



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**KONYA KENTİ ATIKSU ARITMA
TESİSİNDE BAZI AĞIR METALLERİN
GİDERİMİNİN İNCELENMESİ**

İSA GÜL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

**Ağustos-2018
KONYA
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ KABUL VE ONAYI

İsa GÜL tarafından hazırlanan “KONYA KENTİ ATIKSU ARITMA TESİSİNDE BAZI AĞIR METALLERİN GİDERİMİNİN İNCELENMESİ” adlı tez çalışması 02/08/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. Şükrü DURSUN

Danışman

Prof. Dr. Ali TOR

Üye

Prof. Dr. Senar AYDIN

İmza

.....

.....

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Ahmet AVCI
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all materials and results that are not original to this work.

İsa GÜL
İmza

02.08.2018

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KONYA KENTİ ATIKSU ARITMA TESİSİNDE BAZI AĞIR METALLERİN GİDERİMİNİN İNCELENMESİ

İsa GÜL

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ali TOR

2018, 30 Sayfa

Jüri

Danışman: Prof. Dr. Ali TOR
Prof. Dr. Şükrü DURSUN
Prof. Dr. Senar AYDIN

Bu çalışmada, Cu, Ni, Cr, Pb, Zn, Cd, Fe, Mn gibi ağır metallerin Konya Kenti Atıksu Arıtma Tesisinde (AAT) giderim verimleri araştırılmıştır. Bu amaçla, 2016 yılının Şubat-Ekim ayları arasında AAT'ye gelen ham atıksu, fiziksel arıtım sonrası atıksu ve çamuru, biyolojik arıtım sonrası atıksu ve çamuru ile tesisteki çamur arıtım işlemleri sonucunda oluşan nihai stabilize çamur numunelerinde Cu, Ni, Cr, Pb, Zn, Cd, Fe, Mn miktarları tayin edilmiştir. Buna bağlı olarak, hem fiziksel arıtımda hem de biyolojik arıtımda ağır metal giderim verimlerinin belirlenmesi yanında, ağır metallerin ne kadarının çamur fazına geçtiği belirlenmiştir. Son çökeltim tankı çıkış suyu (arıtılmış su) dikkate alındığında, tesisin incelenen ağır metaller için giderim veriminin Cu (%87) > Ni (%84) > Fe (%82) > Cr (%77) \approx Cd (%77) > Mn (%72) > Zn (%60) > Pb (%55) şeklinde sıralandığı tespit edilmiştir. Buna ilave olarak, AAT'nin askıda katı madde, Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı ve Kimyasal Oksijen İhtiyacı giderim verimlerinin sırasıyla %97, %96 ve %95 olduğu tespit edilmiştir. ATT'den çıkan arıtılmış atıksudaki ağır metal konsantrasyonlarının Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde belirtilen deşarj standartlarını sağladığı tespit edilmiştir. Nihai stabilize edilmiş çamurdaki ağır metal seviyelerinin ise Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik'te belirtilen sınır değerlerinin altında kaldığı tespit edilmiştir. Bu sonuç, arıtma çamurunun toprak iyileştirici materyal olarak güvenli bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Ağır metaller, Arıtma çamuru, Atıksu arıtma tesisi.

ABSTRACT

MS THESIS

INVESTIGATION ON THE REMOVAL OF SOME HEAVY METALS IN WASTEWATER TREATMENT PLANT OF KONYA CITY

İsa Gül

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN ENVIRONMENT ENGINEERING**

Advisor: Prof. Dr. Ali TOR

2018, 30 Pages

Jury

Advisor: Prof. Dr. Ali TOR

Prof. Dr. Şükrü DURSUN

Prof. Dr. Senar AYDIN

In this thesis, the removal of some heavy metals, including Cu, Ni, Cr, Pb, Zn, Cd, Fe and Mn, from wastewater in Konya Wastewater Treatment Plant was investigated. For that, the heavy metal concentrations of the raw wastewater and effluents from primary and secondary settling tanks and sludge samples were determined during the sampling period from February to November 2016. The removal efficiency of wastewater treatment plant for the investigated heavy metals was found as Cu (87%) > Ni (84%) > Fe (82%) > Cr (77%) ≈ Cd (77%) > Mn (72%) > Zn (60%) > Pb (55%). Additionally, the removal efficiency of treatment plant for the suspended solid, biochemical oxygen demand and chemical oxygen demand were 97%, 96% and 95%, respectively. The heavy metal concentration of effluent from the treatment plant was lower than those reported in Turkish Water Pollution and Prevention Regulation. It was also found that the heavy metal content of stabilized sludge were lower than those reported in the regulation on the use of stabilized sewage sludge for soil, which shows that the sludge can be safely used as a soil conditioner material.

Keywords: Heavy metals, Sewage sludge, Wastewater treatment plant.

ÖNSÖZ

Tez çalışması süresince her türlü yardım ve desteğini esirgemeyen, sabır, hoşgörü ve iyi niyetini hissettiğim kıymetli Hocam Prof. Dr. Ali TOR'a ve laboratuvar-saha çalışmalarında göstermiş olduğu kolaylıklardan ve anlayışından dolayı Şube Müdürüm Dr. Serdar KOYUNCU'ya teşekkür ederim.

İsa GÜL
KONYA, 2018



İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı ve Önemi	2
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Atıksuların oluşumu ve bileşenleri	3
2.2. Evsel atıksuların arıtılması	4
2.2.1. Fiziksel arıtım	4
2.2.2. Biyolojik arıtım	5
2.3. Arıtma çamurlarının bertarafı	5
2.4. Ağır metaller	6
2.5. AAT'lerde ağır metallerin giderimi ile ilgili yapılan bazı çalışmalar ...	7
3. MATERYAL ve YÖNTEM	11
3.1. Konya atıksu arıtma tesisinin tanıtımı	11
3.2. Numune alma işlemleri	13
3.3. Deneylerde kullanılan kimyasallar	13
3.4. Deneylerde kullanılan cihazlar	14
3.5. Analitik metotlar	14
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	16
4.1. Atıksu numunelerindeki ağır metal konsantrasyonları ve giderim verimleri	16
4.2. Çamur numunelerindeki ağır metal miktarları	21
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	25
KAYNAKLAR	26
ÖZGEÇMİŞ	30

1.GİRİŞ

Kentsel atıksular, endüstriyel kaynaklı ağır metalleri ve eser düzeydeki sentetik organik kirleticileri içermektedirler. İçeriğinde ağır metal bulunan atıksuların arıtılmadan alıcı su ortamlarına deşarj edilmesi sucul yaşamı olumsuz yönde etkilemekle kalmayıp, ağır metal miktarları besin zincirindeki biyoakümülyasyon sonucunda daha da artarak insan sağlığını tehdit eder boyutlara ulaşabilmektedir (Malik, 2004). Konvansiyonel atıksu arıtma tesislerinde (AAT), ağır metallerin giderimi birincil (fiziksel) arıtımda partikül maddeler üzerine adsorpsiyon ve biyolojik arıtımda biyosorpsiyon ile olmaktadır. Biyolojik atıksu arıtma prosesi karbon, azot ve fosfor miktarını azaltmak için tasarlanır. Bu yüzden ağır metallerin biyolojik arıtımla giderimi ilave bir avantaj olarak kabul edilmektedir (Chipasa, 2003; Loos ve ark., 2013). Bununla birlikte, atıksuların arıtılması sonucu sulu halde, katı madde içeriği arıtma işlemlerine göre değişebilen bir atık olan arıtma çamurları da oluşmaktadır. Bu şekilde ortaya çıkan arıtma çamurları stabilize edildikten sonra, bünyelerindeki azot, fosfor ve organik maddeler sayesinde toprakların tarıma daha elverişli hale gelmesinde veya toprağın yapısını iyileştirme amacıyla kullanılabilirler. Buna karşılık, atıksu arıtma tesislerinde uygulanan işlemlere ve arıtılan atıksuyun kompozisyonuna bağlı olarak hem organik hem de inorganik kirleticiler arıtma çamurlarının bünyesinde konsantre hale gelmektedirler. Bu şekildeki arıtma çamurlarının toprak iyileştirme amaçlı kullanılması durumunda, uygulandıkları toprakta yaşayan canlılar ve toprağın verimliliği üzerinde olumsuz etkilere de sebep olabilmektedir. Arıtma çamurlarının toprak iyileştirici olarak kullanılması için bünyelerindeki ağır metaller ile ilgili sınır değerler Avrupa Birlięinin 86/278/EEC direktifinde 1986 yılında yayımlanmış olmakla birlikte, 2000 yılında bazı metaller için yeni sınır değerler önerilmiştir (EC, 1986; EU, 2000). Ülkemizde ise, stabilize edilmiş arıtma çamurlarının toprak iyileştirmede kullanılması için ağır metaller ile ilgili izin verilen sınır değerler Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelikte belirtilmiştir (2010). Konya Kenti AAT'de atıksular fiziksel arıtım ve ardından uygulanan klasik aktif çamur sisteminden oluşan biyolojik arıtım sayesinde arıtılmaktadır. AAT'de atıksuların arıtımı sonucu oluşan çamur ise ön yoğunlaştırma, anaerobik çürütme, son yoğunlaştırma ve santrifüj dekantörlerden geçirilerek susuzlaştırma işlemleri ile arıtılmaktadır. Tüm bu bilgiler dikkate alındığında, Konya Kenti AAT'de atıksulardan ağır metallerin giderimi ve çamurdaki seviyelerinin belirlenmesi önem taşımaktadır.

1.1. Tezin Amacı ve Önemi

Konya Kenti AAT'nin fiziksel ve biyolojik arıtım kademelerinde atıksudan ağır metallerin gideriminin yanısıra, fiziksel ve biyolojik arıtım sonucunda oluşan çamurdaki ağır metal seviyelerinin de araştırılması tezin amacını oluşturmaktadır. İncelenen ağır metaller; Cd, Pb, Cu, Ni, Zn, Cr, Mn ve Fe'den oluşmaktadır. Belirtilen ağır metaller için tesisin giderim veriminin tespit edilmesi yanında, arıtılan atıksudaki ve oluşan çamurdaki ağır metal konsantrasyonlarının yönetmeliklerde verilen sınır değerler ile mukayese edilmesi de hedeflenmiştir.

Ağır metallerin çevreye yayılımında etkili olan endüstriyel faaliyetler arasında metal kaplama, deri işleme, demir-çelik sanayi, gübre, tekstil vb. gibi faaliyetler yer almaktadır. Bu faaliyetler sonucunda, çevreye bırakılan ağır metaller arasında en çok karşılaşılanları Pb, Cd, Cr, Ni, Zn ve Cu'dur. Ağır metaller toksik olmaları ve besin zincirinde artan konsantrasyonlarda birikebilme özellikleri nedeniyle, önemli çevre kirleticileri arasında yer almaktadırlar (Malik, 2004). Kentsel atıksular, ağır metalleri ve mikro seviyedeki organik kirleticileri içerirler. Bu kirleticiler, atıksuların AAT'lerdeki fiziksel ve biyolojik olarak arıtımları sonucunda açığa çıkan çamurda konsantre olarak birikmektedir. Bu şekilde çamurda konsantre olan organik ve inorganik kirleticiler toprakta yaşayan organizmalara ve yetiştirilen ürünün verimine olumsuz etki yapabilirler ve besin zincirinde üst kademelere kadar artan konsantrasyonlarda taşınabilirler. Bu sebepten dolayı, arıtma çamurlarının araziye uygulanabilmesi için bünyelerinde bulunmasına izin verilen maksimum ağır metal konsantrasyonları hem Avrupa Birliği tarafından yayımlanan direktif ve raporlarda hem de Ülkemizdeki AAT arıtma çamurlarının toprakta kullanılmasına dair yönetmelik tarafından düzenlenmiştir. Bu bilgiler dikkate alındığında, atıksu arıtma tesislerinde atıksulardan metallerin giderimi ve oluşan çamurdaki konsantrasyonlarının belirlenmesi ve izlenmesi önem taşımaktadır. Buna bağlı olarak, tez kapsamında Cd, Pb, Cu, Ni, Zn, Cr, Mn ve Fe'nin Konya Kenti AAT'de atıksudan giderimleri ve arıtma ünitelerinde oluşan çamurlara geçen miktarları belirlenmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Atıksuların Oluşumu ve Bileşenleri

Atıksular, suların, evsel ve endüstriyel amaçlı kullanılması sonucu kirlenmesi neticesinde oluşmaktadır (Samsunlu, 2006). Evsel atıksuların bünyesinde, askıda ve çözülmüş haldeki organik ve inorganik maddeler bulunmaktadır. Evsel atıksuların kompozisyonu, mevsimsel şartlara, insanların hayat standartlarına ve alışkanlıklarına bağlı olarak değişebilmektedir. Şehirlerin kanalizasyon şebekelerine endüstriyel atıksuların verilmesi, evsel atıksuların özelliklerini değiştirmektedir. Evsel nitelikli atıksuların özelliklerini oluşturan fiziksel, kimyasal ve biyolojik bileşenler Çizelge 2.1’de verilmiştir (Metcalf & Eddy, 2003).

Çizelge 2.1. Evsel nitelikli atıksuların bileşenleri (Metcalf & Eddy, 2003).

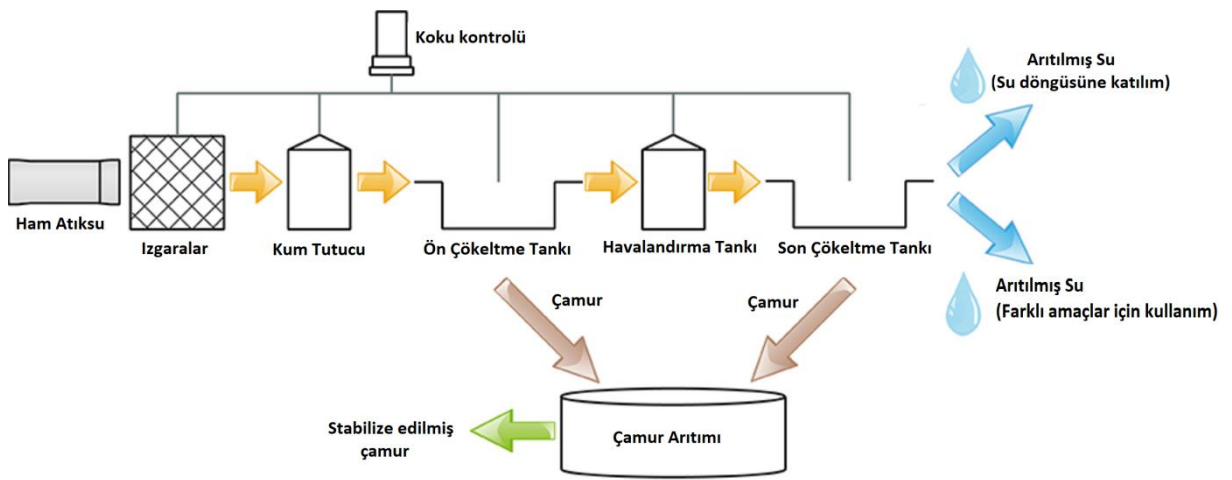
Fiziksel Bileşenler	Kimyasal Bileşenler			Biyolojik Bileşenler
	Organik yapıda olanlar	İnorganik yapıda olanlar	Gaz halinde olanlar	
Katı maddeler	Karbonhidratlar	Azot	Metan	Bakteriler
Sıcaklık	Yağlar	Fosfor	Hidrojen sülfür	Virüsler
Renk	Pestisitler	Ağır metaller	Oksijen	
Koku	Proteinler	Klorür		
	Yüzey aktif maddeler	Sülfat		

Atıksu arıtma tesislerinin verimleri takip edilirken yukarıda belirtilen parametrelerin analizleri pratik değildir. Buna bağlı olarak, arıtma tesislerinin performansları takip edilirken kullanılan parametreler; biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), askıda katı madde (AKM), pH, toplam azot ve toplam fosfor’dur (Sinan, 2010).

Endüstriyel atıksuların özellikleri ise her bir endüstri türü için farklılıklar göstermektedir. Aynı türdeki endüstrilerde de farklı nitelikteki hammaddelerin ve proseslerin kullanılması, ortaya çıkan atıksuların farklı özellikte olmasına yol açabilmektedir. Ayrıca, endüstriyel atıksuların debisinde geniş aralıklarda olan dalgalanmalara da sıklıkla rastlanmaktadır.

2.2. Evsel atıksuların arıtılması

Şehirlerdeki evlerden ve endüstri kuruluşlarından kaynaklanan atıksular kanalizasyon şebekeleri vasıtasıyla toplanarak arıtma tesislerine ulaştırılırlar. Arıtma tesislerinde kullanılan prosesler, atıksuyun kompozisyonuna göre farklılık gösterebilmektedir. Evsel nitelikli atıksuların arıtımı için genel olarak kullanılan prosesler; mekanik, biyolojik ve kimyasal proseslerden oluşmaktadır. Bu prosesler bireysel olarak kullanılabilir gibi ardarda gelecek şekilde de kullanılabilir. Klasik bir evsel ATT akım şeması Şekil 2.1.'de gösterilmiştir (Gandiglio ve ark., 2017).



Şekil 2.1. Klasik bir evsel ATT akım şeması (Gandiglio ve ark., 2017).

2.2.1. Fiziksel arıtım

Atıksu bünyesinde bulunan ve daha sonraki arıtma proseslerini engelleyebilen ve ekipmanları bozabilen nitelikteki katı maddelerin atıksudan ayrılması için kullanılan işlemlerden oluşan arıttır. Fiziksel arıttır oluşturan birimler aşağıda sıralanmıştır.

- Kaba-ince ızgaralar
- Kum-yağ tutucular
- Ön çökeltme tankları
- Flotasyon üniteleri

2.2.2. Biyolojik arıtım

Biyolojik arıtım, atıksu içerisindeki organik maddelerin, mikroorganizmalar tarafından kullanılarak atıksudan uzaklaştırılmaları işlemi olarak tanımlanabilir. Mikroorganizmaların arıtımı gerçekleştirebilmeleri için sıcaklık, pH, çözülmüş oksijen gibi parametrelerin seviyeleri de önem taşımaktadır. Biyolojik arıtımın gerçekleştirilmesinde kullanılan teknikler;

- Aktif çamur prosesleri,
- Havalandırmalı lagünler,
- Damlatmalı filtreler,
- Stabilizasyon havuzlarıdır (Öztürk ve ark., 2006).

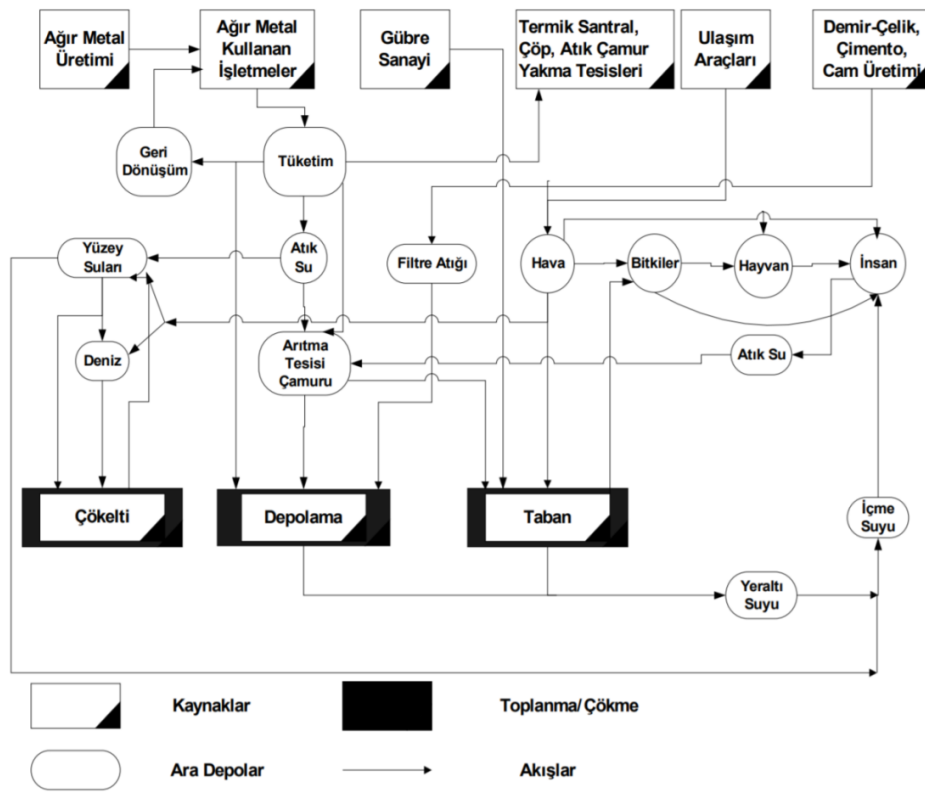
2.3. Arıtma çamurlarının bertarafı

Atıksuların yukarıda belirtilen fiziksel ve biyolojik arıtmaları sonucu oluşan çamurların uygun şekilde bertarafı için ilk önce nem içeriğinin azaltılması gerekmektedir. Bunun için başlıca kullanılan teknikler arasında yoğunlaştırma, şartlandırma, susuzlaştırma ve kurutma yöntemleri sıralanabilir. Su içeriği azaltılan çamurun organik içeriğinin de azaltılarak kararlı hale getirilmesi için kullanılan teknikler arasında ise yakma, kompostlaştırma ve stabilizasyon teknikleri bulunmaktadır. Bu yöntemlerin yanı sıra, belirli oranda susuzlaştırılmış arıtma çamurlarının gerekli analizlerinin yapılmasını müteakip özelliğine uygun düzenli depolama alanlarında depolanarak nihai bertarafı da mümkün olmaktadır.

Arıtma çamurlarının nihai uzaklaştırılmasında en fazla kabul gören teknolojilerin birincisi, çamurun gazlaştırma veya birlikte yakma yöntemleri ile enerji kaynağı olarak kullanılması, ikincisi ise toprak iyileştirici materyal olarak kullanılmasıdır. Arıtma çamurlarının toprak iyileştirici olarak kullanılması durumunda azot, fosfor ve potasyum içeriklerini esas alan gübre değeri önem taşımaktadır. Çamurların anaerobik çürütme sistemleri ile stabilizasyonunda ise pH, alkalinite ve organik asit içerikleri izlenmesi gereken parametreler arasında bulunmaktadır. Çamurların uygun olmayan miktarlardaki nutrient içerikleri, ağır metaller ve toksik organik bileşikler ile patojen mikroorganizmaların varlığı, söz konusu çamurların toprak iyileştirme amaçlı kullanımını sınırlandırmaktadır (Öztürk ve ark., 2006).

2.4. Ağır metaller

“Ağır metal” terimi yoğunluğu 5 g/cm^3 'ten daha fazla olan Cr, Ni, Zn, Cd, Co, Cu, Fe, Hg gibi metalleri kapsamaktadır. Bu metaller yer kürede genellikle karbonat, oksit, silikat ve sülfürlü bileşikleri halinde bulunmaktadır. Ağır metaller, su kaynaklarına ve diğer çevre ortamlarına evsel ve endüstriyel atıksular, katı atık depolama sahalarında oluşan sızıntı suları, zirai ilaç uygulamaları ve arıtma çamurlarının toprak iyileştirici olarak kullanılmaları gibi antropojenik kaynaklardan karışmaktadır (Özcan ve ark., 2011). Ağır metallerin çevreye yayılmasında etkili olan endüstriler arasında çimento üretimi, demir çelik sanayi, termik santraller, cam üretimi, çöp ve atık çamur yakma tesisleri bulunmaktadır. Ağır metallerin değişik sektörlerden ve kaynaklardan çevreye yayılımı Şekil 2.2.'de gösterilmiştir (Kahvecioğlu ve ark., 2009).



Şekil 2.2. Ağır metallerin değişik sektörlerden ve kaynaklardan çevreye yayılımı (Kahvecioğlu ve ark., 2009).

Atıksular arıtıldığında, bünyelerindeki ağır metallerin bir miktarı arıtma çamuruna geçmektedir. Çamurlar depolandığında bünyelerindeki ağır metallerin bir kısmı çeşitli mekanizmalar ile yeraltı sularına karışabilmektedir. Arıtılmış suda kalan

kısımları ise yüzeysel sulara ve toprağa ve dolayısıyla besin zinciri sayesinde bitkilere, hayvanlara ve insanlara geçebilmektedir. İnsan vücuduna giren ağır metaller, vücuttan atılmamakta ve yağ-kemik dokularında birikebilmektedirler. Vücuttaki ağır metallerin miktarları eşik değerleri aştığında zararlı etkileri ortaya çıkmaktadır. Ağır metallerin insan sağlığına olabilecek olumsuz etkileri; sinir sistemi rahatsızlıkları, kemik, kalp, damar hastalıkları, beyin ve böbrek fonksiyonlarında bozulmalar, Alzheimer ve çeşitli kanser oluşumları şekilde sıralanabilmektedir (Bakar ve Baba, 2009).

Ağır metallerin insan sağlığı üzerine olan olumsuz bu etkilerinden dolayı, su kaynaklarında, toprakta ve toprağın yapısını iyileştirme amaçlı kullanılacak arıtma çamurlarındaki izin verilen ağır metal miktarları ile ilgili yasal düzenlemeler yapılmıştır. Örneğin, Avrupa Birliği, stabilize edilmiş arıtma çamurlarının arazide kullanılması durumunda çamur bünyesinde bulunmasına müsaade edilen maksimum ağır metal miktarlarını şu şekilde sıralamıştır: Kadmiyum ve Civa (10 mg/kg kuru madde), krom ve bakır (1000 mg/kg kuru madde), nikel (300 mg/kg kuru madde), kurşun (750 mg/kg kuru madde) ve çinko (2500 mg/kg kuru madde)'dir (EU, 2000). Ülkemizde ise arıtma çamurlarının toprak iyileştirme amaçlı kullanılabilmesi için izin verilen maksimum ağır metal miktarları da Avrupa Birliği tarafından belirtilen ve yukarıda ifade edilen değerler ile aynıdır.

2.5. AAT'lerde Ağır Metallerin Giderimi ile İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar

Brown ve Lester (1979) ve Wang ve ark. (1999)'ne göre konvansiyonel AAT'nin ağır metal giderim etkinliği, metal iyonu konsantrasyonuna, metal iyonu türüne, pH'a, çözünmüş organik madde tür ve miktarına bağlıdır. Bu sebepten dolayı, biyolojik arıtma sistemi ile atıksulardan ağır metallerin giderimi çok değişkendir ve AAT çıkış suyundaki ağır metal konsantrasyonları insan ve su ortamındaki canlı yaşamı için kanserojen ve toksik etki yapabilecek düzeyde bulunabilmektedir. Buna bağlı olarak, ağır metallerin AAT çıkış suyunda ve arıtma çamurunda izlenmeleri önem taşımaktadır. Bu konuda literatürde yer alan çalışmalardan bazıları aşağıda belirtilmiştir.

Karvelas ve ark. (2003), Yunanistan'ın Selanik Kenti AAT'de ağır metallerin giderimlerini incelemişlerdir. Bu amaçla ham atıksu, ön çökeltme havuzu çıkış suyu ve çamuru, son çökeltme havuzu çıkış suyu ve çamuru ve nihai çamurdan numuneler alınmıştır. Alınan bu numunelerdeki Cd, Pb, Mn, Cu, Zn, Fe ve Ni miktarları tayin edilerek, ağır metallerin atıksu ve çamur fazındaki dağılımları belirlenmiştir. İncelenen

metaller arasında Mn ve Cu'nun %70 oranında, Cd, Cr, Pb, Fe, Ni ve Zn'nin ise %47-63'lük oranlarda çamur fazında bulunduğu tespit edilmiştir. Arıtımın her aşamasında atıksu numunelerindeki ağır metallerin konsantrasyon sıralamasının Cd<Cr<Pb<Mn<Ni<Cu<Zn<Fe şeklinde olduğu ifade edilmiştir. Nihai çamurdaki ağır metallere Zn hariç diğerlerinin miktarlarının ilgili mevzuatta belirlenen sınır değerlerin altında olduğu belirtilmiştir.

Kulbat ve ark. (2003), Polonya'nın Gdansk Şehri'ndeki AAT'den alınan atıksu ve çamur numunelerinde ağır metal düzeylerini belirlemiştir. 2000 ve 2001 yıllarında ham atıksu, birincil arıtım çıkış suyu ve çamuru, ikincil arıtım çıkış suyu ve çamurundan alınan numunelerde Zn, Cu, Pb, Cd, Cr, Ni, Ag'nin tayini yapılmıştır. Ham atıksuda Zn ve Cu konsantrasyonlarının oldukça yüksek çıktığı, ham atıksudaki ve birincil arıtım çıkış suyundaki ağır metal konsantrasyonlarının Zn>Cu>Cr>Pb>Ni>Ag>Cd şeklinde sıralandığı belirtilmiştir. Çamur numuneleri için sıralamanın ise, birincil arıtım çamurunda Zn>Cu>Cr>Ag>Pb>Ni>Cd, biyolojik arıtım çamurunda Zn>Cu>Pb>Cr>Ag>Ni>Cd şeklinde olduğu belirtilmiştir.

Buzier ve ark. (2006), AAT'lerde yüksek oranda fosfat giderimi için kullanılan FeCl₃ çözültisi içinde önemli miktarda Co, Cr, Cu, N, ve Pb'nin bulunduğunu ve bu durumun AAT çıkış suyundaki metal konsantrasyonlarının artmasına sebep olduğunu belirtmişlerdir.

Hanay ve Hasar (2007) tarafından Kayseri Kenti AAT'den alınan stabilize edilmiş nihai arıtma çamurunun toprak iyileştirici olarak kullanılma potansiyeli araştırılmıştır. Tesisten alınan çamur numunelerinde çeşitli ağır metal konsantrasyonları tayin edilmiş ve çamurun stabilitesi spesifik oksijen tüketim hızının belirlenmesiyle incelenmiştir. Ele alınan ağır metallere Cu ve Pb miktarlarının sırasıyla 1750 ve 1200 mg/kg olduğu ve bu değerlerin yönetmelikte belirtilen sınır değerlerden daha yüksek olduğu rapor edilmiştir. Buna ilave olarak, incelenen çamurun spesifik oksijen tüketim hızının 0.62 mg/(g katı madde.saat) olduğu, dolayısıyla çamurun stabil olduğu ifade edilmiştir.

Chen ve ark. (2008) tarafından Çin'de bulunan beş farklı AAT'den alınan arıtma çamurlarındaki ağır metallerin miktarları tayin edilmiştir. Arıtma çamurlarının organik madde, azot ve fosfor içerikleri bakımından oldukça zengin olduğu, incelenen AAT'lerden bir tanesinde ağır metallerin konsantrasyonlarının yüksek olduğu, Cd miktarının yönetmelikteki sınır değerleri aştığı belirtilmiştir.

Egiarte ve ark. (2008) tarafından İspanya'da bulunan bir AAT'den alınan arıtma çamurundaki Cu, Zn, Cd, Pb, Cr, Ni, Mn miktarları tayin edilmiştir. Çamurun Zn içeriğinin Avrupa Birliği'nce önerilen sınır değerleri aştığı belirtilmiştir. Çamurun toprağa uygulanması durumunda topraklardaki Zn, Cd, Cr ve Ni için verilen sınır değerlerin aşıldığı ifade edilmiştir.

Hassani ve ark. (2010), atıksuların aktif çamur sistemi ile arıtılmasında Cr, Pb ve Ni'nin giderimlerini araştırmışlardır. %96 KOİ giderim verimiyle çalışan aktif çamur sistemine 1 mg/L konsantrasyonda olacak şekilde ağır metaller ilave edilmiş ve sistemin giderim verimi incelenmiştir. Mikroorganizmalar kısa sürede bu ortama adapte olmuş ve Cr, Pb ve Ni giderim verimliliğinin sırasıyla %84, %75 ve %80 oranında olduğu belirtilmiştir. Ağır metal konsantrasyonlarının 5 mg/L'ye çıkarılması durumunda ise Cr, Pb ve Ni giderim verimliliğinin sırasıyla %90, %84 ve %87 olarak belirlendiği rapor edilmiştir.

Özcan ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada Konya'da faaliyet gösteren Başarakavak ve Konya kentsel AAT'lerinde oluşan arıtma çamurlarındaki öncelikli organik kirleticiler arasında yer alan olan Poliklorlu bifeniller (PCB)'lerin, Poliaromatik hidrokarbon (PAH)'ların ve ağır metallerin (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) miktarları tayin edilmiş ve arıtma çamurlarının toprak iyileştirme amaçlı kullanılabilirliği araştırılmıştır. Buna ilave olarak, arıtma çamurlarının çevrede oluşturabileceği etki ekotoksikolojik testler kullanılarak incelenmiştir. Özellikle Konya AAT'deki arıtma çamurunda toplam 7 adet PCB kongenerinin ve toplam 20 adet PAH bileşiğinin miktarlarının sırasıyla 0.05-0.56 mg/kg kuru madde ve 1.81-12.75 mg/kg kuru madde aralığında olduğu tayin edilmiştir. Ağır metal konsantrasyonlarının ise arıtma çamurlarının toprakta kullanılmasına dair hem ülkemiz hem de Avrupa Birliği tarafından kullanılan yönetmelikte belirtilen sınır değerleri aşmadığı tespit edilmiştir.

Yoshida ve ark. (2015), Danimarka'daki konvansiyonel bir AAT'de ve arıtma çamuru arıtım prosesinde toplam organik karbon (TOK) ve 32 elementi izlemişlerdir. TOK, azot ve LAS gibi biyolojik aktif maddelerin biyolojik arıtım prosesinde önemli bir kısmının (%20 TOK, %68 azot, %80 LAS) giderildiği belirlenmiştir. Bununla birlikte Ca, Cl, K, Mg ve Na elementlerinin yüksek derecede çözünür tuz formunda olduklarından dolayı, AAT çıkış suyunda olduğu gibi kaldıkları, Mn, Ni, Sb gibi elementlerin AAT çıkış suyu ve çamur arasında eşit dağılım gösterdiği, araştırmadaki diğer bileşenlerin tamamen arıtma çamurunda biriktiği belirtilmiştir.

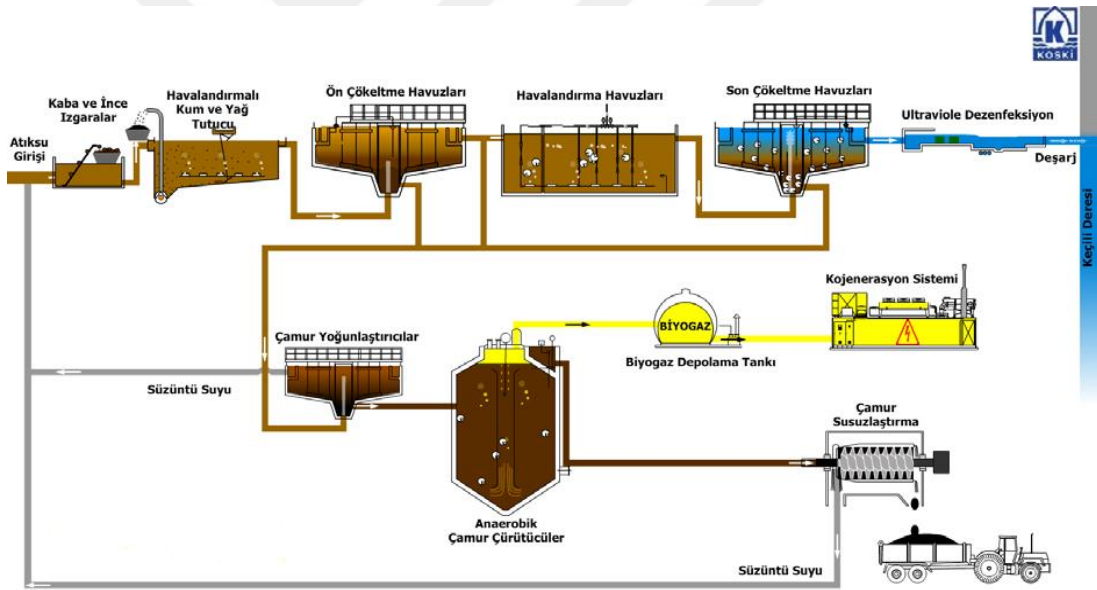
Duan ve ark. (2015)'nin yapmış oldukları çalışmada, Çin'in Shanxi eyaletinde bulunan 32 atıksu arıtma tesisinden çıkan nihai çamurların ağır metal seviyeleri belirlenmiş ve yönetmelikteki sınır değerler ile karşılaştırılmıştır. Çamur numunelerindeki ağır metal konsantrasyonlarının sıralaması genel olarak Zn>Cu>Cr>Pb>As>Hg>Cd şeklinde tespit edilmiştir. Tayin edilen ağır metal konsantrasyonlarının çamurun toprağa uygulanmasıyla ilgili Çin sınır değerlerinin altında olduğu tespit edilmiştir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Konya atıksu arıtma tesisinin tanıtımı

Konya kenti atıksuları birleşik kanalizasyon sistemi ile toplanarak Konya AAT'ye getirilmektedir. Akım şeması Şekil 3.1.'de verilen Konya AAT, 2009 yılında işletmeye alınmıştır. Tesisin atıksu arıtma bölümü pompa istasyonu, ızgaralar (kaba ve ince), havalandırmalı kum- yağ tutucu (4 adet), dairesel planlı ön çökeltim tankları (4 adet), havalandırma havuzları (2 adet), son çökeltim tankları (8 adet) ve UV ile dezenfeksiyon ünitelerinden oluşmaktadır. Tesiste oluşan çamurun arıtıldığı bölümler ise çamur ön-yoğunlaştırıcılar (4 adet), anaerobik çamur çürütücüler (4 adet), santrifüj dekantörler (4 adet) ve metan gazını elektriğe çeviren ünitelerden (3 adet) oluşmaktadır. Tesisin tasarımı için, 2015 yılı debisi $200000 \text{ m}^3/\text{gün}$, 2030 yılı debisi ise $300000 \text{ m}^3/\text{gün}$ olarak ele alınmıştır (Özcan ve ark., 2011; Konya Büyükşehir Belediyesi, 2008).



Şekil 3.1. Konya AAT akım şeması (Özcan ve ark., 2011; Konya Büyükşehir Belediyesi, 2008).

Konya İli merkez ilçelerinin (Karatay, Meram ve Selçuklu) evsel ve endüstriyel bütün atıksuları arıtılmak üzere kanalizasyon şebekesi ile toplanarak Konya AAT'ye getirilmektedir. Tesise gelen atıksular, kaba ızgaralardan geçtikten sonra pompalar vasıtasıyla 5 m yükseltilerek ince ızgaralardan geçilerek iri haldeki katı atıklar sudan uzaklaştırılmaktadır. Izzaralardan geçirilen atıksu havalandırmalı kum-yağ tutucu havuzlarından geçirilerek tabandaki ve yüzeydeki sıyırıcılar vasıtasıyla kumlu ve yağlı malzemeler uzaklaştırılmaktadır. Daha sonra atıksu, iki paralel hatta bölünen ön

çökeltim havuzlarına alınıp ~ 1.5 saat bekletilmek suretiyle kendiliğinden çökelebilen organik ve inorganik kökenli maddelerin sudan ayrılması sağlanmaktadır. Bu maddeler çamur halinde ön çökeltim havuzlarının tabanında birikmektedir. Ön çökeltim tanklarından alınan çamur miktarı $1500 \text{ m}^3/\text{gün}$, toplam katı madde miktarı ise 30000 mg/L 'dir. Çökelen çamurlar sıyrıcılar vasıtasıyla alınarak pompa sistemiyle çamur yoğunlaştırma ünitesine gönderilmektedir. Ön çökeltim tanklarından çıkan atıksu havalandırma havuzlarına alınmaktadır. Atıksu bu havuzlarda yaklaşık olarak 9 saat kadar bekletilmektedir. Bu havuzların oksik bölgesinde nitrifikasyon, anoksik bölgesinde denitrifikasyon gerçekleşmekte olduğundan atıksudan kısmi azot giderimi de sağlanmaktadır. Ayrıca, bu havuzlardaki mikroorganizmalar ihtiyaçları olan fosforu da atıksudaki fosfordan karşıladıklarından dolayı, kısmi fosfor giderimi de sağlanmaktadır. Havalandırma havuzlarından sonra son çökeltim havuzlarına alınan atıksu 1.5 saat bekletilerek aktif çamurun çökmesi sağlanır. İkincil arıtmadan çökeltip uzaklaştırılan çamur miktarı $3000 \text{ m}^3/\text{gün}$, toplam katı madde miktarı ise 10000 mg/L 'dir. Birincil arıtmadan çıkan atıksular geri devir hattından gelen aktif çamurla beraber biyolojik havalandırma havuzuna tekrar verilmektedir. Bu işlem sayesinde havalandırma havuzundaki arıtımı gerçekleştiren mikroorganizmaların miktarının sabit kalması sağlanmaktadır. Son çökeltme havuzlarından alınan fazla çamur da pompalar vasıtasıyla yoğunlaştırma havuzuna gönderilmektedir. Son çökeltim havuzlarının savaklarından alınan arıtılmış atıksular Konya ana tahliye kanalına deşarj edilmektedir.

Ön çökeltim ve son çökeltim havuzlarından gelen ve yoğunlaştırma havuzlarına alınan çamurlar bu havuzlarda yaklaşık 20 saat bekletilerek yoğunlaşmaları sağlanmaktadır. Konsantre hale gelen tabandaki çamur, pompalar vasıtasıyla mezofilik sistemle çalışan her biri 7000 m^3 'lük 4 adet anaerobik çamur çürütme tanklarına alınmaktadır. Çamurlar bu tanklarda ortalama $37 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de yaklaşık 20 gün boyunca bekletilmektedir. Anaerobik çürütücülerden çıkan biyogaz yaklaşık olarak %65-70 oranında CH_4 ve %30-35 oranında CO_2 karışımından oluşmaktadır ve yaklaşık 20 mbar basınca sahiptir. Elde edilen biyogaz filtrelerden geçirilerek toz ve nemden arındırıldıktan sonra, desülfürizasyon ünitesine alınarak asidik karakterli H_2S gazından arındırılmakta ve ardından her biri 2000 m^3 'lük 2 adet çift membranlı gaz depolama balonlarına alınmaktadır. 7 mbar'lık basınçla balonlardan çıkan biyogazın basıncı 200 mbar'a çıkartılarak gaz motorlarında yakılmaya uygun basınca getirilmektedir. Biyogaz, 3 adet gaz motorlarında yakılarak elektrik enerjisine çevrilmektedir. Çamur çürütücülerinde yaklaşık 20 gün boyunca bekletilerek çürütülen çamur önce çamur

karışım tankına alınmaktadır. Daha sonra içerisine katyonik polielektrolit çözeltisi dozlanarak herbirisi yaklaşık 3000 devir/dakika hızda dönen 4 adet dekantöre verilmekte ve bu şekilde çamur susuzlaştırma işlemi gerçekleştirilmektedir. Dekantör ünitesinden çıkarılan çamur miktarı 2016 yılı için ortalama 140 ton/gün'dür. Römorklarla çamur döküm sahasına alınan susuzlaştırılmış dekantör çamurunun güneş ışınları vasıtasıyla daha da kuru hale gelmesi sağlanmaktadır.

3.2. Numune alma işlemleri

AAT'de atıksu numunelerinin alındığı noktalar, tesis girişi, ön çökeltim havuzu çıkış suyu kanalı ve son çökeltim havuzu çıkış suyu kanalıdır. Tesise gelen atıksuyun karakterizasyonu için Sigma SD900 marka kompozit numune alma cihazı ile 24 saat boyunca 15 dakika ara ile alınan 100 mL numunelerden hazırlanan kompozit numune kullanılmıştır. Ön çökeltim havuzu çıkış suyu kanalı ve son çökeltim havuzu çıkış suyu kanalı numune alma noktaları için, suyun ön çökeltim havuzunda, havalandırma havuzunda ve son çökeltim havuzunda bekleme süreleri dikkate alınarak yine aynı cihaz yardımıyla kompozit numuneler elde edilmiştir. Kompozit numuneler 500 mL ve 1000 mL'lik polietilen şişelerle laboratuvara getirilmiştir. Tesis girişinden (ham atıksu) ve ön çökeltim tankı çıkışından numune alma işlemlerinde kullanılan cihazlara ait fotoğraflar Şekil 3.2'de verilmiştir. Atıksu numuneleri 29.02.2016 ile 28.09.2016 tarihleri arasında alınmıştır. Ön çökeltim ve son çökeltim tanklarından yukarıda belirtilen tarihler arasında çamur boşaltım esnasında ayda iki defa manuel olarak alınan çamur numuneleri yine polietilen şişelerle laboratuvara getirilmiştir. Tesisin çamur susuzlaştırma ünitesi çıkışından ise belirtilen tarihler arasında ayda bir defa anlık numune alınmıştır.

3.3. Deneylerde kullanılan kimyasallar

Deneyde kullanılan nitrik asit, hidroklorik asit, sülfürik asit, potasyum dikromat, demir amonyum sülfat, civa sülfat analitik saflıktadır ve Merck firmasından temin edilmiştir. Ferroin indikatörü ise Fluka firmasından temin edilmiştir. İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektroskopisi (ICP-OES) cihazının kalibrasyonunda kullanılan stok standart çözeltiler (1000 mg/L) Merck firmasından temin edilmiştir. Deneylerde kullanılan filtre kağıdı Whatman marka ve GF/D kodludur.



Şekil 3.2. Tesis girişi ve ön çökeltilim havuzu çıkış noktası numune alma cihazları

3.4. Deneyde kullanılan cihazlar

Deneylerde kullanılan cihazlar; kompozit numune alma cihazı (Sigma SD 900), hot plate (Schoott), ICP OES (Perkin Elmer Optima 2100DV), mikrodalga fırın (Berghof MWS2), ultra saf su cihazı (MP Minipure), etüv (MMM Ecocell), pH metre (Hach HQ40D), analitik terazi (Sartorius Acculab), termoreaktör (Hach DRB200), askıda katı madde seti (Sartorius)'dir.

3.5. Analitik metotlar

Atıksu numunelerindeki ağır metallerin (Fe, Zn, Mn, Pb, Cr, Cu, Ni ve Cd) tayinleri askıda katı madde ayrımı yapılmadan Karvelas ve ark. (2003)'nin kullandığı metot modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. Bunun için, atıksu numuneleri üzerlerine 5 mL %65'lik nitrik asit ilave edildikten sonra hot-plate üzerinde 10 dakika kaynatılmıştır. Whatman marka filtre kağıdından süzülen numunelerin hacmi ultra saf su ile 100 mL'ye tamamlanmıştır. Numunelerde yukarıda belirtilen ağır metallerin tayinleri ICP-OES cihazı ile gerçekleştirilmiştir. ICP-OES cihazının kalibrasyonunda National Institute of Standards and Technology (NIST) sertifikalı kalibrasyon standartları kullanılmıştır. Numunelerin cihazda ölçümleri 3 tekrarlı yapılmıştır. Cihazda her bir numune ölçümü sonrasında kirlenmeyi önlemek adına tüm akış sistemi %1'lik nitrik asit çözeltisi ile otomatik olarak yıkanmıştır. Atıksu numunelerinin, askıda katı madde (AKM), BOİ, KOİ, pH parametreleri standart metotlara göre belirlenmiştir (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

Çamur numunelerindeki metallerin tayini için Özcan ve ark. (2011)'nin kullandığı metot modifiye edilerek kullanılmıştır. Bunun için, 105 °C'de sabit tartıma getirilen çamur numunelerinden 0.5 g alınarak üzerine 10 mL kral suyu (HCl:HNO₃, 3:1, v:v) ilave edilmiş ve Berghof MWS-2 marka mikrodalga fırında çözünürleştirme işlemi yapılmıştır. Çözünmüş olan numuneler filtre kağıdından geçirilmiş, uygun hacme tamamlanmış ve ICP-OES ile metal tayinleri yapılmıştır. İncelenen metaller için ICP-OES cihazına ait LOD değerleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

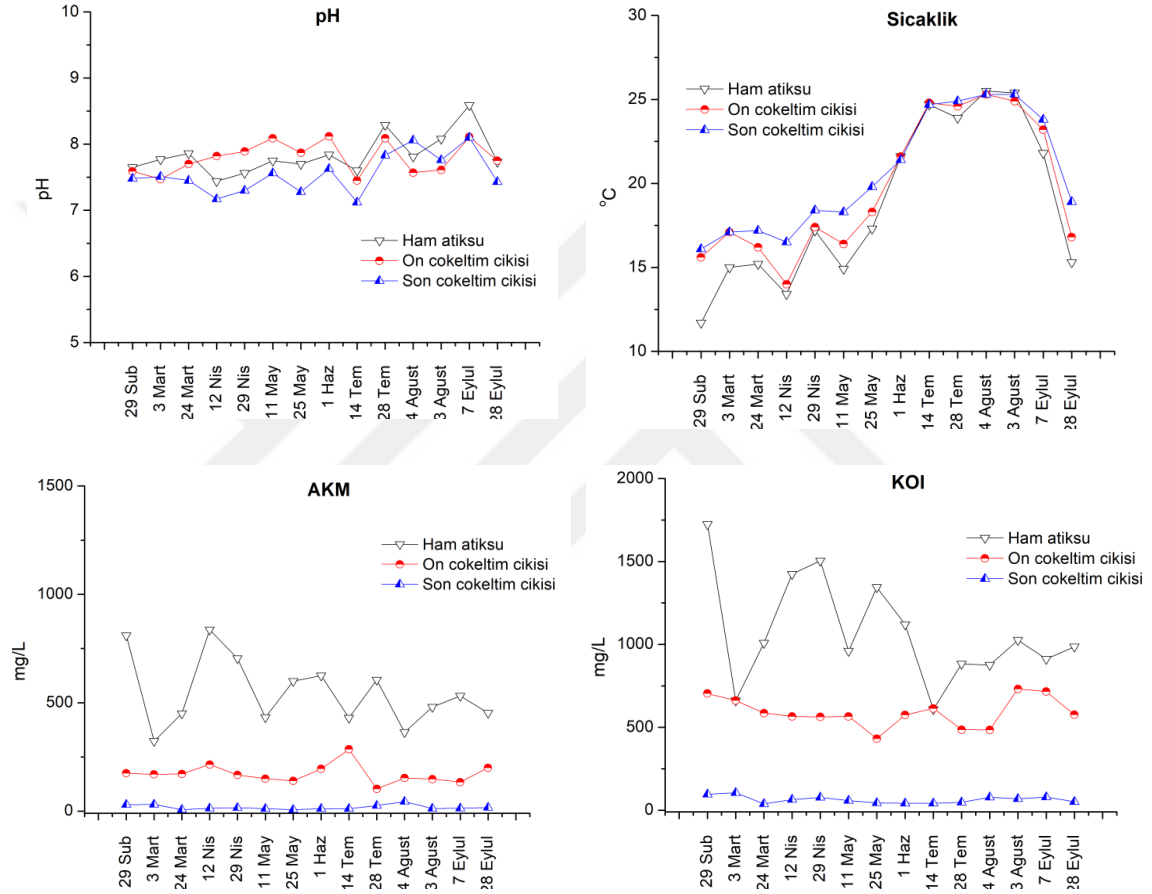
Çizelge 3.1. İncelenen metaller için ICP-OES cihazına ait LOD değerleri

Metal	LOD, µg/L
Cd	0.8
Pb	6.7
Cu	2.8
Ni	2.5
Zn	1.1
Mn	1.0
Fe	1.3
Cr	1.5

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Atıksu numunelerindeki ağır metal konsantrasyonları ve giderim verimleri

Ham atıksu, ön çökeltim ve son çökeltim tankları çıkışındaki sulara ait pH, sıcaklık, AKM ve KOİ değerlerinin 2016 yılı Şubat-Eylül ayları arasındaki dağılımı Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Ham atıksu, ön çökeltme tankı ve son çökeltme tankı çıkış suları pH, sıcaklık, AKM ve KOİ değerlerinin zamanla değişimi

Atıksu numuneleri pH değerlerinin 7.12 ile 8.59 arasında değiştiği gözlenmiştir. Tahmin edilebileceği gibi atıksuların sıcaklık değerlerinin Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak, tesise gelen ham atıksuyun arıtımının gerçekleştiği AKM ve KOİ değerlerinden de anlaşılmaktadır. Başka bir deyişle, AKM ve KOİ değerleri olarak en yüksek konsantrasyonlar ham suda gözlenmiş iken, en düşük konsantrasyonlar ise son çökeltim havuzu çıkış suyunda gözlenmiştir. Ham atıksuyun fiziksel ve biyolojik olarak arıtıldığı, AKM, KOİ ve BOİ

konsantrasyonlarındaki azalmalardan da anlaşılmaktadır. Ham atıksu, ön çökeltme havuzu ve son çökeltme havuzu çıkış sularına ait pH, AKM, KOİ ve BOİ konsantrasyonlarının minimum, ortalama ve maksimum değerleri sırasıyla Çizelge 4.1, 4.2 ve 4.3'te verilmiştir. Tesisin AKM, BOİ ve KOİ giderin verimlerinin sırasıyla %97, %96 ve %95 oranında olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.1. Ham atıksuya ait pH, AKM, KOİ ve BOİ parametreleri

Parametre	Minimum	Ortalama	Maksimum	Standart sapma
pH	7.44	7.83	8.59	0.30
AKM, mg/L	323	546	838	158
KOİ, mg/L	608	1074	1724	318
BOİ, mg/L	320	543	860	141

Çizelge 4.2. Ön çökeltim tankı çıkış suyuna ait pH, AKM, KOİ ve BOİ parametreleri

Parametre	Minimum	Ortalama	Maksimum	Standart sapma
pH	7.45	7.80	8.12	0.24
AKM, mg/L	103	171	285	44
KOİ, mg/L	432	590	732	89
BOİ, mg/L	200	285	370	53

Çizelge 4.3. Son çökeltim tankı çıkış suyuna ait pH, AKM, KOİ ve BOİ parametreleri

Parametre	Minimum	Ortalama	Maksimum	Standart sapma
pH	7.12	7.55	8.1	0.3
AKM, mg/L	7	18	44	11
KOİ, mg/L	38	58	80	15
BOİ, mg/L	10	24	50	13

Konya AAT'ye gelen ham atıksudaki, ön çökeltim sonrası ve son çökeltim sonrası atıksulardaki ağır metal konsantrasyonlarının minimum, ortalama ve maksimum konsantrasyonları ise sırasıyla Çizelge 4.4, 4.5 ve 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.4. Ham atıksudaki ağır metal konsantrasyonları

Metal	Konsantrasyon, µg/L			
	Minimum	Ortalama	Maksimum	Standart sapma
Cd	<LOD	3.30	18.86	5.74
Pb	71.65	192.91	321	83.26
Cu	38.4	109.5	434.9	98.9
Ni	22	80	173	43
Zn	368	1149	1865	496
Mn	117	312	621	158
Fe	926	2425	9840	2278
Cr	48.9	121.5	225.6	57.1

Çizelge 4.5. Ön çökeltim havuzu sonrası atıksudaki ağır metal konsantrasyonları

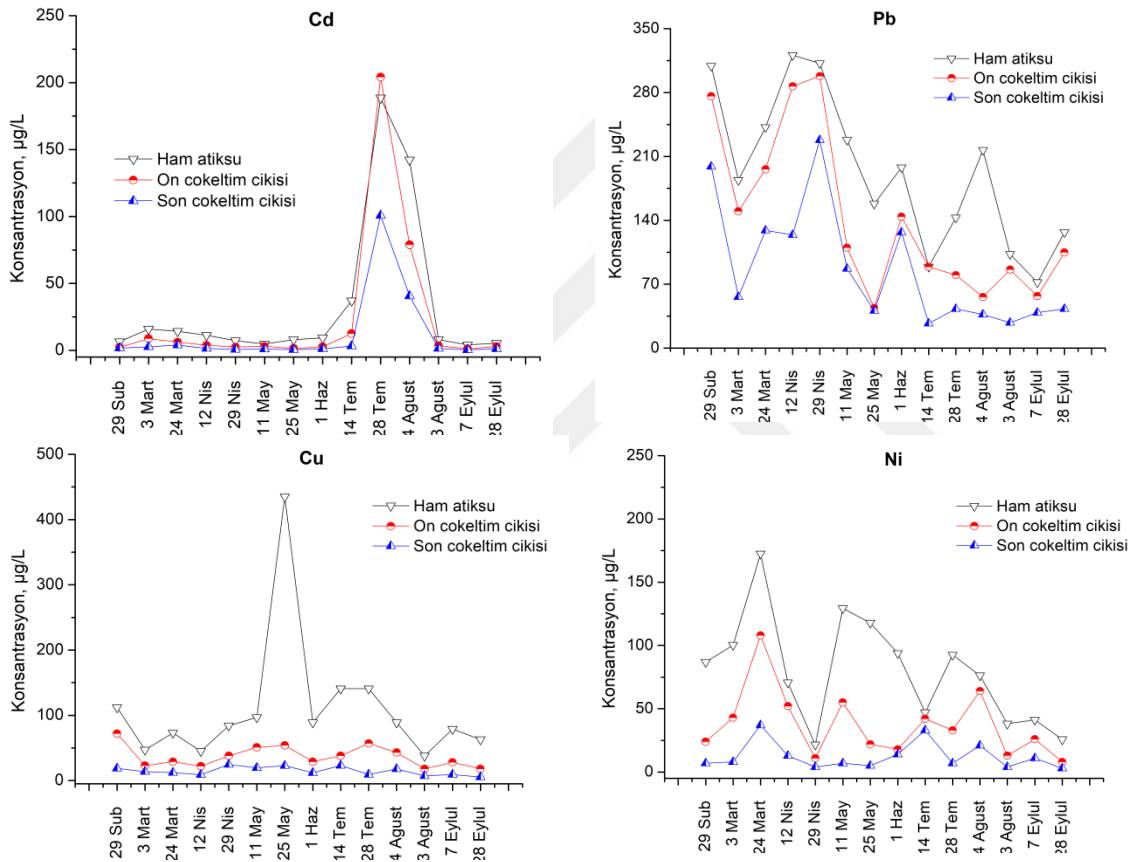
Metal	Konsantrasyon, µg/L			
	Minimum	Ortalama	Maksimum	Standart sapma
Cd	<LOD	1.46	7.90	2.64
Pb	44.4	141.3	298.3	88.9
Cu	17.6	36.9	71.5	16.4
Ni	7.93	37.02	108	26.86
Zn	136	838	1727	473
Mn	33	145	447	137
Fe	405	971	3242	710
Cr	4.4	56.7	170.7	54.0

Çizelge 4.6. Son çökeltim havuzu sonrası atıksudaki ağır metal konsantrasyonları

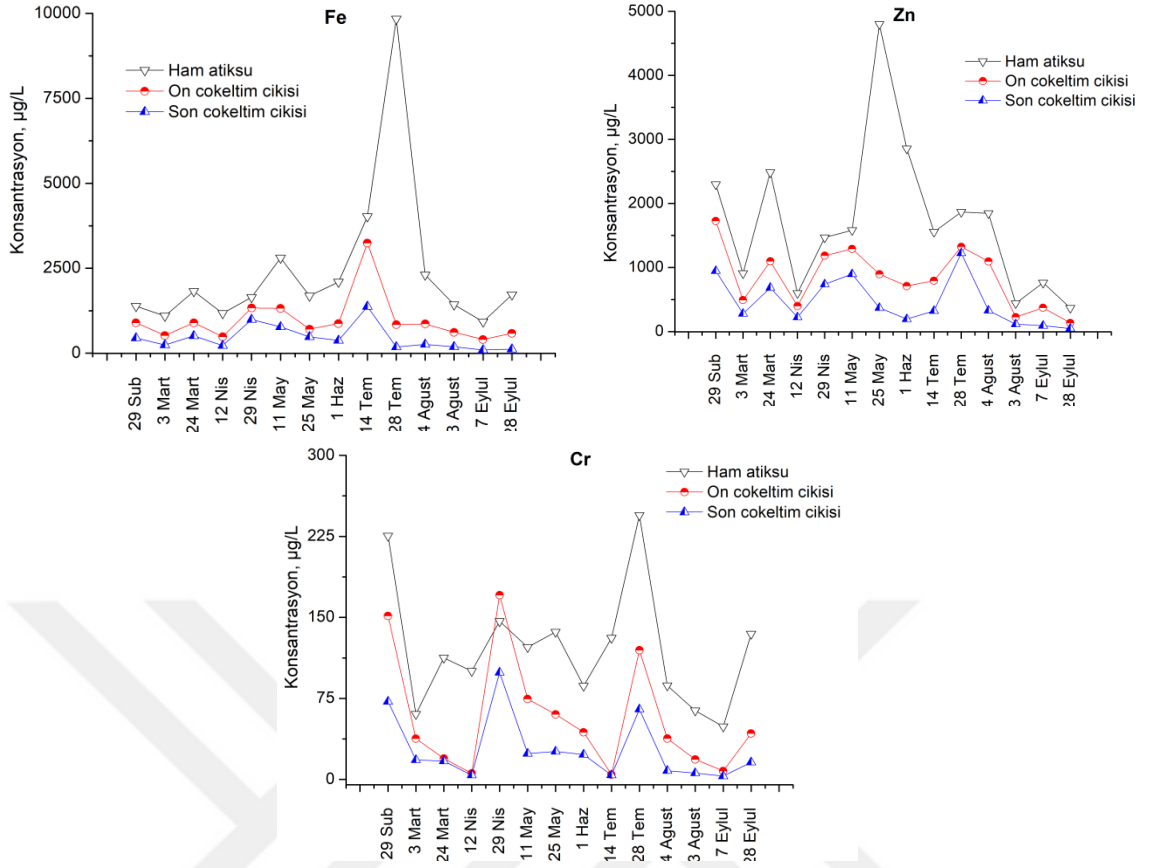
Metal	Konsantrasyon, µg/L			
	Minimum	Ortalama	Maksimum	Standart sapma
Cd	<LOD	0.77	4.8	1.56
Pb	26.5	86.1	227.6	65.5
Cu	5.4	14.6	24.7	6.4
Ni	5.42	12.52	36.90	10.70
Zn	47	123	462	369
Mn	19	86	400	101.6
Fe	94	448	1375	369
Cr	3.1	27.5	98.8	29.6

Ham atıksudaki, ön çökeltim havuzu sonrası ve son çökeltim havuzu sonrası atıksulardaki ağır metal konsantrasyonlarının çalışmanın gerçekleştirildiği zaman aralığındaki değişimi ise Şekil 4.2’de verilmiştir. Ham atıksudaki ağır metallerin konsantrasyon sıralaması Fe>Zn>Mn>Pb>Cr>Cu>Ni>Cd şeklindedir. Tesise gelen atıksudaki ağır metal miktarları arasında yapılan korelasyon analizi sonucunda Cd ve Fe arasında ($r = 0.80$), Cd ve Zn arasında ($r = 0.64$), Fe ve Zn arasında ($r = 0.59$), Fe ve Cr arasında ($r = 0.64$) arasında kuvvetli ve orta seviyede korelasyonlar tespit edilmiştir. Duan ve ark. (2015)’nin yaptıkları çalışmada ham atıksudaki ağır metal miktarları arasında yapılan korelasyon analizinde de benzer sonuçları rapor edilmiştir. Ön çökeltim havuzu sonrası atıksudaki ağır metal konsantrasyon sıralamasının Cu ve Ni sıralaması dışında benzer şekilde olduğu ifade edilebilir (Fe>Zn>Mn>Pb>Cr>Ni>Cu>Cd). Son çökeltim havuzu çıkış suyundaki ağır metallerin konsantrasyonları ise Zn>Fe>Mn>Pb>Cr>Cu>Ni>Cd sıralamasına sahiptir. Arıtımın her kademesinde atıksudaki en yüksek metal konsantrasyonu Fe ve Zn için, genel olarak en düşük konsantrasyon ise Cd için tespit edilmiştir. Yalnız biyolojik arıtım sonrasında atıksudaki Zn konsantrasyonunun Fe konsantrasyonundan daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Tesisin geneli için ağır metallerin giderim verimleri Şekil 4.3’te verilmiştir.

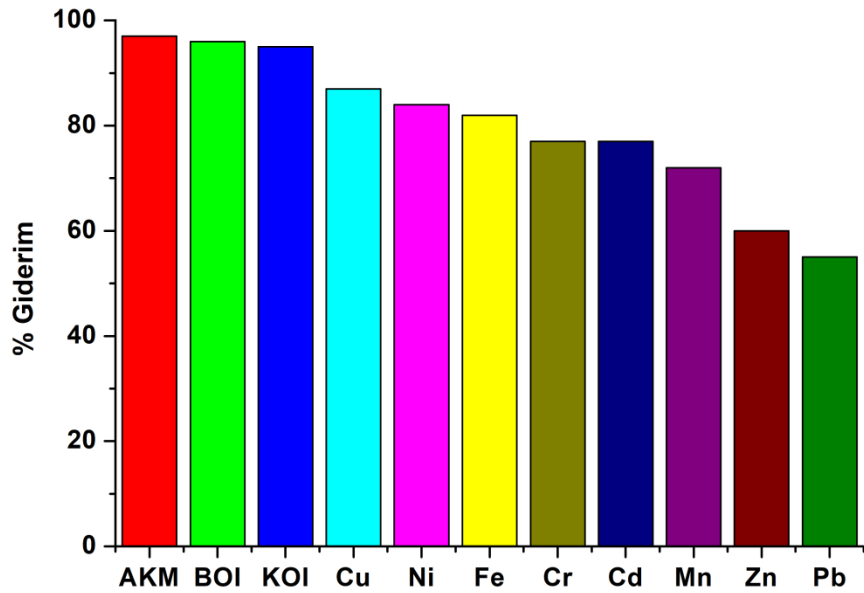
Giderim verimi açısından elde edilen sıralama; Cu (%87) > Ni (%84) > Fe (%82) > Cr (%77) \approx Cd (%77) > Mn (%72) > Zn (%60) > Pb (%55) şeklindedir. Son çökeltim sonrası atıksudaki ağır metal konsantrasyonlarının Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde belirtilen deşarj standartlarını (Cd için 100 $\mu\text{g/L}$, Pb için 2000 $\mu\text{g/L}$, Cu için 3000 $\mu\text{g/L}$, Ni için 1000 $\mu\text{g/L}$, Fe için 10000 $\mu\text{g/L}$ ve Cr için 500 $\mu\text{g/L}$) sağladığı görülmüştür (SKKY, 2004). Özellikle Mayıs ve Temmuz aylarında Cd, Cu, Fe, Zn ve Cr'da görülen pik değerler, bu metallere çalışan firmaların Mayıs ve Temmuz aylarında kaçak deşarj yaptığına dair bir işaret olarak değerlendirilebilir.



Şekil 4.2. Ham atıksu, ön çökeltme tankı ve son çökeltme tankı çıkış sularındaki ağır metal konsantrasyonlarının zamanla değişimi.



Şekil 4.2 (devamı). Ham atıksu, ön çökeltme tankı ve son çökeltme tankı çıkış sularındaki ağır metal konsantrasyonlarının zamanla değişimi.



Şekil 4.3. AAT'de ağır metal giderim verimleri

4.2. Çamur numunelerindeki ağır metal miktarları

Ön çökeltim havuzu çamuru, son çökeltim havuzu çamuru ve nihai stabilize edilmiş çamurdaki ağır metal miktarları sırasıyla Çizelge 4.7, 4.8 ve 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.7. Ön çökeltim havuzu çamurundaki ağır metal miktarları

Metal	Miktar, mg/kg-kuru madde			Standart sapma
	Minimum	Ortalama	Maksimum	
Cd	1.78	3.45	5.26	1.13
Pb	71	199.29	433	94
Cu	67	239	602	162
Ni	43	143	237	55
Zn	667	1262	2095	427
Mn	302	579	886	186
Fe	1084	2256	3061	521
Cr	90	216	423	94

Çizelge 4.8. Son çökeltim havuzu çamurundaki ağır metal miktarları

Metal	Miktar, mg/kg-kuru madde			Standart sapma
	Minimum	Ortalama	Maksimum	
Cd	1.79	4.72	7.47	1.81
Pb	72	256	492	152
Cu	22	102	289	73
Ni	25	104	240	69
Zn	385	757	1164	233
Mn	39	193	781	191
Fe	693	1434	2157	414
Cr	14	162	353	126

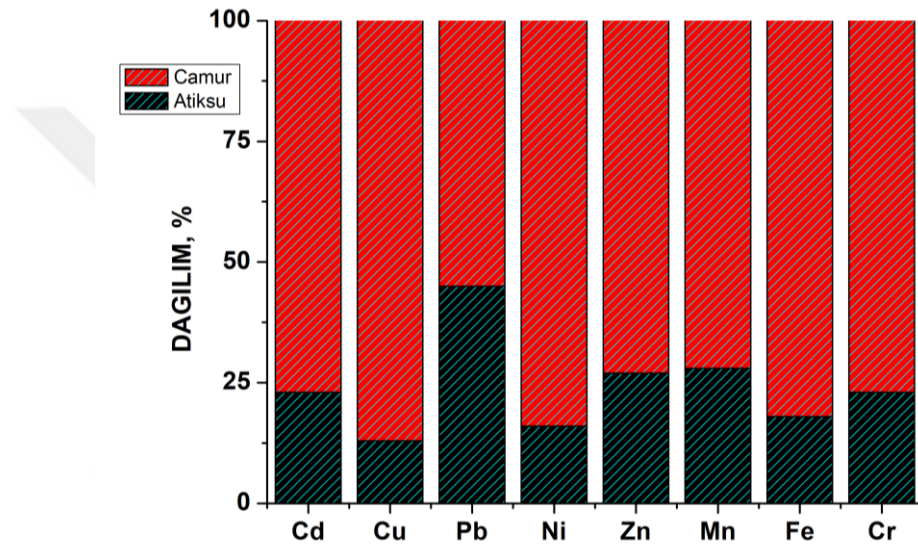
Çizelge 4.9. Nihai stabilize edilmiş arıtma çamurundaki ağır metal miktarları

Metal	Miktar, mg/kg-kuru madde			Standart sapma
	Minimum	Ortalama	Maksimum	
Cd	6.51	7.99	9.57	1.04
Pb	225	512	720	164
Cu	89	542	965	258
Ni	76	203	289	64
Zn	734	1564	2329	469
Mn	432	1367	2783	835
Fe	2184	3198	4216	649
Cr	90	392	925	270

Tüm çamur numunelerinde en yüksek ağır metal konsantrasyonu Zn için, en düşük konsantrasyon ise Cd için gözlenmiştir. Nihai stabilize edilmiş çamurdaki metal miktarlarının hem ön çökeltim hem de son çökeltim çamurundaki metal miktarlarından daha fazla olduğu görülmüştür. Nihai çamurdaki metal miktarlarının fazla olması, hem ön çökeltim çamurunu hem de son çökeltim çamurunu ihtiva etmesine, dolayısıyla her iki çamurun metal içeriklerinin ihtiva etmesine bağlanabilir. Tesisin geneli

düşünüldüğünde, başlangıçta ham atıskuda tayin edilen ağır metallerin, tesisin sonunda arıtılmış sudaki ve nihai stabilize edilmiş çamurdaki dağılım oranları Şekil 4.4'te gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlar, ağır metallerin nihai stabilize edilmiş çamurda biriktiğini göstermiştir.

Nihai stabilize edilmiş arıtma çamurundaki ağır metal miktarlarının diğer araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalar ile karşılaştırılması ise Çizelge 4.10'da verilmiştir. Çizelge 4.10'dan da görüleceği gibi, arıtma çamurlarındaki ağır metal miktarları ülkeden ülkeye farklılık gösterebilmektedir.



Şekil 4.4. Ağır metallerin AAT'den çıkan arıtılmış su ve nihai çamurdaki dağılım oranları

Ülkelerin sanayi türlerinin ve kapasitelerinin ve insanların yaşam tarzlarındaki farklılıkların ortaya çıkan atıksu kompozisyonunu önemli ölçüde etkilediği, buna bağlı olarak nihai arıtma çamurlarındaki ağır metal miktarlarının da değişiklik gösterdiği düşünülmektedir. Özcan ve ark. (2013)'nin yapmış oldukları çalışmada da Konya AAT arıtma çamurlarındaki ağır metal miktarları tayin edilmiştir. Tez çalışmasından elde edilen ağır metal miktarlarının Özcan ve ark. (2013)'nin elde ettiği sonuçlar ile karşılaştırılması halinde, arıtma çamurlarındaki metal miktarlarında artışlar olduğu ifade edilebilir.

Çizelge 4.10. Nihai arıtma çamurundaki ağır metal miktarlarının diğer araştırmacıların sonuçları ile karşılaştırılması

Ülke	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Kaynaklar
Yunanistan	10	370	1200	300	330	4500	Karvelas ve ark., (2003)
Danimarka	0.5-16	8-108	75-515	8-141	11-420	215-1610	Jensen ve ark., (2005)
İspanya	1.10-18.3	38-3809	146-337	17-80	43.4-251	458-1951	Fuentes ve ark., (2006)
İspanya	1.63-2.66	18.8-39.9	64.2-176	18.6-23.1	46.2-254	627-1406	García-Delgado ve ark., (2007)
İspanya	5.7-5.7	751-803	368-605	167-169	96-155	8224-8488	Egiarte ve ark., (2008)
Çin	5.0	-	170	-	255	290	Wang ve ark., (2008)
Çin	7.2-903.8	-	67.0-659.0	-	53.6-1270.2	361.0-1105.9	Chen ve ark., (2008)
Çin	2.1-23.4	22.2-453.2	210.6-1191.3	25.1-106.6	41.2-452.2	1406.2-3699.2	Hua ve ark., (2008)
Polonya	1.9-7.6	27.6-120	156-335	21.7-155	37.5-59.5	1015-1385	Oleszczuck (2008)
İspanya	1.4-2.6	29-70	309-649	23-47	59-172	482-117	Galvin ve ark., (2009)
Türkiye	<24.46	10.07-115.18	19.15-78.52	<20.56	1.15-10.97	104.18-325.30	Özcan ve ark., (2013)
Türkiye	<3.28	76.08-242.35	87.17-169.90	7.97-61.99	6.10-19.72	192.20-604.27	Özcan ve ark., (2013)
Türkiye	0.77	-	15.81	41.04	9.33	-	Demirkan ve Söğüt, (2018)
Türkiye	6.51-9.57	90-925	89-965	76-289	225-720	734-2329	Bu çalışma

Arıtma çamurları, toprağın ihtiyacı olan azot, fosfor, potasyum ve çeşitli organik maddeleri içerdiği için, dünyanın çeşitli ülkelerinde toprak iyileştirici madde olarak kullanılmaktadır. Buna karşılık, arıtma çamurları Pb, Cr, Hg, Cu, Zn gibi insan sağlığına zararlı olabilecek ağır metalleri de içermektedir. Özellikle son yıllarda yapılan araştırma sonuçları arıtma çamuru uygulanan topraklarda zaman içinde ağır metal birikiminin artmasına, bu maddelerin bitkiler tarafından alınarak insanlara transfer edilmesine yol açtığını göstermiştir. Bunun sonucu olarak Avrupa Birliği üyesi ve aday ülkeler yayımladıkları yönetmeliklerle arıtma çamurunun kullanımına önemli kısıtlamalar getirmiş bulunmaktadır. Kimyasal madde çeşitliliğinin çok görüldüğü

arıtma çamurlarının tarımsal alanlarda bilinçsiz bir şekilde kullanımı muhtemel çevre ve sağlık sorunlarını da beraberinde getireceği için, diğer ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de bu konuda yasal sınırlamalar getirilmiştir (Yaman, 2009; Terzi, 2007). Avrupa Birliği tarafından arıtma çamurlarının topraklara uygulanması durumunda, çamurlarda müsaade edilen maksimum ağır metal miktarları Çizelge 4.11’de verilmiştir (EU, 2000).

Çizelge 4.11. Arıtma çamurlarının toprak iyileştirme amaçlı kullanılabilmesi için müsaade edilen maksimum ağır metal miktarları

Metal	AAT arıtma çamurlarının toprakta kullanılmasına dair yönetmelik (2010) (mg/kg-kuru madde)	Avrupa Birliği tarafından arıtma çamurlarının topraklara uygulanabilmesi için önerilen değerler, (mg/kg-kuru madde) (EU, 2000)
Pb	750	750
Cr	1000	-
Cd	10	10
Ni	300	300
Cu	1000	1000
Hg	10	10
Zn	2500	2500

Ülkemizde ise arıtma çamurlarının topraklara uygulanabilmesi için izin verilen maksimum ağır metal miktarları da Avrupa Birliği tarafından önerilen ve yukarıda ifade edilen değerler ile aynıdır. Sonuç olarak, Konya AAT’den çıkan stabilize edilmiş arıtma çamurlarının ağır metal konsantrasyonlarının yukarıda belirtilen sınır değerlerin altında olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuç, Konya İli atıksularındaki ağır metallerin en önemli kaynağı olan 2. ve 3. Organize Sanayi Bölgelerinin atıksularının ayrı bir kimyasal arıtmaya tabi tutulduktan sonra kanalizasyon şebekesine verilmesine bağlanabilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Elde edilen sonuçlar, ham atıksudaki ağır metallerin konsantrasyon sıralamasının Fe>Zn>Mn>Pb>Cr>Cu>Ni>Cd şeklinde olduğunu göstermiştir. Ön çökeltim havuzu sonrası atıksudaki ağır metal konsantrasyon sıralamasının da benzer şekilde olduğu, yalnızca Ni ve Cu'nun sıralamada yer değiştirdiği tespit edilmiştir. Son çökeltim havuzu çıkış suyundaki ağır metallerin konsantrasyonu ise Zn>Fe>Mn>Pb>Cr>Cu>Ni>Cd sıralamasına sahiptir. Arıtımın her kademesinde Fe ve Zn'nin atıksudaki en yüksek konsantrasyona sahip olduğu, buna karşılık Cd'nin ise en düşük konsantrasyona sahip olduğu tespit edilmiştir.

Konya AAT'nin ham atıksudaki ağır metalleri giderim verimi ile ilgili sıralamanın; Cu (%87) > Ni (%84) > Fe (%82) > Cr (%77) ≈ Cd (%77) > Mn (%72) > Zn (%60) > Pb (%55) şeklinde olduğu ve son çökeltim havuzu sonrası arıtılmış atıksudaki ağır metal konsantrasyonlarının Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde belirtilen deşarj standartlarını sağladığı görülmüştür.

Konya AAT'nin AKM, BOİ ve KOİ giderim verimlerinin sırasıyla %97, %96 ve %95 olduğu tespit edilmiştir.

Tüm çamur numunelerinde en yüksek ağır metal konsantrasyonu Zn için, en düşük konsantrasyon ise Cd için tespit edilmiştir. Ayrıca, beklenildiği gibi, nihai stabilize edilmiş çamurdaki metal miktarlarının, hem ön çökeltim havuzu hem de son çökeltim havuzundan elde edilen çamurlardaki metal miktarlarından daha fazla olduğu görülmüştür. Dolayısıyla, tesiste, ham atıksudaki ağır metallerin oldukça önemli oranlarının nihai stabilize edilmiş çamurda biriktiği tespit edilmiştir. Buna karşılık, nihai çamurdaki ağır metal miktarlarının ilgili yönetmeliklerdeki sınır değerleri aşmadığı, dolayısıyla toprak iyileştirme amacıyla kullanılmasında herhangi bir sakınca olmadığı görülmüştür.

Konya İlindeki Sanayi tesislerinin kendi atıksularını ayrı bir sistemde arıtmaya tabi tutmaları konusunda yetkili mercilerce gerekli takibin yapılması, arıtma tesisine gelen ağır metal yükünün azalmasına, dolayısıyla nihai çamura geçecek ağır metal miktarının azalmasına ve ilgili yönetmeliklerde belirtilen şartların sağlanmasına katkıda bulunacaktır.

KAYNAKLAR

- APHA/AWWA/WPCF, 1992, Standard methods for the examination of water and wastewater, 17.ed. Washington DC.
- Bakar, C. ve Baba, A., 2009, Metaller ve İnsan Sağlığı: Yirminci Yüzyıldan Bugüne ve Geleceğe Miras Kalan Çevre Sağlığı Sorunu, 1. Tıbbi Jeoloji Çalıştayı, 30 Ekim-1 Kasım 2009, Ürgüp, Nevşehir, 162-185.
- Brown, M.J., Lester, J.N., 1979, Metal removal in activated sludge: the role of bacterial extracellular polymers, *Water Research*, 13, 817-837.
- Buzier, R., Tusseau-Villemin, M.H., Meriadec, C.M. de, Rousselot, O., Mouchel, J.M., 2006, Trace metal speciation and fluxes within a major French wastewater treatment plant: impact of successive treatment stages, *Chemosphere*, 65, 2419-2426.
- Chen, M., Li, X., Yang, Q., Zeng, G., 2008, Total concentrations and speciation of heavy metals in municipal sludge from changsha, zhuzhou and xiangtan in middle-south region of china, *Journal of Hazardous Materials*, 160, 324-329.
- Chipasa, K.B., 2003, Accumulation and fate of selected heavy metals in a biological wastewater treatment system, *Waste Management*, 23, 135-143.
- Demirkan Çetinkale, G., Söğüt, Z., 2018, Kentsel atıksu arıtma çamuru uygulamalarının Anadolu Sığıla Ağacı'nda (*Liquidambar orientalis*) bitki gelişimi üzerine etkileri, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15, 57-66.
- Duan, B., Liu, F., Zhang, W., Zheng, H., Zhang, Q., Bu, W., 2015, Evaluation and source apportionment of heavy metals (HMs) in sewage sludge of municipal wastewater treatment plants (WWTPs) in Shanxi, China, *Environmental Research and Public Health*, 12, 15807-15818.
- EC., Commission of European Communities, 1986, *Council Directive 86/278/EEC of 4 July 1986 on the Protection of the Environment, and in Particular of the Soil, when Sewage Sludge is used in Agriculture.*
- Egiarte, G., Pinto, M., Ruiz-Romera, E., Arbestain, M.C., 2008, Monitoring heavy metal concentrations in leachates from a forest soil subjected to repeated applications of sewage sludge, *Environmental Pollution*, 156, 840-848.
- European Union (EU), 2000, *Working Document on Sludge*, 3rd Draft, Brussels, 27 April 2000, ENV.E.3/LM, pp.19.

- Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik*, 03.08.2010 Tarih, 27661 Sayılı Resmi Gazete.
- Fuentes, A., Llore'ns, M., Sa'ez, J., Aguilar, M.I., Pe'rez-Mari'n, A.B., Ortuno, J.F., Meseguer, V.F., 2006, Ecotoxicity, phytotoxicity and extractability of heavy metals from different stabilised sewage sludges, *Environmental Pollution*, 143, 355-360.
- Galvin, R.F., Lopez, J.M.C., Mellado, J.M.R., 2009, Chemical characterization of biosolids from three spanish WWTPs: Transfer of organics and metallic pollution from urban wastewater to biosolids, *Clean*, 37, 52.
- Gandiglio, M., Lanzini, A., Soto, A., Leone, P., Santarelli, M., 2017, Enhancing the energy efficiency of wastewater treatment plants through co-digestion and fuel cell systems, *Frontiers in Environmental Science*, 5, 1-21.
- Garcia-Delgado, M., Rodríguez-Cruz, M.S., Lorenzo, L.F., Arienzo, M., Sánchez-Martín, M.J., 2007, Seasonal and time variability of heavy metal content and of its chemical forms in sewage sludges from different wastewater treatment plants, *Science of the Total Environment*, 382, 82-92.
- Hanay, Ö., Hasar, H., 2007, Kayseri İli kentsel atıksu arıtma tesisi çamurlarının tarımsal amaçlı kullanım potansiyeli, *Fırat Üniversitesi Fen ve Müh. Bil. Dergisi*, 19, 333-337.
- Hassani, A.H, Hossenzadeh, I., Torabifar, B., 2010, Investigation of using fixed activated sludge system for removing heavy metals (Cr, Ni and Pb) from industrial wastewater, *Journal of Environmental Studies*, 36, 22-24.
- Hua, L., Wu, W.X., Liu, Y.X., Tientchen, C.M., Chen, Y.X., 2008, Heavy metals and PAHs in sewage sludge from twelve wastewater treatment plants in Zhejiang Province, *Biomedical and Environmental Sciences*, 21, 345-352.
- Jensen, J., Jepsen, S.E., 2005, The production, use and quality of sewage sludge in Denmark, *Waste Management*, 25, 239-247.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S, 2009, Metallerin Çevresel Etkileri-I, *Metalurji Dergisi*, 136. Sayı, http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf.
- Karvelas, M., Katsoyiannis, A., Samara, C., 2003, Occurrence and fate of heavy metals in the wastewater treatment process, *Chemosphere*, 53, 1201-1210.
- Konya Büyükşehir Belediyesi, 2008, *Konya Atıksu Arıtma Tesisi Projesi Dizayn Raporu*.

- Kulbat, E., Olańczuk-Neyman, K., Quant, B., Geneja, M., Hausteina, E., 2003, Heavy metals removal in the mechanical-biological wastewater treatment plant "Wschód" in Gdańsk, *Polish Journal of Environmental Studies*, 12, 635-641.
- Loos, R., Carvalho, R., Antónia, D.C., 2013, EU-wide monitoring survey on emerging polar organic contaminants in wastewater treatment plant effluents, *Water Research*, 47, 6475-6487.
- Malik, A., 2004, Metal bioremediation through growing cells. *Environment International*, 30, 261-278.
- Metcalf & Eddy, 2003, Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, New York, United States, Water Environment Federation.
- Oleszczuck, P., 2008, Phytotoxicity of municipal sewage sludge compost related to physico-chemical properties, PAHs and heavy metals, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 69, 496-505.
- Özcan, S., Aydın, M.E., Tor, A., 2011, Atıksu arıtma çamurlarının ekotoksikolojik ve organik kirleticiler (PAH, PCB) açısından incelenmesi ve değerlendirilmesi, 109Y179 Nolu TÜBİTAK Araştırma Projesi Raporu.
- Özcan, S., Tor, A., Aydın, M.E., 2013, Investigation on the levels of heavy metals, polycyclic aromatic hydrocarbons, and polychlorinated biphenyls in sewage sludge samples and ecotoxicological testing, *Clean-Soil Air Water*, 41(4), 411-418.
- Öztürk, İ., Timur, H., Koşkan, U., 2006, Atıksu arıtımının esasları evsel, endüstriyel atıksu arıtımı ve arıtma çamurlarının kontrolü, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- Samsunlu, A., 2006, Atık Suların Arıtılması, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Sinan, R.K., 2010, Evsel atıksu arıtma tesislerinde ön arıtım ve biyolojik arıtım çıkış parametrelerinin YSA ile tahmini, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya,
- SSKY, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, 31.12.2004 Tarih ve 25687 Sayılı Resmi Gazete.
- Terzi, D., 2007, Türkiye'deki bazı arıtma tesislerinden çıkan atık çamurların bitki besin elementleri ve ağır metal içeriklerinin yıl içinde değişimi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği*, 10.12.2001 Tarih, 24609 Sayılı Resmi Gazete.

- Wang, J., Huang, C.P., Herber, E.A., Poesponegoro, I., 1999, Effects of dissolved organic matter and pH on heavy metal uptake by sludge particulates exemplified by copper (II) and nickel (II): three-variable model, *Water Environment Research*, 71, 139-147.
- Wang, X., Chen, T., Ge, Y., Jia, Y., 2008, Studies on land application of sewage sludge and its limiting factors, *Journal of Hazardous Materials*, 160, 554-558.
- Yaman, K., 2009, Arıtma tesisi çamurunun tarımsal amaçlı kullanımında AB-Türkiye politikalarının karşılaştırılması, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yoshida, H., Christensen, T.H., Guildal, T., Scheutz, C., 2015, A comprehensive substance flow analysis of a municipal wastewater and sludge treatment plant, *Chemosphere*, 138, 874-882.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : İsa GÜL
 Uyruğu : T.C.
 Doğum Yeri ve Tarihi : Kozan/ADANA 08.08.1979
 Telefon : 0546 4016635
 e-mail : isagul01@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Sunar Nuri Çomu Lisesi, Yüreğir, Adana	1997
Üniversite	: Çanakkale 18 Mart Üniv. Fen Edeb. Fak. Kimya	2003
Yüksek Lisans	: Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bil. Enst., Çevre Mühendisliği	2008
Doktora	: -	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2004	Toros Dersanesi	Stajyer öğretmen
2005	Alde Kimya	Laboratuvar personeli
2005-2008	İSKİ Tuzla AAT	Laboratuvar sorumlusu
2008-2009	Mercedes Benz	Boyahane yöneticisi
2009-	KOSKİ Konya AAT	Laboratuvar Sorumlusu

YABANCI DİLLER

İngilizce