



Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/yyufbed>



Araştırma Makalesi

Van İli Evsel Atıksu Arıtma Tesislerindeki Atıksu Karakteristiğinin ve Çıkış Suyu Kalitesinin Değerlendirilmesi: Edremit ve Gevaş Örneği

Yunus Emre OKUMUŞ¹, Vahap YÖNTEN^{1*2}, Ayşe ÖZGÜVEN²

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği ABD, 65080, Van, Türkiye

²Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 65080, Van, Türkiye
Yunus Emre OKUMUŞ, ORCID No: 0000-0003-0449-6755, Vahap YÖNTEN, ORCID No: 0000-0002-0954-0383, Ayşe ÖZGÜVEN, ORCID No: 0000-0003-1071-2813

*Sorumlu yazar e-posta: vahapyonten@yyu.edu.tr

Makale Bilgileri

Geliş: 30.09.2022
Kabul: 13.01.2023
Online Ağustos 2023

DOI:10.53433/yyufbed.1182302

Anahtar Kelimeler

Atıksu arıtma tesisi,
Giderim verimi,
Karakterizasyon,
Van

Öz: Bu çalışmada, Van ilinde bulunan Edremit ve Gevaş Atıksu Arıtma Tesisleri atıksu karakteristiğinin mevsimsel olarak değişimi incelenmiştir. Bu amaçla atıksu karakterizasyonunu incelemek için arıtma tesislerinin giriş ve çıkışlarından 2021 yılı ocak ve temmuz aylarında numuneler alınmıştır ve bu numunelerde pH, alkalinite, sülfat, askıda katı madde, toplam katı madde, toplam uçucu katı madde, çözünmüş oksijen, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı, iletkenlik, sıcaklık, toplam azot, toplam fosfor ve yağ-gres gibi parametreler ölçülmüştür. Gevaş atıksu arıtma tesisinin kimyasal oksijen ihtiyacı için ortalama giderim verimi %83, Edremit atıksu arıtma tesisi için ise yaklaşık %80, Gevaş atıksu arıtma tesisinin biyokimyasal oksijen ihtiyacı için ortalama giderim verimi %92, Edremit atıksu arıtma tesisi için ise yaklaşık %86 olarak bulunmuştur. Askıda katı madde giderim verimi Gevaş atıksu arıtma tesisi için yağışlı ve kurak dönem için sırasıyla; %88, %98 iken Edremit atıksu arıtma tesisi için ise %90 ve %84 olmuştur. Her iki arıtma tesisinde arıtma işleminden sonra deşarj edilen atıksuyun birçok parametre için Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne uygun olduğu söylenebilir. Bu çalışmada elde edilen sonuçların, diğer atıksu arıtma tesisleri için yol gösterici olacağı kanısındayız ve ayrıca standartlara uymayan parametrelere dikkat edilmesinin zaruri bir durum olduğu raporlanmıştır.

Seasonal Evaluation of Wastewater Characteristics and Effluent Quality in Domestic Wastewater Treatment Plants in Van, Edremit Gevaş Example

Article Info

Received: 30.09.2022
Accepted: 13.01.2023
Online August 2023

DOI:10.53433/yyufbed.1182302

Keywords

Characterization,
Removal efficiency,
Van,
Wastewater treatment plant

Abstract: In this study, seasonal variation of wastewater characteristics of Edremit and Gevaş Wastewater Treatment Plants in Van was investigated. For this purpose, samples were collected from inlet and outlet of the treatment plants in January and July 2021 to examine the wastewater characterization and in these samples pH, alkalinity, sulphate, suspended solids, total solids, total volatile solids, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, conductivity, temperature, total nitrogen, total phosphorus and oil and grease were analyzed. Gevaş Wastewater Treatment Plants average removal efficiency for chemical oxygen demand was 83%, for Edremit Wastewater Treatment Plants about 80%, Gevaş Wastewater Treatment Plants average removal efficiency for biochemical oxygen demand was 92%, and for Edremit Wastewater Treatment Plants about 86%. suspended solids removal efficiency for Gevaş Wastewater Treatment Plants for rainy and dry periods, respectively; 88%, 98%, and for Edremit Wastewater Treatment Plants 90%, 84. It can be said that the wastewater discharged after the treatment process in both treatment plants complies with the Water Pollution Control Regulation for many

parameters. We believe that the results obtained in this study will be a guide for other wastewater treatment plants, and it has also been reported that it is essential to pay attention to the parameters that do not comply with the standards.

Bu makale, Yunus Emre OKUMUŞ' un yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

1. Giriş

Atıksu, günlük hayat akışında; evsel faaliyetlerde, sanayi veya üretim tesislerinde kullanıldıktan sonra özelliğini kaybetmiş sulara denilmektedir (Kavak, 2016). Ülkelerdeki kentleşme, hızlı nüfus artışı ve ekonomik gelişme sonucunda insan faaliyetlerinden kaynaklanan atıksu miktarı giderek artmaktadır (Momeni ve ark., 2019). Atıksuyun miktarı ve karakterizasyonu birçok faktör tarafından belirlenir. Bölgenin iklim durumu, yaşam standardı ve kültürü atıksu karakterizasyonunu önemli derecede etkiler. Kısacası atıksuların tipik özellikleri yalnızca bölgeden bölgeye değil mevsimden mevsime göre de değişkenlik göstermektedir (Tekeli & Arslan, 2008). Evsel atıksular genel itibarıyla organik madde, metallere, diğer inorganik maddeler ve askıdaki katı maddelerden (AKM) oluşmaktadır. Ayrıca evsel atıksular patojen birçok mikroorganizmayı da (*Salmonella*, *protozoa*, toplam ve fekal koliform) içermektedir (Sekaran ve ark., 2007). Arıtma yapılmadan alıcı ortamlara deşarj edilen atıksular, su kaynaklarını kirletmekte ve kaynak kullanımını sınırlamaktadır (Khan ve ark., 2019). Atıksu karakterizasyonu, mevcut proseslerin kontrolü, optimizasyonu ve yeni proseslerin geliştirilmesi için kullanılmaktadır (Tekeli & Arslan, 2008; Erkuş ve ark., 2018). Sınırlı olan su kaynaklarımızın verimli şekilde kullanılabilmesi için arıtılması istenen atıksuların karakterizasyonunun (AKM, azot, biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), pH, yağ ve gres, vb.) belirlenmesi, uygun arıtma maliyetleri dikkate alınarak tasarımının yapılması ve tesisin sorunsuz işletilmesi çok önemlidir (Eren ve ark., 2007). Atıksuların çevre mevzuatlarında belirtilen standartları sağlaması, uygun şekilde tasarlanmış arıtma teknolojileri ile mümkündür. Küçük ölçekli arıtma tesislerinde kullanılan aerobik biyolojik arıtma teknolojileri, aktif çamur ile sabit ve hareketli yataklı reaktörlerin farklı varyantlarını içermektedir. Aerobik biyolojik arıtma düşük nüfusa sahip evsel atıksularının arıtılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Aktif çamur prosesinin tasarımı, tesislerin yüksek arıtma verimleri, inşaat ve işletme maliyetleri açısından büyük önem taşımaktadır (Tekeli & Arslan, 2008). Bu tesislerdeki BOİ giderme verimleri, yeterli şekilde çalıştıklarında %90'dan fazladır (Colmenarejo ve ark., 2006). Atıksu arıtma tesislerinin (ATT) odak noktası, doğal sulara deşarj edilecek atıksudaki BOİ ve KOİ'yi azaltmaktır. Yüksek BOİ içeren atıksular alıcı sulara deşarj edilirse su ortamında bakteri üremesi hızlanacak ve oksijen seviyeleri düşecektir ve bu durum çoğu balık ve sucul canlılar için ölümcül etkilere neden olacaktır (Salem ve ark., 2011).

Atıksu arıtımında kullanılan biyolojik proseslerin genel amaçları; yüzeysel sulara çözünmüş oksijenin (ÇO) azalmasına neden olan organik madde, AKM ve patojen bakterilerin giderilmesi olarak sıralanabilir. Evsel atıksular önemli oranda azot ve fosfor içermektedirler, bu nedenle deşarj edildikleri ortamlarda ötrofikasyona sebep olurlar (Zhang ve ark., 2009). Ötrofikasyon özellikle göllerde ve akış hızı düşük nehir veya ırmaklarda yaşamı sürdüren balık ve diğer canlılar üzerinde olumsuz etkilere neden olabilmektedir (Mulkerrins ve ark., 2004). Geçmişte, evsel atıksu arıtımı temel olarak organik karbon giderimi ile sınırlıydı. Son yıllarda, alıcı sulara artan kirlilik ve hassas bölgelere deşarjlar için katı atık sınırlamaları getirilerek karbona ek olarak öncelikli kirleticiler sınıfında yer alan azot, fosfor gibi diğer önemli parametreleri kontrol etmek için yeni arıtma tekniklerinin geliştirilmesi zorunluluk haline gelmiştir (Tekeli & Arslan, 2008). Azot ve fosfor gibi besin maddelerini atıksudan uzaklaştırmak için ikincil arıtma aşamasında nitrifikasyon-denitrifikasyon işlemlerini gerçekleştirecek prosesler mevcuttur (Özkan ve ark., 2012).

Bu çalışmanın amacı, Van ilinde bulunan küçük ölçekli iki farklı evsel atıksu arıtma tesisinin, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde (SKKY)'de belirtilen deşarj standartlarına göre davranışlarını analiz etmek ve bu tesislerin performanslarını nihai olarak belirlemektir. Bunun için 2021 Ocak (yağışlı dönem) ve 2021 Temmuz (kurak dönem) aylarında tesislerin giriş ve çıkışlarından numuneler alınarak analizleri gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, Van ilinde bulunan Edremit ve Gevaş ilçelerindeki AAT'lerinin 2021 Ocak (yağışlı dönem) ve 2021 Temmuz (kurak dönem) aylarında tesislerin giriş ve çıkışlarından alınan numuneler analiz edilerek fizikokimyasal parametreler (pH, sıcaklık, ÇO, elektriksel iletkenlik, BOİ, yağ ve gres, toplam fosfat (TP), toplam azot (TN), KOİ, AKM, alkalinite, asidite) analiz edilmiştir. Bu atıksu arıtma tesislerinin performansı, çeşitli fizikokimyasal parametrelerin analizine dayalı olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca arıtım verimleri ve çıkış suyu parametrelerinin SKKY'de belirtilen standart değerler ile karşılaştırılması yapılmıştır.

2.1. Edremit evsel atıksu arıtma tesisi

Edremit evsel AAT 100 000 eşdeğer nüfusa sahip bir kapasitede ve maksimum 21.840 m³/gün debi ile çalıştırılacak şekilde dizayn edilmiştir. Mevcut AAT'nin biyolojik arıtma kademesinde karbonlu maddeler, azot ve fosfor giderimi yapılmaktadır. Tesise gelen atıksular ilk olarak birincil arıtım (fiziksel arıtım) işleminden geçirilmektedir. Daha sonra atıksular ikincil arıtım (biyolojik arıtım) aşamasında biyolojik arıtım işleminden geçirilip çökeltme havuzuna alınmakta ve buradan da 600 m'lik kolektörlerle Van gölüne deşarj edilmektedir (Şekil 1). Çökeltme havuzunda bulunan biyolojik arıtım çamurları ise tesiste bulunan susuzlaştırma (santrifüj dekantörler) ünitelerine gönderilmektedir. Susuzlaştırılan çamur kekleri traktörler ile evsel katı atık depolama sahasına taşınmaktadır (Durak ve ark., 2021).



Şekil 1. Edremit evsel atıksu arıtma tesisi (Durak, 2020).

2.2. Gevaş evsel atıksu arıtma tesisi

Gevaş ilçesinde bulunan evsel AAT İller Bankası Genel Müdürlüğü tarafından yaptırılarak 2015 yılında işletmeye alınmıştır. Evsel AAT çıkış suları hassas koruma alanı olarak belirlenmiş Van gölüne deşarj edilmektedir. Hassas alanlar için SKKY ve Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliğinde (KAAY) bazı deşarj standartları belirlenmiştir. Bu nedenle tesiste karbon, azot ve fosfor giderimi gereklidir. Gevaş AAT 22.000 eşdeğer nüfusa sahip bir kapasitede inşa edilmiştir. Tesisin uzun havalandırılmalı aktif çamur havuzu 7.607 m³/gün kapasitesindedir. Birincil arıtmadan geçen atıksular daha sonra ileri biyolojik arıtım kademesine gönderilerek burada karbon, azot ve fosfor giderimi yapılmaktadır (Durak, 2020).

Arıtım tesisinin ileri biyolojik arıtım kademesi "Carousel Hendeği" şeklinde olan havuz şeklindedir (Şekil 2). Havuzun bazı bölümlerinde oksik ve anoksik şartlar oluşturularak atıksuda bulunan azotun giderimi nitrifikasyon-denitrifikasyon prosesiyle sağlanmaktadır. Biyolojik arıtmadan geçen atıksular son çökeltme havuzuna gönderilmekte ve buradan da Van Gölü'ne deşarj edilmektedir.



Şekil 2. Gevaş evsel atıksu arıtma tesisi (Durak, 2020).

2.3. Parametrelerin tayini

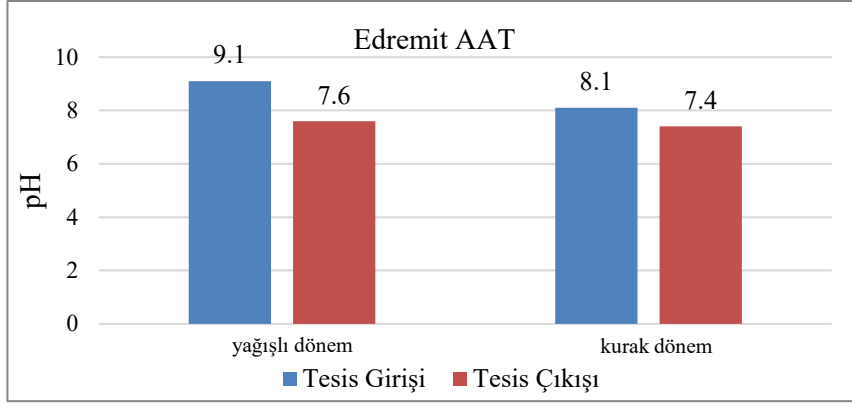
Çalışmada atıksu örnekleri Edremit ve Gevaş Eysel AAT giriş ve çıkış noktalarından 23 Ocak 2021 ve 05 Temmuz 2021 tarihlerinde 2 saatlik kompozit numune olarak alınmıştır. Fiziksel parametreler (pH, elektriksel iletkenlik, sıcaklık, vb.) YSI 556 MPS multimetre cihazı ile yerinde ölçülmüştür, kimyasal parametreler ise Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Çevre Mühendisliği Araştırma Laboratuvarına getirilerek aynı gün analiz edilmiştir. Tüm analizler, Standart Metotlara (APHA, 2012) uygun olarak gerçekleştirilmiştir. BOİ ölçümleri SM5210 D analiz metoduna göre, yağ ve gres SM 5521 D metoduna göre, toplam fosfor tayini SM 4500 P/B-D ve toplam azot tayini ise SM Norg B TS 6231 metotlarına göre yapılmıştır. KOİ analizleri WTW photolab 6100 vis model spektrofotometre kullanılarak kapalı reflüx kolorimetrik yöntemle yapılmıştır (Eaton, 1995). Katı madde analizleri ise standart metotlara göre yapılmıştır (APHA, 2012).

3. Bulgular ve Tartışma

Edremit ve Gevaş AAT'lerinden 2021 yılı yağışlı dönem ve kurak dönemde örneklenen atıksu numunelerinde pH, sıcaklık, ÇO, elektriksel iletkenlik, KOİ, BOİ, yağ ve gres, TP, TN, AKM, alkalinite, asidite, parametreleri tayin edilmiştir. Eysel atıksu arıtma tesisleri atıksularının karakterizasyon çalışması sonuçları, atıksuların özelliklerinin geniş bir yelpazede değiştiğini göstermektedir. Edremit ve Gevaş AAT öncelikle karbon ve azot giderimi için tasarlanmıştır. Tesise gelen evsel atıksu, SKKY' de verilen (SKKY, 2004) deşarj standartları dikkate alınarak arıtılmakta ve Van gölüne deşarj edilmektedir.

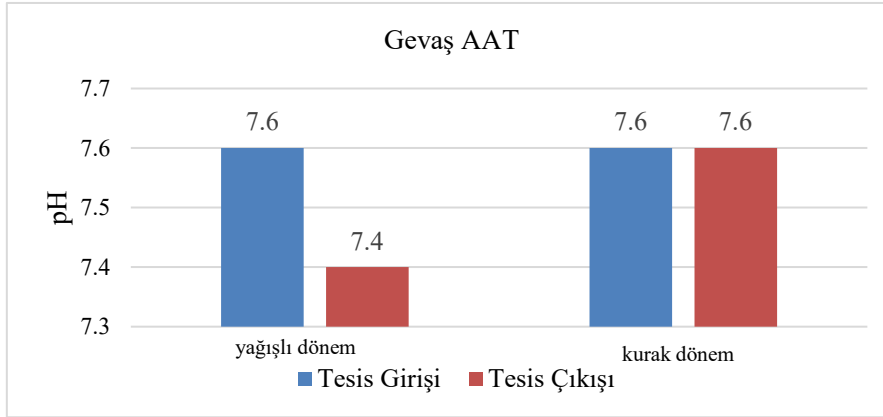
3.1. pH

Eysel atıksu arıtma tesislerinde yaygın olarak kullanılan arıtım yöntemlerinden biyolojik arıtım dikkate alındığında atıksu karakterizasyonunda önemli olan parametrelerden biri de pH'dır. Etkili bir biyolojik arıtım performansının sağlanması için en uygun pH değeri 7 olarak literatürde belirtilmiştir (Cırık & Eskikaya, 2018). Edremit AAT'nin giriş ve çıkış sularına ait pH ölçümleri dikkate alındığında yağışlı dönem giriş ve çıkış pH değerleri sırasıyla 9.1 ve 7.6 olurken kurak dönem giriş ve çıkış pH değerleri sırasıyla 8.1 ve 7.4'tür (Şekil 3).



Şekil 3. Edremit AAT yağışlı dönem (Ocak 2021) ve kurak dönem (Temmuz 2021) pH değerleri.

Gevaş AAT'nin kış dönem giriş ve çıkış pH değerleri Şekil 4 incelendiği zaman sırasıyla 7.6 ve 7.4 olurken kurak dönem giriş ve çıkış pH değerleri ise 7.6 olarak ölçülmüştür.



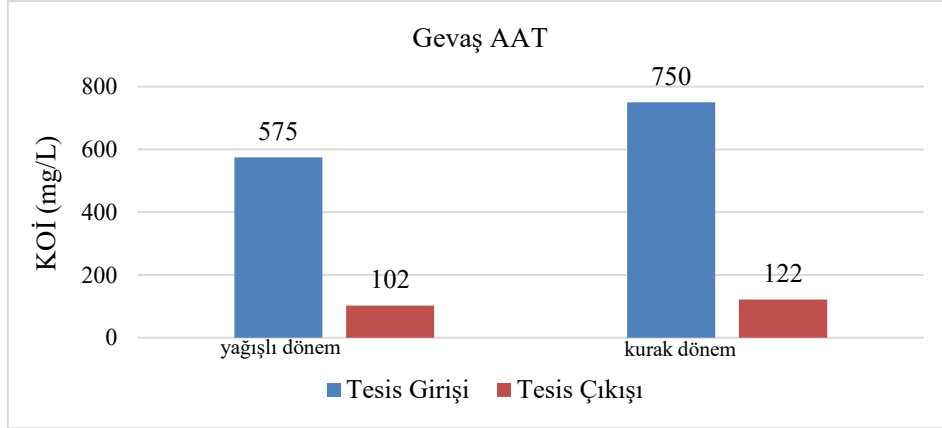
Şekil 4. Gevaş AAT yağışlı dönem (Ocak 2021) ve kurak dönem (Temmuz 2021) pH değerleri.

Edremit ve Gevaş AAT'lerinin pH değerleri hem arıtılmadan önce hem de arıtım sonrasında $pH > 7$ yani alkali özelliktedir. SKKY deşarj standartlarına göre nüfusu 10 000 ila 100 000 arasında olan ve nüfusu 100 000 kişiden fazla olan kent merkezli evsel atıksuların 2 saatlik kompozit örnekte alıcı ortama deşarj standardı, pH parametresi için 6 ila 9 arasındadır. Yapılan pH ölçümleri sonucunda arıtma tesisi çıkış sularının pH değerleri SKKY'de verilen limit değerlere uygundur. Mevsimsel değişikliğin AAT atıksularının pH'ı üzerinde önemli bir etkisi olmadığı kanısına varılmıştır (Cırık & Eskikaya, 2018).

3.2. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)

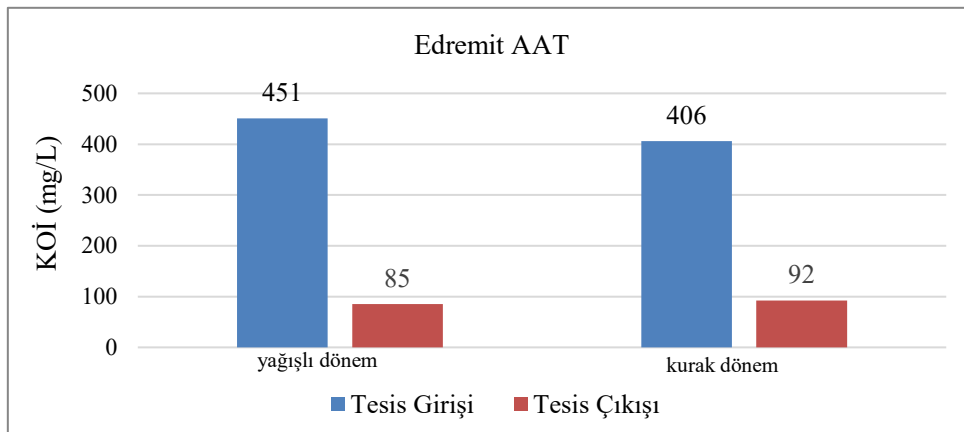
Atıksuların karakterizasyonunda KOİ önemli ve hızlı sonuç verebilen ve atıksu arıtma tesislerinin tasarımında kullanılan bir parametredir. Kimyasal olarak oksitlenebilecek bileşikler, biyolojik olarak oksitlenebileceklerden daha fazla olduğu için, KOİ değeri BOİ değerinden her zaman büyüktür ve KOİ, atıksuda bulunan organik madde miktarını belirlemek için kullanılmaktadır (Sawyer ve ark., 2003). KOİ değerinin belirlenmesi esnasında, biyolojik parçalanma reaksiyonlarına değil organik maddelerin kimyasal olarak oksitlenerek CO_2 ve H_2O 'ya dönüştürülmesi dikkate alınmaktadır (Kumar & Chopra, 2012).

Şekil 5' teki Gevaş AAT'nin yağışlı ve kurak dönemde ölçülen çıkış KOİ değeri sırasıyla 102 mg/L ve 122 mg/L'dir. SKYY'ye göre nüfusu 10 000 ila 100 000 kişi arasında olan kent merkezli evsel atıksularının alıcı ortama deşarj standardı 2 saatlik kompozit numunede ölçülen KOİ değeri 140 mg/L'dir. Bu değerlere göre Gevaş tesisinin KOİ çıkış değerleri SKKY deşarj standartlarına uygundur. Ayrıca KOİ giderim verimleri kış ve yaz aylarında sırasıyla %82 ve %84'dür.



Şekil 5. Gevaş AAT yağışlı dönem (Ocak 2021) ve kurak dönem (Temmuz 2021) KOİ değerleri.

Edremit AAT'nin yağışlı ve kurak dönemlerde ölçülen çıkış KOİ değeri Şekil 6' da verildiği üzere sırasıyla 85 mg/L ve 92 mg/L'dir. Burada yağışlı dönemde düşük sıcaklık organik maddelerin daha az parçalanmasına ancak kurak dönemdeki yüksek sıcaklık ise organik maddelerin daha fazla parçalanmasına ve KOİ değerlerinin kışın daha düşük olmasına sebep olduğu öngörülmektedir (Zhang ve ark., 2020). Yapılan bir çalışmada kış sezonu boyunca en yüksek çıkış KOİ konsantrasyonları, Aralık ayında 102 mg/l, Ocak ayında 124 mg/l ve Şubat ayında 110 mg/l olarak; en düşük KOİ konsantrasyonları ise Aralık ayında, 80 mg/l, Ocak ayında 71 mg/l ve Şubat ayında 95 mg/l olarak tespit edilmiştir. En yüksek KOİ verimi Aralık ayında %52.4, Ocak ayında %54.7 ve Şubat ayında %51.5 olarak; en düşük KOİ verimi ise Aralık ayında %41.2, Ocak ayında %26 ve Şubat ayında %27.9 olarak tespit edilmiştir (Topal & Topal, 2011). Yine Tanyol & Uslu (2013) tarafından yapılan bir çalışmada Tunceli ili Evsel AAT giriş ve çıkış sularında KOİ giderim verimlerini sırasıyla en az %82, en çok %95 olarak tespit edilmiştir. SKYY'ye göre nüfusu 100 000 kişiden fazla olan kent merkezli evsel atıksularının alıcı ortama deşarj standardı, 2 saatlik kompozit numunede KOİ için 120 mg/L'dir. Bu değerlere göre Gevaş tesisinin KOİ çıkış değerleri SKKY deşarj standartlarına uygundur. Ayrıca giderim verimleri yağışlı ve kurak dönemlerde sırasıyla %81 ve %77'dir. Doğan (2010) tarafından yapılan çalışmada İzmir-Çiğli Atıksu Arıtma Tesisinde kış aylarında KOİ giderim verimini %72, Kayseri Atıksu Arıtma Tesisinde ise ilkbahar aylarında KOİ giderim verimini %98 olarak gözlemlemiştir.

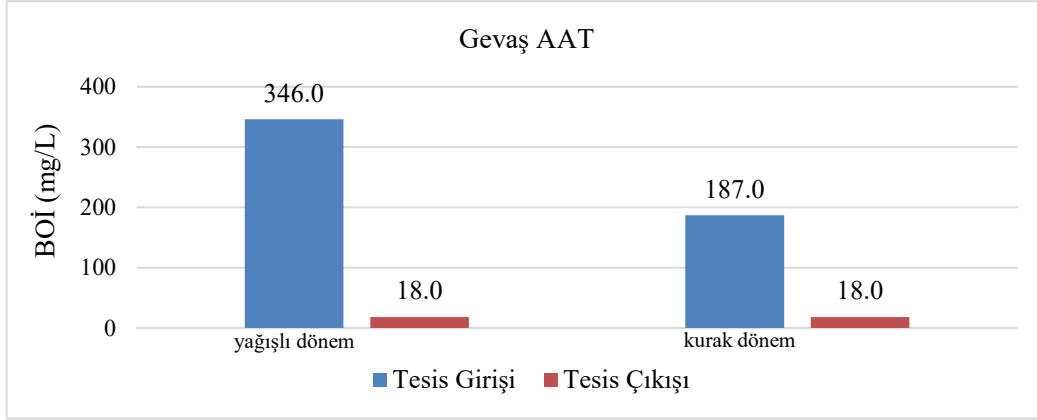


Şekil 6. Edremit AAT yağışlı dönem (Ocak 2021) ve kurak dönem (Temmuz 2021) KOİ değerleri.

3.3. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ)

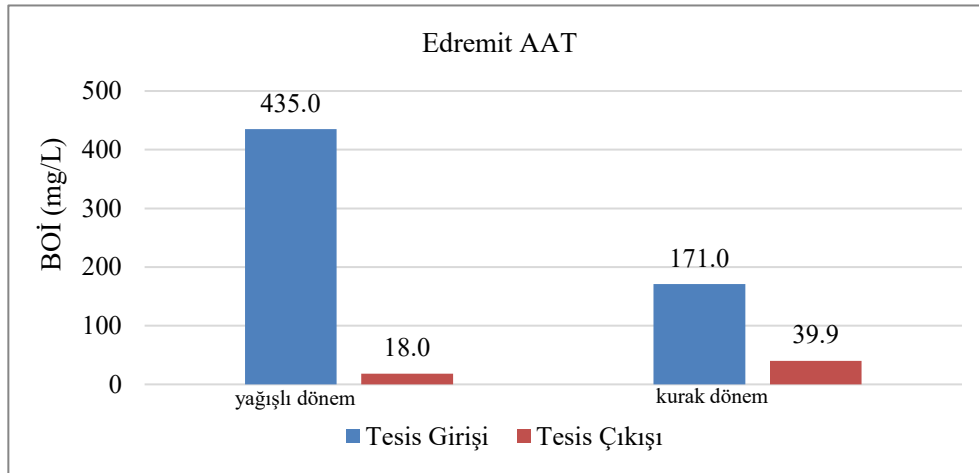
BOİ, biyokimyasal reaksiyonlarla organik maddelerin parçalanabilmesi için gerekli oksijen miktarını ifade eder (Çepni, 2017). Şekil 7 'de Gevaş AAT'nin giriş ve çıkışından 2021 yılı yağışlı ve

kurak mevsimlerinde alınan numunelerin BOİ değerleri verilmektedir. SKYY'ye göre nüfusu 10 000 ila 100 000 kişi arasında olan kent merkezli evsel atıksuların alıcı ortama deşarj standardı, 2 saatlik kompozit numunede BOİ için 50 mg/L'dir. Bu değerlere göre Gevaş tesisinin çıkış değerleri SKKY deşarj standartlarına uymaktadır.



Şekil 7. Gevaş AAT yağışlı dönem (Ocak 2021) ve kurak dönem (Temmuz 2021) BOİ değerleri.

Şekil 8'de Edremit AAT'nin giriş ve çıkışından yağışlı ve kurak dönemlerde alınan numunelerin BOİ değerleri verilmektedir. SKYY'ye göre nüfusu 100 000 kişiden fazla olan kent merkezli evsel atıksuların alıcı ortama deşarj standardı, 2 saatlik kompozit numunede BOİ için 40 mg/L'dir. Bu değerlere göre Edremit AAT'nin çıkış değerleri standartlara uymaktadır. [Tanyol & Uslu \(2013\)](#) Tunceli ilindeki evsel AAT'nde yaptıkları çalışmada AAT giriş ve çıkış sularında BOİ giderim verimini %83- 93 arasında tespit etmişlerdir. [Öz \(2009\)](#) endüstriyel bir AAT giriş ve çıkış noktalarından farklı zamanlarda aldıkları kompozit numunelerde BOİ analizi yapmışlardır, BOİ giderim verimi %96.8 olarak belirlenmiştir.



Şekil 8. Edremit AAT yağışlı dönem (Ocak 2021) ve kurak dönem (Temmuz 2021) BOİ değerleri.

3.4. Toplam katı madde (TKM), askıda katı madde (AKM) ve toplam uçucu katı madde (TUKM)

103-105°C'de buharlaştırma işleminden sonra geriye kalan maddelerin tümü katı madde olarak sınıflandırılır ([Çepni, 2017](#)). Çizelge 1'de Edremit ve Gevaş AAT'lerinin giriş ve çıkışından alınan atıksu numunelerinin TKM, AKM ve TUKM değerleri verilmiştir. AKM giderim verimi Gevaş AAT için yağışlı ve kurak dönem için sırasıyla; %88, %98 iken Edremit AAT için ise %90 ve %84'dür. İncelenen iki tesis için AKM giderim verimi mevsimsel olarak değişiklik göstermektedir. Yani birinde kurak dönemde yüksek verim elde edilirken diğesinde yağışlı dönemde yüksek verim

görülmesinin nedeni bir çok faktöre bağlı olabilir. Edremit AAT'nin temmuz ayında AKM giderim veriminin düşük olmasının nedeni giriş atıksuyundaki kirlilik yüklerinin düşmesinden kaynaklanabilir (Tatar & Sağlam, 2020). Ayrıca Edremit ilçesinin kanalizasyon ve yağmursuyu alt yapısı, arıtma tesisine gelen atıksuyun katı madde miktarı ve buna bağlı olarak arıtma tesisi kapasitesi giderim verimini etkileyen faktörler arasında bulunmaktadır (Ataklı & Balık, 2022). Literatürde benzer sonuçlar mevcuttur. Tunceli evsel atıksu arıtma tesisinde Haziran ayı yani kurak dönemde AKM giderim verimi %84 olarak bildirilmiştir (Tanyol & Uslu, 2013). Şama (2017) tarafından yapılan çalışmada Taşköprü AAT' nin giriş ve çıkış sularında AKM giderim verimini; en az %73.3, en çok %95.5 ve ortalama %90 olarak bildirilmiştir.

SKYY' ye göre nüfusu 10 000 ila 100 000 kişi arasında olan kent merkezli evsel atıksularının yüzeysel sulara deşarj standardı, 2 saatlik kompozit numunede AKM için 45 mg/L, nüfusu 100 000 kişiden çok olan yerleşim merkezleri için ise 40 mg/L'dir. Standartlarla karşılaştırıldığında AKM değerlerinin Gevaş ve Edremit Atıksu Arıtma Tesisleri için SKKY'nin deşarj standartlarına uyduğu gözlenmiştir. TKM giderim verimi Gevaş AAT için yağışlı ve kurak dönemde sırasıyla; %47, %38 iken Edremit AAT için ise %31 ve %17 dir. Edremit ve Gevaş AAT giriş ve çıkış sularında ölçülen TUKM değerleri Çizelge 1'de gösterilmiştir. TUKM giderim verimi ise Gevaş AAT için yağışlı ve kurak dönemde sırasıyla; %50, %62 iken Edremit AAT için ise %63 ve %71 olmuştur.

Çizelge 1. Edremit ve Gevaş AAT yağışlı dönem (Ocak 2021) ve kurak dönem (Temmuz 2021) AKM, TKM ve TUKM giderim verimleri

Lokasyon	Dönem	AKM			TKM			TUKM		
		Giriş mg/L	Çıkış mg/L	Verim %	Giriş mg/L	Çıkış mg/L	Verim %	Giriş mg/L	Çıkış mg/L	Verim %
Gevaş AAT	Yağışlı Dönem (Ocak 2021)	315.0	37.0	88	742.0	392.0	47	402.0	200.0	50
	Kurak Dönem (Temmuz 2021)	247	4	98	730	453	38	380	145	62
Edremit AAT	Yağışlı Dönem (Ocak 2021)	240.0	25.0	90	1020.0	700.0	31	570.0	212.0	63
	Kurak Dönem (Temmuz 2021)	207	33	84	853	707	17	520	150	71

3.5. Çözünmüş oksijen ve iletkenlik

Çözünmüş oksijen nehir, göl ve akarsu gibi yüzeysel su ortamlarında önemli parametrelerinden biridir. AAT çıkış suları alıcı su ortamlarına deşarj edildiği zaman bakteriler tarafından organik maddenin parçalanması sonucu çözünmüş oksijen azalır (Tanyol & Uslu, 2013). Sucul ortamda yaşayan canlılar için çözünmüş oksijen konsantrasyonunun en az 5 mg/L olması gerekmektedir (Kumar & Chopra, 2012). Gevaş AAT için yağışlı ve kurak dönemde giriş atıksuyundaki ÇO değerleri sırasıyla; 3.47 mg/L, 2.72 mg/L iken çıkış atıksuyunda ise ÇO değerleri sırasıyla; 6.82 mg/L, 4.8 mg/L dir. Edremit AAT yağışlı ve kurak dönem için giriş atıksuyunda ÇO değerleri sırasıyla; 1.86 mg/L, 1.2 mg/L iken çıkış atıksuyunda ÇO değerleri ise sırasıyla; 4.1 mg/L, 3.8 mg/L olmuştur. Bu verilere göre yağışlı dönem Gevaş AAT çıkış suları hariç diğer değerler 5 mg/L'nin altındadır. Çalışmamızda elde edilen ÇO (mg/L) ve elektriksel iletkenlik değerleri Çizelge 2' de verilmiştir. Elektriksel iletkenlik suda çözünmüş olan iyonların miktarını belirlemek için kullanılmaktadır. İletkenlik sucul ortamda yaşayan canlılar için tehdit oluşturan bir faktör değildir ancak farklı su kalitesi problemlerinin bir işaretçisi olarak kullanılabilir. Bir suyun sulama suyu olarak kullanılmasında önemli parametrelerden biri elektriksel iletkenliktir. Çünkü elektriksel iletkenlik iyon varlığı ve geçişi ile ilgili bir kavram olduğu için tuzluluk yani iyonik durum iletkenliği etkileyen faktörlerden birisidir. ABD Tuzluluk Laboratuvar Sistemi, sulama sularının sınıflandırılmasında sıklıkla kullanılmaktadır. Yaygın olan bu sisteme göre sular elektriksel iletkenliklerine göre dört başlık altında toplanmıştır. Bunlar az tuzlu 0-250 µS/cm, orta tuzlu 250-750 µS/cm, yüksek tuzlu 750 - 2250 µS/cm sulardır (Sağlam & Adiloğlu, 1997). Bu sisteme göre yağışlı mevsimde dönemde Gevaş giriş ve çıkış atıksuları orta tuzlu ancak Edremit giriş ve çıkış atıksuları ise yüksek tuzlu sular olarak

raporlanmıştır. Kurak dönemde ise Gevaş ve Edremit AAT'nin giriş ve çıkış suları orta tuzlu olarak bulunmuştur. İletkenlik için SKKY'de belirtilen herhangi bir limit değer bulunmamaktadır. Ayrıca mevsimlere bağlı oluşan değişimler, kar erimesi ve yağışlarla topraktan suya iyon geçişinin artması vb. nedenler, arıtma tesisi atıksularındaki iletkenlik değerinin mevsimlere göre değişken olmasına neden olmaktadır (Çepni, 2017).

Çizelge 2. Edremit ve Gevaş AAT yağışlı dönem (Ocak 2021) ve kurak dönem (Temmuz 2021) çözülmüş oksijen ve iletkenlik değerleri

Lokasyon	Dönem	Çözülmüş Oksijen		İletkenlik	
		Giriş mg/L	Çıkış mg/L	Giriş µS/cm	Çıkış µS/cm
Gevaş AAT	Yağışlı Dönem (Ocak 2021)	3.47	6.82	448	353
	Kurak Dönem (Temmuz 2021)	2.72	4.8	381	278
Edremit AAT	Yağışlı Dönem (Ocak 2021)	1.86	4.1	946	837
	Kurak Dönem (Temmuz 2021)	1.2	3.8	543	235

3.6. Sıcaklık

Sıcaklık, biyokimyasal reaksiyonların hızını, gazların çözünürlüğünü, suyun yoğunluğunu ve viskozitesini, suda yaşayan mikroorganizmaların aktivitelerini etkileyen önemli bir parametredir. Evsel atıksu arıtma tesislerinin sıcaklık değerleri 10 ila 30 °C arasında değişmektedir. Sıcaklık arttıkça mikroorganizma faaliyetleri ve üreme hızı artmaktadır (Öztemel & Düğenci, 2016). Sıcaklık suda yaşayan canlıların yaşamsal aktivitelerini etkileyerek fizyolojilerinin değişmesine sebep olur. Arıtma tesislerinde sıcaklık faktörü ön çökeltme ve son çökeltme havuzlarında askıdaki maddelerin çökmesini etkiler, ayrıca mikroorganizmaların aktivitelerini gerçekleştirebilmesi için önemlidir. Edremit ve Gevaş Atıksu Arıtma tesislerinin giriş ve çıkışlarında ölçülen su sıcaklıkları Çizelge 3'te gösterilmiştir. Sıcaklık için SKKY de belirtilen herhangi bir limit değer bulunmamaktadır. Colmenarejo ve ark. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada Las Rozas/Madrid AAT'nin 8 farklı bölgesinde 19 ay boyunca atıksu numuneleri alınmış, ilgili numunelerin sıcaklık değerleri birbirine yakın ve mevsim sıcaklığına bağlı olarak değiştiği gözlemlenmiştir.

Çizelge 3. Edremit ve Gevaş AAT yağışlı dönem (Ocak 2021) ve kurak dönem (Temmuz 2021) sıcaklık değerleri

Lokasyon	Dönem	Sıcaklık	
		Giriş (°C)	Çıkış (°C)
Gevaş AAT	Yağışlı Dönem (Ocak 2021)	8.0	8.8
	Kurak Dönem (Temmuz 2021)	19.0	22.2
Edremit AAT	Yağışlı Dönem (Ocak 2021)	11.7	10.6
	Kurak Dönem (Temmuz 2021)	19.0	24.7

3.7. Toplam azot, toplam fosfor

Endüstriyel üretim, insan atığı ve tarımsal faaliyetler sonucu atıksulara karışan azot formları nitrat (NO₃), nitrit (NO₂⁻) ve amonyumdur (NH₄⁺). Evsel atıksularda amonyak bileşiklerinin nitrifikasyonu nedeniyle yüksek konsantrasyonlarda nitrit bulunmaz. Toplam Azot, Kjeldahl-azotu, (NO₃) azotu ve (NO₂) azotunun toplamı şeklinde ifade edilir (Cırık & Eskikaya, 2018; Çepni, 2017). Toplam fosfor polifosfat, ortofosfat ve organik fosfatın toplamından oluşur. Yüzeysel sularda fosforun

kaynakları tarımsal faaliyetler, evsel ve endüstriyel atıksulardır. Fosfor, atıksulardan kimyasal ve biyolojik arıtma prosesleri ile giderilmektedir (Samsunlu, 2006).

Çizelge 4'te Gevaş ve Edremit Atıksu Arıtma Tesislerinin giriş ve çıkışlarından 2021 Ocak (yağışlı dönem) ve 2021 Temmuz (kurak dönem) aylarında alınan numunelere ait TN ve TP değerleri verilmektedir. SKKY'ye göre eşdeğer nüfusu 10 000 ila 100 000 kişi arasında değişen kent merkezli evsel atıksuların yüzeysel su ortamlarına deşarj standardı 2 mg/L TP ve 15 mg/L TN, eşdeğer nüfusu 100.000'den fazla olan yerleşim yerlerinin ki ise 1 mg/L TP ve 10 mg/L TN şeklindedir. Buna göre Gevaş AAT'nin 2021 yağışlı ve kurak dönemlerde ölçülen TN ve TP değerleri ile Edremit Arıtma Tesisinin 2021 yağışlı ve kurak dönemlerde ölçülen TP değeri yönetmelikte belirtilen sınır değerleri içerisinde, fakat Edremit AAT 2021 yağışlı ve kurak mevsimlerde ölçülen TN değeri yönetmelik sınırları dışındadır. Literatürde bizim çalışmamıza benzer bulgular da yer almaktadır.

Çepni (2017) tarafından yapılan çalışmada Doğu AAT giriş sularında TN; 36-62 mg/L; çıkış sularında ise 4-10 mg/L arasında, Batı AAT giriş sularında 36-74 mg/L; çıkış sularında ise 4-11 mg/L arasında olduğu bildirilmiştir. Yine aynı çalışmada TP değerlerinin Doğu AAT giriş sularında 5-8 mg/L; çıkış sularında 0.4-2.5 mg/L arasında Batı AAT'de ise giriş sularında 4.6-9 mg/L; çıkış sularında 0.4-2 mg/L arasında olduğu bildirilmiştir.

Çizelge 4. Edremit ve Gevaş AAT yağışlı dönem (Ocak 2021) ve kurak dönem (Temmuz 2021) TN ve TP değerleri

Lokasyon	Dönem	TN		TP	
		Giriş mg/L	Çıkış mg/L	Giriş mg/L	Çıkış mg/L
Gevaş AAT	Yağışlı Dönem (Ocak 2021)	31.0	10.0	5.21	0.83
	Kurak Dönem (Temmuz 2021)	52	7	10	1.1
Edremit AAT	Yağışlı Dönem (Ocak 2021)	75.0	21.0	10.4	0.95
	Kurak Dönem (Temmuz 2021)	67.0	11.0	11	0.28

3.8. Yağ ve gres, alkalinite ve sülfat

Gevaş ve Edremit AAT yağışlı dönem (Ocak 2021) ve kurak dönem (Temmuz 2021) aylarında alınan numunelerden elde edilen yağ ve gres, sülfat ve alkalinite değerleri Çizelge 5'te verilmiştir. SKKY deşarj standartlarına göre yağ ve gres 50 mg/L olarak baz alındığında her iki tesisin de çıkış değerlerinin standardın altında olduğu görülmektedir. Benzer bulgular literatürde mevcuttur (Üstün, 2006).

SKKY deşarj standartlarına göre sülfat değeri 1700 mg/L olarak ifade edilmiştir. Buna göre Edremit ve Gevaş AAT'nin 2021 yağışlı ve kurak dönemlerine ait sülfat çıkış değerleri de SKKY'de belirtilen limitler dahilindedir. Çizelge 5, Endüstriyel Atıksuyun Az Miktarda Karıştığı Tipik Evsel Atıksu Bileşenleri (Henze & Comeau, 2008) ile kıyaslandığında alkalinite açısından kuvvetli evsel atıksu özelliğine sahip olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 5. Edremit ve Gevaş AAT yağışlı dönem (Ocak 2021) ve kurak dönem (Temmuz 2021) yağ ve gres, sülfat ve alkalinite değerleri

Lokasyon	Dönem	Yağ ve Gres		Sülfat		Alkalinite	
		Giriş mg/L	Çıkış mg/L	Giriş mg/L	Çıkış mg/L	Giriş mg/L	Çıkış mg/L
Gevaş AAT	Yağışlı Dönem (Ocak 2021)	67.0	10.0	25.0	15.0	365.0	255.0
	Kurak Dönem (Temmuz 2021)	54.0	8.0	120.0	71.2	370.0	250.0
Edremit AAT	Yağışlı Dönem (Ocak 2021)	62.0	10.0	68.0	42.0	725.0	465.0
	Kurak Dönem (Temmuz 2021)	57.0	9.0	130.9	85.5	780.0	457.0

4. Sonuç

Bu çalışmanın amacı Van ilinde bulunan Edremit ve Gevaş AAT atıksularının karakterizasyonlarının belirlenmesi ve fizikokimyasal parametrelerinin SKKY'deki sınır değerlerle karşılaştırılmasıdır. Tesislerin çıkış suları pH açısından SKKY ile kıyaslandığında sınır değer olan 6 ila 9 arasında olduğu gözlenmiştir. Edremit ve Gevaş AAT çıkış sularında tespit edilen KOİ ve BOİ değerleri incelendiğinde ise SKKY'de belirtilen limit değerler arasında oldukları sonucuna ulaşılmıştır. Gevaş AAT'nin KOİ için ortalama giderim verimi %83, Edremit AAT için ise yaklaşık %80, Gevaş AAT'nin BOİ için ortalama giderim verimi %92, Edremit AAT için ise yaklaşık %86 olarak bulunmuştur. AKM giderim verimi Gevaş AAT için yağışlı ve kurak dönem için sırasıyla; %88, %98 iken Edremit AAT için ise %90 ve %84 olmuştur. Edremit ve Gevaş AAT'nin çıkış sıcaklıkları incelendiğinde sırasıyla kurak mevsimde 24.7 ve 22.2 °C yağışlı mevsimde ise 10.6 ve 8.8 °C olarak belirlenmiştir. KOİ, BOİ, AKM, TN ve TP parametrelerinin gideriminde sıcaklık önemli bir parametredir. Sıcaklığın düşmesi biyolojik arıtma prosesinde bulunan bakterilerin biyolojik faaliyetlerini etkileyerek biyolojik arıtım veriminin azalmasına neden olur. Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği'ne göre Gevaş AAT' nin kurak ve yağışlı dönemlerde ölçülen TN ve TP değerleri ile Edremit AAT'nin yağışlı ve kurak mevsimde ölçülen TP değeri yönetmelik sınırları içerisindedir. Fakat Edremit AAT' nin kurak ve yağışlı dönemde ölçülen TN değeri yönetmelik sınırları dışındadır. Gevaş ve Edremit AAT'lerinden kurak ve yağışlı döneminde alınan numunelerde ölçülen yağ ve gres ve sülfat değerleri SKKY deşarj standartlarına uyum sağlamaktadır.

Yapılan çalışma ile elde edilen sonuçların diğer atıksu arıtma tesisleri için yol gösterici olması amaçlanmış aynı zamanda AAT'lerden alıcı ortamlara deşarj edilecek atıksuyun daha zararsız ve hatta yeniden kullanılabilir olması için parametrelerin SKKY deşarj standartlarına uygunluğunun zaruri bir durum olduğu belirlenmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü' nün FYL-2020-9133 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

Kaynakça

- Ataklı, S., & Balık, İ. (2022). Ordu ili kentsel kıyı yerleşim yerlerinden denize verilen evsel atık su deşarjlarının araştırılması. *Aquatic Research*, 5(3), 186- 195. doi:10.3153/AR22018
- APHA. (2012) Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. 22nd Edition, American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.
- Cırık, K., & Eskikaya, O. (2018). Kahramanmaraş merkez atıksu arıtma tesisi giriş atıksuyunun karakterizasyonu. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21(4), 286-294. doi:10.17780/ksujes.477288
- Colmenarejo, M. F., Rubio, A., Sanchez, E., Vicente, J., Garcia, M. G., & Borja, R. (2006). Evaluation of municipal wastewater treatment plants with different technologies at Las Rozas, Madrid (Spain). *Journal of Environmental Management*, 81(4), 399-404. doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.11.007
- Çepni, A. G. (2017). *Bursa ili kentsel atıksu arıtma tesisleri performanslarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi*. (PhD), Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, Türkiye.
- Doğan, F. (2010). *Mevcut atıksu arıtma tesislerinin fosfor giderimi için rehabilitasyon seçeneklerin değerlendirilmesi*. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Su ve Toprak Yönetimi Dairesi Başkanlığı, Türkiye.
- Durak, A. (2020). *Evsel atık suların arıtılmasında biyolojik arıtma yönteminin uygulanması ve işletme sorunlarının incelenmesi Van ili örneği*. (Yüksek Lisans Tezi), Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, Türkiye.
- Durak, A., Özgüven, A., & Demir Yetiş, A. (2021). Van ili atıksu arıtma tesisleri işletme sorunları ve çözüm önerileri. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10(4), 1448-1463. doi:10.17798/bitlisfen.960183

- Eaton, A. (1995). Measuring UV-absorbing organics: a standard method. *Journal - American Water Works Association*, 87, 86 - 90. doi:10.1002/j.1551-8833.1995.tb06320.x
- Eren, B., Suroğlu, B., Ateş, A., İleri, R., & Keleş, R. (2007, Mayıs). *Adapazarı kentsel atıksu arıtma tesisi atıksuyunun karakterizasyonunun incelenmesi ve değerlendirilmesi*. Üniversite Öğrencileri 2. Çevre Sorunları Kongresi, İstanbul.
- Erkuş, A., Oygün, E., Türkmenoğlu, M., & Aldemir, A. (2018). Boya endüstrisi atıksularının karakterizasyonu. *Yüzcüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 23(3), 308-319.
- Henze, M., & Comeau, Y. (2008). Wastewater characterization. In M. Henze, M. C. M. van Loosdrecht, G. A. Ekama, D. Brdjanovic, N. Mahmoud, M. Moussa (Eds.), *Biological Wastewater Treatment: Principles Modelling and Design* (pp. 33-52). London, UK: IWA Publishing.
- Kavak, N. (2016). *Kayseri ili örneğinde, atık su arıtma tesislerinde uygulanan arıtma yöntemlerinin incelenmesi ve optimum yöntemin belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Nevşehir, Türkiye.
- Khan, N. A., Khan, S. U., Islam, D. T., Ahmed, S., Farooqi, I. H., Isa, M. H., ... & Dhingra, A. (2019). Performance evaluation of column-SBR in paper and pulp wastewater treatment: Optimization and bio-kinetics. *Desalination and Water Treatment*, 156, 204-219. doi:10.5004/dwt.2019.23775
- Kumar, V., & Chopra, A. K. (2012). Monitoring of physico-chemical and microbiological characteristics of municipal wastewater at treatment plant, Haridwar City (Uttarakhand) India. *Journal of Environmental Science and Technology*, 5(2), 109-118. doi:10.3923/jest.2012.109.118
- Momeni, S., Alimohammadia, M., Naddafia, K., Nabizadeha, R., Changania, F., Zareid, A., & Rahmatinia, M. (2019). Study of sludge from the largest wastewater treatment plant in the Middle East (southern Tehran, Iran) based on chemical and microbiological parameters for use in agriculture. *Desalination Water Treatment*, 160, 153-160. doi:10.5004/dwt.2019.24369
- Mulkerrins, D., Dobson, A. D. W., & Colleran, E. (2004). Parameters affecting biological phosphate removal from wastewaters. *Environment International*, 30(2), 249-259. doi:10.1016/S0160-4120(03)00177-6
- Öz, A. (2009). *Atıksu arıtma tesislerinde verimlilik kontrolü ve işletme sorunları*. (Yüksek Lisans Tezi), Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, Türkiye.
- Özkan, O., Oğuz, M., & Özdemir, Ö. (2012). Characterization and assessment of a large-scale domestic advanced wastewater treatment plant in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(9), 5275-5281. doi:10.1007/s10661-011-2338-6
- Öztemel, E., & Dügenci, M. (2016, Kasım). *Atıksu arıtma tesis kontrolde yapay sinir ağı ile kirlilik parametre tahmini*. 3rd International Symposium on Environment and Morality, Alanya, Türkiye.
- Sağlam, M. T., & Adiloğlu, A. (1997). *Su Kalitesi*. Tekirdağ, Türkiye: Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Salem, I.B., Ouardani, I., Hassine, M., Aouni, M. (2011). Bacteriological and physico-chemical assessment of wastewater in different region of Tunisia: Impact on human health. *BMC Research Notes*, 4, 144. doi:10.1186/1756-0500-4-144
- Samsunlu, A. (2006). *Atık Suların Arıtılması*. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Sawyer, C. N., McCarthy, P. L., & Parkin, G. F. (2003) *Chemistry for Environmental Engineering and Science* (5th ed.). New York, USA: McGraw-Hill.
- Sekaran, G., Ramani, K., Kumar, A. G., Ravindran, B., Kennedy, L. J., & Gnanamani, A. (2007). Oxidative destabilization of dissolved organics and *E. coli* in domestic wastewater through immobilized cell reactor system. *Journal of Environmental Management*, 84(2), 123-133. doi:10.1016/j.jenvman.2006.05.012
- SKKY. (2004). *Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği*. 31.12.2004 Tarih ve 25687 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Şama, A. (2017). *Taşköprü (Kastamonu) atıksu arıtma tesisi için proje aşamasında öngörülen ve mevcut durumda sağlanan verimin sürekliliğinin karşılaştırılması*. (Uzmanlık Tezi), İller Bankası Anonim Şirketi, Türkiye.

- Tanyol, M., & Uslu, G. (2013). Tunceli evsel atıksu arıtma tesisinin arıtma etkinliğinin değerlendirilmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(2), 24-29.
- Tatar, Ş., & Sağlam, M. (2020). Kızıltepe ileri biyolojik atıksu arıtma tesisinin KOİ, BOİ₅ ve AKM yönünden işletme verimliliğinin değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 20, 265-269. doi:10.31590/ejosat.770260
- Tekeli, A. N., & Arslan, A. (2008). Characterization and assessment of “Kullar Domestic Wastewater Treatment Plant” wastewaters. *Environmental Monitoring and Assessment*, 138(1), 191-199. doi:10.1007/s10661-007-9763-6
- Topal, M., & Topal, E. I. A. (2011). 2010-2011 kış sezonunda Elazığ Belediyesi atıksu arıtma tesisinin bazı parametrelerle değerlendirilmesi. *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi*, 32(2), 1-12.
- Üstün, G. E. (2006). *Bursa Organize Sanayi Bölgesi (BOSB) atık su arıtma tesisi çıkış sularının geri kazanılabilirliğinin araştırılması*. (PhD), Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, Türkiye.
- Zhang, T., Ding, L., Ren, H., & Xiong, X. (2009). Ammonium nitrogen removal from coking wastewater by chemical precipitation recycle technology. *Water Research*, 43(20), 5209-5215. doi:10.1016/j.watres.2009.08.054
- Zhang, X., Huang, J., Lin, L., Liu, S., Wang, Y., Zhang, S., (2020). A typical case study of the operational performance of municipal wastewater treatment plant in China. *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering*, 15(S1), e2476. doi:10.1002/apj.2476