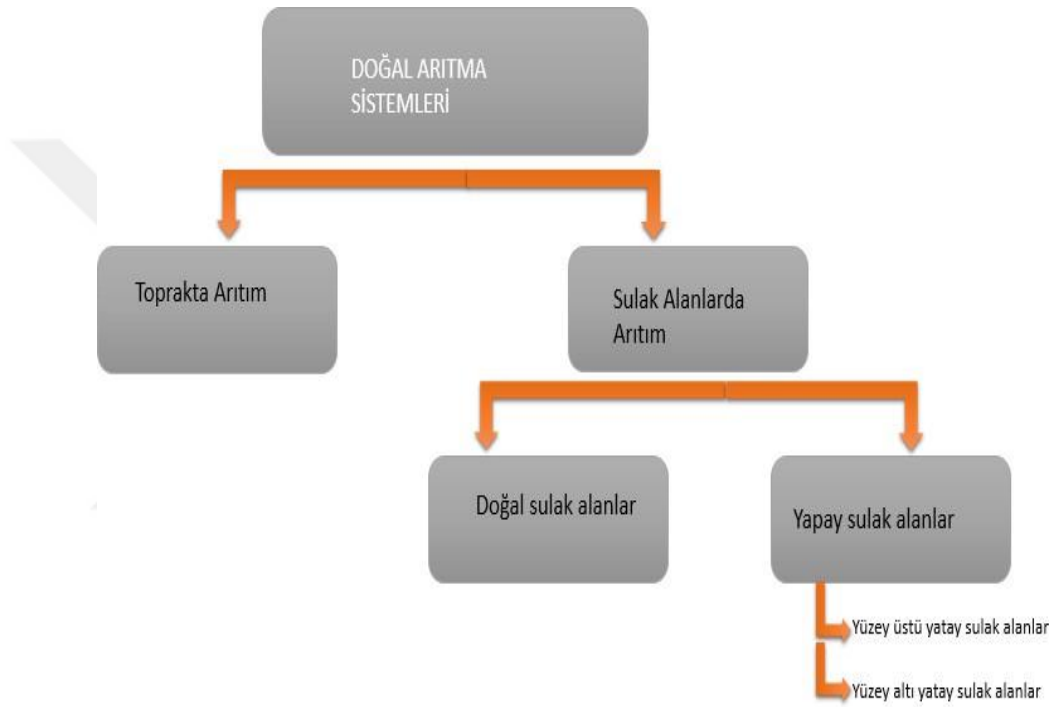
Atıksular çeşitli fiziksel kimyasal ve biyolojik süreçler ile arıtılmaktadır. Fiziksel işlemler ızgaradan geçirmek, çökeltim – yüzdürme vs. olarak sıralanabilirken kimyasal işlemler, sudaki bazı kirleticilerin daha hızlı çökelmelerinin sağlanması veya kimyasal oksidasyonu şeklindedir. Biyolojik süreçler ise suda bulunan biyolojik parçalanabilir maddelerin mikroorganizmalar tarafından tüketilmesi ve sistemden fazla mikroorganizma olarak çekilmesidir. Tüm bu süreçler klasik atıksu arıtma tesislerinde ızgara, kum-yağ tutucu, havalandırma havuzu, son çökeltim havuzu ve dezenfeksiyon gibi işlemler ile uygulanmaktadır. Konvansiyonel arıtım sistemleri olarak da sınıflandırılan bu sistemler yüksek enerji ve dolayısı ile işletme maliyetlerine sahiptirler (Soran, 1992). Son yıllarda atıksu arıtımında membran uygulamaları giderek popülerlik kazanmıştır. Membran uygulamalarının birçok avantajı vardır. Bunlar, daha az alan ihtiyacı ve yüksek kaliteli çıkış suyu olarak sıralanabilir. Ancak bunların yanında yüksek yatırım ve işletme maliyeti, kalifiye eleman ihtiyacı, membranların tıkanıklık problemleri ve küçük ölçekli işletmelerde kullanım sınırları gibi dezavantajları da vardır.

Özellikle küçük işletmeler için öne çıkan bu dezavantajları elimine ederek arıtım sağlayabilmek için doğal arıtma sistemleri kullanılmaktadır. Doğal malzeme ve yöntemlerle yapılan atıksu arıtma işlemlerinin tümüne doğal arıtma sistemleri denir. Doğal arıtma sistemleri suyu ya da kirlenmiş bir bölgeyi rehabilite etmek için tasarlanmış ekolojik sistemlerdir. Bu sistemler fiziksel, kimyasal ve biyolojik proseslerin doğal ortamlarda oluşturulduğu basit ve ucuz metotlardır. Üçüncül arıtım, su geri kazanımı, ön arıtma ve yağmur suyu yönetimi amaçları için kullanılır. Doğal atıksu arıtma yöntemleri, stabilizasyon havuzları, yeraltına sızdırma, arazide arıtma, buharlaştırma havuzları, doğal ve yapay sulak alanlar olarak sıralanabilir (Cop, 2017). Bu sistemlerin konvansiyonel sistemlere göre avantajları ise

- Kimyasal gerektirmemesi
- Flora ve fauna habitatlarını destekleyerek biyoçeşitlilikte artış sağlamak,
- Hasat edilen sucul bitkilerin çeşitli amaçlarla (yakmak veya hayvansal yem üretimi vb.) kullanılması
- Uygulama kolaylığı,

- Pahalı teknik ekipman ve ileri teknolojiye ihtiyaç olmaması,
- Enerji ihtiyacının düşük olması,
- Maliyetinin düşük olması,
- İşletmesinin basit olması ve kalifiye eleman ihtiyacının olmaması,

şeklinde sıralanmaktadır. Aşağıda (Şekil 1.2.) kategorik olarak doğal arıtma sistemleri sunulmuştur.



Şekil 1.2. Doğal arıtma sistemlerinin şematik olarak gösterimi

1.1. Yapay Sulak Alanlar

Yapay sulak alan konvansiyonel arıtma sistemlerine ekonomik bir alternatiftir. Yapay sulak alan sistemlerinin ilk yatırım ve işletme maliyetinin düşük olması, kalifiye eleman ihtiyacının az olması ve kimyasal maddelere ihtiyaç duyulmadan doğal bir arıtım gerçekleştirerek çevreci bir yaklaşıma sahip olduğundan yaygın bir şekilde tercih edilmektedir.

Yapay sulak alanlar gerek bitki örtüsü gerekse toprağı bakımından atıksuların arıtılmasına yardımcı olmak için gerekli mikrobiyal yapıları içeren doğal süreçleri kullanmak üzere tasarlanmış ve yapılandırılmış sistemlerdir. Bu sistemler doğal sulak alanlarda meydana gelen işlemlerden aynı şekilde faydalanarak daha kontrollü bir şekilde yapmak için tasarlanmıştır (Vımazal, 2010).

Yapay sulak alanlar inorganik kimyasalların organik maddelere dönüştürülmesini sağlayan, yüksek organik bileşik konsantrasyonuna sahip sistemlerdir. Bol ışık, su ve besin kaynağı sağlandığı takdirde ekosistemlerinin birincil verimliliğı genellikle yüksektir (Carr, 2005). Arazinin ucuz ve olduğu bölgelerde doğal bitkiler kullanılarak atıksuların arıtılması oldukça etkili bir yöntemdir. Ayrıca ötrofikasyonun olduğu sulak bölgelerde ve göllerde bu tip doğal sistemler kurularak ötrofikleşmesinde önüne geçilebilmektedir (Yinanç ve Adiloğlu, 2017).

Arıtım için uygun ortam ve koşullar sağlandığı takdirde düşük maliyet ve düşük enerji tüketimi ile nütrient, ağır metaller ve organik maddelerde yüksek oranda arıtım sağlanmaktadır bu gibi yöntemler kullanılarak birçok endüstri tesisi ve yerleşim yerlerinin atıksu arıtma sorunları hem ekonomik olarak çözülmüş olup hem çevresel zararları minimuma indiren doğal bir yaklaşım ortaya konulmaktadır (Adiloğlu, 2016).

Yapay sulak alan yönteminin kirlетici giderimi ile alakalı altı temel biyolojik reaksiyondan bahsedilebilir. Bunlar; bitki solunumu, fotosentez, fermentasyon, nitrifikasyon, denitrifikasyon ve mikrobiyolojik fosfor giderimi olarak sıralanabilir. Belirli maddeler ise (özellikle metaller) kimyasal reaksiyonlar ile çözünemeyen bileşiklere dönüştürülerek çöktirilebilir ve gidermek mümkündür (Yinanç ve Adiloğlu, 2017).

Yapay sulak alanlar, yerlatı suları ile ilişkisi kesilmiş insan yapımı sulak alan sistemleridir. Akış rejimine göre yüzey üstü ya da yüzey altı akışlı olmak üzere çeşitlendirilirler. Bu sulak alanlardan geçirilen suyun çeşitli fizikokimyasal ve biyolojik süreçler ile arıtımı sağlanmaktadır. Akış genellikle yüzeyden serbest olarak ya da yüzeyin altından çakıl dolgu gibi gözenekli bir yapıdan (Cakmak, 2017).

Günümüzde yapay sulak alanlar, evsel ve endüstriyel atıksuların arıtımı gibi farklı amaçlara yönelik olarak inşa edilip kullanılmaktadır. Aşağıda Çizelge 1.2.'de yapay sulak alanların diğer arıtma sistemlerine göre avantajları sunulmuştur (Chen ve ark., 2006; Huang ve Hagedorn, 2000; Vymazal, 2010).

Çizelge 1.2. Yapay sulak alanların diğer arıtma sistemlerine göre avantajları ve dezavantajları

Avantajları	Dezavantajları
İlk yatırım maliyetinin düşük olması	Yer seçiminde problemler yaşanması ve aktif arıtma ünitelerine nazaran daha fazla alan ihtiyacı olması
İşletme ve bakım maliyetinin az olması	Sızma problemleri
Besin tutma kapasitesinin yüksek	İşletme bakım ve onarımı
Çamur üretimin yok denecek kadar az olması	İzleme değerlendirme
Aktif çamur için çok seyreltik olan atıksuları(organik madde yönünden) yapay sulak alanların arıtabilmesi	Fosseptiklerin temizlenmemesi
Suyun tekrar kullanımını ve dönüşümünü kolaylaştırması	Bitki hasadının yapılmaması ve ölü bölgelere yeniden ekim gerçekleştirilmemesi
Birçok sulak alan organizması için yaşam alanı oluşturması	Yapay sulak alan içerisindeki su seviyesinin yanlış ayarlanması ve tıkanma problemlerinin olması
Estetik açıdan göze daha hoş olması	Yapay sulak alanların; atıksudaki fosfor giderimini tam anlamıyla gerçekleştirememesi
Birçok sulak alan organizması için yaşam alanı oluşturması	Yabani otlama ve yabani böcek ile mücadele edilmemesi
Az nüfuslu yerleşim bölgelerinde arıtma verimliliği ispatlanmış güvenli sistemlerdir	Alana sivrisinek ve diğer zararlı olabilecek canlıları çekebilmesi
Çevreye az zararlı yan ürünler çıkar ve bitki oksijeni köklerine de ilettiği için alanda koku problemi olmaz	Kirlenici konsantrasyonu çok yüksek olan atıksuların arıtılması için yeterli olamaması

Yapay sulak alanlar çalışma mekanizması olarak suyun sulak alan dolgu malzemesi arasında filtrasyonu ve filtre olan maddelerin zaman içinde bitki bünyesine geçmesi prensibine dayanır. Bu süreçte askıda ve çözünmüş maddeler çeşitli fiziksel ve biyokimyasal süreçler ile arıtılabilir. Örnek olarak askıda katı maddeler ve çökebilir maddeler filtre malzemesi arasında filtrasyona uğrarlar. Yapay sulak alan dolgu maddeleri aynı zamanda mikroorganizmaların bağlı büyüme gösterebileceği ortamlardır. Bu sayede burada tutunan mikroorganizmalar ile organik maddeler, azotlu ve fosforlu bileşikler su ortamından uzaklaştırılabilirler (örneğin nitrifikasyon, denitrifikasyon prosesleri). Azotlu ve fosforlu bileşikler süreç sonunda bitkiler

tarafından alınır ve bitkileri zaman zaman hasadı ile sistem sınırları dışına çıkarılmış olurlar. Aşağıda Çizelge 1.3.'te yapay sulak alanlarda giderilebilen tüm kirlenici kategorileri ile bu kirlenicilerin giderim mekanizmaları sunulmuştur.

Çizelge 1.3. Yapay sulak alanların çalışma mekanizması

Yapay Sulak Alanların Çalışma Mekanizması	
Organik Madde	Aerobik mikrobiyal bozunma Anaerobik mikrobiyal bozunma
Askıda Katı Maddeler	Filtrasyon Çökeltim
Patojenler	Çökeltim Filtrasyon Doğal ölüm Avlanma
Azot Giderimi	Amonifikasyon (organik azottan amonyum azotunun oluşması) ve nitrifikasyon Denitrifikasyon Bitkilerin bağlaması Adsorpsiyonu
Fosfor Giderimi	Adsorpsiyon Bitkilerin bağlaması

Yapay sulak alanlar uygulanması bakımından akışın rejimine göre ikiye ayrılmaktadır: yüzey üstü ve yüzey altı akışlı yapay sulak alanlar. Yüzey üstü sulak alanları (aynı zamanda yüzeysel akışlı sulak alanlar) doğal sulak alanlara yakından benzemektedir, çünkü sulak alanın altındaki toprak tabakasında köklenen su bitkilerini içerirler ve su bitkilerin yaprakları ve gövdelerinin üstündedir. Yüzey altı sistemleri (yeraltı akışlı sulak alanları olarak da bilinir) ise doğal sulak alanlara benzemez, çünkü sular toprağın altından bitki köklerinden geçer. Küçük bir alana yerleştirilmiş çakıl(ezilmiş kaya, küçük taşlar, kum) tabakasının üzerine toprak(kil) gibi zemin maddesi konularak ve toprağın üzerinede sucul bitkiler ekilerek oluşturulan sistemlerdir. Uygun şekilde tasarlandığında ve çalıştırıldığında, atık su ortamın yüzeyinin altında kalır, bitkilerin kökleri ve rizomları ile temas eder ve arıtım gerçekleşmiş olur (Anonim, 1999).

Serbest yüzey akışlı yapay sulak alan sistemleri tipik bir su yatağından ya da su kanallarından oluşan, tabanda sızmayı önlemek adına sıkıştırılmış bir tabaka bulunduran, bitki köklerinin tutunabileceği toprak bir zemine sahip olan ve sürekli bir akım söz konusu olan düşük su seviyesine sahip sistemlerdir (Şekil 1.3.). Ayrıca dış görünüşleri oldukça doğal sulak alanlara benzeyen ve görünüm açısından daha estetik olan sistemlerdir (Cakmak, 2017). Yani daha çok doğal bataklık gibi görünür ve davranırlar. Sulak alanlarda yakın yüzey tabaka aerobik iken daha derin tabaka genellikle anaerobiktir (Aalbers, 1999; Nordin ve Amalina, 2006; Topal ve Karagözoğlu, 2012). Serbest yüzey akışlı sulak alan sistemlerinde bitkilerin en önemli rolü su kolonu üzerinde fitoplankton üretimini sınırlayan ve yeniden atmosferik havalandırmayı kısıtlayan serbest yüzen su bitkilerinin birikme potansiyelini artıran bir kanopi sağlamaktır. Bu koşullar sistemdeki askıda katı maddelerin azaltılmasına da katkı sağlar. Ayrıca azot ve fosfor gideriminde de rol oynar (Anonim, 1999). Bu sistemlerin avantajları düşük maliyet ve işletme masrafı olması ve ayrıca inşa, işletme ve bakımlarının kolay olmasıdır. Dezavantajı ise genel itibariyle daha geniş alanlara gereksinim duymalarıdır (Cakmak, 2017).

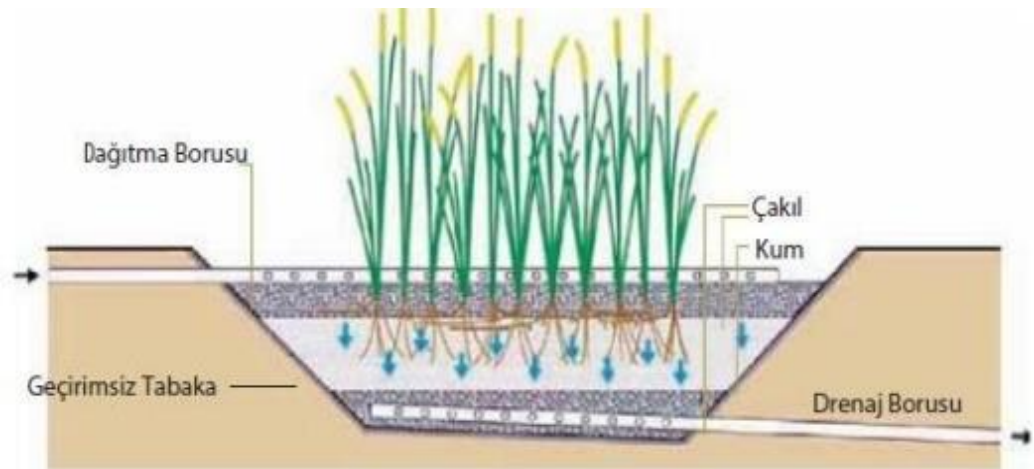


Şekil 1.3. Serbest yüzey akışlı yapay sulak alan

Serbest yüzey akışlı sistemler, atıksu eğimli ve bitki ile örtülmüş topraktan akarken arıtım gerçekleşir. Düşük hızlı arıtım sistemlerinde yüzeysel akışa izin verilmezken yüzey-üstü akış sistemlerinde bu bir dizayn kriteridir. Arıtılan atıksu eğimin sonunda toplanır. Toprağa drenajı azaltmak için toprak örtüsünün hemen altında geçirimsiz bir tabaka oluşturulabilir. Su, eğimin üst tarafına yağmurlama

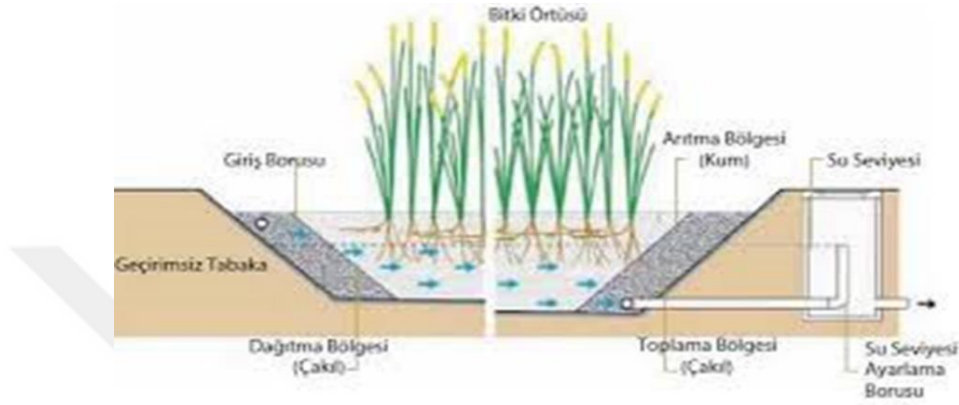
sistemiyle verilebilir ya da yüzey direk olarak uygulanabilir. Genellikle 30-60 m'lik bir eğim uzunluğu ve %2-8 lik bir eğim uygulanır. Yüzey-üstü akışlı sistemler ikincil ve üçüncül nütrient arıtımı amacıyla kullanılabilir. İkincil arıtım için mutlaka; ızgara, ön arıtma veya eşdeğer arıtma gerekir. İklim oldukça önemli olup, ılıman iklimlerde daha yüksek performans gözlenir. Genellikle günlük 6-12 saatlik atıksu uygulaması yapılır. Özellikle yüksek N ve P giderimi gerçekleştirilebilir. 0,3-0,6 m³/(h.m) hızlarında <1 mg/L amonyum elde edilebilir. Genelde çok yıllık ve uzun ömürlü bitki karışımları tercih edilir. Minimum bakım gerektirir. Bitkiler yılda bir iki defa kesilirler. Bu sistemlerin en önemli dezavantajları sivrisineklerin üremesi, koku problemi ve diğer sistemlere göre daha geniş araziye gereksinim duymasıdır. Avantajları ise yapım, bakım ve işletim masraflarının düşük olmasıdır (Temel, 2017).

Yüzey altı akışlı yapay sulak alan sistemleri, havuz içini dolduran gevşek filtre malzemesi ile üst kısmı kil veya sentetik malzemelerden yapılmış geçirimsiz tabaka üzerine ekili sucul bitkilerden oluşan bir doğal arıtım sistemleridir. Bu sistemlerde su seviyesinin ayarı için en üst kısımda su seviyesi düzeneği bulunmaktadır. Yüzeyaltı akışlı sulak alanlar sabit film biyoreaktör gibi hareket ederler (Anonim, 2000). Ayrıca yatay sulak alanlar bitkili veya bitkisiz olarak iki şekilde de tasarlanmaktadır. Bu sistemler yatay akışlı ve düşey akışlı olmak üzere iki şekilde tasarlanmıştır (Çakmak, 2017; Topal ve Karagözoğlu, 2012).



Şekil 1.4. Düşey akışlı yapay sulak alan kesiti

Düşey akışlı sistemler (Şekil 1.4.), yatay akışlı sistemlere göre daha fazla oksijen taşınımı yapabilmektedirler. Atıksulardan özellikle azotun ve organik maddelerin gideriminde oldukça etkilidirler (Yalcuk ve Ugurlu, 2009). Yatay akışlı sistemlere (Şekil 1.5.) göre daha az alana ihtiyaç duyulmaktadır ve daha etkin KOİ, BOİ₅, ve patojen giderimi elde edilmektedir (Anonim, 2008).



Şekil 1.5. Yatay akışlı yapay sulak alan kesiti

1.1.1. Yapay sulak alan uygulamaları

Gerek ülkemizde gerekse dünyada çok fazla uygulama mevcuttur örnek olarak Karadeniz bölgesinde bulunan bir köyün atık suyunun arıtılması için üç eşit parçaya bölünmüş yatay bir yeraltı akışkanlı sulak alanlar tasarlanarak tam ölçekte yapılmıştır. Tüm sulak alanların toplam yüzey alanı 520 m²'dir. Kirlenici madde uzaklığının ortalama değerlerine bağlı olarak, bitki tipleri ve aylar arasındaki tüm parametrelerin giderilmesindeki herhangi bir farkı belirlemek için gruplar arasında tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. Özellikle kırsal bölgelerde atık suların toplanması ve şehirdeki atık su arıtma tesislerine taşınması sırasında karşılaşılan inşaat, bakım ve onarım maliyetleri ve düşük akış hızı gibi problemler nedeniyle, yerinde arıtma uygulamalar ile daha etkili sonuçlar elde etmek mümkündür. Sonuçlara göre, doğru ve düzgün şekilde tasarlanmış yapay sulak alanlar, kırsal yerleşim yerlerinin atık sularının arıtılması için daha ekonomik ve doğaya uygundur (Temel ve ark., 2018).



Şekil 1.6. Yeraltı akışkanlı yapay sulak alan örneği

Yapılan bir diğer çalışmada İzmir ili Torbalı ilçesi Korucuk mahallesinde evsel atık suların arıtılması için, 2004 yılında Mülga Köy Hizmetleri İzmir Bölge Müdürlüğü tarafından yüzey altı yatay akışlı yapay sulak alan niteliğinde tasarlanmış ve inşa edilmiştir. Bu yapay sulak alanda 2008-2009 yılları arasında 2 yıl süre ile yapılan izleme ve değerlendirmelere göre Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (13.02.2008) Tablo 21-5'te belirtilen deşarj standartlarına uygun olduğu belirlenmiştir.

Korucuk Mahallesinin nüfusu 2000 nüfus sayımına göre 1095 kişi olup 280 haneden oluşmaktadır. Atıksular mahallenin evsel atık sularının toplandığı kanalizasyon hattının sonunda yer alan 1000 kişilik dört gözlü bir fosseptik çukuruna gelmektedir. Bu dört gözlü fosseptik çukuru ön çökelme tankı görevi yapmaktadır. Fosseptikten çıkan atıksu doğal arıtma olarak yatay akışlı yapay sulak alana verilmektedir ve arıtılan su buradan alıcı ortama (dere) deşarj edilmektedir.

Arıtma tesisinin giriş ve çıkışından 15 günde bir örnek alınarak aylık ortalaması alınıp o ayın ortalama giriş, çıkış parametre değerleri ile yapay sulak alan arıtma

performansı hesaplanmıştır ve karşılaştırmalar yapılmıştır. Yapılan analiz ve karşılaştırma sonuçlarına göre özellikle nüfusu 2000'in altındaki yerleşim yerlerine özellikle evsel atık suların arıtılması amacı ile tasarımında gerekli olan mühendislik hesaplamalara uyularak yapılması durumunda yüzey altı yatay akışlı yapay sulak alan tesisleri inşa edilerek işletilebilir ve çıkış suyunun deşarj kalitesi açısından mekanik arıtma sistemlerine bir alternatif olarak kullanılabilirlikleri mümkündür (Göçmez, 2018).



Şekil 1.7. Yüzey altı yatay akışlı yapay sulak alan

Başka bir örnekte ise Arjantin'de bulunan bir alet endüstrisindeki atık suyun arıtılmasının fizibilitesini değerlendirmek için pilot ölçekli bir yapay sulak alan inşa edilmiştir. İnşa edilen yapay sulak alanın alanı 6x3x0.4 m'dir ve dibe polietilen geçirimsiz bir film yerleştirilerek üzerine 30 cm derinliğinde bir toprak tabakası ilave edilmiştir. Arıtılmak istenilen atıksu, yüksek iletkenliğe ve pH'a sahiptir ve içerisinde Cr, Ni ve Zn bulunmaktadır. Su deşarjı 1000 litre ve kalış süresi 7 gün olarak belirlenmiştir. Etki ve çıkış suyu kalitesi her 15 günde bir analiz edilmiştir. Yapraklar, kökler ve tortulardaki (giriş ve çıkış) TP, Cr, Ni ve Zn konsantrasyonları aylık olarak ölçülmüştür. Baskın türlerin örtüsü ve biyo kütlesi tahmin edilmiştir. Ayrıca, iletkenlik ve pH'ın yüzen türler üzerindeki etkilerini ölçmek için sera deneyleri yapılmıştır.

Bütün bu analiz ve çalışmaların sonuçlarına göre girişteki tortu içindeki TP ve metal konsantrasyonları çıkıştaki olanlardan önemli ölçüde daha yüksek çıkmıştır. Gelen atıksuyun iletkenliği ve pH'ı yüzen türler için toksik olduğu kanıtlanmıştır. *Typha domingensis* türündeki bitkinin atık su arıtmada oldukça verimli olduğu kanıtlanmıştır. Bu nedenle, birçok endüstriyel işlemin özelliği olan, yüksek iletkenliğe ve metallerle zenginleştirilmiş pH'a sahip atık suların arıtılması için tavsiye edilen türler arasına alınmalıdır (Hadad ve ark., 2006).

1.2. Gri Sular

ECOSAN (Ecological Sanitation) yaklaşımı, ekolojik evsel atıksu yönetimini benimseyerek evde kullanım sonucu oluşan atıksuların bir kirletici değil arıtılarak tekrar kullanılabilir bir kaynak olduğunu savunmaktadır. Ayrıca yaklaşıma göre kaynakta kontrol ve nütrient döngülerinin tamamlanması gibi konular ön plana çıkmaktadır. Bu sebeple de evsel atıksuların kaynağında fraksiyonlara ayrılarak toplanması ve her bir fraksiyonun özelliklerine uygun olan bir dizi işlemden geçirilerek tekrar kullanılması önerilmektedir. Buna göre de atıksular üretildikleri kaynaklarına göre gri su ve siyah su olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Ancak ECOSAN konseptine göre siyah sular, sarı su (yellow water) ve kahverengi su (brown water) olarak ikiye ayrılmaktadır (Baykal, 2008).

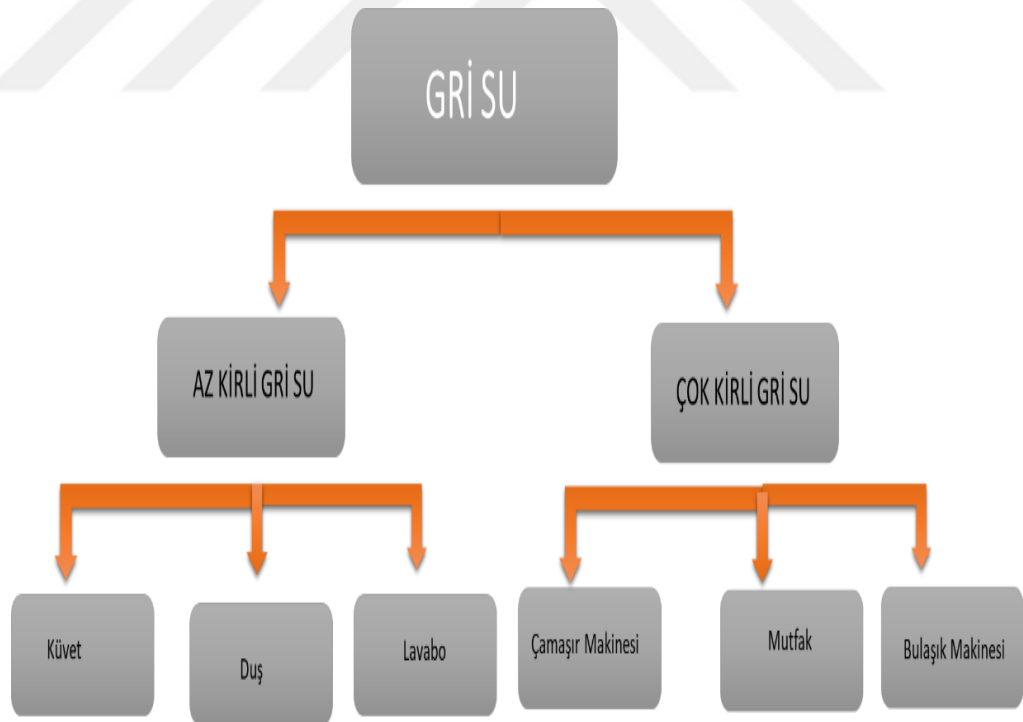
Genellikle duş, banyo, lavabo, bulaşık ve çamaşır makinelerinden ve benzeri endüstriyel alanlardan (ör: halı yıkama tesisleri, hamalar, çamaşırhaneler, restoranlar, araç yıkama istasyonları) gelen sular gri su olarak nitelendirilirken geriye kalan kullanılmış sular ise siyah su olarak tanımlanmaktadır.

Gri suda az miktarda nütrient bulunmaktadır ve gri suda patojen bulunma olasılığı çok düşüktür. Ancak azotun sularda kirlilik oluşturma etkisi nedeniyle atıksularda ciddi sorun olup içme suyundan en zor temizlenen maddedir. Atıksu içerisinde bulunan azotun büyük çoğunluğu (%90) siyah sudan gelmekte olup çok az miktarı ise gri sudan gelmektedir. Bu nedenle gri su, siyah sudan daha kolay bir şekilde ayrışır ve gri suyun arıtımı daha kısa sürede gerçekleşir. Patojen mikrobinin en yaygın

kaynağı fosseptik atıklardır. Ayrıca mutfak ve banyodan gelen gri sular organik madde açısından oldukça zengin olup, bu gruptaki kirleticilerin giderilmesinin ardından su geri dönüşüme verilerek tekrar kullanımı sağlanabilir (Karahan, 2011).

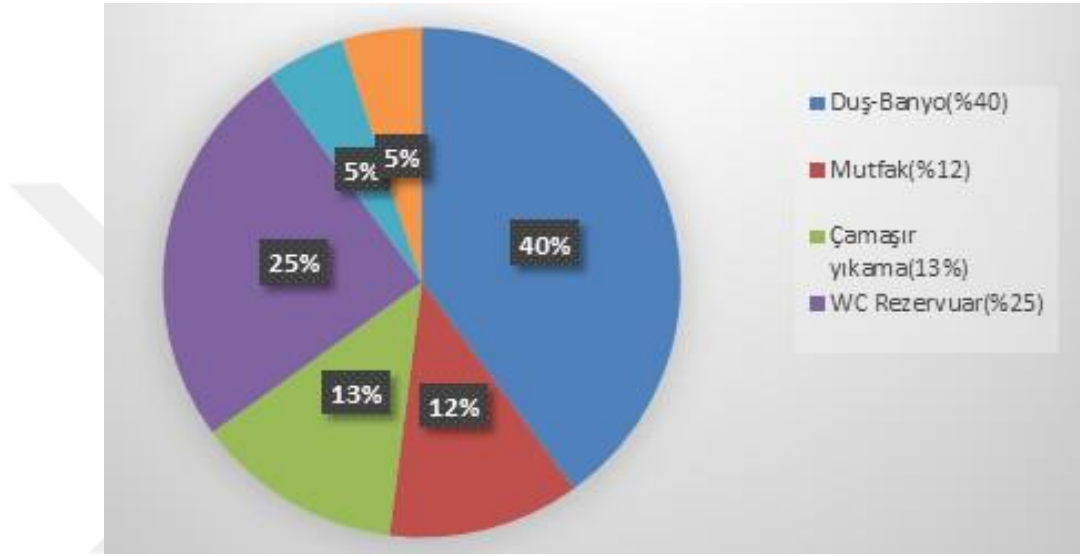
Gri suların içerisinde, deri, saç, vücut yağları, diş macunu, şampuanlar, sabunlar, vücut bakım ürünleri, tıraş sonrası atık materyaller, köpük, beyazlatıcılar, azot, fosfor, yüzey aktif maddeler, yağ ve gres, bulanıklık, askıda katı maddeler, bakteriler gibi çeşitli birçok madde bulunabilmektedir (Asan, 2013) (Ghaitidak ve Yadav, 2013). Gri suyun kaynaklarına göre sınıflandırılması aşağıda Şekil 1.8.'de verilmiştir.

Kimyasal olarak kirlilik durumuna göre gri sular, az kirli gri su ve çok kirli gri su şeklinde iki kısma ayrılarak değerlendirme yapılmaktadır. Çok kirli gri sular çamaşır makinesi ve mutfaktan gelen atık suları içerirken, az kirli gri sular ise banyo, duş ve lavabodan gelen atık suları içermektedir.



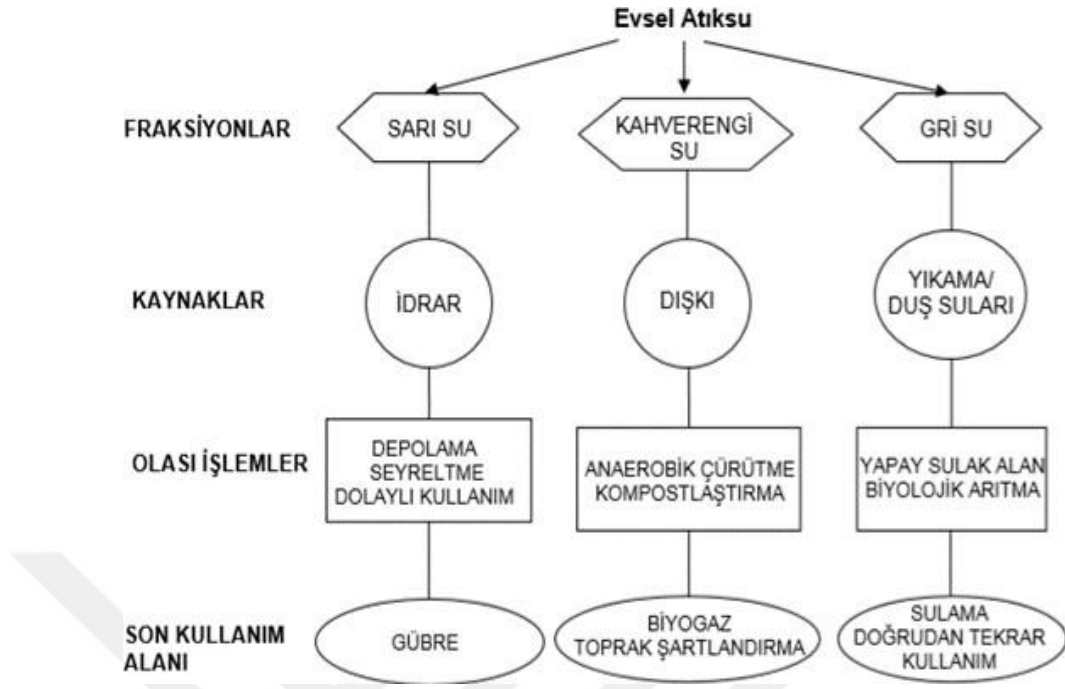
Şekil 1.8. Gri suyun kaynaklarına göre sınıflandırılması

Evsel atıksuyun hacimsel olarak %75'i gri sulardır (Karahan, 2009). Evsel atıksuların bileşenleri ve içeriği gün, saat ve mevsimsel olarak kişi başına düşen kullanım miktarı, yaşam standartları, alışkanlıkları, beslenme biçimleri ve yaşam tarzlarına göre değişiklik gösterir. Ancak asıl neden ev içerisindeki suyun kullanım çeşitliliğidir. Buna göre evsel olarak günlük tüketilen su miktarları aşağıda Şekil 1.9.'da şematik olarak göstermiştir.



Şekil 1.9. Günlük evsel su tüketim oranları

2000'li yıllarda gündeme gelen ECOSAN arıtma teknolojisine göre evsel atıksular uzaklaştırılması gereken bir atık değil, arıtılarak tekrar kullanılması gereken bir kaynak olarak görülmektedir. Bu kaynağın en verimli şekilde değerlendirilebilmesi için, içerik olarak birbirinden farklı özellikler gösteren evsel atıksu fraksiyonlarının kaynağında akımlara ayrılarak toplanması ve ayrılan her akımın özelliklerine uygun arıtma işlemlerinden geçirilerek değerlendirilmesi önerilmektedir. Buna göre de ECOSAN yaklaşımında farklı akımların ayrılması çerçevesinde gri su, sarı su ve kahverengi su olarak tanımlanan üç fraksiyon ve her bir akımın bünyesinde bulunan bileşenler ile özellikleri Şekil 1.10.'da verilmiştir (Baykal, 2008).



Şekil 1.10. Eysel atık su fraksiyonları

1.2.1. Endüstriyel olarak üretilen gri sular

Gri sular evsel kaynaklar dışında bazı endüstrilerde de yoğun olarak üretilmektedir. Örnek olarak hamamlar, çamaşırhaneler, halı yıkama istasyonları, araç yıkama istasyonları gri su üretebilen endüstriler verilebilir. Bu örneklerden araç yıkama istasyonları ele alındığında tek bir arabada tam bir profesyonel yıkama yapmak için kullanılan teknolojiye bağlı olarak 190-380 litre su kullanılır. Böylece dünya genelinde araç yıkama istasyonlarında günde toplam 9,5 milyon litre tatlı su tüketildiği tahmin edilmektedir (Al-Odwani ve ark., 2007).

Araç yıkama istasyonları günlük olarak büyük miktarda atıksu üreten ve geri dönüşüm programlarından yararlanabilen faaliyetler arasındadır. Araç yıkama istasyonları modern günlük yaşamımızda büyük rol oynamaktadır, insanlar genellikle arabalarını düzenli olarak yıkama gereği duymaktadır. Ülkemizde de TÜİK verilerine göre trafiğe kayıtlı araç sayısı 2020 yılının Mart ayı sonu itibarıyla 23.361.022'dir. Bu

rakamların %54,1'ini otomobiller oluşturmaktadır (URL-2). Bu araçlardan her biri için yıkama başına su kullanımı 60 – 200 L (bir insanın günlük ihtiyacı)'dir. Ayrıca ülkemiz genelinde oto yıkama için günde kullanılan su miktarı ise 150.000 – 250.000 m³'tür.

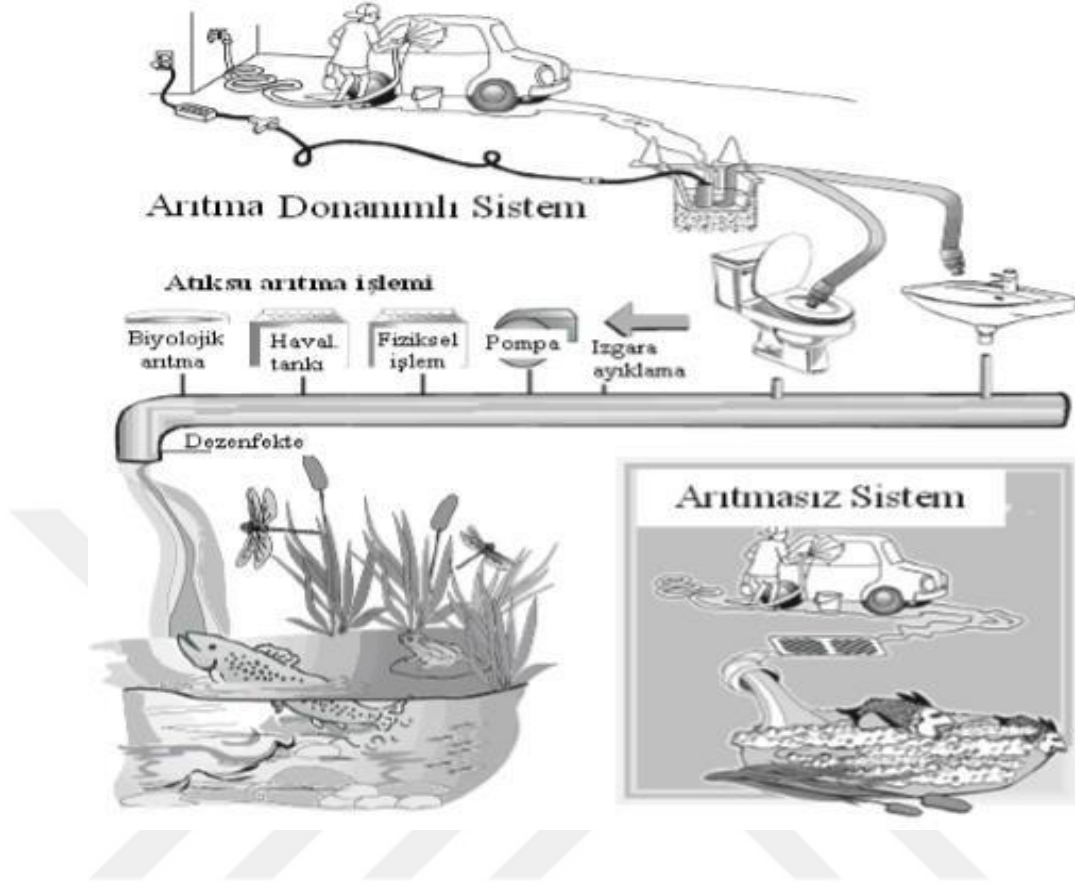
Araç yıkama servislerinde; motor yıkama, araç yıkama ve diğer temizleme gibi işlemler sonucu oluşan kullanılmış sular oto yıkama suyu olarak adlandırılır. Oluşan bu sular birçok kirletici parametreyi içerisinde bulunduran non-homojen toksik atıksu haline gelir. İçerisinde deterjan, ağır metal, boya kalıntıları, hidrolik sıvısı, yağ ve yüksek miktarda diğer temizleme kimyasalı bulunmaktadır. Bu durumda çevrenin kirlilik yükünün artmasına, çevre dengesinin bozulmasına, mikrobiyal aktivitenin engellenmesine, yeraltı sularının kirlenmesine ve toprağın biyolojik yapısının bozulmasına neden olmaktadır. Bu nedenle de oluşan atıksuların herhangi bir ön işlem yapılmadan kanalizasyon sistemlerine veya doğal su kütlelerine doğrudan deşarj edilmesi kirliliğin daha geniş alanlara yayılmasına, alıcı ortamlarda toksik etki yaratarak balık ölümlerine kadar sebep olmaktadır. Ayrıca su kaynaklarında istenmeyen tat ve koku oluşuma neden olurken çamur çürütme işlemlerinde bakteriyel aktiviteyi de engellemektedir (Çetin ve Tandiroğlu, 2013). Bu nedenle, araç yıkama atık suyunun yeniden kullanılmak üzere arıtılması, su tasarrufu ve kirliliğin önlenmesi için yararlı olması amacıyla etkili tekniklerin geliştirilmesi önemlidir.

Araç yıkama işletmeleri yıkama şekillerine göre farklı kategorilerde sınıflandırılmaktadır. Bunlar, jeton kullanılarak yıkama şekli, araçların personel tarafından yıkatıldığı oto yıkamacılar, oto yıkama işlemini müşterinin yaptığı oto yıkamalar, benzin istasyonlarındaki sabit bir düzenek üzerindeki oto yıkama işletmeleri ve aracı oto yıkama mekanizmasında yürüten tünel oto yıkama platformları şeklinde sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırmalara göre farklı uygulamalar ile araç yıkama şekilleri mevcuttur. Farklı uygulamalar kullanarak araç yıkama sistemlerinin karşılaştırılması aşağıda Çizelge 1.4.'te verilmiştir (Çetin ve Tandiroğlu, 2013).

Çizelge 1.4. Farklı uygulamalar kullanarak araç yıkama sistemlerinin karşılaştırılması

Parametreler	Otomatik Yıkama	Şahsi Yıkama	El ile Yıkama	Buharlı Oto Yıkama
Temizlik kalitesi	Düşük	Orta	İyi	Mükemmel
Temizlik zamanı (dk)	5	30-40	20-30	5-20
Lastik, jant temizliği	Dış temizlik	Çok zaman israfı	Ek maliyet	Aynı anda yapılır
İç temizlik	İlave iş	İlave iş	İlave iş	Aynı anda yapılır
AB standartlarına uygun	Değil	Değil	Değil	Evet
Oluşabilecek çizikler	Evet	Evet	Evet	Yok
Taşınabilirlik	Hayır	Hayır	Hayır	Evet
Ortalama su miktarı (L)	75-100	120-150	100-120	3-4.5

Araç yıkama şekli ister manuel ister mekanik olsun yıkama esnasında fazla miktarda su kullanılmaktadır. Ancak fazla miktarda kullanılan su, geri dönüşüm sisteminin uygulanması ile azaltılabilir. Buda kullanılmış atıksuyu tekrar kullanıma uygun hale getirerek mümkün olur. Araç yıkama suyu geri kazanım sistemleri de günümüzde git gide yaygınlaşmaktadır. Çoğu firma hem maddi hem manevi kazanç elde etmek için bu sistemlere yönelmektedir. Bu sistemlerde araçların yıkandığı sular ilk olarak bir depoda biriktirilir ve bu depodan geri kazanım sistemine verilir, geri kazanım sisteminde su arıtılarak ilk temiz haline ulaşır. Temizlenerek arıtılan su tekrar bir depoda biriktirilir ve yeniden araç yıkama yapmak için hazır hale gelir. Araç yıkama yatırımcısı bu işlemleri sisteme kurmak istediği çözümlerin bulunduğu yere ve kombinasyonuna bağlı olarak en iyi yıkama suyunu kullanma yolunu seçmelidir. Yani geri kazanılan suyun amaçlanan kullanımını elde etmek için, yüksek su kalitesi ve kullanımı için istenen miktarı, kirlenmenin doğasını dikkate alarak suyu arıtmalıdır. Bu sistemler standart araç yıkama tesislerinden çok daha az su kullanır ve böylece gelecekteki oluşabilecek su sorunlarının biraz da olsa önüne geçilmiş olmasını sağlar. Sadece iyi tasarlanmış ve planlanmış bir oto yıkama, aracı güvenli ve etkili bir şekilde temizlemek için gerekli olan uygun miktarda suyu sağlayabilir (Janik ve Kupiec, 2007). Aşağıda Arıtma donanımlı sistem ve arıtmasız sistemin çevreye olan etkileri Şekil 1.11.'de gösterilmiştir.



Şekil 1.11. Arıtma donanımlı sistem ve arıtmasız sistemin çevre etkileri

Geri dönüşüm doğal kaynaklarımızın korunmasını, enerji tasarrufunu sağlayarak geleceğe ve ekonomiye yatırım yapmamıza yardımcı olur (Anonim, 2011).

Araç yıkama istasyonlarından çıkan atıksuların tekrar kullanılabilmesi için toz, yağ ve gresin olmaması gerekmektedir (Lau, ve ark., 2013). Ancak kum ve toz, araç yıkama atık suyunda en yaygın olan malzemelerdir (Lobo ve ark., 2006).

Al-Odwani ve ark., bir çalışmada bu maddelerin pıhtılaşma yoluyla çıkarılmasını önerdi (Al-Odwani ve ark., 2007). Başka bir çalışmada ise Hsu, Chen, ve Chang araç yıkama atık suyunu arıtmak için bir yağ-su ayırıcısı veya çoklu ortam filtresi kullanarak yağı ve askıda katı maddeleri çıkardıktan sonra % 75 su geri kazanmıştır (Hsu ve ark., 2011). Araç yıkama sularının tekrardan kullanımına örnek olarak ise Malezya’da yapılan bir çalışmada araç yıkama istasyonlarının çıkış sularına ait parametreleri ve değerleri Çizelge 1.5.’te sunulmuştur.

Çizelge 1.5. Malezya’da araç yıkama istasyonları çıkış sularına ait özellikler

Parametre	Araç Yıkama Çıkış Suyu
Sıcaklık (°C)	27 – 28.4
pH	6.51 – 8.74
BOİ5 (mg/l)	10.5-11.9
KOİ (mg/l)	75 – 738
Bulanıklık (NTU)	34.7 – 86
Toplam Katı (mg/l)	89.2 – 151.8
İletkenlik	150.7 – 260.7

Piyasada araç yıkama istasyonlarından çıkan suların arıtımı için çeşitli çözümler mevcuttur. Genel olarak arıtılacak kirleticiler yukarıda da bahsedildiği gibi araç yüzeyinden kaynaklanan toz, motor temizliğinden kaynaklanan yağ ve gres ve kullanılan fazla deterjandır. Mevcut arıtım teknolojileri bu üç maddenin hepsini de giderebilirken bazıları toz ve yağ tutumun sağlar ancak çözünmüş haldeki deterjanın giderimini sağlamaz. Böyle sistemlerde araçların son durulanması sırasında temiz su kullanılır.

Araç yıkama istasyonlarında kullanılabilen bu teknolojiler genellikle biyolojik arıtma üniteleri, fiziko-kimyasal prosesler (aktif karbon adsorbsiyonu) ya da membran filtrasyonu gibi ileri teknoloji ürünlerdir. Bir araç yıkama paket tesis örneği bu linkte sunulmaktadır <https://www.youtube.com/watch?v=yagsjO4JHfs>.

Ancak akaryakıt istasyonları başta olmak üzere araç yıkama yapılan yerlerde bu üniteleri işletebilecek kalifiye eleman bulmak zordur. Özellikle membran teknolojileri için gereken yüksek ilk yatırım maliyeti, yüksek işletme maliyeti ve kalifiye eleman ihtiyacı, bu sistemlerin pratikte uygulanmasını imkansız kılmaktadır.

Bu noktada doğal arıtma üniteleri devreye girmektedir. Doğal arıtma üniteleri kalifiye eleman ihtiyacı olmayan basit sistemler oldukları için arazi imkanı olan tesislerde kolaylıkla başvurulabilir. Doğal arıtma ile su ortamındaki çözünmüş ve çökelek halindeki birçok kirletici tutulabilir ancak çözünmüş haldeki deterjanların giderilebilirliği araştırılması gereken bir konudur. Bu amaçla bu tez çalışmasındaki esas hedef araç yıkama istasyonlarında oluşan atıksuların yüzey altı akışlı yapay sulak alan sistemleri ile arıtılabilirliğinin araştırılmasıdır. Bu kapsamda deterjan giderimi 109 günlük bir çalışmada izlenmiş ve bu sistemlerin gerçek ölçekli uygulamalar için bir örnek teşkil etmesi hedeflenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Atıksuların Yapay Sulak Alan ile Arıtımı

Atıksular çeşitli fiziksel kimyasal ve biyolojik yöntemler ile arıtılmaktadır. Ancak çoğu yöntem maliyet, yer, elaman ve kimyasal madde ihtiyacı dolayısıyla hem maddi hem manevi bir dizi sorunlar doğurur. Yapay sulak alan ile arıtım ise maliyet açısından oldukça düşük bir bütçeyle ve kalifiye eleman ihtiyacı olmaksızın oldukça verimli bir sistemdir.

Birçok patates işlemcisi, patateslerin çiftlikte yıkanmasını gerektirir, sonbaharda yaz ortasında patates depolama süresinin sonuna kadar, işleme gerektiren büyük miktarlarda atık su oluşturur. Bu çalışmada Kanada, Ontario'daki bir patates çiftliğinden gelen atık suyun arıtılmasını, bir ön arıtma sistemi (sedimentasyon, havalandırma) ve ardından yoğun bir yüzey akışı sulak alanı kullanılarak yapılmıştır. Çalışma iki yıl devam etmiştir. Birinci yılda sulak arazide kış konsantrasyonu %25 BOİ₅, %12 TSS, %1 TN, %12 TP ve yaz konsantrasyonları % 32 BOİ₅, % 30 TSS, % 7 TN ve % 13 TP olarak azalmalar hesaplanmıştır. İkinci yılda ise inşa edilen sulak alanın kış çıkışı yoktur ve bahar azalmaları % 65 BOİ₅, % 36 TSS, % 13 TN ve % 5 TP'dir. Sonuç olarak hem ön arıtma hem de sulak alandaki en iyi arıtım bahar aylarında görülmüştür. Genişletilmiş ön arıtma sistemi, ilkbahar ve yaz aylarında sulak alanların mevsimsel olarak yüklenmesini sağlayarak iyileştirilmiş arıtma performansını kolaylaştırmıştır. İnşa edilen sulak alanın performansı, ön arıtımın HRT 'sini artırarak ve böylece kış yükünü ortadan kaldırarak iyileştirmiştir (Bosak ve ark., 2016).

Farklı örnek bir çalışmada Çukurova Bölgesinde evsel atıksuların kırsal alanda yapay sulak alan ile arıtımındaki performans seviyesi incelenmiştir. Bu çalışma için Çukurova Bölgesinde bulunan Yeniyayla Köyündeki 400 m² yüzey alanı olan, 40 m

boyunda ve 10 m eninde bir yapay sulak alan kullanılmıştır (Şekil 2.1.). Bu çalışmada 2005 yılında Haziran ve Ağustos aylarında 10 haftalık dönem boyunca yapay sulak alanın arıtım performansı izlenmiştir. Hidrolik bekletme süresi (HRT) yaklaşık 2 gün olarak belirlenmiştir. Analiz yapmak için numuneler yapay sulak alan sisteminin giriş ve çıkış sularından haftalık olarak alınmıştır. Çalışmada BOİ, KOİ, AKM, pH ve EC analizleri yapılmıştır. 10 haftalık süre zarfında nem, sıcaklık ve yağış parametreleri izlenmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre KOİ, BOİ ve AKM giderimleri ortalama %90 olduğu gözlenmiştir. Ancak KOİ giderim performansı dönemsel olarak ortalama %70'in altına kadar düşmüştür. Yapay sulak alana gelen atıksu fosseptikten geldiği için çalışma süresi boyunca düşük AKM değerleri oluşmasını sağlamıştır. Sonuç olarak yapay sulak alan sisteminde zamana bağlı tıkanıklıklar meydana gelse de bu sorunlar giderildikten sonra sistem normal çalışma kapasitesine tekrar dönmüştür. Dünyada yapılan diğer benzer yapay sulak alanlar gibi tasarlanan Yeniyayla Köyündeki sulak alan da gösterdiği performansla bu tür doğal sistemlerin Çukurova Bölgesinde uygulanmasında herhangi bir sakınca olmadığını kanıtlamıştır (Demirörs, 2006).

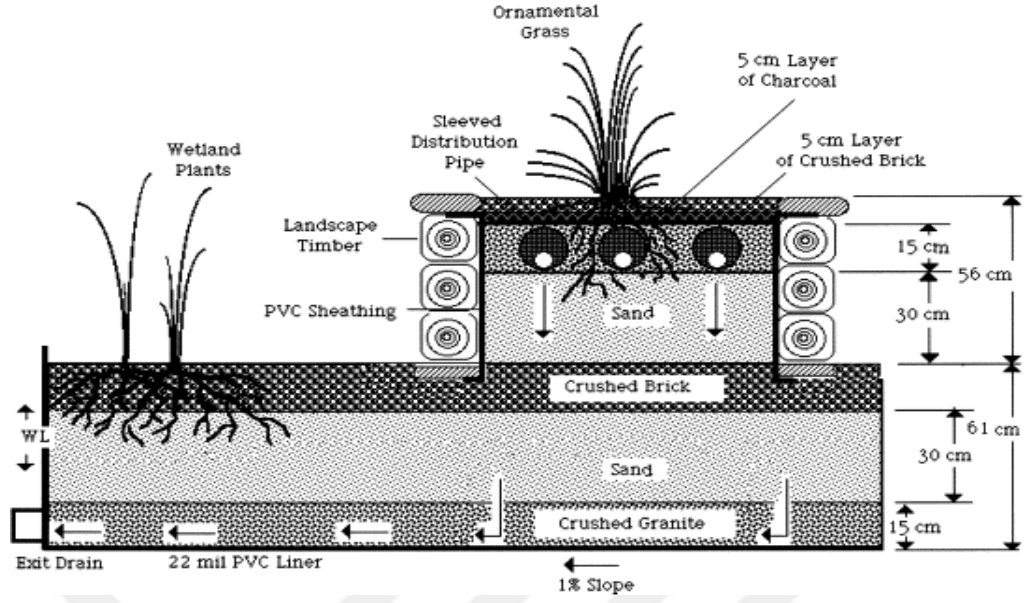


Şekil 2.1. Yeniyayla Köyü sulak alanından çeşitli resimler

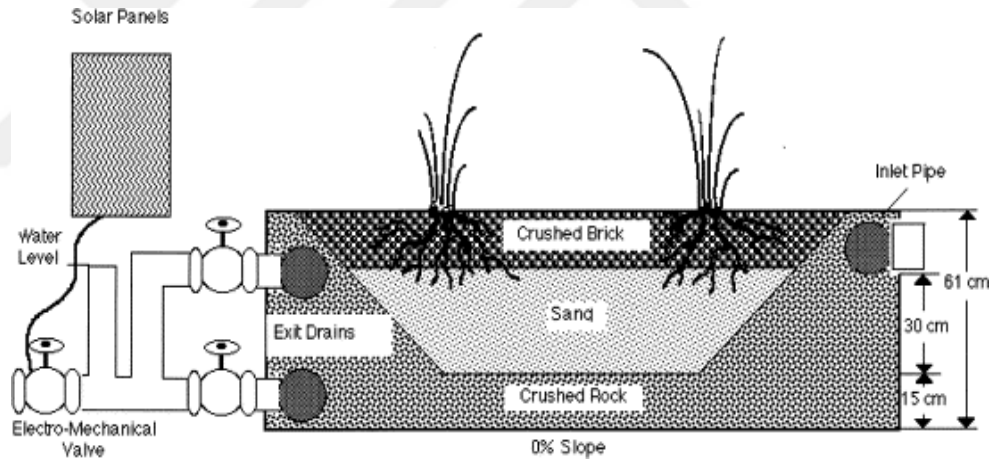
2.2. Gri Suların Arıtımı

Gri suların arıtımında genel olarak içeriğindeki çözünmüş ve çözünmemiş katıların giderimi hedeflenir. Çözünmüş olarak bulunabilen deterjan, organik maddeler ve çeşitli aktif ajanlar bulunurken çözünmeyen formda yıkama artıkları ve yağ bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar gri suların yeniden değerlendirilmesi amacı taşımakta olup literatürdeki çalışmalar özetlenmiştir.

Örnek bir çalışmada evsel atıksuyunun arıtma ve yeniden kullanım sistemi için dikey akışlı bir sulak alan inşa edilmiştir. Yenileme çalışmaları bir septik tank, seri olarak inşa edilmiş iki sulak alan hücresi, pompalama odaları, UV ve dezenfeksiyon için klorlama, modüler toprak filtre kutuları ve arıtılmış suyun tuvaletlere yeniden kullanımı kombinasyonunu kullanmak üzere tasarlanmıştır. Su kalitesi olarak toplam Kjeldahl azotu (TKN), nitrat azotu (NO_3^-), amonyak azotu (NH_3), toplam fosfor (TP), fosfat fosforu (PO_4^{3-}), fekal koliform, toplam askıda katı maddeler (TSS), toplam çözünmüş katı maddeler (TDS), kimyasal oksijen ihtiyacı (COD), biyolojik oksijen ihtiyacı (BOD) ve pH'a bakılmıştır. Bulanıklık (NTU) ise düzenli olarak günlük ölçülmüştür. Sonuç olarak toplam nitrojen (TN) konsantrasyonu %77 ve amonyum azot konsantrasyonları %97 düşürülmüştür. Sistem toplam fosfor (TP) konsantrasyonunu %44 düşürülmüştür. Sistem, hem toplam askıda katı madde (TSS) (%57) hem de biyolojik oksijen ihtiyacı (BOI) (%97) konsantrasyonlarını etkili bir şekilde düşürmüştür. Bu çalışmaya ait toprak filtresi ve dikey akış sulak alanın birleşimini gösteren şema aşağıda Şekil 2.2.'de verilmiş olup, doldurma ve çizme için tasarlanmış sulak alan Şekil 2.3.'te verilmiştir (House ve ark.,1999).



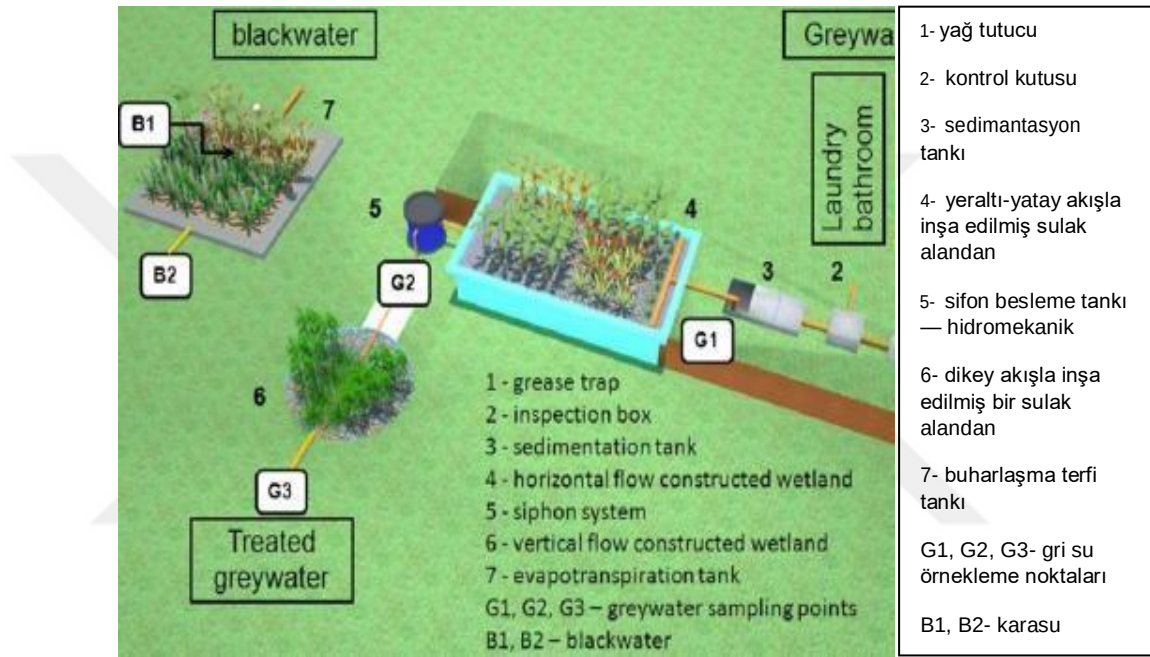
Şekil 2.2. Bir toprak filtresi ve bir dikey akış sulak alanını birleştiren sulak alan



Şekil 2.3. Doldurma ve çizme için tasarlanmış sulak alan

Farklı bir örnekte Brezilya'nın Campo Grande-MS şehrinde 9 kişilik bir evde 400 günlük bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada 400 gün boyunca evden atılan gri ve kara sular hibrit bir sistemle tekrar temizlenerek bahçe sulama amaçlı kullanılmıştır. Karasu bölümü bir buharlaştırma terleme tankı (TEvap) sisteminde işlenirken, gri su bölümü bir gres tuzağı, sedimantasyon tankı ve iki adet inşa edilmiş

sulak alan içeren kompakt bir düzencele işlenmiştir. Kurulan sistemi takip edebilmek amacıyla tek tek gri su fraksiyonlarının günlük olarak ölçülmesini sağlamak için üç su sayacı (mutfak, banyo ve çamaşırhane alanı) kurulmuştur. Sonuç olarak geleneksel septik tank çözümlerine ekolojik ve düşük maliyetli bir alternatif sunduğunu göstermektedir. Kurulumun şematik çizimi aşağıda Şekil 2.4.'te verilmiştir (Paulo ve ark., 2013).



Şekil 2.4. Kurulumun şematik çizimi

Farklı bir çalışmada Latin Amerika'ya bağlı Monteverde gri suların sazlıklar yardımıyla arıtılmasıdır. Bu çalışmanın amacı evlerde oluşan gri suların deşarjından halk sağlığı riskini ve yerel akarsular üzerindeki risk etkisini azaltmak ve arıtılmış atık suların yeniden kullanımı için Kosta Rika standartlarını karşılayabilecek yerel bitki türlerini kullanarak bir sazlık sistemi geliştirmektir. Bu çalışma gri suyun tutma sürelerini uzatarak ve yeni kamışlar ekleyerek iki aşamalı sistem şeklinde tasarlanmıştır. Sistemin günlük debisi 2500 L/gün olup HRT'si 2 gün olacak şekilde ayarlanmıştır. İlk sazlık 14 m uzunluğunda, 1.2 m genişliğinde ve 0.6 m derinliğinde (17 m²) ve ikincisi yaklaşık 6 m × 3 m ve 0.6 m derinliğinde (13 m²) oval şekildedir.

İkinci sazlık, akış yolunu yaklaşık 12 m'ye uzatmak için iç plastik bölme duvarlarına sahiptir. Yerel olarak mevcut ezilmiş kaya (nominal 20 mm), %40'lık bir gözenekliliğe sahip olduğu ve bu da 6 m³ veya 2.4 günlük minimum hidrolik tutma süresine (HRT) etkili bir depolama hacmine izin verdiği belirlenmiştir. Daha sonra, katılımcı evlerden biri mülkiyetini değiştirmiş ve üç ev (12 aylık yaşın altındaki bir çocuk dahil toplam yedi kişi) hala bağlıyken toplam gri su hacimleri yaklaşık 755 L / güne düştüğü tahmin edilmiştir. Sonuç olarak HRT değeri 4.5 gün olan bir sazlık, <1000 fekal cfu / 100 ml sınırını elde etmek için yeterli iken, 7.9 günlük bir HRT tatmin edici olduğu kanıtlanmıştır. Bu çalışmada yapılan analiz sonuçları aşağıda Çizelge 2.1.'de verilmiştir (Dallas ve ark., 2004).

Çizelge 2.1. Kamış performansı ve analiz edilen deney sonuçları

Sampling site		Turbidity (NTU)	BOD (mg/l)	Fecal coliform (cfu/100 ml)	PO ₄ ³⁻ (mg/l)
#1 Inlet	Average (n = 11)	96 ± 39	167 ± 47	1.5 ± 4.6 × 10 ⁸	16 ± 15
#2 First reedbed					
Dry season	Average (n = 6)	8 ± 4 (91.7%)	7 ± 2 (95.8%)	6300 ± 6900 (99.999%)	18 ± 16 (-12.5%)
Wet season	Average (n = 5)	7 ± 3 (92.7%)	10 ± 6 (94.0%)	30000 ± 45200 (99.999%)	7 ± 5 (56.3%)
(removal #1 to #2)					
#3 Second reedbed					
Dry season	Average (n = 7)	2 ± 2 (97.9%)	1 ± 1 (99.4%)	16 ± 30 (99.999%)	11 ± 16 (31.2%)
Wet season	Average (n = 7)	2 ± 2 (97.9%)	3 ± 5 (98.2%)	122 ± 266 (99.999%)	3 ± 2 (81.3%)
(removal #1 to #3)					
#4 Pond					
Dry season	Average (n = 5)	5 ± 1	3 ± 2	65 ± 90	5 ± 5
Wet season	Average (n = 8)	3 ± 2	2 ± 2	198 ± 494	3 ± 2

2.2.1. Gri suların yapay sulak alan sistemi ile arıtılması

S. Sinthana Gorky üzerinde çalıştığı bir örnekte yapay sulak alan sistemi ile gri suların tekrar kullanımı amaçlanmıştır. Bu örnekte inşa edilen yapay sulak alan ile gri suyu arıtmak için laboratuvar ölekte tasarlanmıştır (Şekil 2.5.). Çalışmada su altı bitkisi *Colocasia esculenta*'nın gri suların dikey yüzey altı akışıyla inşa edilmiş sulak alan sistemi ile arıtımındaki etkinliği incelenmiştir. 0,4 x 0,3 x 0,2 m boyutlarında bir laboratuvar ölçekli dikey akış kamış yatağı hazırlanmıştır. Yatak içerisinde yedi adet *Colocasia esculenta* türü yetiştirilmiştir. Sisteme günde 3.0 litre besleme yapılmıştır. Ham gri su ve işlenmiş gri su periyodik olarak toplanmış ve kalite açısından test

edilerek sonuçları aşağıda Çizelge 2.2.'de gösterilmiştir. Kamış yatak biriminin TSS, TDS, BOİ, KOİ konsantrasyonlarının ortalama olarak sırasıyla %66, %89, %85, %82 düştüğü gözlemlenmiştir. Kamış yatağı işlemiyle pH, BOİ, KOİ'de belirgin bir azalma olduğu gözlenmiş ve işlenmiş suyun, konsantrasyonlar izin verilen sınırların altında olduğu için doğrudan bir alıcı su kütesine deşarj edilecek hale gelmiştir. Tüm bu sonuçlara göre inşa edilen sulak alan arıtma sisteminin, gri suyun geri dönüştürülmesinde etkili bir yöntem olduğu kanıtlanmıştır (Gorky, 2015).



Şekil 2.5. Tanktaki saz bitkileri

Çizelge 2.2. Toplanan çeşitli parametrelerin ortalama konsantrasyonu

Parametreler	Arıtılmamış Gri Su	Arıtılmış Gri Su
pH	7.5	7
BOD (mg / L)	186	28
COD (mg / L)	777	142
TDS (mg / L)	2.8	0.3
TSS (mg / L)	47	16

Farklı bir örnekte Avery ve arkadaşları Haziran 2004'te Cranfield Üniversitesi'nde üç küçük ölçekli sulak alan sistemi kurmuşlar. Avery ve arkadaşlarının amacı bu üç sistemi karşılaştırarak hangisinin daha etkili bir arıtım

gerçekleştirdiğini ortaya koymaktır. İlk olarak bir yatay altı yüzey akışı (HF) kamış yatağı, ikinci olarak bir dikey akış (VF) kamış yatağı ve son olarakta 'GROW' Yeşil Çatı Suyu Geri Dönüşüm Sistemi kurmuşlar. İlk iki yatak 6 m² yüzey alanı ve 0.7 m derinliğe sahip olup kum, toprak ve komposttan yapılmıştır. HF yatağının giriş bölgesi çevresinde ve her iki yatağın toplama / çıkış bölgelerinin çevresinde kaba (20 mm) çakıl ile kaplanmıştır. GROW sistemi ise yer alanının sınırlı olduğu kentsel yeni gelişmelerde kullanıma uygun eğimli bir çatıya oturacak şekilde tasarlanmıştır. Sonuç olarak BOİ giderimi, üç sistemde gri suların yeniden kullanımı için USEPA standartlarını tutarlı bir şekilde karşılamış ve aralarında önemli bir farklılık görülmemiştir. Her üç sulak alan da, etkili gri sudan BOİ'nin % 83 ila % 92'sini uzaklaştırdığı kanıtlanmıştır. Bununla birlikte, GROW sistemi askıda katıların (% 91.2) ve bulanıklığın (% 98.2) giderilmesinde en etkili yöntem olduğu ortaya konulmuştur (Avery ve ark., 2007).

Bir örnekte Factor ve arkadaşları yapay sulak alan sistemini kullanarak gri suları arıtmayı ve içerisindeki toksik maddeleri azaltmayı amaçlamışlardır. Bu çalışmada 0.52 m x 0.30 m x 0.30 m boyutlarında bir küvete sahip dikey yüzey akışlı pilot ölçekli bir yapay sulak alan inşa etmişlerdir. Burada gri suyu tutmak için ters su kutusu kullanmışlardır. Her dikey su kutusunun kapasitesi 25 litre olarak tasarlanmıştır. Kök bölgesi yatağının toplam hacmi, uygun çıkışlarla 0.0468 m³'tür. Sulak alan, küvete bir çakıl tabakası döşenerek inşa edilmiştir. Daha sonra bir kum tabakası döşenir, bundan sonra bir kömür tabakası eklenir ve üzerine toprağın göstergesinin dikildiği bir toprak tabakası vardır. Çakıl boyutu 20 mm ve yatak kalınlığı 5 cm'dir. Kumun tane büyüklüğü 4.75µ ve yatak kalınlığı 2 cm'dir. Toprak 15 cm kalınlığa yerleştirilir ve inşa edilen sulak alana beş Canna Indica bitkisi dikilmiştir. Gri su numunesi bu sistemden geçirilir. Filtre yatağından damlayan su, kök sisteminde yaşayan mikroorganizmalar tarafından temizlenmektedir. Yatak, temiz bir atık su ile sonuçlanan bakterilerin büyümesi için kanalizasyondan beslenir. Sonuç olarak arıtma için alınan gri su başarıyla arıtılmış ve gri sudaki kirleticiler inşa edilmiş sulak alan yöntemi ile azaltılmıştır. Fiziko-kimyasal özellikleri bulmak için pH, Bulanıklık, KOİ, BOİ, Toplam sertlik, Toplam çözünmüş katılar ve Elektriksel iletkenlik analizleri yapılmıştır ve sonuçları aşağıda Çizelge 2.3.'te verilmiştir. Arıtılmış su, bitkilerin

sulanması ve çim gibi sulama gibi evsel amaçlar için kullanılabilir. İnşa edilmiş sulak alanlardan çıkan atık su, kirletilen etkenlerden daha kalitelidir. Bu deney, sulak alanın gri su arıtmada etkili ve basit bir yöntem olduğunu kanıtlamıştır (Factor ve ark., 2017).

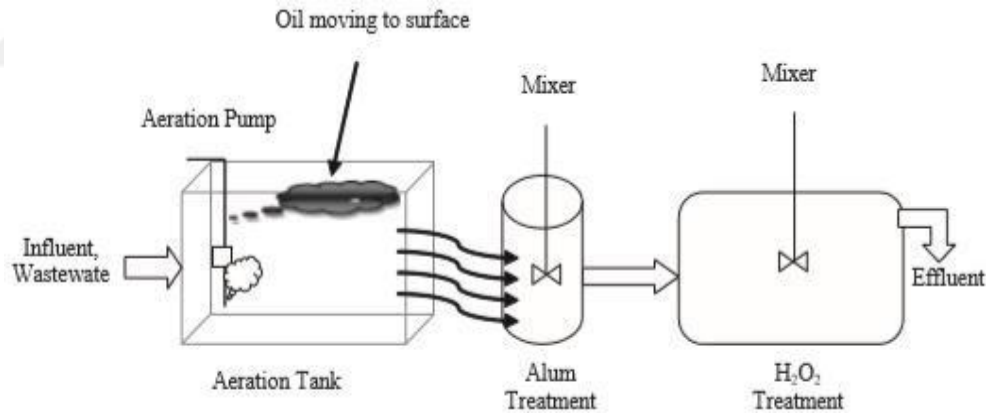
Çizelge 2.3. Gri su ve arıtılmış su numunesinin fiziko-kimyasal özellikleri ve yüzdelik değerleri

Parametreler	Atıksular	Arıtılmış Atık Su	Yüzdelik değerleri(%)
pH	8.4	6.7	20.35
Turbidity(NTU)	13.6	10.6	22
Toplam zorluk(mg/L)	750	510	32
COD (mg/L)	1320	220	83
TDS (mg/L)	6265	2093	66.59
Elektiriksel iletkenlik(ds/m)	8.95	2.99	66.59
BOİ (mg/L)	165	54	67.27

2.3. Araç Yıkama Atıksularının Arıtımı

Araç yıkama, yüksek miktarlarda yağlı kirli suyun atılmasına yol açmaktadır ve bu da potansiyel olarak yüksek seviyelerde besin, metal ve hidrokarbonların su kanallarına akmasına neden olur. Araç yıkama atık suyunda bulunan kirleticilerin bileşimi yıkama, mekanik araba yıkama veya yapay yüksek basınçlı su yıkama yöntemine ve aracın boyutuna ve tipine (örneğin, küçük otomobil, kamyon, ticari minibüs, vb.) göre değişmektedir. Ayrıca bazı durumlarda araç yıkama atıksularında ağır metaller bulunmaktadır (Tony ve Bedri, 2014). Araç yıkama işleminden kaynaklanan büyük miktarda atıksu göz önüne alındığında, bu atıksuların arıtılmadan denizlere, göllere ve akarsulara deşarj edilmesi mümkün değildir. Bu sebeple araç yıkama sırasında oluşan atıksuların arıtımı büyük önem arz etmektedir.

Örnek bir çalışmada araç yıkama sularının arıtımı fiziksel ve kimyasal olarak iki aşamada yapılmıştır. Birincil arıtmada koagülant olarak şap kullanılmış olup, bu da KOİ ve bulanıklıkta % 93 ve %97 oranında azalmaya neden olmuştur. İkincil işlem olarak ise araba yıkama atıksularına hidrojen peroksit ekleyerek KOİ ve bulanıklıkta sırasıyla %71 ve %83 azalma sağlanmıştır. Ayrıca pH, toplam çözünmüş katılar (TDS), iletkenlik ve çözünmüş oksijen gibi değerlere de bakılarak elde edilen sonuçlar aşağıda Çizelge 2.4'te verilmiştir. Sonuç olarak araç yıkama atıksuyunu arıtmak için şap (80 mg / L) ve atık hidrojen peroksit (2.5 ml / L) kullanarak yağ içeriğinin %96'sını azalmış olup, KOİ, bulanıklık ve TDS parametreleri sırasıyla % 93, %94 ve %74'e düşürülmüştür. Tasarlanan sistemin, arıtılan suyun araba yıkama istasyonunda tekrar kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Mevcut yaklaşımın uygun maliyette olduğu ve herhangi bir pH kontrolü olmadan daha az yer ihtiyacı olduğu kanıtlanmıştır. Bu çalışmada kullanılan araba yıkama atıksuyunun çok aşamalı arıtım şeması aşağıda Şekil 2.6.'da verilmiştir (Bhatti et al., 2011).



Şekil 2.6. Araba yıkama atık suyunun çok aşamalı arıtımının şematik diyagramı.

Çizelge 2.4. Arıtma öncesi ve sonrası oto yıkama atık suyunun özellikleri

Parametreler	Oto Yıkama Atıksuları	Arıtma Sonrası Oto Yıkama Atıksuları
pH	8.5	7.01
iletkenlik	4200	9.5
Bulanıklık (NTU)	73–772	43
COD (mg / L)	141–1019	70
Yağ içeriği (mg / L)	1.3—83.7	3.1
TDS (mg / L)	577.33–644.33	551
TS (mg / L)	110–5855.66	538
Salt (%)	1.50–2.5	2
DO (mg / L)	Nil to 0.90	4.0

Diğer farklı bir çalışma 2014 yılında Halep şehrinde bulunan oto yıkama sularının bentonit kullanarak adsorpsiyon yöntemiyle arıtılmasıdır. Bu çalışma tüm yüzey aktif maddelerin, toplam çözünmüş katıların, artık yağların ve gresin oto yıkamadan uzaklaştırılması için en uygun koşulları belirlemek amacıyla Halep şehrinin merkezinde lisanslı istasyonlardan alınan bir dizi numune üzerinde laboratuvar testleri yapılmıştır. Numuneler, önceden belirlenmiş bir karıştırma süresi içinde kirleticilerin uzaklaştırılması için adsorbans olarak doğal yerel malzeme olan granül kil (bentonit) kullanılmıştır. Laboratuvar deneylerinin sonuçlarına göre etkili adsorpsiyon için optimal bentonit tanecik çapı daha küçük veya 0.2 mm'ye eşittir ve 0.2 ila 0.8 mm arasındaki çaplar kabul edilebilir sonuçlar vermiştir. Ayrıca pH'nın 4'te en iyi arıtım verimliliği oluşmuştur. Yüksek sıcaklığın arıtım verimliliği üzerindeki etkisinin önemsiz olduğu kanıtlanmıştır. Bu nedenle, sıcaklığı 30 °C'nin üzerine çıkarmaya gerek yoktur. 10 ila 30 dakikalık bir karıştırma işleminde de en iyi verimlilik olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışmada oto yıkama suyuna ait analiz sonuçları aşağıda Çizelge 2.5.'de verilmiştir (Baddor ve ark., 2014).

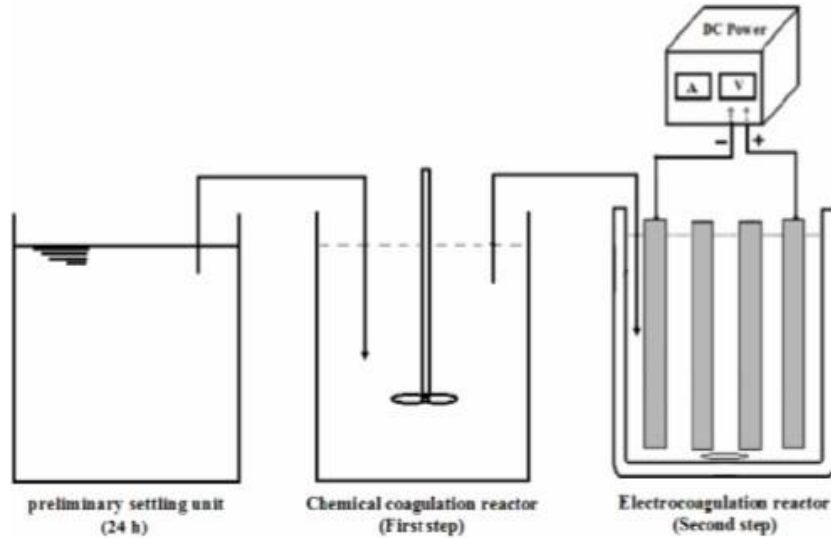
Çizelge 2.5. Arıtılmış oto yıkama atık suyunun analiz edilen numunelerinin sonuçları

Parametreler	Oto Yıkama Atıksuları	Arıtılmış Atık Su	Maksimum İzin Verilen Sınır	Uyarılar
COD (mg / L)	403	74	75	Yeterli
Mineral yağlar ve gres (mg / L)	35	4.63	5	Yeterli
Yüzey Aktif maddeler (mg / L)(MBAS)	32	3.73	5	Yeterli
TDS (mg / L)	1200	639	1500	Yeterli

Farklı bir örnekte olarak Zaneti ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada araç yıkama sularının tekrar kullanımı amaçlanmıştır. Bu çalışma sistemi yeni bir flokülasyon-kolon flotasyon işlemi, kum filtrasyonu ve bir son klorlama içermektedir. Güney Brezilya, Porto Alegre'de bir lavaboya kurulan oto yıkama (el yıkama) atık su geri kazanım sistemi 22 hafta boyunca izlenmiştir. Yıkama prosedüründe nötr ve bir alkali deterjan kullanılmıştır. Burada araç yıkama işleminde geri kazanılmış su kullanılmış (ön-ıslatma, yıkama ve ilk durulama) ve otomobiller kurutulmadan önce son durulamada tatlı su kullanılmıştır. Su kullanımı tek jetli su sayaçları kullanılarak izlenmiştir. Yerel düzenlemelere uymak için, araba yıkama çukurundan sonra üç aşamalı tek bir yağ / su ayırıcısı kullanılmıştır. Numuneler haftada bir kez toplanılarak pH, toplam koliformlar, çözünmüş ve askıda katı maddeler, klorür, bulanıklık, iletkenlik ve hidrojen için analizler yapılmıştır. Sonuç olarak Zaneti ve arkadaşları bu çalışma ile oluşan atıksuların neredeyse % 70 oranında ıslahın mümkün olduğunu ve araç yıkama başına 40 L'den daha az temiz suya ihtiyaç olduğunu kanıtlamışlardır. Atık su ve geri kazanılan su, kimyasal, fizikokimyasal ve biyolojik parametrelerin izlenmesi ile karakterize edilmiştir. Bulanıklık, ortalama 9 NTU olarak ölçülmüştür. Ayrıca çalışma sırasında 2.000'den fazla araba yıkanmış ve yıkama servisi kalitesiyle ilgili herhangi bir sorun bildirilmemiştir (Zaneti ve ark.,2013).

Farklı bir örnekte Bazrafshan ve arkadaşları kimyasal koagülasyon ve elektrik-koagülasyon sürecinin oto yıkama suyu arıtımına uygulanması üzerine bir çalışma

yapmışlardır. Yapılan çalışmada, gerekli standartlara ulaşmak için kombine kimyasal pıhtılaşma (pıhtılaştırıcı olarak polialüminyum klorür (PACl) kullanarak) ve elektro-pıhtılaşma işlemi (alüminyum elektrotlar kullanarak) ile araç yıkama atık suyunun arıtılması amaçlanmıştır. Farklı operasyonel parametrelerin kirleticilerin uzaklaştırılma oranları üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Kirletici maddelerin uzaklaştırılma hızı, artan PACl dozları ve uygulanan voltaj ile doğrusal olarak artmıştır. 100 mg L⁻¹ PACl ilave edilerek ve 40'luk bir voltaj uygulanarak COD % 96.87, BOD5 % 94, TSS % 98.43 ve MBAS % 98.62 kaldırma oranları elde edilmiştir. Ön çökelme süreleri araştırılarak 24 saatlik bir ön çökelme süresi ile KOI %7.37, BOI5 % 10.11, TSS % 33.57 ve MBAS % 8.63'e kadar kaldırma verimleri elde edilmiştir. Sonuç olarak pıhtılaşma dozu ve elektriksel potansiyel artırılarak, çıkarma verimleri artmıştır. Ayrıca, uygulanan elektrik potansiyelini artırarak enerji tüketimi artmıştır. Son olarak, kombine kimyasal pıhtılaşma ve elektrokoagülasyon işleminin, kirleticilerin araç yıkama atık suyundan uygun maliyetli bir şekilde uzaklaştırılması için kullanılabileceği sonucuna varılabilir. Bu çalışmada kullanılan pıhtılaşma ve elektro-pıhtılaşma reaktörünün şematik görünümü aşağıda Şekil 2.7.'de gösterilmiştir (Bazrafshan ve ark., 2012).



Şekil 2.7. Pıhtılaşma ve elektro-pıhtılaşma reaktörünün şematik görünümü

2.3.1. Araç yıkama atıksularının membran yöntemiyle arıtılması

Bir örnekte Malezya’da yapılan bir çalışmada oto yıkama sularının 3 farklı membran kullanarak arıtımı denenmiştir. Bu çalışma da araç yıkama çıkış suyu arıtma işlemi için üç farklı tipte (NF270, PES30 ve PVDF100) polimerik membran kullanılmıştır. Bu süreçte akı, iletkenlik, toplam katı madde, kimyasal oksijen ihtiyacı ve bulanıklık gibi değerleri ölçülmüştür. Bu değerlere göre, membran çeşidinden bağımsız olarak %92 bulanıklık giderimi gözlenmiş olup KOİ giderimi kullanılan membrana bağlı olarak değişiklik göstermiştir. NF270 nanofiltrasyon membranı daha yüksek KOİ giderim verimi gösterirken (%70.9 - 91.5), kullanılan diğer membranlar PES30 ve PVDF100 membranları ise sırasıyla %54.9-83.9 ve 56.1-82.4 giderim verimi göstermişlerdir. NF270 ile kıyaslandığında, ultrafiltrasyon membranları iletkenlik ve toplam çözünmüş katı madde gideriminde yetersiz kalmışlardır. NF270 ise %60 oranında iletkenlik ve toplam çözünmüş katı giderirken pVDF100 ve PES30 membranları ile bu oran sırasıyla %13.6 ve 35.4 olarak belirlenmiştir. Sonuç olarakta NF membranının araba yıkama endüstrisinde UF membranına kıyasla kullanılmaya daha uygun ve güvenilir olduğu kanıtlanmıştır. Ayrıca NF270 düşük çalışma basıncında (3 bar) bile yüksek miktarda arıtım verimi elde etmiş olup araba yıkama atık suyunda bulunan kirleticilere karşı oldukça dirençli olduğu kanıtlanmıştır. Yukarıda bu çalışmanın sonucu olarak araç yıkama istasyonları çıkış sularına ait özelliklerde Çizelge 1.5.’te verilmiştir (Lau ve ark., 2013).

Farklı bir çalışmada araç yıkama sularının arıtımı için bir membran biyoreaktör (MBR), pıhtılaşma ve ozonlama gibi bir dizi arıtma işlemleri kullanılmıştır. İlk olarak Laboratuvar ölçekli MBR deney düzeneği hazırlanmıştır. Sistem, 10 L besleme tankı, iki 6 L anoksik reaktör (AR1 ve AR2), 10 L aerobik membran biyoreaktör (AMBR) ve 10 L permeat tankı içeren beş tankla inşa edilmiştir. İçi boş fiber hidrofilik polietersülfon (H-PES) membran modülü (gözenek büyüklüğü 0.1 µm ve etkili membran alanı 0.032 m²) kullanılmıştır. Pıhtılaşma ve ozonlama arıtımı için bir laboratuvar kavanoz test aparatı (Phipps ve Bird, PB-700) ile gerçekleştirilmiştir.

Alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$) ve Poli-Alüminyum Klorür (PacL) pıhtılaştırıcılar 2 L araba yıkama atık su numunelerine uygulanmıştır. Tüm bu arıtma işlemleri için iletkenlik, bulanıklık, çözünmüş oksijen (ÇO), pH, KOI, Toplam organik karbon (TOC), Toplam Azot (TN), amonyum, nitrat, nitrit ve toplam fosfor konsantrasyonu karşılaştırılarak değerlendirmeler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre ozonlama pıhtılaştırmaya göre kimyasalların ve askıda katı maddelerin uzaklaştırılmasında daha etkili olmuştur. MBR ile arıtmada ise askıda katı maddelerin % 100'ü, KOI 'nin % 99.2'si, TOC'un % 97.3 'ü , ve amonyağın % 41'i uzaklaştırılmıştır. Sonuç olarak bu çalışma, MBR'nin, araç yıkama atık suyunun geri dönüşümü için potansiyel olarak umut verici bir arıtma sistemi olduğunu göstermektedir. Aşağıda araç yıkama sularının arıtımı için membran sistemiyle yapılan analiz sonuçları Çizelge 2.6.'da, ozonlama ile yapılan analiz sonuçları Çizelge 2.7.'de verilmiştir (Rodriguez Boluarte ve ark., 2016).

Çizelge 2.6. MBR sisteminin farklı yerlerinde araç yıkama suyu kalitesi

	OtoYıkama Atıksuları	Anoksik Reaktör 1	Anoksik Reaktör 2	Aerobik MBR'de	Arıtılmış Su
pH	7.63	7.70	7.61	8.08	7.63
DO (mg / L)	2.47	0.08	0,06	5.05	3.71
TSS (mg / L)	307	5190	6100	3250	0.00
EC (μS / cm)	713	910	901	883	843
İçindekiler (mg / L)	198,72	36.84	30.12	28.69	5.42
COD (mg / L)	776	-	-	-	5
NH_4^+ (mg / L)	3.5	1.75	1.5	2.4	2.05
Nitrit (mg / L)	1.2	0.535	0,60	0.61	2,365
Nitrat (mg / L)	6.75	5.45	8.85	13.45	14.45

Çizelge 2.7. Pıhtılaşma (şap ve PACl ile) ve ozonlama sonrası araç yıkama atıksu kalitesi

	Oto Yıkama Atıksuları	% 5 PacI (10 Ml / L Atık Su)	% 10 Şap (12.5 Ml / L Atık Su)	PACI İle Pıhtılaşmış Süpernatanın Ozonlanması
pH	8.5	7.01	4.16	7.38
SS (µg / L)	4200	9.5	6	9
Bulanıklık (NTU)	1000	4.46	3.99	3.73
COD (mg / L)	433	150	-	141
NH ₄ ⁺ (mg / L)	2.2	4.95	4.5	4.05
Nitrit (mg / L)	0.77	0.65	0.09	0.07
Nitrat (mg / L)	2.0	0.9	0.7	0.95
TN (mg / L)	11.73	1.32	0.64	2.59
TP (mg / L)	25	0.4	1.7	0.4

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Laboratuvar ölçekli yüzey altı yapay sulak alan

Bu çalışmadaki amacımız sürdürülebilir bir araç yıkama prosesi geliştirmektir. Bu nedenle de laboratuvar ortamında bir yüzey altı yapay sulak alan kurarak araç yıkama atıksularının arıtımı üzerine çalışmalar yapılmıştır. Bu yüzey altı yapay sulak alanı oluşturmak için ilk olarak 4 adet plastik bidonun yan yüzeyi kesilerek şekilde görüldüğü gibi 15 x 45 x 20 cm boyutlarındaki sulak alanlar oluşturulmuştur. Üretilen iki sulak alan kontrol grubunu temsil ederken diğer iki sulak alan test grubunu temsil edecek şekilde seri olarak bağlanmıştır. Her bir plastik bidonun alt kısımlarına (Şekil 19, 'B') 1 cm çapında giriş ve çıkış yapıları eklenmiştir. Atıksuyun sisteme girişi, seri bağlı üniteler arasında atıksu transferi ve sistemden çıkış için bu giriş çıkış yapıları kullanılmıştır.

Kontrol reaktörünün içerisine ilk 7 cm kadar 15-80 mm boyutlarında çakıl taşları yerleştirilmiş ve üzerine 9 cm kadar kırmızı toprak eklenilmiştir. Yapay sulak alan reaktörünün ise içerisine ilk 7 cm kadar 15-80 mm boyutlarında çakıl taşları yerleştirilmiş ve daha sonra yüzey altı bitkisi olarak kullanılacak sazlıkların kökleri çakıl taşlarının arasına yerleştirilerek üzerine 9 cm kadar kırmızı toprak eklenilmiştir. Toplam aktif hacim 10.8 L'dir. Kontrol reaktör ile yapay sulak alan reaktörün arasındaki tek fark kontrol reaktörüne sazlık yerleştirilmemesidir. Her iki reaktöre aynı anda ve aynı oranda besleme yapmak için reaktörlerin giriş kısmına 1 cm çapında delikler açarak borular ile bağlantılı olacak şekilde bir adet pompa (Perimax marka) takılmıştır. Hazırlanılan bu laboratuvar ölçekli yüzey altı yapay sulak alanın yapım aşamasındaki görselleri aşağıda Şekil 3.1. ve Şekil 3.2.'de gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Kontrol reaktörünün yapım aşamasındaki görseller



Şekil 3.2. Yapay sulak alan reaktörünün yapım aşamasındaki görseller

3.1.2. Kullanılan bitki [sazlık, kamış (*phragmites australis*)]

Yapay sulak alan sistemlerinde alan tasarımı kadar oluşan atıksuların arıtılması için seçilen bitki türü de önemlidir. Sulak alanda atıksu arıtımında kullanılabilecek bitkinin kolaylıkla bulunabilecek, olumsuz hava koşullarına dayanabilecek ve atıksudaki kirlilik etkisini azaltabilecek bir bitki türü olması lazımdır. Bu yüzden yapılan çalışmada sazlık bitkisi [kamış (*phragmites australis*)] kullanılmıştır. Sazlık bitkisi [kamış (*phragmites australis*)] genellikle Anadolu'nun göl ve dere kenarlarındaki kumluklarda yaygın olarak bulunan, kış mevsimi bitkilerin üst kısmı kurusa da, kökleri 4 mevsim işlevini süren, kalın rizomlu, gövdesi yeşil renkli ve silindirik bir yapıya sahip olan 1-3 m boyundaki otsu türü bir bitkidir. Sazlık türü bitkisinin amacı artırılmış flokülasyon ve sedimantasyon sağlamaktır. Ayrıca suda alg oluşumunu da geciktirir (Vymazal ve Kropfelová, 2005). Çalışmada kullanılan sazlıklar Harran Üniversitesi yerleşkesinin çevresinden geçen dere kenarından alınmıştır.

3.2. Yöntem

Pilot ölçekli olarak hazırlanan yapay sulak alan sisteminde ilk olarak her iki reaktöre (yapay sulak alan ve kontrol reaktörleri) 13 gün boyunca günlük olarak ayrı ayrı 5 L çeşme suyu verilerek reaktör sistem denetimi yapılmıştır. Bu süre zarfında her iki reaktörün çıkış kısmından günlük olarak bulanıklık ölçümleri yapılmış olup sistemin stabilitesi takip edilmiştir. Çıkış bulanıklık değeri kararlı hal durumuna ulaştıktan sonra (çıkış bulanıklığı büyük oranda reaktörün ilk kurulumu aşamasında taş yüzeylerinden ve filtrasyon yüzeyine karışan yüzey toprağından kaynaklanmaktadır) sentetik olarak hazırlanan araç yıkama atıksuyu (çeşme suyuna deterjan eklenilerek) verme kararı alınmıştır.

Daha sonra yapay sulak alan ve kontrol reaktörlerine 5'er litre sentetik olarak hazırlanmış atıksu pompalanmıştır. Hidrolik bekletme süresi çalışma boyunca yaklaşık 2 günde sabit tutulmuştur.

Sentetik atıksu 1 litre çeşme suyuna 1 ml deterjan eklenmesi ile hazırlanmıştır. İlave edilen deterjan Shell Petrol A.Ş. firmasından alınmış olup sodyum lauril sülfat bazlı biyobozunabilir bir deterjandır. Herbir reaktörün giriş ve çıkışından düzenli olarak aşağıda tabloda belirtilen analizler belirtilen sıklıklarla yapılmıştır (Çizelge 3.1).

Araç yıkama sonucu oluşan gri suda, araç üzerindeki toz, motor kısmından kaynaklanan yağ ve bol miktarda deterjan bulunmaktadır. Araç yıkama tesislerindeki oluşan bu atıksuyun arıtımı için, öncelikle AKM'nin ve yağın giderildiği bir çökeltim ya da filtrasyon ve yağ tutucu sonrasında deterjanın giderilebilmesi için (1) membran, (2) aktif karbon adsorpsiyonu ya da (3) kimyasal çökeltim uygulanmaktadır. Ancak bu arıtım metotlarında deterjanlar atıksudan başka bir su ortamına konsantre olmakta ya da aktif karbon üzerinde adsorbe olmaktadır. Bu nedenle de yaptığımız tez çalışmasında sadece deterjan kullanarak deterjanların sürdürülebilir olarak nihai bertarafı için çalışmalar yaptık.

Çizelge 3.1.Yapılan analizler ve sıklıkları

Analiz Yeri			Analiz Adı	Analiz Sıklığı
Giriş	Çıkış	Toprak		
X	X		pH	Her Gün
X	X	X	Sıcaklık	Her Gün
X	X		İletkenlik	Her Gün
X	X		Bulanıklık	Her Gün
X	X		Refraktometre	Her Gün
X	X		KOI	3 Gün / Hafta
X	X		alkalinite	3 Gün / Hafta
X	X		TP	1 Gün / 3 Ay
X	X		PO ₄ ⁻³	3 Gün / Hafta

3.2.1. Analitik metotlar

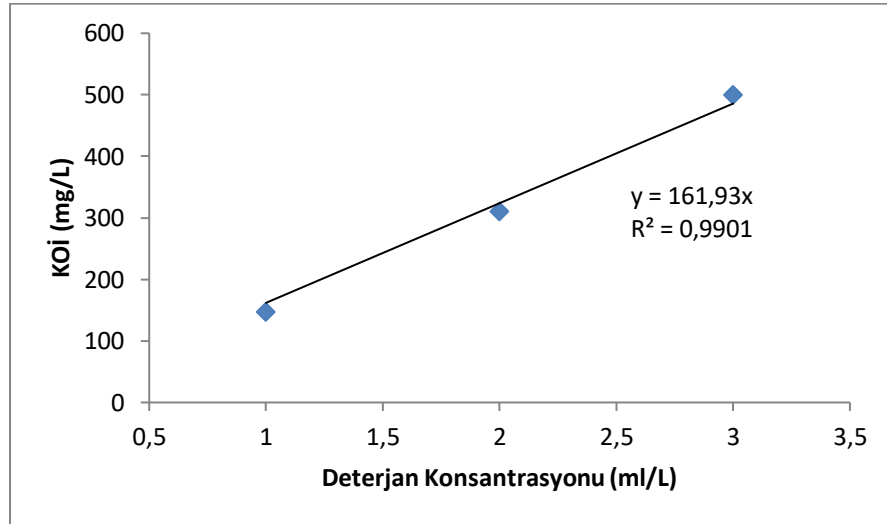
pH, alkalinite, iletkenlik ve KOİ ölçümlerinden önce numuneler 10 dakika boyunca 3000 RPM’de (3024 RCF) santrifüj edilmiştir. Kromatografik fosfat analizleri için ise santrifüjlenmiş numuneler ilaveten 0.45 µm PVDF enjektör filtrelerden geçirilmiştir. İletkenlik ve sıcaklık ölçümleri Multi 3620 IDS, WTW marka multimetre ile prob kullanılarak yapılmıştır. pH ise tezgah ölçekli pH metre ile ölçülmüştür (Hanna instruments pH 211). Toprağın sıcaklığı için dijital termometre kullanılmıştır. Bulanıklılık testi için reaktörlerin giriş ve çıkış sularından alınan numuneler santrifüj edilmeden HF Scientific Turbidity (Micro 100 Turbidimeter) cihazı ile ölçülmüştür. Alkalinite ve KOİ testleri ise Standart Metotlar’da tarif edildiği gibi sırasıyla metot no: 2320-B ve metot no: 5220-A’ya (closed reflux method) göre yapılmıştır (Apha, 2005). Toplam fosfor, Merck marka toplam fosfor kiti kullanılarak yapıldı. Fosfat fosforu da Shimadzu Marka iyon kromatografi sisteminde AS9 kolonu kullanılarak yapılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Kimyasal Oksijen İhtiyacı Değişimleri

Deterjanların sulu çözeltilerdeki konsantrasyonları çeşitlerine göre farklı ölçüm metotları ile belirlenebilir. Bu işlemde yapılarındaki fosfatın ölçümü ile toplam fosfat olarak ölçülebileceği gibi kütle spektrofotometresi ya da kromatografik yöntemler kullanılabilir. Lau ve diğerleri tarafından yapılan bir çalışmada deterjanların ayrıca KOİ eşdeğeri olarak da ölçülebileceğinden bahsedilmektedir (Lau ve ark., 2013).

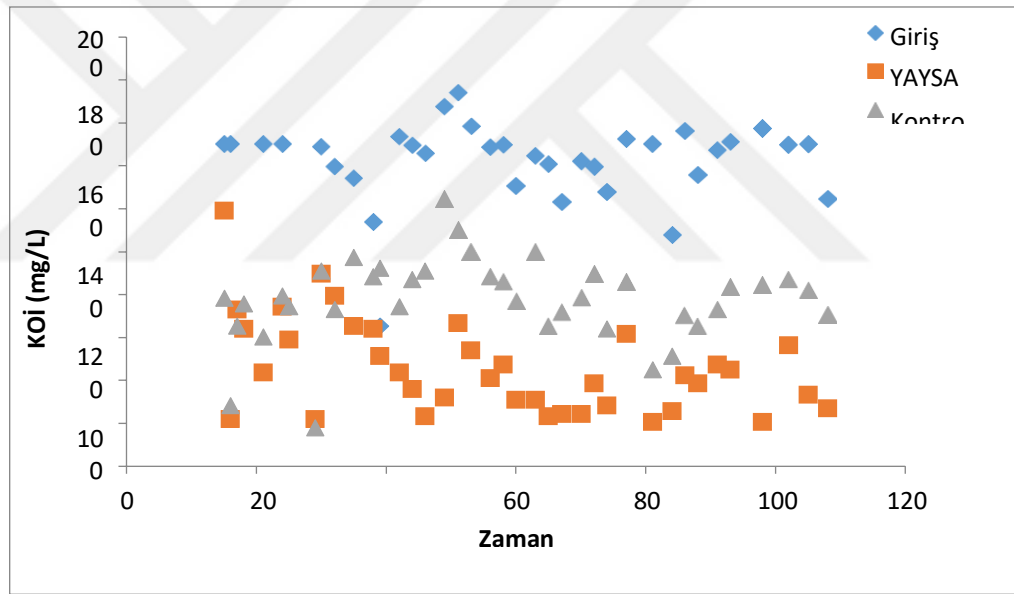
Yapılan çalışmada da kullanılan deterjanın KOİ olarak ölçülebilirliğinin test edilmesi için 1,2 ve 3 ml deterjan/L su çözeltileri hazırlanmış bu çözeltilerden KOİ analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan ölçümlere göre deterjan miktarına bağlı olarak KOİ’de artış gözlenmiş ve aşağıdaki grafik (Şekil 4.1.) uyarınca bir korelasyon elde edilmiştir.



Şekil 4.1. KOİ ile artan deterjan konsantrasyonları arasındaki ilişki

Buna göre 1 ml/L konsantrasyonundaki deterjan için KOİ 160 mg/L seviyelerinde ölçülmüştür. Yapılan bu ön çalışmaya ek olarak deterjan konsantrasyonu ile iletkenlik seviyeleri arasında da benzer bir korelasyon görülmesine rağmen deterjan konsantrasyonlarının yorumlanması için KOİ parametresi tercih edilmiştir.

Şekil 4.2.'de KOİ/deterjan'da çalışma boyunca ölçülen KOİ sonuçları görülmektedir. Sistem ilk 13 günlük süreçte sadece çeşme suyu ile beslendiği için KOİ verileri 13. günden itibaren alınmaya başlanmıştır. Giriş KOİ konsantrasyonu çalışma boyunca 142.2 ± 19 mg/L olarak ölçülmüştür. Çıkışlar dikkate alındığında ise ilk 40 günlük süreçte arıtım mekanizmalarının dengeye ulaştığı ve YAYSA'ya ait bileşenlerin ortam koşullarına uyum sağladığı görülmektedir.



Şekil 4.2. Çalışma boyunca zamana bağlı olarak KOİ konsantrasyonları

Bu 40 günlük devreye alma sürecinde YAYSA ve kontrol reaktörüne ait ortalama çıkış KOİ değerleri sırası ile 63.5 ± 26.3 ve 70.8 ± 23.9 mg/L'dir. Buna göre giderim verimleri de aynı sıra ile %52 ve 47'dir. Şekil 23 incelendiğinde 40. günden sonra YAYSA ve Kontrol reaktörlerine ait çıkış KOİ konsantrasyonları arasındaki farkın belirginleştiği görülmektedir. Bu durum YAYSA'ya yerleştirilen sazlıkların

(latince isimleri) ortama uyum sağlamaları ve bu reaktördeki biyokimyasal reaksiyonların artışı ile yorumlanabilir. 40-108. Günler için YAYSA ve kontrol reaktörlerine ait çıkış KOİ konsantrasyonları sırası ile 36.9 ± 12.9 ve 80.9 ± 17 mg/L olup %74 ve 44'lük giderim verimlerine işaret etmektedir. Tüm çalışma boyunca ise YAYSA reaktörü çıkış KOİ değeri 45.8 ± 22.1 mg/L iken kontrol reaktöründe ortalama KOİ değeri 77.5 ± 19.8 mg/L'dir.

Çalışma boyunca 142.2 ± 19 mg/L'lik KOİ bulunmasına rağmen kontrol reaktöründe çalışma boyunca %46'luk bir giderim verimi görülmektedir. Bu giderim veriminin muhtemel sebepleri olarak (1) deterjanın ortamdaki mikroorganizmalar tarafından yükseltgenme/indirgenme reaksiyonlarında kullanımı ya da (2) taş yüzeylerindeki adsorpsiyon sayılabilir. Yapılan çalışmalar anyonik yüzey aktif maddelerin bakteriler tarafından giderilebildiğini ortaya koymaktadır. Dhouib ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada *Citrobacter braakii* türünün Sodyum lauril ether sülfat bazlı yüzeyaktif maddeleri 20 saatlik HRT koşullarında 0.065 g/(L.sa) oranında indirgeyebildiği bildirilmiştir (Dhouib ve ark., 2003). Yapılan başka çalışmalar mikroorganizmaların çeşitli oranlarda anyonik yüzeyaktif maddeleri indirgeyebildiğini ortaya koymaktadır (Feitkenhauer ve Meyer, 2002; Margesin ve Schinner, 1998; State, 2013).

Yüzey aktif maddelerin su ortamından bir diğer giderimi adsorpsiyon yolu ile gerçekleşebilir. Literatürde bu amaçla şeftali çekirdekleri, zeytin çekirdekleri, doğal asfaltit, kömür katranı ziftinden karışımlar bildirilen bazı aktif karbon malzemeleri arasındadır (Tsyntsarski ve ark., 2014).

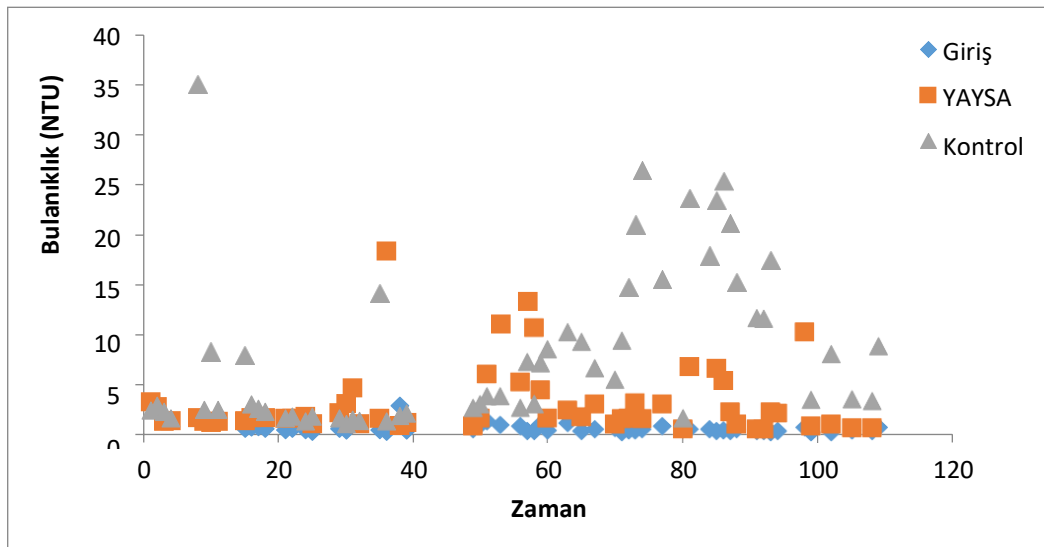
YAYSA siteminde gözlenen ekstra giderim verimi ise bu reaktördeki sazlık köklerinin biyolojik olarak parçalama sürecine yardımcı olması ya da doğrudan bitki bünyesine sodyum laruksil sülfat alımı olarak yorumlanabilir. Literatürde gri suların ve endüstriyel atık suların arıtımı üzerine çeşitli yapay sulak alan uygulamaları mevcuttur. Bu endüstriler arasında kağıt endüstrisi, petrokimya, tekstil, metal işleme, alkol üretimi, balık ve deniz ürünleri işleme, mandıra atıksuları ve gıda endüstrileri sayılabilir (Skrzypiecbeef ve Gajewskaad, 2017). Gri suların yapay sulak alanlar ile

arıtımı üzerine de literatürde çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Arden ve Ma, 2018). Bu çalışmalar ve yapılan tez çalışması doğrultusunda araç yıkama atıksuları içerisinde bulunan deterjanların yapay sulak alanlar ile giderilebildiği sonucuna varılmaktadır.

4.2. Bulanıklık

Çalışma boyunca giriş ve sulak alan çıkışlarından düzenli olarak bulanıklık ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca referans olması açısından sentetik atıksuyun hazırlanması için kullanılan çeşme suyunun da bulanıklığı düzenli ölçülmüştür. Çalışma boyunca çeşme suyunun bulanıklık değeri 0.31 ± 0.11 NTU'dur. Bu çeşme suyundan hazırlanan sentetik atıksuyun ise tüm çalışma için ortalama bulanıklık değeri 0.64 ± 0.4 NTU'dur. Gerek çeşme suyunda gerekse sentetik atıksuda bulanıklık salınımı gözlenmemiştir.

İlk 40 günlük start-up periyodunda YAYSA ve kontrol reaktörlerinde çıkış bulanıklık değerleri sırası ile 2.50 ± 3.5 ve 4.3 ± 7.2 NTU seviyelerindedir. Ancak 40. Günden sonra KOİ giderim verimlerine paralel olarak YAYSA ve kontrol reaktörleri arasındaki farkı belirginleşmiş ve 40–108. Günler arasında YAYSA ve kontrol reaktörlerinde çıkış bulanıklık değerleri sırası ile 3.55 ± 3.46 ve 10.8 ± 7.56 NTU olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.3. Her iki reaktör için zamana karşı bulanıklık değerleri

Reaktör filtre materyali olarak kullanılan çakıl taşları sistem içerisinde adsorpsiyon yüzeyleridir. Adsorpsiyon ile bu yüzeylerde mikroorganizmalar ve mikroorganik ürünler tutunabilir. Bu tutunma damlatmalı filtrelerde olduğu gibi belirli bir boyuta ulaştığında ise kopup çıkış suyunda gözlenebilir. Bu büyüme kontrol edilmezse yüzey altı yapay sulak alanların bakımsızlık nedeni ile tıkanmasına ve kısa devreler oluşturmaya sebep olan ciddi bir dezavantajdır. Örneğin aşağıdaki fotoğrafta (Şekil 4.4.) Şanlıurfa Onbir Nisan/Şanlıurfa'da geçmişte yapılan ve bakımsızlık nedeni ile tıkanmış bir yüzeyaltı yapay sulak alan sistemi sunulmuştur.



Şekil 4.4. Dolgu malzemesi tıkanmış bir yüzey altı yapay sulak alan sisteminin genel görünümü (OnbirNisan/Şanlıurfa)

Tıkanma süreçlerine sebep olan mikroorganizma biyofilm tabakaları zaman zaman sistemden kopup damlatmalı filtrelerde olduğu gibi çıkış suyuna da karışabilir. Tez çalışması kapsamında işletilen reaktörlerde start-up periyodu sonrasında gözlenen bulanıklık artışının muhtemel sebebi budur. İki reaktör arasındaki farkın muhtemel sebebi ise YAYSA sisteminin bitki kökleri ile doğal bir filtrasyon mekanizmasının olmasıdır. Çalışma boyunca YAYSA ve kontrol reaktörlerinin bulanıklık değerleri sırası ile 3.11 ± 3.48 ve 8.13 ± 8.02 NTU'dur.

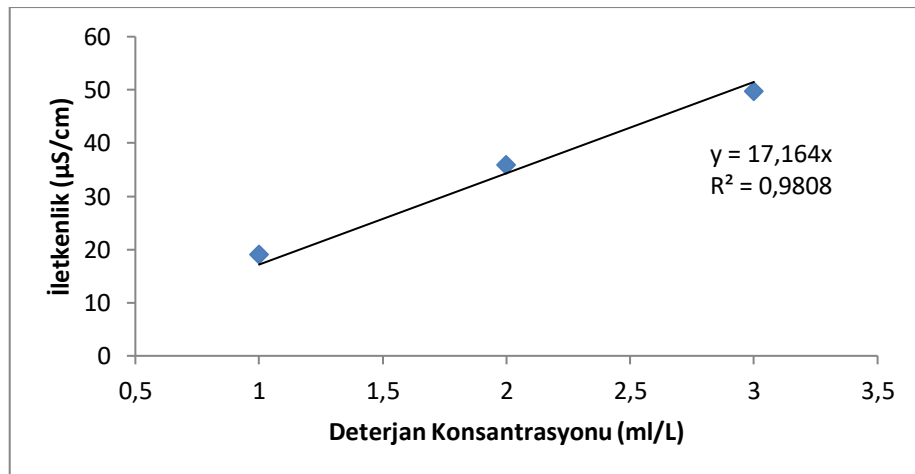
4.3. İletkenlik

Bir maddenin iletkenliğı ısı, elektrik veya ses iletme veya transfer etme yeteneğı olarak tanımlanır. Saf su iyi bir elektrik iletkeni değildir. Havadaki karbondiosit ile dengedeki saf suyun iletkenliğı yaklaşık $10 \times 10^{-6} \text{ W}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ (20 dS/m) 'dir (CO₂ normal şartlarda suda çözünebilir ve bu çözünme dengeye ulaşana kadar sudaki iletkenlik değeri değışir) (1 desisiemens = 1 siemens'tir ve 1 siemens 1000000 mikrosiemens'tir). Elektrik akımı çözelti içindeki iyonlar tarafından taşındığından, iyonların konsantrasyonu arttıkça iletkenlik artar. Böylece iletkenlik suda çözünen iyonik türler arttıkça artar. Bu durum suda bulunabilen çözünmüş safsızlıkların mevcudiyeti hakkında bilgi verir.

Örnek olarak aşağıda çeşitli suların tipik iletkenlik değeri sunulmuştur:

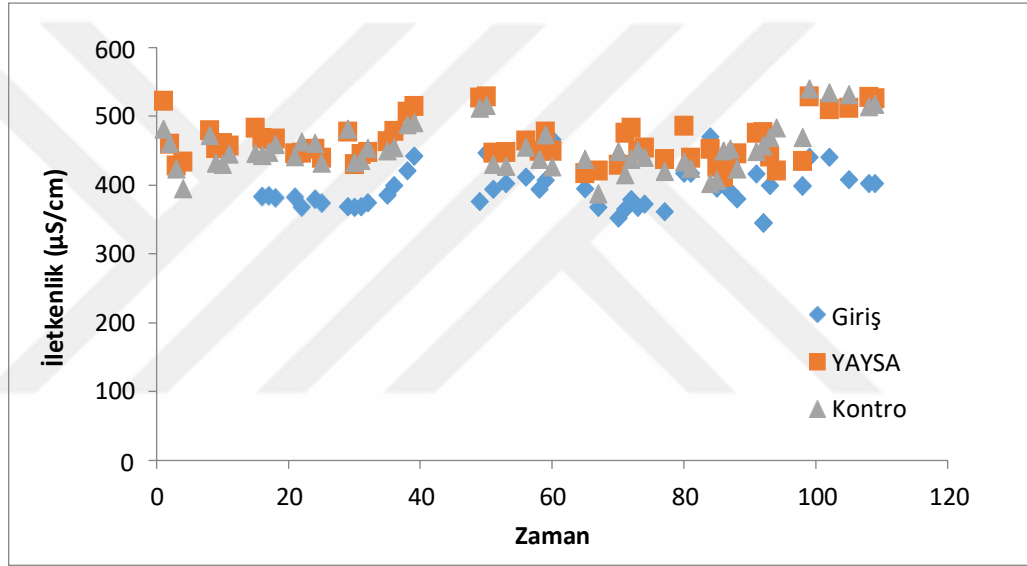
- Ultrasaf su: $5,5 \cdot 10^{-6} \text{ S/m}$
- İçme suyu: 0,005 – 0,05 S/m
- Deniz suyu: 5 S/m

İletkenlik çözelti içerisinde çözünmüş madde miktarı ile değışmektedir. Buna göre deterjanın iletkenliğe etkilerinin değeriendirilebilmesi için, deterjanın KOİ eşdeğeri olarak ifade edilmesine benzer şekilde iletkenlik değeri üzerindeki etkisi araştırılmış ve saf su için bir korelasyon gözlenmiştir (Şekil 4.5.).



Şekil 4.5. Deterjan konsantrasyonları ile iletkenlik etkisi

Her ne kadar saf su için eklenen deterjan konsantrasyonu iletkenlik değerlerinde uyumlu bir artış gösterse de çıkış deterjan miktarları iletkenlik ölçümleri ile ilişkilendirilememiştir. Bu durumun muhtemel sebebi çıkış suyuna reaktörlerden başka safsızlıkların (taş yüzeylerinden iyon eriyiklerinin, bakteriyel ürünlerin ya da organik maddelerin) karışmasıdır. Şekil 26'da görüleceği üzere giriş iletkenlik seviyelerinden çok daha yüksek çıkış iletkenlik değerleri ölçülmüştür. Çalışma boyunca giriş, YAYSA ve kontrol reaktörlerine ait ortalama iletkenlik değerleri sırası ile 402.3 ± 48.6 , 464.2 ± 31.8 ve 454.6 ± 34.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'dir (Şekil 4.6.).



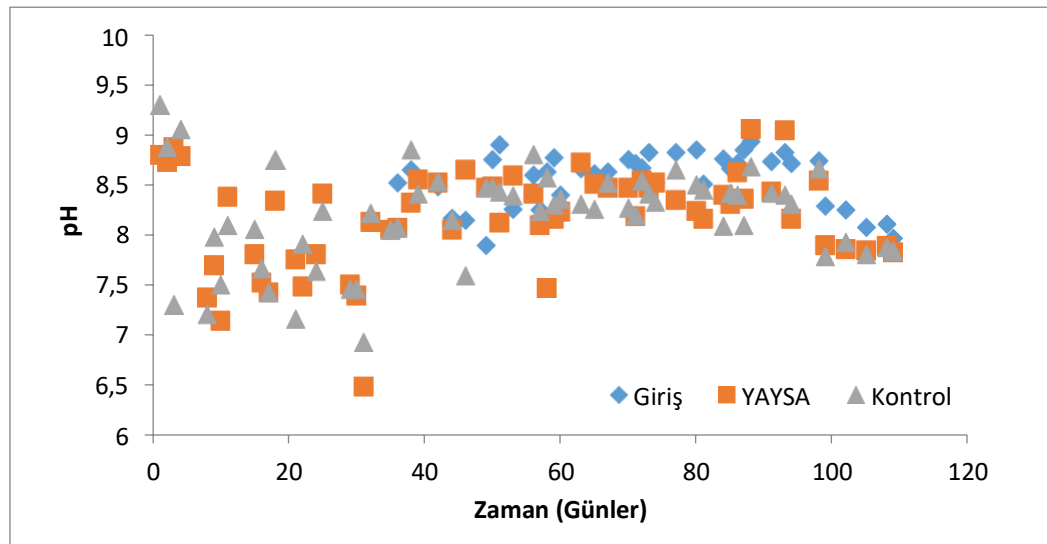
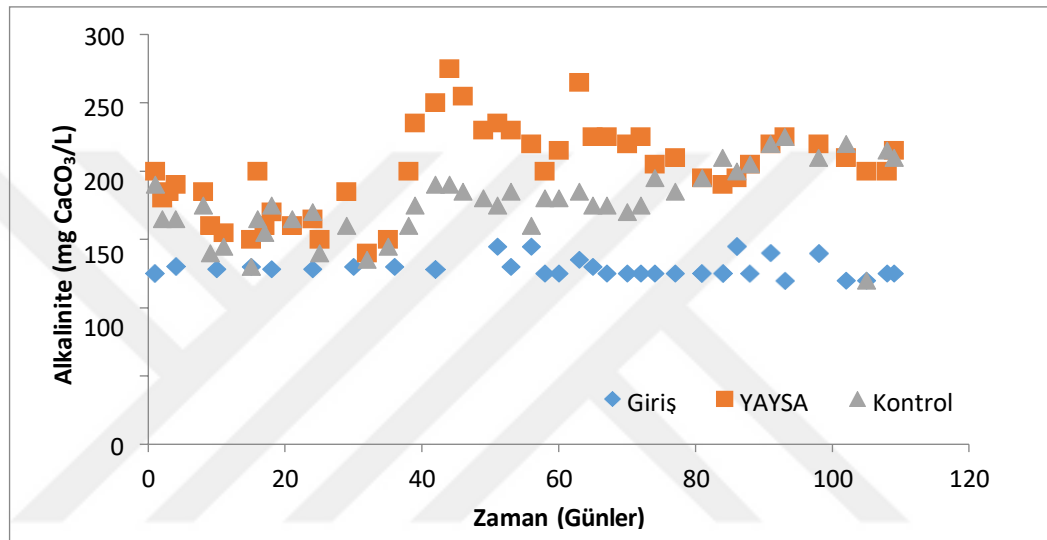
Şekil 4.6. Çalışma boyunca zamana bağlı iletkenlik değerleri

4.4. Alkalinite ve pH

Çalışma boyunca ölçülen pH ve alkalinite değerleri Şekil 28'de sunulmuştur. Çalışma boyunca giriş alkalinite değeri sentetik atıksu konsantrasyonunda bir değişiklik yapılmadığı için değişim göstermemiş ve 129 ± 7 mg CaCO_3/L seviyesinde seyretmiştir. Çıkış alkalinite değerleri ilk 40 günlük start-up periyodu boyunca birbirine yakın değerler göstermiştir. Bu periyot boyunca YAYSA ve kontrol reaktörlerine ait çıkış alkalinite değerleri sırası ile 174.7 ± 23.9 ve 158.6 ± 16.3 mg

CaCO_3/L 'dir. Start-up periyodu sonrasında gelişen muhtemel biyokimyasal reaksiyonlar nedeni ile alkalinite değerleri her iki reaktörde de yükseliş trendi göstermiştir.

Start-up periyodu sonrasındaki 40 – 108. günler arasında YAYSA ve kontrol reaktörlerine ait alkalinite değerleri sırası ile 220.7 ± 21.2 ve 189.4 ± 22.1 mg CaCO_3/L olup giriş alkalinite değerlerine nazaran sırasıyla %71 ve %46 artışa işaret etmektedir.



Şekil 4.7. Zamana bağlı alkalinite ve pH değerleri

Reaktör içerisindeki biyokimyasal büyüme için muhtemel birkaç öngörü vardır. Çeşme suyundaki yaklaşık 35 mg/L'lik sülfat ve deterjanın yapısındaki sülfatın

topraktaki organik maddelerin oksidasyonu ile indirgenmesi ve olabilecek reaksiyonlardan biridir.

Bir diğer muhtemel reaksiyon ise mevcut mikroorganizmaların Dead Regeneration modeli (Orhon ve Artan, 1997) uyarınca öncesinde partikül haldeki organiklere ve sonrasında çözünmüş ve biyolojik olarak parçalanabilir organik madde formlarına dönüşmesidir. Bu organiklerin oksijensiz ortamda uçucu yağ asitlerine dönüşmesi alkalinite konsantrasyonlarına etki edebilecek bir diğer etmendir. Çalışma boyunca alkalinite değerleri YAYSA ve kontrol reaktörlerinde sırası ile 201.7 ± 31.9 ve 177.1 ± 25 mg CaCO_3/L 'dir. Çalışma boyunca giriş pH'sına nazaran YAYSA ve kontrol reaktörlerinde kaydadeğer bir farklılık gözlenmemiş olup giriş, YAYSA ve kontrol reaktörlerinde ortalama pH sevieleri sırası ile 8.55 ± 0.3 , 8.18 ± 0.48 ve 8.18 ± 0.47 'dir.

4.5. Tartışma

Araç yıkama istasyonlarından çıkan atıksular diğer endüstrilerin atıksuları ile kıyaslandığında ciddi oranda kirlenmiş sular değildir. Bu sularda araç yüzeyinden kaynaklanan çözünmüş ve çökelek haldeki katı maddeler, motor yıkamadan kaynaklanan yağ ve kullanılan deterjan bulunmaktadır. Genel olarak kirlilik ise KOİ , BOİ_5 , TDS ve bulanıklık parametreleri ile ifade edilmektedir. Yapılan bir çalışmada KOİ değeri için aralık 75 ila 738 mg/L olarak verilmektedir (Lau ve ark., 2013).

Bu atıksuların arıtımında uygulanan temel prosedürler çözünmemiş maddelerin giderimi için çökeltim ya da yüzdürme olarak sıralanırken çözünmüş maddeler için ise koagülasyon-flokülasyon, aktif karbon filtrasyonu, membran filtrasyonu prosesleri literatürde mevcut proseslerdir (Uçar, 2018). Ne var ki araç yıkama istasyonlarında membran gibi ileri teknoloji proseslerin kullanımı yüksek ilk yatırım ve işletme maliyetleri ile en önemlisi kalifiye personel ihtiyacı nedeni ile pratikte mümkün değildir.

Yapay sulak alanlar bu aşamada kolay işletimi ve düşük işletme maliyetleri nedeni ile bir alternatif teşkil etmektedir. Yapay sulak alanlar halihazırda gri suların

arıtımı için çeşitli çalışmalarda ve uygulamalarda kullanılmaktadır (Arden ve Ma, 2018).

Bu nedenle araç yıkama sularının da arıtımında yapay sulak alanlar tez çalışmasında elde edilen bulgular ile de desteklendiği üzere kullanılabilir. Bu aşamada yapay sulak alanın ve içerisindeki biyokimyasal süreçlerin gelişimi önemlidir. 108 gün işletilen reaktörde 40 günden sonra çıkış kalitesindeki iyileşme daha uzun süreli işletmelerde daha da belirgin hale gelebilir.

Düşük işletme maliyetleri ve kalifiye personele ihtiyaç duymaması gibi avantajlarının yanında yapay sulak alanlar yüksek alan ihtiyacına sahiptir. Evsel atıksu arıtımı için $0.014-0.047 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{gün}$ olan hidrolik yükleme hızı daha düşük kirlilik yüküne sahip araç yıkama suları için $0.05 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{gün}$ seçilirse örneğin günde 50 aracın yıkandığı bir tesis için 100 L/araç için hesaplama yapılırsa günde 5000 litre atıksu üretilcektir. Bu atıksuyun arıtımı için ise 100 m^2 alana ihtiyaç duyulmaktadır. Arazi maliyetlerinin yüksek olduğu şehir içi bölgelerde bu nedenle yapay sulak alanların kullanılması uygulanabilir bir alternatif değildir. Ancak şehir dışı bölgelerde araç yıkamanın yapıldığı istasyonlar için yapay sulak alan alternatifleri değerlendirilebilir.

Yapay sulak alanların kullanılabilmesi için gerekli bir diğer parametre bitki büyümesini destekleyebilecek nutrientlerin suda bulunmasıdır. Yıkanan araçlar üzerindeki kirlilik yörenin sosyo-ekonomik yapısına göre bazı durumlarda bu nutrientleri sağlayabilir. Örneğin tarım ve hayvancılık ile ilgilenen bölgelerde doğal olarak araçlardaki kirlilikte organik kökenli olabilmektedir. Aynı durum atıksular için de geçerli olup farklı şehirlerin atıksularındaki kirlilik profilleri şehirlerin sosyo-ekonomik yapılarına göre ciddi değişiklikler göstermektedir. Bu nedenlerden ötürü yapay sulak alanlar ile arıtılması planlanan atıksulardaki toplam azot ve fosfor miktarları sistem içerisindeki biyokimyasal reaksiyonları ve daha önemlisi bitki büyümesini destekleyebilecek seviyede olmalıdır. Bu seviyenin uygun olmadığı durumlarda araç yıkama suları belirli oranlarda evsel atıksular ile karıştırılabilir. Örneğin söz konusu tesisteki tüm personelin atıksuları da oto yıkama suları ile karıştırılıp yapay sulak alan sistemine verilebilir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Günümüzde oluşan su kıtlığı sorunları nedeniyle suya verilen önem gitgide artmaktadır. Bu nedenle de tüketilen su miktarı her sektörde önem arz etmektedir. Araç yıkama istasyonlarında üretilen yüksek miktarda ve düşük kirlilik yüküne sahip atıksuların tekrar arıtılarak geri kullanması su tasarrufu ve çevre sağlığı açısından büyük önem arz etmektedir. Araç yıkama sularındaki en önemli bileşen çözünmüş halde bulunan deterjandır. Nitekim yağ ve askıda katı maddeler çözünmedikleri için basit bir çökeltim/filtrasyon ve yüzdürme prosesi ile sudan kolaylıkla giderilebilmektedir.

Yapay sulak alanlar düşük kurulum maliyetli, düşük bakım ihtiyacı, kalifiye eleman ihtiyacı olmaması ve yüksek kaliteli atıksu üretimi gibi avantajları nedeni ile araç yıkama sularının arıtımı için yüksek kullanım potansiyeline sahiptirler. Bu kapsamda bu tez çalışmasında da yüzey altı akışlı yapay sulak alan sistemi kullanılarak sentetik olarak hazırlanmış deterjan çözeltilerinin arıtımı çalışılmıştır. Çalışma boyunca ortalama KOİ giderim verimi %68 civarında olup maksimum gözlenen KOİ giderimi %87'dir. Bu kapsamda 108 günlük çalışmada artan KOİ giderim verimleri daha uzun süreli çalışmalarda daha da yükselebileceği gibi mevcut arıtım verimi ile son durulama haricinde arıtılan su ile araçların yıkanması mümkündür.

Tez çalışması sonrasında çıkabilecek çalışmalar ve öneriler şu şekilde özetlenebilir:

1. Daha uzun süreli çalışmalar ile arıtım verimlerinin uzun süreli işletimlerdeki akıbetinin belirlenmesi
2. Evsel atıksuyun belirli dozlarda araç yıkama sularına eklenerek çıkış su kalitesi ve bitki büyümesi üzerine etkilerinin belirlenmesi
3. Kurulabilecek pilot sistemler ile arıtılan suyun araç yıkamada kullanılabilirliğinin test edilmesi

4. Farklı bitki türlerinin araç yıkama prosesi üzerine etkilerinin belirlenmesi
5. Arıtılmış suların kullanılabilirliği için standart değerlerin oluşturulması ve ilgili otoritelere sunulması.



KAYNAKLAR

- ANONİM, 2011. Milli Eğitim Bakanlığı, Çevre Sağlığı Evsel ve Kentsel Atıklar. Ankara, 70s.
- ANONİM, 2008. Constructed Wetlands Manual. United Nations Human Settlements Programme for Asian Cities. Un-Habitat United Nations Human Settlements Programme, April, Kenya, 90s.
- ANONİM, 1999. EPA National Air Quality and Emissions Trends Report to Congress, 1-4 March, USA, 454s.
- ANONİM, 2000. EPA National Water Quality Inventory Report to Congress. 1-2 August, USA, 460s.
- ANONİM, 2005. APHA Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington DC, USA.
- AALBERS, H., 1999. Resource Recovery from Faecal Sludge using Constructed Wetlands. Nieuwehaven Gouda the Netherlands, 25: 201-280.
- ADİLOĞLU, S. 2016. Using phytoremediation with canola to remove cobalt from agricultural soils. Polish Journal of Environmental Studies, 25(6): 2251–2254.
- AKTEN, S., 2008. Kentsel Atıksu Yönetimi ve Atıksuların Yeniden Kullanımı. Journal of Middle Eastern Literatures, 10(6): 483–492.
- AL-ODWANİ, A., AHMED, M., and BOU-HAMAD, S., 2007. Carwash water reclamation in Kuwait. Desalination, 206(1–3): 17–28.
- ARDEN, S., and MA, X., 2018. Constructed wetlands for greywater recycle and reuse: A review. Science of the Total Environment, 630: 587–599.
- ASAN, G., 2013. Batık Ultrafiltrasyon Membran Biyoreaktörü ile Gerçek Gri Su Arıtımı. Journal of Chemical Information and Modeling, 53(9): 1689–1699.
- AVERY, L. M., FRAZER-WILLIAMS, D., and WINWARD, G., 2007. Constructed wetlands for grey water treatment. Ecohydrology and Hydrobiology, 7(3–4): 191–200.
- AYDIN TEMEL, F., ÖZYAZICI, G., USLU, V. R., and ARDALI, Y., 2018. Full scale subsurface flow constructed wetlands for domestic wastewater treatment. Environmental Progress and Sustainable Energy, 37(4):191–200.
- BAYKAL, B., 2007. ECOSAN : Ekolojik evsel atıksu yönetimi. İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi, 17 (3): 3–12.
- MUNİAR, B. İ., MAGİD, A., ISAM, M., NAHED, F., FLEİH, S. A., OLABİ, A. 2014. Study of Car Wash Wastewater Treatment by Adsorption. International Conference of Engineering, Information Technology, and Science, 43: 2–22.
- BARAN, M. A., 2017. Dünyanın Mevcut Su Potansiyeli ve Deniz Suyu Arıtımı. ABMYO Dergisi, 45(301): 71–84.
- BAZRAFŞAN, E., MOSTAFAPOOR, F. K., SOORİ, M. M., and MAHVİ, A. H., 2012. Application of combined chemical coagulation and electro-coagulation process for carwash wastewater treatment. Fresenius Environmental Bulletin, 21(9 A): 2694–2701.
- BHATTİ, Z. A., MAHMOOD, Q., RAJA, I. A., MALİK, A. H., and KHAN, M. S., 2011. Chemical oxidation of carwash industry wastewater as an effort to decrease water pollution. Physics and Chemistry of the Earth, 36(9–11): 465–469

- BOSAK, V., VANDERZAAG, A., CROLLA, A., KINSLEY, C., and GORDON, R. 2016. Performance of A Constructed Wetland and Pretreatment System Receiving Potato Farm Wash Water. *Water*, 8(5): 1–14.
- BREİNES, I., CONNELL, R., and EİDE, I., 2000. Male roles, masculinities and violence: A culture of peace perspective. In UNESCO Publishing, 7; 1-288.
- CAKMAK, B., GÖKALP Z., 2015. Atık Su Arıtmada Yapay Sulak Alan Teknolojileri ve Uygulamada Karşılaşılan Sorunlar. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21: 1-15.
- CARR, R., 2005. Who Guidelines For Safe Wastewater Use - More Than Just Numbers. *Irrigation and Drainage*, 54 (1): 103–111.
- ÇETİN, M., and TANDIROĞLU, A., 2013. Araç Yıkamanın Su ve Çevresel Kirlilik Üzerine Etkileri. *Akademik Platform Dergisi*, 241: 192–201.
- CHEN, T. Y., KAO, C. M., YEH, T. Y., CHİEN, H. Y., and CHAO, A. C., 2006. Application of a Constructed Wetland for Industrial Wastewater Treatment: A Pilot-Scale Study. *Chemosphere*, 64(3):497–502.
- COP, M., 2017. Konya İli Yapay Sulak Alanlarda Arıtma Verimi, Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri. *ABA Journal* , 102(4):24–25.
- DALLAS, S., SCHEFFE, B., and HO, G., 2004. Reedbeds For Greywater Treatment -Case Study İn Santa Elena-Monteverde, Costa Rica, Central America. *Ecological Engineering* , 23(1): 55–61.
- DEMİRÖRS, B., 2006. Konya İli Yapay Sulak Alanlarda Arıtma Verimi, Karşılaşılan Sorunlar Ve Çözüm Önerileri. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 77s.
- DHOUB, A., HAMAD, N., HASSAİRİ, I., & SAYADİ, S., 2003. Degradation Of Anionic Surfactants By Citrobacter Braakii. *Process Biochemistry*, 38(8):1245–1250.
- FACTOR, I., ISSUE, S., ASİRVADAM, D. P., BHARATHİ, K. D., DURAIRAJ, P., KALEESWARAN, M., and ABİNAYA, S., 2017. Treatment Of Grey Water Using Constructed Wetland System. *International Journal of Engineering Research and Modern Education*, Special Issue pp: 116–118.
- FEİTKENHAUER, H., and MEYER, U., 2002. Anaerobic Digestion Of Alcohol Sulfate (Anionic Surfactant) Rich Wastewater-Batch Experiments. Part I: Influence Of The Surfactant Concentration. *Bioresource Technology*, 82(2): 115–121.
- GHAİTİDAK, D. M., and YADAV, K. D., 2013. Characteristics And Treatment Of Greywater-A Review. *Environmental Science And Pollution Research*, 20(5): 2795–2809.
- GÖÇMEZ, S., ve KAYAM Y., 2018. Yapay Sulak Alan Sistemlerinin Evsel Atıksuların Arıtımında Kullanımı: Torbalı - Korucuk Mahallesi Örneği. *International Symposium on Urban Water and Wastewater Management*, 27-28.
- GORKY, S. S., 2015. Treatment of Grey Water Using Constructed Wetlands. *International Research Journal of Latest Trends in Engineering and Technology*, 2(3): 62–68.
- HADAD, H. R., MAİNE, M. A., and BONETTO, C. A., 2006. Macrophyte Growth İn A Pilot- Scale Constructed Wetland For Industrial Wastewater Treatment. *Chemosphere*, 63(10): 1744–1753.

- HOUSE, C. H., BERGMANN, B. A., STOMP, A. M., and FREDERICK, D. J., 1999. Combining Constructed Wetlands and Aquatic and Soil Filters for Reclamation And Reuse of Water. *Ecological Engineering*, 12(1–2): 27–38.
- HSU, S. K., CHEN, C. H., and CHANG, W. K., 2011. Reclamation of Car Washing Wastewater by a Hybrid Systm Combining Bio-Carriers and Non-Woven Membranes Filtration. *Desalination and Water Treatment*, 34(1–3): 349–353.
- HUANG, J., and HAGEDORN, R., 2000. Huang-2000-Nitrogen removal in.pdf. 34(9), 2582–2588.
- JANÍK, H., and KUPIEC, A., 2007. Trends In Modern Car Washing. *Polish Journal of Environmental Studies*, 16(6): 927–931.
- KARAHAN, A., 2009. Gri suyun değerdendirilmesi . 9. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 6-9 Mayıs, Ankara s.1155–1164.
- KUTLU, S., ŞENTÜRK, İ., and BÜYÜKGÜNGÖR, H., 2017. Determination of Grey Water Potential for Selected Pilot Region in Alanya Province. *Journal of Sciences and Engineering*, 17(2): 580–589.
- LAU, W. J., ISMAİL, A. F., and FİRDAUS, S., 2013. Car wash industry in Malaysia: Treatment of car wash effluent using ultrafiltration and nanofiltration membranes. *Separation and Purification Technology*, 104: 26–31.
- LOBO, A., CAMBIELLA, Á., BENÍTO, J. M., PAZOS, C., and COCA, J., 2006. Effect of a Previous Coagulation Stage on The Ultrafiltration of a Metalworking Emulsion Using Ceramic Membranes. *Desalination*, 200(1–3): 330–332.
- MARGESİN, R., and SCHINNER, F., 1998. Low-Temperature Bioremediation of a Waste Water Contaminated With Anionic Surfactants And Fuel Oil. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 49(4): 482–486.
- MULUK, Ç., KURT, B., TURAK, A., TÜRKER, A., ÇALIŞKAN, M., BALKIZ, Ö., ZEYDANLI, U., 2013. Türkiye’de Suyun Durumu ve Su Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar: Çevresel Perspektif. *Golden Medya Matbaacılık ve Ticaret A.Ş.*, İstanbul, 104s.
- NORDİN, A. and AMALİNA, N. I., 2006. Leachate treatment using constructed wetland with magnetic field. *Faculty of Civil Engineering Universiti Teknologi Malaysia, Master of Engineering Thesis, Malaysia*, 83s.
- ORHON, D. and ARTAN, N., 1997. Modeling of activated sludge systems. *Natural systems treating greywater and blackwater on-site: Integrating treatment, reuse and landscaping. Ecological Engineering*, 50: 95–100.
- RODRÍGUEZ BOLUARTE, I. A., ANDERSEN, M., PRAMANİK, B. K., CHANG, C. Y., BAGSHAW, S., FARAGO, L., and SHU, L., 2016. Reuse Of Car Wash Wastewater by Chemical Coagulation and Membrane Bioreactor Treatment Processes. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 113: 44–48.
- SKRZYPIECBCEF, K., and GAJEWSKAAD, M. H., 2017. The Use of Constructed Wetlands For The Treatment of İndustrial Wastewater. *Journal of Water and Land Development*, 34(1): 233–240.
- SONUNE, A., and GHATE, R. (2004). Developments in wastewater treatment methods. *Desalination*, 167(1–3): 55–63.
- SORAN, H., 1992. Bitkilerin Atıksu Arıtımında Kullanılması. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 7(7): 261–267.

- STATE, E., STATE, E., and STATE, E. (2013). Studies on the Bacterial Flora of Synthetic- Detergent Effluent and Their Biodegradation Potentials. 2(4), 14–19.
- TEMEL, F. A., 2017. Endüstriyel atıksuların arıtımında yapay sulak alanların kullanımı. Dicle Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 8(1): 213–225.
- TONY, M. A., and BEDRİ, Z., 2014. Experimental Design of Photo-Fenton Reactions for the Treatment of Car Wash Wastewater Effluents by Response Surface Methodological Analysis. Advances in Environmental Chemistry, 1(2014): 1–8.
- TOPAL, M., ve KARAGÖZOĞLU, B., 2012. Sızıntı Sularının Doğal Arıtımı. Afyon Kocatepe University Journal of Sciences, 11(2011): 1–16.
- TSYNTSARSKİ, B., PETROVA, B., BUDİNOVA, T., A., and SİRKECİOĞLU, A., 2014. Removal of detergents from water by adsorption on activated carbons obtained from various precursors. Desalination and Water Treatment, 52(16–18): 3445–3452.
- UÇAR, D., 2018. Membrane Processes For The Reuse Of Car Washing Wastewater. Journal Of Water Reuse And Desalination, 8(2): 169–175.
- VYMAZAL, J., 2010. Constructed wetlands for wastewater treatment. Water (Switzerland), 2(3), 530–549.
- VYMAZAL, J., and KROPFELOVÁ, L., 2005. Growth of *Phragmites australis* and *Phalaris arundinacea* in constructed wetlands for wastewater treatment in the Czech Republic. Ecological Engineering, 25(5): 606–621.
- YALCUK, A., and UGURLU, A., 2009. Comparison Of Horizontal And Vertical Constructed Wetland Systems For Landfill Leachate Treatment. Bioresource Technology, 100(9): 2521–2526.
- YİNANÇ, A., and ADİLOĞLU, S., 2017. Use of plants in water treatment: Models and pilot study case in Kozan District. Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, 14(1): 114–124.
- ZANETİ, R. N., ETCHEPARE, R., and RUBİO, J., 2013. Car Wash Wastewater Treatment And Water Reuse - A Case Study. Water Science And Technology, 67(1): 82–88.
- URL-1: http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1019
- URL-2: <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=33651>

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Tuğba NACAR
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Kilis, 01.01.1996
Telefon : 05412612840
Faks :-----
e-mail : nacartugba96@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Mustafa Kın Kız Teknik ve Meslek Lisesi, Kilis/Merkez	2013
Üniversite	: Harran Üniversitesi, Şanlıurfa/Haliliye	2018
Yüksek Lisans	: Harran Üniversitesi, Şanlıurfa/Haliliye	2020

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2016,	Kilis Atık Su Arıtma Tesisi	Stajyer öğrenci
2017,	ŞUSKİ Bölge Müdürlüğü	Stajyer öğrenci
2019,	Dibay İnşaat LTD. ŞTİ.	Stajyer öğrenci
2019,	ŞUSKİ Bölge Müdürlüğü	Stajyer öğrenci