T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

METAL KAPLAMA SANAYİ ATIKSULARININ ÖN ARITMA SONRASI ARITIM PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

İlyas ÖZTÜRK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Mühendisliği Programı

Danışman

Prof. Dr. Yaşar NUHOĞLU

Temmuz, 2023

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

METAL KAPLAMA SANAYİ ATIKSULARININ ÖN ARITMA SONRASI ARITIM PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

İlyas ÖZTÜRK tarafından hazırlanan tez çalışması 27/07/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Çevre Mühendisliği Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Yaşar NUHOĞLU
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Yaşar NUHOĞLU, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Mehmet Sinan BİLGİLİ
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Semih NEMLİOĞLU
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa _____

Danışmanım Prof. Dr. Yaşar NUHOĞLU sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Metal Kaplama Sanayi Atıksularının Ön Arıtma Sonrası Arıtım Performansının Değerlendirilmesi başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

İlyas ÖZTÜRK

İmza

TEŞEKKÜR

Tezimin konu belirleme aşamasında, araştırma ve tamamlama süreçlerinde desteklerini esirgemeyen kıymetli hocam ve tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Yaşar NUHOĞLU'na, tezimin başlangıcından bitiş sürecine kadar bana inanan, her zaman yanımda olan, yardımlarını, dualarını ve desteklerini esirgemeyen kıymetli eşim ve aileme teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunuyorum.

İlyas ÖZTÜRK

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR **ii**
SİMGE LİSTESİ **v**
ŞEKİL LİSTESİ **viii**
TABLO LİSTESİ **ix**
ÖZET **x**
ABSTRACT **xii**

1 GİRİŞ **1**
1.1 Literatür Özeti.....4
1.2 Tezin Amacı.....13
1.3 Hipotez.....13
1.4 Metal Endüstrisi Tanımı.....14
1.5 Metal Kaplama Yöntemleri.....15
1.6 Kaplamanın Kalitesi Üzerinde Etkili Olan Faktörler.....20
1.7 Metal Kaplama Öncesi Yüzey Temizleme İşlemleri.....21
2 METAL KAPLAMA ENDÜSTRİSİ **23**
2.1 Metal Sanayi Atıklarının Özellikleri.....23
2.2 Metal Kaplama Atıklarının Arıtımı.....23
2.3 Metal Kaplama Sektöründen Kaynaklanan Atıklar.....25
2.4 Metal Kaplama Endüstrisinde Atık Miktarları.....28
3 ÖN ARITIM YAPAN ATIKSU ARITMA TESİSİ **34**
3.1 Giriş.....34
3.2 Arıtılmış Su Kalitesi.....34
3.3 Atıksu Arıtma Yöntemleri.....34
3.4 Ön Arıtma Üniteleri.....37
3.5 İkincil Arıtım Yöntemleri.....44
3.6 Arıtma Tesisi Prosesi Hakkında Bilgi.....46
3.7 Tasarım Esasları.....47
4 MATERYAL VE YÖNTEM **62**
4.1 Mikrodalga Destekli Ağır Metal Parçalama Analiz Yöntemi.....62

4.2 ICP OES Ağır Metal Analiz Yönetmi 66
4.3 Siyanür Analiz Yöntemi 72
5 SONUÇ **79**
5.1 Numune Alımı ve Analiz Sonuçları 79
5.2 Öneriler 84
6 KAYNAKÇA **87**
7 TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR **92**

SİMGE LİSTESİ

Ag	Gümüş
Al	Alüminyum
$Al_2(SO_4)_3$	Alüminyum Sülfat
Ar	Argon
As	Arsenik
B	Bor
Ba	Baryum
Be	Berilyum
BOI	Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
BOI_5	Nihai Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
Ca	Kalsiyum
$Ca(OH)_2$	Etilendiamintetraasetik Asit Kireç
CCl_4	Karbontetraklorür
Cd	Kadmiyum
ChD	Kitosan dianhidrit
ChDA	Kitosan dianhidrit-amin
Cl	Klor
cm^3	Santimetreküp
CN	Siyanür
CNCI	Siyanür Klorür
Co	Kobalt
Cr	Krom
Cu	Bakır
$C_6H_8O_7.H_2O$	Sitrik asit
$C_6H_8O_3N_2$	Dimetilbarbitürik asit
$C_6H_5NO_2$	Piridinkarboksilik asit
$C_8H_5KO_4$	Potasyum Hidrojen Ftalat
dk	Dakika
Fe	Demir
$FeCl_3$	Ferrik Klorid
$FeSO_4$	Demir Sülfat

g	Gram
H	Hidrojen
H_2O	Su
H_2O_2	Hidrojen Peroksit
HCl	Hidroklorik Asit
Hg	Civa
HNO_3	Nitrik Asit
H_2SO_4	Sülfürik Asit
K	Potasyum
Kg	Kilogram
KOI	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
Kons.	Konsantrasyon
l	Litre
LMH	Sıvı Hidrojen
Max.	Maksimum
mg	Miligram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
Mn	Manganez
MHz	Megahertz
m^2	Metrekare
m^3	Metreküp
N_2	Azot
Na	Sodyum
NaOH	Sodyum Hidroksit
NaOCI	Sodyum Hipoklorit
Na_2SO_3	Sodyum Sülfit
Na_2CS_3	Sodyum Tritiyokarbonat
Ni	Nikel
nm	Nanometre
OH	Hidroksit

Pb	Kurşun
rpm	Devir
Sb	Antimon
Se	Selenyum
Sn	Kalay
sn	Saniye
t	Zaman
TOK	Toplam Organik Karbon
UOK	Uçucu Organik Karbon
Zn	Çinko
%	Yüzde
$	Dolar
°C	Santigrad Derece
ΔH	Entalpi
µm	Mikrometre

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Kaplama banyosu kesiti…….....21
Şekil 2.1 Kaplama banyosu kesiti……..……..27
Şekil 3.1 Havalandırmalı kum tutucu…….42
Şekil 3.2 Vorteks akımlı kum tutucu……..43
Şekil 3.3 NaOCI dozaj ünitesi……..……...49
Şekil 3.4 Krom redüksiyon tankı……..……50
Şekil 3.5 Krom redüksiyon tankı……...51
Şekil 3.6 Nötralizasyon tankı…….52
Şekil 3.7 Nötralizasyon tankı…….53
Şekil 3.8 Çöktürme tankı…….54
Şekil 3.9 Lamelli çöktürme tankı……..……..55
Şekil 3.10 Aktif karbon ünitesi……..56
Şekil 3.11 Aktif karbon ünitesi……...……...57
Şekil 3.12 NaOH depolama tankı……..……58
Şekil 3.13 $PaCl_5$ depolama tankı…….……59
Şekil 3.14 HCI depolama tankı....……..60
Şekil 3.15 Metal kaplama atıksuları arıtma tesisi akış şeması……61

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Metal kaplama atıksularının tipik özellikleri……28
Tablo 2.2 Metal kaplama endüstrisi üretim proseslerinde kirletici kaynaklar….29
Tablo 2.3 Metal kaplama sektöründen kaynaklanan prosese ait atıklar……30
Tablo 3.1 Kaba ızgaraların özellikleri…….40
Tablo 3.2 Ön çöktürme tanklarının diğeri işlevleri……...……..45
Tablo 3.3 Ön çöktürme tankı tasarım bilgileri……46
Tablo 4.1 İSKİ atıksuların deşarj yönetmeliği deşarj limitleri…….……81
Tablo 5.1 Günlük alınan numune analiz sonuçları……..……..……83
Tablo 5.2 Haftada iki gün alınan numune analiz sonuçları…….……84
Tablo 5.3 Ayda bir alınan numune analiz sonuçları……85

ÖZET

Metal Kaplama Sanayi Atıksularının Ön Arıtma Sonrası Arıtım Performansının Değerlendirilmesi

İlyas ÖZTÜRK

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Mühendisliği Programı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman : Prof. Dr. Yaşar NUHOĞLU

Bu çalışmada, İstanbul'da faaliyet gösteren bir metal kaplama organize sanayi bölgesinin atıksularının arıtımı veriminin değerlendirilmesi araştırılmıştır. Bu OSB'de çeşitli kategorilerde üretim yapan 102 ayrı firma faaliyet göstermektedir. Bu firmaların 10 tanesi altın üretimi, 56 tanesi metal kaplama faaliyeti, 9 tanesi endüstriyel kimyasal toplama faaliyeti, 5 tanesi depo faaliyeti, 1 tanesi tespih üretimi faaliyeti, 2 tanesi enjeksiyon faaliyeti, 3 tanesi boya üretimi faaliyeti, 2 tanesi kapı kolu imalatı faaliyeti, 2 tanesi metal askı üretimi faaliyeti, 2 tanesi bağlantı parçaları imalatı faaliyeti, 5 tanesi makine imalatı faaliyeti, 3 tanesi plastik imalatı faaliyeti, 1 tanesi etiket imalatı faaliyeti, 1 tanesi sünger imalatı faaliyeti, 1 tanesi ayakkabı tabanı imalatı faaliyeti yapmaktadır. Bu üretim sürecinde OSB'de toplam m^3/ay (günlük ortalama 150 m^3/gün) atıksu üretilmekte ve tesisteki ön arıtma sistemi ile arıtılarak İSKİ kanalizasyon şebekesine verilmektedir. İSKİ ile yapılan mutabakatta atıksu deşarjı için belirlenen limitlere uyulması taahhüt edilmiştir. Ancak OSB'de faaliyet gösteren firmalar piyasadaki arz-talep istekleri doğrultusunda ticari kazanç sağlamak için belirtilen günlük deşarj limitlerini bazen

(zaman zaman) aştığı gözlenmektedir.

Bu çalışma kapsamında İSKİ kanalizasyon sistemine deşarj edilen atıksuların limitleri aşıp aşmadığını tespit etmek için başlangıçta bir hafta boyunca her gün, takip eden haftalarda haftada iki gün, haftada bir gün olmak üzere tesisten habersiz (anlık) olarak atıksu numuneleri alınarak analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda İSKİ deşarjlimitleri içerisinde kalan örnekler olduğu gibi deşarj limitleriniz aşan örnekler de tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Metal kaplama sanayi, atıksu arıtımı, işletme problemleri

ABSTRACT

Evaluation of Treatment Performance After Pre-Treatment of Metal Coating Industrial Wastewater

İlyas ÖZTÜRK

Department of Environmental Engineering

Master of Science

Supervisor : Prof. Dr. Yaşar NUHOĞLU

In this research, the treatment efficiency of the wastewater treatment of a metal plating organized industrial zone operating in Istanbul were investigated. 102 different companies operating in various categories operate in this OIZ. 10 of these companies are gold production, 56 metal plating activities, 9 industrial chemical collection activities, 5 warehouse activities, 1 rosary production activities, 2 injection activities, 3 paint production activities, 2 door handle manufacturing activities, 2 metal hanger manufacturing activities, 2 fittings manufacturing activities, 5 machinery manufacturing activities, 3 plastic manufacturing activities, 1 label manufacturing activity, 1 sponge manufacturing activity, 1 shoe sole manufacturing activity. In this production process, a total of m3/month (daily average 150 m3/day) wastewater is produced in the OIZ and is given to the İSKİ sewerage network after being treated with the pre-treatment system in the facility. In the agreement made with İSKİ, it has been committed to comply with the limits set for wastewater discharge. However, it is observed that the companies operating in the OIZ sometimes (from time to time) exceed the daily discharge limits specified in order to gain commercial profit in line with the supply-demand requests in the

market.

Within the scope of this study, wastewater samples were taken from the facility unannounced (instantly) and analyzed, in order to determine whether the wastewater discharged to the İSKİ sewer system exceeded the limits. As a result of the analyzes, there are samples that fall within the İSKİ discharge limits, as well as samples that exceed your discharge limits.

Keywords: Metal plating industry, wastewater treatment, business problems

1
GİRİŞ

Metal kaplama sanayi tarihi çok eski olup bu sanayinin babası olarak bir İtalyan asilzadesi olan Giovanni Galvani kabul edilmektedir. Giovanni Galvani 1700'lü yıllarda araştırmalar yaparken elektrik akımı ile iyonların hareket ettiğini tespit etmiş ve geliştirdiği elektrodlar ile metal iyonlarını sıvı ortmada bir elektrotdan diğer elektroda aktarmayı başarmıştır. Bu buluşu ile metallerde yüzey kaplama işleminin temellerini atmış ve daha sonra bu işleme dayalı olarak metal kaplama sanayi gelişmiştir. Bugün galvanoteknik veya galvaniz diye adlandırdığımız teknoloji Galvani'nin adından (soyadından) esinlenerek adlandırılmıştır. Ancak metal kaplama teknolojisinin teori ve uygulamalarındaki matematiksel kural ve kuramlar Faraday tarafından geliştirlerek bu konunun temel bağıntı ve denklemleri ortaya konmuştur. Böylece metal kaplamada kullanacağımız madde ve enerji miktarları hesaplanabilir hale gelmiş ve maliyetler ortaya konulmuştur. Metal kaplama teknolojisinin ilerlemesi pratikte uygulamaya konuşması 20. Yüzyılda gerçekleşmiş ve günlük hayatımızın vazgeçilmez bir parçası olmuştur. Ancak bu ilerleme ve kaplama sanayinin günlük hayatımızda yer alması beraberinde getirdiği birçok dezavantajın yanında çevre kirliliğine ve en önemli olarak su kirliliğine yol açmıştır.

Endüstriyel tesislerde kullanılan proseslerde metaller üzerinde kaplama, işleme, oyma gibi fiziksel ve kimyasal işlemler sonucunda oluşan atıksular ekosistemlerde bulunan canlılara zarar verebilecek düzeyde ağır metal ve toksik madde içermektedir. Ağır metal yükü fazla olan bu atıksular ekosistemlere verilmesi durumunda ekolojik tölerans sınırını aşarak canlılar üzerinde ölümle sonuçlanmaya kadar giden birçok zararlı sonuçlara yol açabilmektedir. Özellikle metallerin kaplama işlemi yapıldığı proseslerden kaynaklı bakır, kurşun, cıva, nikel, krom gib ağır metal içeriği yüksek çıkış suları su kirleticileri sınıfında önem arz eden bir konumdadırlar.[1]

Ağır metallerin birçoğu, insan vücuduna çeşitli yollarla girmesi sonucu biyolojik birikim yoluyla yüksek konsantrasyonlara ulaşarak ciddi hastalıklara yol açmabilmektedir.[2] Ağır metallerin çoğu, insan vücuduna tüketilen besinler ve su ile farkında olmadan girebilmektedir. Ağır metallerin önemli bir elemanı olan Bakır (Cu) elementi çeşitli besinlerde kirletici olarak bulunabilmekte ve bu elementin üretim aşamasında kullanılması ürünlerin kirlenmesine sebep olabilmektedir. Bakır (Cu) elementinin insan vücudu için önemli bir kaynak olmasının yanında gerekenden fazla miktarda vücuda alınması ölüme yol açabilecek kadar etkiye sebep olabilmektedir. Metal kaplama işlemlerinin sağladığı birtakım avantajlar bulunmaktadır.

Bunlar :

- Korozyon oluşumunu azaltması,
- Dış görünümün iyi olması,
- Parlaklık
- Aşınma durumuna karşı dayanıklı olma,
- Lehimlenebilir olma,
- İletkenlik artışı,

olarak sıralanabilir.

Atıksuda bulunan metaller en basit, ucuz ve etkili bir yöntem olarak genellikle çökeltme ile giderilir. Diğer ünite operasyonları arasında pıhtılaşma, membran prosesler, flokülasyon, iyon değişimi, adsorpsiyon , sementasyon, elektrokimyasal ve biyolojik operasyon, , solvent ekstraksiyonu, filtrasyon gibi prosesleri yer almaktadır. Pıhtılaşma işlemi, ağır metallerin uzaklaştırılması için yaygın olarak kullanılan bir işlemdir. Pıhtılaşma sürecinde, Fe ve Al genellikle pıhtılaştırıcı olarak kullanılır. Bu kimyasal pıhtılaştırıcılar suya FeCl3 6H2O ve Al2(SO4)3 18H2O olarak eklenir. Bu kimyasallar atıksulara verildiğinde farklı Cl− ve SO−4 gibi kirleticiler oluşur 2. Elektrokoagülasyon (EC), geleneksel pıhtılaşmaya alternatif bir süreçtir.EC'deki uzaklaştırma mekanizmaları oksidasyon, indirgeme, ayrışma, biriktirme, pıhtılaşma, absorpsiyon, adsorpsiyon, çökeltme ve flotasyondan oluşmalıdır. EC'nin geleneksel pıhtılaşmaya göre bazı avantajları vardır. AT

prosesinde daha kompakt çamur elde edilir ve yeni kirletici parametreleri oluşmaz. Ek olarak, bir dizi bilimsel çalışma, serbest formdaki ağır metallerin alüminyum, demir ve dökme demir elektrotlar kullanılarak EC tarafından başarılı bir şekilde giderilebileceğini göstermiştir. EC işlemi, hem eski organik kompleksi hem de ağır metalleri aynı anda ortadan kaldırma potansiyeline sahiptir.

Bu nedenle, EC'nin çeşitli kirleticileri uzaklaştırmadaki yüksek performansı dikkate alındığında, karmaşık metal işleme için proses performansı ve işlem parametrelerinin proses verimliliği üzerindeki etkisi deneysel olarak araştırılmalıdır. EC, çözünür iyonik türleri, özellikle ağır metalleri çözeltilerden uzaklaştırmak için başarıyla uygulanmıştır.[3]

Elektrokoagülasyon (EC), geleneksel kimyasal pıhtılaşma yerine alternatif ve uygun maliyetli bir arıtma yöntemidir ve metal kaplama atıksuları da dahil olmak üzere birçok endüstriyel atıksuyun arıtımında başarıyla uygulanmaktadır. EC işlemindeki uzaklaştırma mekanizmaları çok karmaşıktır ve kimyasal oksidasyon gibi çoklu mekanizmaları içerir.[4]

1.1 Literatür Özeti

Metallerin elektrokimyasal yöntemlerle sıvı ortamlarda çözünmesi ve bu ortam içeisinde aktarılarak kaplama sanayinde homojen ve homojene yakın yüzeyler oluşturması, oluşan bu yüzeylerin aşınma ve çözünmeye karşı çok dirençli olması kaplama sanayini günlük hayatın vazgeçilmezleri arasına sokmuştur. Galvanoteknik olarak da adlandırılan metallerin yüzeylerinin aşınmaz ve parçalanmaz elementlerle kaplanması günümüzde bu tekniğin mutfak, gıda, otomobil, uçak da dahil olmak üzere birçok sektörde yaygın olarak kullanılmasını sağlamıştır. Ancak galvanotekniğin bu kadar yaygın olarak kullanılması çevre kirliliği ve en özellikle de şiddetli derecede su kirliliğine yol açmıştır ve bilim adamları bu kirlilikleri ortadan kaldırmak için harekete geçmek zorunda kalmıştır. Bu araştırmada atıksularını ön arıtma yaparak İSKİ kanalizasyonuna deşarj eden bir metal kaplama organize sanayi bölgesinin deşarj sularını analiz edilerek standartları sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmiştir.

Metal kaplama atıksularını arıtılması ve/veya optimizasyonu konusunda birçok araştırma yapılmış ve yayınlanmıştır. Bu araştırmada literatür özeti olarak son yirmi

yılda ve ancak yoğun olarak son on yılda metal kaplama atıksularının arıtılması konusunda yapılmış araştırmalar incelenerek değerlendirilmiştir. Bu çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Metal kaplama atıksularından bakır ve nikel gideriminin araştırıldığı bir çalışmada, bir metal kaplama tesisinde halen uygulanmakta olan geleneksel kimyasal arıtmaya alternatif olarak pilot ölçekli bir elektrokoagülasyon (EC) prosesi geliştirilmiştir. Bu çalışmada, pilot ölçekli bir reaktörde EC prosesinden önce ve sonra pH ayarlamasının EC prosesinin giderim verimliliği üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Özellikle mevcut arıtmada elimine edilmesi sorunlu olan bakır (Cu) ve nikel (Ni) gibi iki ağır metalin giderimleri incelenmiştir. Yapılan optimizasyon çalışmaları ile Cu ve Ni giderimlerinin %93,75'in üzerinde olduğu gözlemlendi. Benzer şekilde EC prosesinin pH ayarı sonrası optimizasyonunda da Cu ve Ni giderim verimleri %95'in üzerinde belirlenmiştir.[5]

Gelişmiş Oksitleme Prosesi (AOP) ve Elektrokoagülasyon (EC) yöntemini kullanarak Nikel komplekslerinin etkinliğini ve kinetiğini ve KOİ giderimini analiz etmeyi ve karşılaştırmayı amaçlayan bir başka çalışmada hem AOP hem de EC reaktörü kullanarak Nikel kompleksleri ve KOİ giderimi için optimum çalışma koşulları ve giderim oranının reaksiyon kinetiği bu çalışmada bulunmuştur. Optimum durumdaki AOP reaktörü, EC reaktörüne kıyasla Nikel ve KOİ'yi daha fazla giderebilmesi neticesinde AOP teknolojisinin elektro kaplamalı endüstriyel atıksudan Nikeli uzaklaştırmada yalnızca güvenilir olmadığını, aynı zamanda ileri arıtma üniteleri için KOİ yüklemesini %50'den fazla azaltabileceğini göstermektedir. Daha uzun temas süresi ve daha yüksek ozon akış hızının KOİ giderimi üzerindeki etkisine ilişkin ileri çalışmalar önerilmektedir.[6]

İran'da bir sanayi şehrinde bulunan bir galvanik kaplama ünitesinden toplanan atıksularda yapılan bir çalışmada çekme çözeltisi olarak magnezyum klorür ve yarı geçirgen bir zar (Aquaporin) kullanılmıştır. Krom konsantrasyonu ve su akışı da sırasıyla atomik absorpsiyon spektrofotometrisi ve su akışı denklemine dayalı olarak ölçülmüş ve doğrudan ozmoz, krom giderimi ve su geri dönüşümünde oldukça etkili bir yöntem olduğu saptanmıştır. Optimum koşullar altında su akışı ve krom giderme verimliliği sırasıyla %15,6 LMH ve %85,58 olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak doğrudan ozmozda, çekme solüsyonu olarak magnezyum klorür

kullanımı, galvanik kaplama atıksuyundan kabul edilebilir krom giderimi ile sonuçlanmıştır.[7]

Vietnam'daki bir galvanik kaplama üreticisinden Cu, Ni içeren metaller-EDTA (Etilendiamintetraasetat) içeren kaplama atıksularını arıtmak için gelişmiş oksidasyon ve pıhtılaşmanın kombine/hibrit prosesinin optimal koşullarını bulmayı amaçlamaktadır. pH, H_2O_2 dozu, Fe2+ dozu, ozon, reaksiyon süresi ve poli akrilik asit (PAA) dozunun etkileri araştırıldı. Sonuçlar, optimal koşullarda 3 aşamalı arıtma işleminin Ni'nin %99,7'sini ve Cu'nun %99,72'sini giderebileceğini göstermiştir.[8]

Bir çalışmada, pilot ölçekli EW ve CP kullanarak Cu ve diğer metallerin seçici geri kazanımı için konsantrasyon bölmesinde ED-konsantre kaplama atıksuyu elde ederek, gerçek kaplama atıksuyunun arıtılması için pilot ölçekli bir ED sistemi geliştirilmiştir. EW (elektro-kazanım) işlemi aracılığıyla ED (elektrodiyaliz) konsantre kaplama atıksu numunelerinden neredeyse %93–96 Cu seçici geri kazanım elde edilmiştir. Bu çalışmalar neticesinde sıralı EW/CP sistemi, ED konsantre kaplama atıksuyunun arıtımı ve değerli metallerin geri kazanımı için uygun olduğu saptanmıştır.[9]

Manchester'daki General Electric Company (GE) şirketinde havacılık endüstrisi için motor parçalarının üretimi ve imalatı sırasında kaplanmış parçaların yıkanma sürecinde önemli miktarda atık oluşturan bir nikel fırça kaplama işlemi olduğu saptanmıştır. Proses israfını azaltmaya yönelik önerilerin bir parçası olarak, şirkete kaplama amaçlı daha yeni ekipmanla ilgili Sifco Applied Surface Concepts ve Liquid Development Company olmak üzere iki farklı fikir sağlanmıştır. Ayrıca, CitruClean dahil olmak üzere temizlik solüsyonu olarak su kullanımına alternatifler de sağlanmıştır.[10]

Bir başka araştırmada, nikel ve çinko kaplama işleminden kaynaklanan kompleks metaller içeren metal kaplama atıksularının paslanmaz çelik elektrotlar kullanılarak elektrokoagülasyon (EC) ile arıtılması araştırılmıştır. Organik madde giderim verimliliğini artırmak için elektrokoagülasyon (birleşik EC/Fenton prosesi) uygulamasına H2O2 ilavesinin etkisi araştırıldı. Tüm EC ve EC/Fenton işlemleri, 2.6'lık bir başlangıç pH'ında ve 22 mA/cm2'lik optimize edilmiş bir akım yoğunluğunda gerçekleştirildi. 30 mM'ye kadarH_2O_2 ilavesi, organik madde

azaltma açısından EC proses performansını iyileştirmesine rağmen, en yüksek KOİ ve TOC giderme verimlilikleri, 20 mM H_2O_2 varlığında kombine EC/Fenton prosesi için elde edilmiştir. Nikel ve çinko, pH ayarlamalarından sonra bu çalışmada test edilen tüm çalışmalar için tamamen çıkarılmıştır. Optimize edilmiş çalışma koşullarında, kombine EC/Fenton prosesi, metal kaplama endüstrisi atıksuyundan kompleks metal gideriminin yanı sıra organik madde azaltımının iyileştirilmesi için alternatif bir arıtma yöntemi olduğunu kanıtlamıştır.[11]

Çin'in Jiaodong bölgesindeki (BHJC) tarımsal artık karabuğday kabukları, hem eklenmiş numunelerde hem de altın kaplama atıksu numunelerinde Au(III) iyonlarını adsorbe etmek için kullanılmış ve ilgili adsorpsiyon kinetiği ve izotermleri araştırılmıştır. Adsorpsiyon seçiciliği konusunda araştırmalarda, BHJC'nin sulu şeklindeki çözelti içinde altın için sağlam bir afinite sergilediğini göstermektedir. Bunun yanında, sürecin optimizasyon durumuda yanıt yüzeyi metodolijisi (RSM) kullanımı ile gerçekleştirilmiştir.[12]

Atıksulardan ağır metallerin uzaklaştırılması için kil minerallerinin kullanılmasının uygulanabilirliği hakkında sınırlı bilgi mevcuttur. Bir başka çalışmada, temas süresi, süspansiyon pH'ı (5, 7 ve 9), sıcaklık (20 ve 40˚C), boyut (< 2 µm, 2–20 µm ve 20–50µm) dahil olmak üzere çeşitli değişkenlerin etkisini değerlendirmek için yapılmıştır. Sonuçlar, Zn'nin İran sepiyoliti üzerinde soğurulmasının nispeten hızlı bir süreç olduğunu ve dengeye sorbent uygulamasından 12 saat sonra ulaşıldığını göstermiştir. Sonuçlar ayrıca süspansiyon pH'ının 5'ten 9'a ve sepiyolit uygulama dozunun 2'den 16 g l-1'e çıkarılmasıyla Zn^{+2} iyonlarının giderim etkinliğinin arttığını göstermiştir. İran sepiyoliti, optimize edilmiş koşullar altında incelenen metal kaplama atıksuyundan Zn^{+2} iyonlarının toplam konsantrasyonunun %95'inden fazlasını gidermek için yüksek bir potansiyele sahip gibi görünmektedir.[13]

Diğer bir çalışma, kesikli ve tıkaç akışlı reaktör (PFR) konfigürasyonlarında laboratuvar suyu ve galvanik kaplama endüstrisi atıksuyundaki 1,4-dioksanın elektrokimyasal oksidasyonu gerçekleştirilmiştir. Proses optimizasyonu, diğer proseslerin parametreleri incelenerek bulunmuştur. Simüle halde olan kaplama sanayi atıksularında, %85 civarı 1,4-dioksan uzaklaştırılırken, TOK ve KOİ giderimleri sırasıyla %51 ve %79 olmuştur. PFR için, simüle edilmiş atıksu için

%91 civarında 1,4-dioksan bozunması gözlemlenirken, KOİ gideriminde ise %99 civarında bir sonuç elde edilmiştir. Elektrokimyasal PFR performans olarak en makul sonuçları gösterdiği için, kaplama sanayi atıksuyu, %83 1,4-dioksan bozunumunun elde edildiği optimize edilmiş şartlarda PFR yöntemiyle arıtımı gerçekleştirilmiştir. Atıksudan metal giderimi de PFR yoluyla %88 ila %99 arasında değiştiği gözlenmiştir.1,4-diokzanın elektrokimyasal PFR ile elektrokimyasal arıtımı sırasında sipariş başına elektrik enerjisi (EE/O) değeri, kaplama atıksuyunun arıtımı sırasında 6,62 kWh/m3 olmuştur. 1,4-dioksan-2-on ve 1,4-dioksan-2-ol ilk kez kaplama atıksuyunun elektrokimyasal arıtımı sırasında tanımlanmıştır.[14]

Akımsız nikel kaplama atıksuları genellikle sitrat şelatlama kompleksi içerir ve hidroksil radikallerinin bir temizleyicisi olan birlikte var olan hipofosfit, Fenton reaksiyonunda Fe^{+2} ile H_2O_2'nin katalitik etkinliğini tipik olarak düşürür. Bu çalışma kapsamında, sitratı iyileştirme amacıyla Fered-Fenton yöntemi uygulamaya konulmuş, akabinde serbest halde olan nikel iyonlarının uzaklaştırılması için alkali çökeltim kullanılmıştır. Sitrik asidin şelasyonundan serbest kalan nikel elementinin %99,9'luk miktarı katodik biriktirme ve sıralı çökeltme ile uzaklaştırılmıştır. Son olarak, sitrik asit ve hipofosfit ile bir arada bulunan nikel iyonlarından oluşan simüle edilmiş elektriksiz kaplama atıksuyunun başarılı yönetimi için bu optimum koşullar daha sonra gerçek atıksuyun (45.000 ppm KOİ ve 8000 ppm nikel iyonları) arıtıldığını göstermek için kullanılmıştır. Akımın mevcut olmadığı nikel kaplama sisteminde atıksudan %93 civarında KOİ giderimi, Fered-Fenton prosesinin uygulanabilirliğini ortaya koymuştur.[15]

Bir çalışmada, hidrolize zeytin küspesi ile doldurulmuş sabit yataklı kolonlar kullanılarak kaplama atıksularından çinko giderimi incelenmiştir. Bu çalışma, ölçek büyütmenin önemini tartışıyor ve çinko bazlı malzemelerin üretimi için tükenmiş biyosorbentin potansiyel kullanımlarına kısa bir genel bakış sunmaktadır. İlk olarak, farklı boyutlardaki kolonlarda hidrolize zeytin kekinin biyosorpsiyon davranışını analiz etmek için biyosorpsiyon çalışmaları yapılmıştır. Temas süresi, doğrusal hız ve yatak yüksekliği/çap oranı gibi önemli tasarım parametrelerinin biyosorpsiyon performansı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Daha yüksek yatak derinlikleri, dolgulu kolonlarda daha büyük bir emici dozu nedeniyle biyosorpsiyon

kapasitesini artırmıştır. Debi arttıkça geçiş süresi azalmış ve kolonun tükenmesi daha hızlı gerçekleşmiştir. Ayrıca pilot kolonda aynı temas süresi ve yatak yüksekliği/çap oranında ve çok daha yüksek lineer hızda çalışan çinko tutma kapasitesinin daha yüksek olduğu bulunmuştur. Daha iyi biyosorpsiyon sonuçları, kütle transferini etkileyen hız ve sıvı dağılımını iyileştiren hidrolik sistem nedeniyle olabilir. Son olarak, tükenen biyosorbent, farklı termal işlemlere tabi tutulmuştur. Ön testler, çinko yüklü katının çinko bazlı malzemelerin üretimi için geri dönüştürülebileceğini göstermiştir.[16]

Mevcut bir araştırmada konsantre galvanik atıksudan, Kimyasal Oksijen İhtiyacı, Toplam Organik Karbon çinko giderimi , çinko ve etilendiamintetraasetik asit kireç (Ca(OH)2) ve sodyum tritiyokarbonat (Na2CS3) kombinasyonu ile çöktürme maddeleri olarak incelenmiştir. Tasarlanmış atıksu arıtım ünitelerinin modellenme ve optimize işlemi için Merkezi Bileşik Tasarım (CCD) ve yanıt yüzey metodolojisi (RSM) uygulanmıştır. Atıksuyun diğer fizikokimyasal parametreleri de iyileştirilmiştir. Eşzamanlı olarak, $Ca(OH)_2$ ve Na2CS3'ün uygulanması, aktif çamur dehidrogenaz inhibisyonunu toplam inhibisyondan (ham atıksu için) -%70'e (arıtılmış atıksu için) düşürmüştür. Aynı koşullar altında fitotoksisite testleri, ham ve arıtılmış atıksu için tohum çimlenme indeksinin %10'dan %50'ye ve beyaz hardal (Sinapis alba) ve tere (Lepidium sativum L.) için %90'dan %100'e çıktığını ortaya koymuştur. Kök ve sürgün büyüme parametreleri istatistiksel olarak anlamlı bir iyileşme göstermiştir. Na2CS3 kullanımı, çinko içeren konsantre galvanik atıksuyun arıtımı için uygun bir seçenek olarak düşünülebilir.[17]

Endüstri sektöründen kaynaklanan atıksuları arıtmak sebebiyle halihazırda bulunan çeşitli arıtım üniteleri arasında elektrokoagülasyon, çevreye uyumluluğu, güvenli olması, enerji ve maliyet faktörü gibi farklı özellikleri sebebiyle zorlu bir seçeneği temsil etmektedir. Endüstriyel atıksudan ağır metallerin uzaklaştırılması için alüminyum ve demir elektrotlar kullanan elektrokoagülasyon prosesinin (ECP) etkinliği, çalışma parametrelerinin etkilerine özel dikkat gösterilerek araştırılmıştır. Deneysel sonuçlar, optimal deneysel koşullar altında (pH değeri 6.2), ağır metallerin yapay atıksudan giderim verimliliğinin %95'ten daha yüksek olduğunu ortaya koydu.[18]

Başka bir çalışmada, mikrodalga desteği olan poliol indirgeme kullanılması ile bimetalik nanoalaşımların seri bileşimi için basit yaklaşım sunulmaktadır. Pt ve Ni'yi promotör metaller olarak kullanılması ile çapı 2,8 ila 4 nm'de değişkenlik gösteren Pt/Ni nanoparçacıklarının kısa zaman içerisinde basit bir şekilde sentezlenebileceği görülmüştür. Nanoparçacıkların yüzey Ni yüzdesi, nanoalaşımların taraması için model sistem görevi üstlenen %0-100 arasında değişkenlik göstermektedir. Kirletici p-nitrofenol modelini kullanarak, Sabatier ilkesinin öngördüğü gibi reaktivite-kompozisyon ilişkisinin klasik bir volkan şekline sahip olduğunu da göstermektedir. En fazla reaktivite, hemen hemen %50'lik bir yüzey nikel oranıyla bulunmaktadır.[19]

Bir makalede, sulu çözeltilerden metal giderimi için yeni pıhtılaştırıcı-topaklayıcı ajanlar olarak karbamoil benzoik asitlerle modifiye edilmiş kitosan kullanımını önermektedir. Kitosan dianhidrit (ChD) ve kitosan dianhidrit-amin (ChDA) gibi aşılanmış kitosan türleri, tek başına kitosan ile karşılaştırıldığında Cu2+, Pb2+, Ca2+, Cr3+, Zn2+ ve Ni2+ giderimini iyileştirmiştir. Zeta potansiyel ölçümleri dozları tahmin eder ve yeni pıhtılaştırıcı-topaklayıcı ajanlar ile metalik katyonlar (104'ten 105 M-1'e kadar) arasındaki bağlanma sabitlerini hesaplamaya izin verir. Koagülasyon-flokülasyondan sonra, katılar SEM ve EDS ile analiz edilmiştir. SEM görüntüleri, kitosan üzerine aşılanmış fonksiyonel gruba bağlı olarak katıların dokusunu gösterir. Kitosan dianhidrit metalleri (tüm tarayıcı alanlarının ortalaması) içeren katıların EDS çalışması, metallerin ağırlıkça %'sini ortaya çıkarmıştır. [20]

Metal kaplama atıksu arıtımı için ileri teknolojilerin geliştirilmesi, öncelikle endişeleri gidermek için çıkarılan ilerici çevre düzenlemeleri tarafından yönlendirilen ana araştırma alanlarından birini oluşturmaktadır. Çeşitli membran bazlı süreçlerin ortaya çıkışı ve tatmin edici deneme ve saha testleri, metal kaplama atık akımlarının kontrolsüz boşaltımının neden olduğu olumsuz etkilerin en aza indirilmesi için yeni yollar yaratmıştır. Öte yandan, polimer bilimi ve mühendisliğindeki ilerleme, yüksek performanslı membranların tasarımı ve imalatı için etkin bir şekilde kullanılabilecek, gelişmiş işlevselliklere ve üstün özelliklere sahip membran malzemelerinin geliştirilmesi için fırsatlar sunmaktadır. Bu inceleme, ağır metal giderimi için kullanılabilecek olası stratejileri sunarak metal kaplama atıksu akışlarının özellikleri ve arıtmanın önemi hakkında bir genel bakış

sunmaktadır. Yüksek darbe ve zararlı etkileri nedeniyle nikel, krom ve çinkoya özel önem verilmektedir. Ek olarak, ters osmoz (RO), nanofiltreleme (NF), ultrafiltreleme (UF), kompleksleşme-ultrafiltreleme (CUF) dahil olmak üzere çeşitli membran bazlı prosesler için yüksek performanslı polimerik malzemelerin geliştirilmesindeki son gelişmeler hakkında kapsamlı bir inceleme sağlanmaktadır. Moleküler tasarım ve mimarinin rolünü vurgulayarak, mikrofiltrasyon (MF), polimer inklüzyon membranları (PIM'ler), elektro-membranlar (EM'ler), hibrit prosesler, sıvı membranlar, emülsiyon sıvı membranlar (ELM'ler) ve membran bazlı solvent ekstraksiyonu ve süreç performansı ve verimliliğinde öne çıkan diğer özelliklerdir.[21]

Bir başka çalışmada ulaşılmak istenen sonuç yüzey metodolojisi (RSM) kullanılarak dolgulu yataklı bir biyoreaktörde Bacillus subtilis tarafından Cr(VI) ve Cu(II) iyonlarının biyosorpsiyonu amacı ile proses parametrelerinin optimizasyonudur. B. subtilis kullanılarak Cr(VI) ve Cu(II) iyonlarının ortadan kaldırılması için optimize edilmiş yatak yüksekliği, başlangıç metal iyonları konsantrasyonu ve akış hızı altında sürekli biyosorpsiyon çalışmaları yapılmıştır. Biyosorpsiyon parametreleri, hem kesikli hem de paket yataklı biyoreaktör çalışmalarında RSM kullanılarak optimize edilmiştir. Çalışmalardan, Cr(VI) ve Cu(II)'nin B. subtilis tarafından maksimum biyosorpsiyonunun, 30 dakikalık temas süresi, 4.0 pH, 2 mg/mL biyokütle konsantrasyonu ve sıcaklığın optimum koşullarında olduğu fark edilmiştir. Seçilen ağır metal iyonlarının tahmin edilen yüzde biyosorpsiyonu, yüzde biyosorpsiyonun deneysel sonuçlarıyla uyumludur. Kesikli çalışmalarda Cr(VI) ve Cu(II)'nin biyosorpsiyon yüzdeleri %80 ile %78,4'tür. Dolgulu yataklı biyoreaktör çalışmalarında Cr(VI) ve Cu(II)'nin biyosorpsiyon yüzdeleri %91,7 ile %94'tür.[22]

Kerosende D2EHPA (di 2-etilheksil fosforik asit) kullanılarak krom (III) çekme olayı oluşmuştur. Klorür ve sülfat konsantrasyonunun ekstraksiyon işlemi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Tri-bütil fosfat (TBP), ekstraksiyon sürecini kolaylaştırmak için bir faz değiştirici olarak kullanılmıştır. Sıyırma işleminde, etken madde olarak hidrojen peroksit kullanımı ile yüklenen organik fazdan ciddi oranlarda krom geri kazanımı sağlanmıştır. Sıyrılan organik çözelti, krom çekmesi için tekrar kullanımı sağlandığında, optimal koşullarda mühim çekme verimliliği

göstermektedir. Galvanik kaplama atıksuyunda mevcut olan krom (VI), askorbik asit ile kroma (III) indirgenmiş ve optimize halde bulunan şartlarda, elektrokaplama atıksuyundan krom elementinin giderilmesinin yeterli olduğu sonucuna varılmıştır.[23]

Bir çalışmada, 0.1 μm yüzey gözenek boyutuna sahip destek ve aktif tabakada alüminyum oksidden oluşan seramik membran, gerçek bir tehlikeli metal kaplama atıksuyu ile uygulanmıştır. Alümina membran, kirlenme kontrolünü ve kirleticilerin uzaklaştırma verimliliğini iyileştirmek için bir toplu atıksuyu reaktör boyunca yeniden sirküle ederek membran yüzeyi boyunca granüler aktif karbon (GAC) partiküllerini akışkanlaştırmak için özel olarak tasarlanmış bir akışkanlaştırılmış membran reaktörüne doğrudan daldırılmıştır. GAC ile benzer boyuta sahip olan zeolit parçacığı da membran performansını karşılaştırmak için test edilmiştir. Bir atıksu pH'ının nötralize edilmesi, partikülat ve koloidal malzemelerin topaklaşmasına neden olarak, membran yüzeyinde önemli ölçüde kirlilik tabakasının birikmesine yol açar. Membran yüzeyinde oluşan dış kirletici tabaka, ikincil membran rolünden dolayı ağır metal iyonlarının giderim etkinliğini arttırmıştır. Mekanik ovalama eylemleriyle kirlenme kontrolüne ek olarak, GAC partiküllerinin membran üzerinde akışkanlaştırılması, zeolitten daha organik uzaklaştırma verimini geliştirmek için daha faydalı olmuştur. GAC dozajının %10'dan %30 v/v'ye çıkarılması, hem kirlenmeyi azaltma hem de organik giderme verimliliği üzerinde herhangi bir yararlı etkiye yol açmamıştır.[24]

Ağır metaller, su kütlelerinde veya karada verimsiz arıtma tesisleriyle bertaraf edilirse, tüketildiğinde insanlar için toksiktir. Bu tür endüstriyel atıksular, çoğunlukla çözünmüş formda ağır metaller içerebildikleri için bertaraf edilmeden önce etkili bir arıtmaya ihtiyaç duyarlar; ticari kullanım için verimli, ekonomik, düşük işletme ve bakım sistemleri için ileri arıtmalar gerekir. Elektrokoagülasyon, 30 dakikalık tutma süresi için 3.0, 5.0, 7.0 ve 9.0 pH varyasyonunda malzeme olarak Fe ve Al elektrot kullanılarak elektrokaplama atıksuyu ile denendi. Elektrot malzemesinin, pH'ın ve alıkonma süresinin etkisi, elektrot ve enerji tüketimine karşılık gelen deneyler sırasında araştırıldı. Optimizasyonda maksimum giderme verimliliği, Fe-Fe ve Fe-Al elektrot kombinasyonu kullanılarak 0,1 A akımda pH 9,0 sırasında gözlenmiştir.[25]

Galvanik kaplama üretim süreçleri, çevreye ciddi düzeyde ağır metaller içeren endüstriyel atıklar salar. Bu çalışma, çok sayıda ağır metal iyonu içeren galvanik atıksu endüstrisinin arıtımı için sıfır değerlikli demirin (nZVI) nanoparçacıklarının kullanımını araştırmıştır. Cu^{+2}'nın tek bir çözünen madde olarak kullanıldığı toplu deneylerde, optimum çalışma koşulu pH derecesi 7.3 , nZVI dozajı 1.6 g/L, süre 36 dakika, sıcaklık 30 °C ve ajitasyon hızı 180 rpm olup neredeyse %100 Cu^{+2} giderim verimliliği sağlamıştır. Adsorpsiyon mekanizmaları, enerji dağılımlı x-ışını spektroskopisi, taramalı elektron mikroskobu ve Fourier dönüşümü kızılötesi (FTIR) spektrometresi kullanılarak gösterildi. Ayrıca, gerçek elektro kaplama atıksu endüstrisini adsorpsiyon ve sedimantasyon prosesleri yoluyla arıtmak için sürekli besleme deneyleri yapılmıştır. Uzaklaştırma mekanizmaları, Men+'nın Fe0 çekirdeği tarafından Me(n-x)+/Me0'a indirgenmesini, oksit kabuğuna Me(OH)x ve Me-Fe-OOH olarak adsorpsiyonu, Men+'nın Me(n+z)+'ya oksidasyonunu, spesifik yüzey bağı ve sıralı elektron transferi ve çökeltme adımlarıdır. Adsorpsiyon sisteminin ölçeğini büyütmek için amorti edilen ve işletme giderleri dahil olmak üzere toplam maliyet, galvanik kaplama atıksuyunun m3'ü başına 4,45$ idi.[26]

Bir çalışmada, nadir toprak metali Ce ve sentezlenmiş nitrojen katkılı karbon nano-tabakalar (NCNS'ler) kullanılarak elektrodepozisyon yöntemiyle yeni bir NCNS-Ce-PbO2 elektrotu hazırlanmıştır. Çeşitli karakterizasyon ve elektrokimyasal performans testleri, NCNS-Ce-PbO2 elektrodunun diğer NCNS-PbO2 ve Ce-PbO2 elektrotlarından daha yoğun bir yüzeye ve daha küçük taneciklere sahip olduğunu, daha aktif yüzey bölgelerine sahip olduğunu ve bu nedenle daha fazla hidroksil radikali üretebildiğini göstermiştir. Yeni NCNS-Ce-PbO2 elektrotunun elektrokimyasal performansını değerlendirmek için model kirletici olarak N,N-dietil-m-toluamid (DEET) seçilmiştir. İlk kirletici konsantrasyonunun, akım yoğunluğunun, elektrolit konsantrasyonunun ve başlangıç pH'ının DEET ve kimyasal oksijen talebi (COD) giderim oranları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Optimum koşullar altında, 150 dakikalık bozunmadan sonra, uzaklaştırma DEET ve KOİ oranları sırasıyla %100 ve %80,52'ye ulaştı. Bozunma sürecindeki ara ürünleri tanımlamak için GC–MS kullanılmıştır. NCNS-Ce-PbO2 elektrotlu DEET'in bozunma mekanizması ve olası bozunma yolları tartışılmıştır.

NCNS-Ce-PbO2 anodunun iyi stabilitesi, hızlandırılmış ömür deneyleriyle doğrulanmıştır.[27]

Gerçek bir meyan kökü işleme atıksuyundan rengin, kimyasal oksijen ihtiyacının (COD), bulanıklığın ve alkalinitenin aynı anda giderilmesi için yeni bir sürekli elektrokoagülasyon (EC) reaktörünün potansiyel uygulaması araştırılmıştır. Sonuçlar, artan elektroliz süresi, akım yoğunluğu ve karıştırma yoğunluğu ile renk ve KOİ gideriminin arttığını ve daha yüksek NaCl konsantrasyonları eklendiğinde pratik olarak sabit kaldığını göstermiştir. Elektroliz süresi (81,8 dakika), akım yoğunluğu (350 A/m2), NaCl konsantrasyonu (300 mg/L), karıştırma yoğunluğu (45 rpm) gibi optimum koşullar altında sürekli EC işleminin uygulanması, bu vaat edilen giderme işlemlerinin gerçekleştirilmesine olanak tanır. Verimlilik oranları: %90,1 renk, %89,4 KOİ, %82 bulanıklık ve %73,3 alkalinite.[28]

1.2. Tezin Amacı

Bu çalışmada amaç, kaplama endüstrisinden kaynaklanan atıksuların deşarj noktasına verilmeden önce ağır metal içerikleri ve toksik etki oranı yüksek olan parametrelerin uygun arıtım teknolojileri ile hem zaman hem de maliyet olarak arıtım işlemlerini uygulamak ve kabul edilebilir deşarj standartlarını sağlayıp deşarj noktasına aktarmaktır.

Ayrıca metal kaplama endüstrisi atıksularının deşarj noktalarına verilmeden önce ön arıtma yapıldıktan sonra İSKİ Kanalizasyon sistemine deşarj standartlarının sağlanıp sağlanmadığının araştırılması ve alınması gereken önlemlerin tartışılmasıdır.

1.3. Hipotez

- Bu çalışmada, İstanbul'da 102 firmanın faaliyet gösterdiği ortalama 150 m^3/gün atıksu oluşturan metal kaplama organize sanayi bölgesi kompleksinde oluşan atıksuların ön arıtma sistemi ile arıtılarak İSKİ atıksu deşarjı standartlarının altına indirilip-indirilmediğinin belirlenmesi,
- Ön arıtma yapıldıktan sonra İSKİ kanalizasyon şebekesine verilmekte olan atıksuların deşarjı için belirlenen limitlere uyup uymadığını test edilmesi,
- İSKİ atıksu deşarj standartlarına uymayan deşarjların önlenmesi için alınması

gereken önlemlerin neler olabileceğinin ortaya konulması gerektiği,

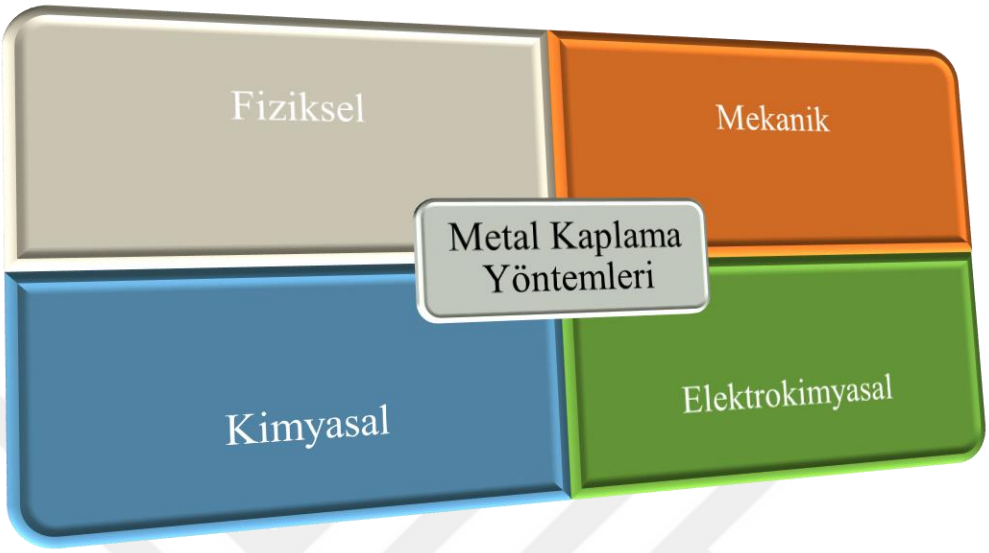
- İSKİ deşarj limitlerini aşan deşarjların optimizasyonunun nasıl yapılabileceği,

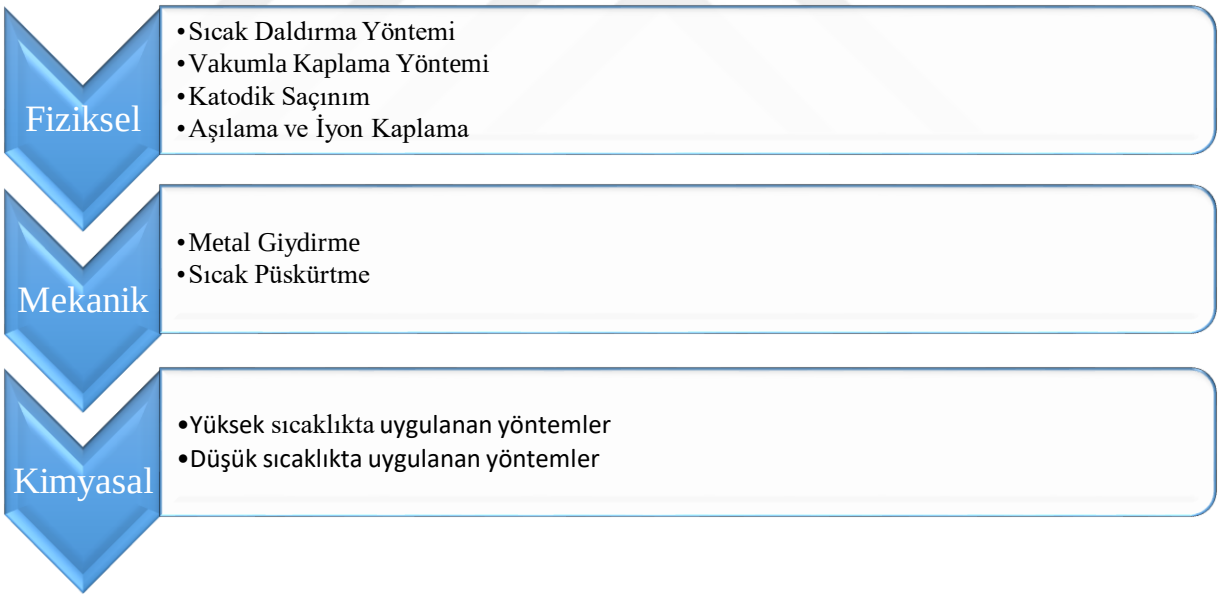
Hipotezleri ortaya konularak, olumsuzluklar karşısında alınabilecek önlemler tartışılmıştır.

1.4. Metal Endüstrisi Tanımı

Metallere gerekli birtakım işlemler uygulayarak daha elverişli bir kullanım oluşturmak amacıyla metal endüstrisinde proses aşamalarında metaller birçok işlemlere tabii tutulmaktadır. Bu işlemler; temizleme, ara kaplama, boyama ve son olarakta metal kaplama olarak sıralanabilir.

1.5. Metal Kaplama Yöntemleri





Kimyasal yöntemler kullanılarak elde edilen metal kaplama işlemleri:

a) Sıcaklık seviyesi yüksek olan yöntemler;

- Isıl ayrışım
- Kimyasal indirgeme
- Değişim

b) Düşük sıcaklıkta uygulanan yöntemler,

- Kimyasal indirgeme ile,
- Akımsız kaplama.
- Sementasyon işlemi.

Elektrokimyasal kaplama yöntemleri, elektro kaplama olarak adlandırılan metal kaplama yöntemidir. [30]

1.5.1 Sıcak Daldırma Yöntemi

Bu kaplama işleminde kaplama işlemi yapılacak olan metal başka bir metalin erimiş banyosuna daldırıp kaplama işleminin gerçekleştirilmesidir. Burada erimiş metal iki metal arasında alaşım oluşturur ve bu sayede kaplama işlemi gerçekleştirilir.

1.5.2 Sıcak Püskürtme Yöntemi

Yüzeyleri temizlenmiş olan çelik üzerine erimiş halde bulunan metalin sıcak bir şekilde püskürtme işlemidir. Genellikle bu metaller alüminyum ve çinkodan ibarettir. Sıcak daldırma işlemleri gerçekleştirilmeden önce çelik yüzeylerin temizlemesi kum püskürtme ile yapılması gerekir. Kaplamanın kalınlık ölçüsü 75 µm ila 200 µm arasında değişebilmektedir.

1.5.3 Elektriksiz Kaplama Yöntemi

Elektriksiz kaplama işlemi, kaplama işlemleri sırasında elektrik akımına maruz kalınmadan yapılan bir metottur. Bu yöntem, daldırma işlemi ve otokatalitik kaplama olarak iki şekilde yapılabilen işlemlerdir.

1.5.4 Elektrolitik Kaplama Yöntemi

Elektrolitik kaplama işlemi, bir metalin yüzeyinin üzerine bir başka metali elektrik akımı uygulanarak (elektroliz) kaplama yapılması işlemleridir. Yüzey kısmında iletken bir sistem sağlamak koşuluyla, kaplama işlemi yapılan kısım metalik veya metalik kabul edilmeyen bir maddeden oluşmaktadır. Kaplama ünitesi anot, katot, elektrolit ve uygun olan bir kaplama banyosundan oluşmaktadır. Bu işlemde banyolarda metallerin üzerinde metalik duruma indirgenen iyonlar bulunmaktadır. Kaplama işlemi yapılacak olan metal katot olarak kullanılır. Bununla birlikte birtakım araçlara da ihtiyaç duyulmaktadır. [31]

1.5.5 Elektrolit

Elektrolit, iyonik bir biçimde kaplanacak olan metali içeren sulu bir çözelti olarak tanımlanabilmektedir. En tutarlı verim sağlayan kaplama elektrolitin diğer bileşenlerininde metal tuzu ile bulunduğu kaplama işlemidir. pH parametresi kaplama işlemleri tatbikinde kaplama banyolarında büyük öneme sahiptir. Basit metal tuzları kullanımı dahilinde çözeltinin asidik olmaması durumunda alkali olan çözeltide kaplama işlemine maruz kalan metalin hidroksit durumu ile çökme hali gerçekleşir. İletkenliğin artması için ise hidroksil iyonları ya da hidrojen elementinin çözeltide bulunması durumu esastır.

Sıcaklık derecesinin kaplama banyolarında yükseltilmesi, metal tuzu çözünürlüğü durumunu oluşturup çözelti iletkenliğini arttırır. Sıcaklığın artması neticesinde yetersiz bir kaplama oluşması durumuyla karşı karşıya kalınabilmektedir.

Uygulamaların esnasında kaplamanın sıcaklığı oda sıcaklığı durumundan yaklaşık kaynama noktasına haline kadar farklılık gösteren bir aralığı içermektedir. [31]

1.5.6 Katot

Kaplama banyosu kısmında kaplama işlemi yapılacak olan metaller katot olarak seçilir. Kaplama işleminden önce kaplama yapılacak olan metale bir ön tatbik yapılması her zaman gerekli olmakta ve bu tatbik işlemleri için kullanılacak araçlar kaplama ünitesinin tamamlayıcı elemanlarıdır. Bir metal yüzeyini kaplama işlemi yapılmadan önce sadece yağ, pislik vb. gibi maddelerden değil beraberinde yüzeyindeki diğer tabakalarında giderilmesi lüzumludur. Temizleme işlemindeki ilk aşama pislik ve yağın makul organik bir çözücü vasıtasıyla giderilmesidir. Bunun için genellikle tercih edilen çözücü trikloretilen'dir. Metal parçası akabinde yıkama işlemi su ile yapılır ve temizleme işlemlerini tamamlamak amacıyla alkali bir çözelti ile temaslandırılır. Bu alkali çözeltinin cinsi temizleme işlemi yapılan metal parçanın türüne göre değişkenlik gösterir. Genel olarak tercih edilen çözeltiler sodyum hidroksit, sodyum fosfat sodyum karbonat, sodyum metasilikat ve sodyum siyanürdür. Ebat olarak iri metal parçaları elle, birçok küçük metal parçalar da varil içerisinde temizleme özelliğiyle etkili çözeltiyle temizlenmektedir. Normalde temizleme işlemi yapılan parça çözeltinin içerisine daldırılma ya da püskürtülmesi yöntemi ile yıkanmaktadır. Alkali çözeltiler ile işlemin akabinde

metal parçalar yıkanır ve asidin içine daldırılmaktadır. Asidin içine daldırma alkali çözeltiyle yıkama esnasında meydana gelen oksit tabakasının defedilmesi ve kaplama yöntemi için daha makul olan yüzey kısmının oluşumunu sağlamaktadır. Birtakım işlemlerde tüm adımlar uygulanmayabilir. Kaplama yapılacak yüzey kısmı metalik değilse kaplama işleminden önce yüzey üzerinde makul iletken bir tabakanın oluşturulması önem arz eder. [31]

1.5.7 Anot

Genellikle uygulama esnasında kaplama işlemi yapılacak metal parçanın çözünebilen anodu kullanılmaktadır. Böylelikle metalin iyon derişimi durmaksızın sabit tutulmaktadır. Kaplama yapılacak metal, sistemin çalıştığı her an metal iyonu alabilecektir. Örnek olarak bakır banyosunda, katot kısımında bakır ile kaplanırken, elektrolit kısmında bakır azalım gösterecektir. Bu durum elektrolit kısımında denge durumunu bozma eğiliminde olacaktır. Bu denge durumunu sağlayabilmek için de anot kısmına bakır asılması gerekmektedir.

Nikel kaplama işleminde nikel anot, çinko kaplama işleminde çinko anot vs. anot tarafına asılma işlemi yapılmalıdır. Banyoların içinde anot kısmının, kaplama yapılacak kısımda her zaman iki katı olması gerekmektedir. Bununla beraber anottan azami randımanın sağlanması için ise anot kısmının elektrolit içerisine tamamının daldırılması gerekmektedir.

Elektrolitte sabit metal iyonu derişiminin sağlanması anot kısımındaki akımın katot kısmındaki verim ile aynı olmasına bağlı olmaktadır. Anot kısmının pasif hale geçmesi durumu önlem alınması gerek bir haldir. Eğer anot kısmında çözünme şekli düzgün değilse anot kısmında kırılmaya ve metal taneciklerinin ayrılmasına sebep olmaktadır. [31]

1.5.8 Kaplama Tankı

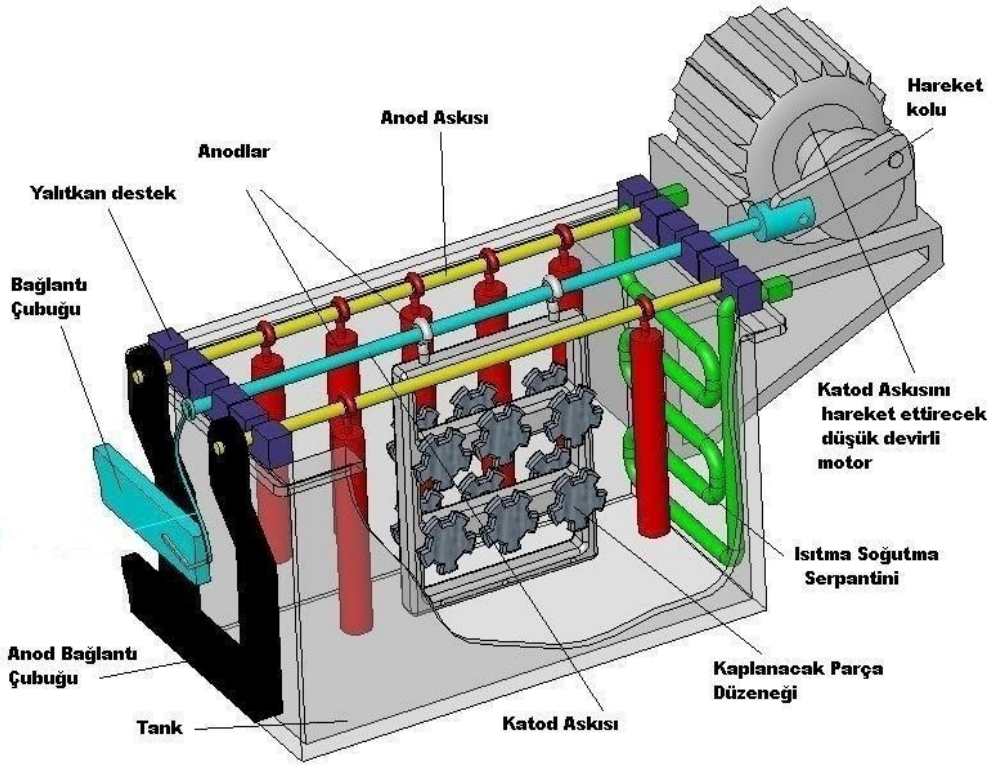
Kaplama tankında kaplama banyosunun içerisinde bulunduğu kabın elektrolitten etki görmeyen maddeden yapılmış olması başlıca istenen özelliktir. Çelik tanklar için yaygın olan durum plastik veya lastik ile kaplanmasıdır. Tankın yapılacağı madde seçiminde önem arz eden durum ısıtma şekli ve işlem sıcaklığıdır. Isıtma işlemleri su buharı geçirilen helezon borularla veya brulör,buhar ceketi yapılmaktadır. Daldırma yöntemi ile gaz ve elektrikli ısıtıcılarla ısıtma işlemi

yapılabilmektedir. Sabit sıcaklıklık koşulları için makul filtrasyon, pompalama düzenekleri ve bir termostat düzenlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Banyo içinde anot ve katot, karıştırma sistemleri, düzgün akım sağlamakla görevli kuvvet kaynağı, akımölçer ampermetre, voltaj ölçer voltmetre bulunmaktadır. Kaplama işlemlerinde kaplama işlemi yapılacak olan metal parçanın uygunluğu kabul edilebilir taşıyıcı ile iletken formda tel yardımı ile banyonun içine, anot kısımlarda da benzer olarak tankın içerisine asılmaktadır. Kaplama işlemi yapan işletmelerde genellikle yapılan işlemler süreklilik arz eder.

Sistemler musluk, somun, vida gibi küçük metal parçalar için uygun olmamaktadır. Küçük metal parçalar için kullanılan yöntem varil kaplamadır. Varil kaplama yönteminde birçok küçük metal madde elektrolit bulunduran ve dönebilen varilin içine yerleştirilmektedir.

Kaplama banyosunun bir kesiti şekil 1.1'de verilmiştir. [31]



Şekil 1.1 Kaplama banyo kesiti [31]

1.6. Kaplamanın Kalitesi Üzerinde Etkili Olan Faktörler

1.6.1 Akımın Yoğunluk Durumu

Akımın az olduğu yoğunlukta elektroliz yavaş olmaktadır. Akımın yoğunluğu çokça yükseltilmesi katot etrafında deşarj sağlanan metalik iyonları çözeltinin içerisinden gelenlerle karşılanamadığından katotta bir fakirleşme oluşup kaplama dağınık bir durumda olur. Katot bölgesinde oluşan hidrojenin çıkışı akımın yoğunluğunun arttığını göstermektedir. Kaplama işlemi sırasında akımın yoğunluğu devreye devre içerisinde bir ampermetre sayesinde kontrol edilmektedir.[15]

1.6.2 Elektrolit Konsantrasyonu

Elektrolit konsantrasyonunun düşük olması durumunda difüzyon hızı yavaşlar ve proseste difüzyon kontrolünün etkisinde cereyan etmektedir. Bu esnada kaplamanın yapışıklığı iyi olabilir. Konsantrasyonun yüksek olması durumunda tamamen farklı bir durum ortaya çıkmaktadır.[15]

1.6.3 Elektrolit Banyosunun Karıştırılması

Karıştırma işlemi çözelti bileşimini daha büyük bir akım yoğunluğunda çalışmasını sağlamakta ve daha homojen bir halde tutmaktadır. Banyonun karıştırılması katot kısmında cereyan eden kısmi fakirleşmeyi karşılama amacıyla faydalı bir işlemdir. Ancak karıştırma işleminde yükse hızlar, sınır tabaka kalınlığını azaltma durumu ile, difüzyonun hızını arttırır.

Ayrıca banyo çözeltisinin zaman zaman süzülmesi gerekmektedir. Çünkü çamur vs. banyo içinde süspansiyon halinde kalmasına da neden olmaktadır. [15]

1.6.4 Sıcaklık

Sıcaklık artışı, kristal büyüme ve difüzyonun hızını yükselterek elektrolizi iki şekilde etkiler. Bu faktörler, büyük tanelerin oluşmasına öncülük ederler. Bu sebeple sıcaklığın yükselmiş olması kabın içerisinde taneli bir ürünün oluşumuna sebep olmaktadır. Tersi bir durumda ise, düşük sıcaklıklarda küçük tanelerin oluşması söz konusu olmaktadır. Çoğunlukla uygulama aşamalarında sıcak banyo kullanımı tercih edilmektedir. [15]

1.6.5 Kolloidal Bileşenlerin Etkisi

Kaplama kalite oranını yükseltmek amacıyla elektrolitin içerisine düşük oranda jelatin, şeker gibi koloidal maddenin konulması gerekmektedir. Bunlara kauçuk, alkaloidler, kazein, boyar maddeler de eklenebilir. Bunlar kristal taneciklerde absorplanırlar. Bu sayede büyümeler önlenir.

1.6.6 Kaplama veya Dağılma Gücü

Kaplama işlemleri bakımından kaplamanın özellikleri istenilen şekilde olması yeterli olmamaktadır. Kaplama işleminin, ürünün her yerinde eşit kalınlıkta olması gerekmektedir. Kaplamanın kısa kalınlıkta olması ekonomik açıdan önemlidir. Uygulama esnasında kaplama yapılan ürün çoğunlukla geometrik olarak doğru şekilde değildir. Bu durumda mümkün olduğu kadar kalınlığı eşit olan bir kaplama oluşturulmaya çalışılmaktadır. Dağılma gücü, şekli düzensiz olan katotta düzgün bir kaplama oluşturulabilmesi için çözeltinin gösterdiği özelliğe denir.

Düzensiz şekildeki bir katodun kaplanılması istenildiği zaman daha uzakta olanlara anot kısmına yakın olan kısımların kalın bir tabaka ile kaplaması yapılmaktadır. Birden fazla çöküntü oluşumlarında eşit olmayan çökme eğilimi daha doğru bir kaplama sağlayabilen diğer faktörlerle karşılanır. [15]

1.7 Metal Kaplama Öncesi Yüzey Temizleme İşlemleri

Elektrolitik kaplama işleminde başarıya ulaşılması; kaplama yapılacak kısmın üst düzeyde yağ, pas gibi maddeler ve işleme esnasında yüzey kısmından ayrılan metal parçalardan ve tozlarından temizlenmiş olması ile olabilmektedir.

Yüzeyin temizlenmesinde hedef şunlardır:
-Genellikle yağlı kirin yüzey kısmından uzaklaştırılması
-Paslı tabakanın kaldırılması

-Yüzey temizleme ve parçanın kaplamaya hazırlanmasında kullanılacak işlemler, kaplama yapılacak parçanın şekline yapıldığı metale ve işleme özelliklerine bağlıdır.[15]

1.7.1 Yağlı Maddenin Alınma İşlemi

Çoğunlukla bütün metalik kısımlar birtakım yağlı maddeler bulundurular. Bu olay yüzey kaplama proseslerinden kaynaklanır. Bu proseslerden gelen gres yağı alkali çözeltilerde çözülerek sabun haline dönüştürülebilir. Petrol yağları sabunlaşmaz ve türüne göre farklı çözücülerle uzaklaştırılırlar.

2
METAL KAPLAMA ENDÜSTRİSİ

2.1 Metal Sanayi Atıklarının Özellikleri

Yüzey kaplama sanayii atıkları metal hazırlama ön işlemleri, kaplama prosesleri ve yıkama işlemleri sonucu oluşmaktadır. Galvano teknik sanayi atıksuları diğer endüstriler gibi çok miktarda değildir ancak toksisite özellikleri çok yüksek atıksulardır. Bu atıksular ağır metalleri, çeşitli asitleri, alkali atıkları, yağ ve metalik maddeler içerir. Bu suların karakteristik özellikleri organik maddece fakir fakat toksisitesi yüksek sular olması, teknolojisine göre asit ve alkali atıklar içermesidir. Bunların yanında siyanür, krom, yağ, gres, çeşitli boyalar, solvent ve çözücü içeririler. Metal yüzeyindeki oksitleri temizlemek için pike vaya salamura işlemi olarak adlandırlna prosesi uygulanır. Anorganik asitlerin kullanıldığı bu proses sonucunda hacimce az ancak çok yoğun kirletici yüküne sahip atıksular oluşur.

Metal kaplama proseslerinde kimyasal bileşenleri biribirinden farklı; kesikli kaplama çözeltileri ve yıkama-çalkalama suları olmak üzere iki temel tip atıksu oluşmaktadır.

Metal kaplama işlemlerinde kullanımına yer verilen stripping (sıyırma) banyolarının çoğu asidik özellikte olmaktadır. Metal temizleme işlemlerinde genel olarak kuvvetli asit çözeltileri tercih edilmektedir. Ayrıca sodyum sülfür, siyanürler ve hidroksitleri içeren alkali banyolar da kullanılmaktadır. Bu proseslerde uygulanan krom ve çinko kaplama işlemleri esnasında uygulanan yıkama ve temizleme işlemleri sonucunda ise oldukça asidik sular oluşmaktadır [38].

2.2 Metal Kaplama Atıklarının Arıtımı

Yukarıda açıklandığı gibi metal kaplama sanayi suları çok toksik yapıda olup siyanür, krom, nikel, altın ve gümüş gibi çeşitli ağır metaller, asitler ve alkali atıklar, yağ-gres, boyaçeşitli solventler ve metalik maddeler içerir. Bu suların karakteristik özellikleri organik maddece fakir fakat toksisitesi yüksek sular olması, teknolojisine göre asit ve alkali atıklar içermesidir.

Bu suların arıtılması özel prosesler gerektirir ve çoğunlukla ardışık kesikli arıtma sistemleri uygulanır. Bu atıksuların arıtımında ilk işlem nikel içeren atıksular ayrılması olayıdır. Nikel bu sularda bulunan ve en toksik maddelerden birisi olan siyanürün arıtılması işlemlerini zorlaştırır. Bu işleme mütaakip atıksulardan siyanür ayrılarak arıtılır. Bu işlemler için çoğunlukla ardışık kesikli arıtma sistemleri kullanılır. Bu sistemlere entegre olarak metal kaplama işleminde kullanılan kaplama tuzlarını tekrar kazanmak için iyon değişimi veya ters ozmos prosesleri uygulanır. Yıkama sularını arıtmak için iyon değiştiriciler önemli bir prosestir ve bu yolla yıkama suları arıtılarak tekrar kullanılabilir. Prosesin devamı için yıkama sularında kullanılan iyon değiştirciler zaman zaman rejenere edilerek temizlenmek zorundadır. Bakır, krom, nikel ve asidik kaplama çözeltileri de buharlaştırma yöntemi uygulanarak derişik hale getirilerek kaplama banyosuna tekrar gönderilmek için geri kazanılabilirler. İlk yatırım maliyeti yüksek olan bu proses bakır, krom, nikel gibi değerle metalleri ve asidik kaplama çözeltilerini tekrar kullanıma soktuğu için ilerleyen zamanlarda kendisini amorti eden ve en önemlisi bu toksik maddelerin tekrar tekrar kullanımını sağlar.

Krom kaplama tesislerinin oluşturduğu yüksek toksisite değerine sahip krom içeren atıksular ile diğer kaplama tesislerinde oluşan siyanürün arıtılması stratejik öneme sahiptir. Krom için geri kazanım, çöktürme ve diğer arıtma yöntemleri uygulanırken, siyanür içn kimyasal oksidasyon yöntemiz ağırlık kazanmaktadır. Bu proseste oksidadif madde olarak oksijen (hava), klor, sodyum hipoklorit veya ozon kullanılmaktadır.

Metal kaplama tesisleri atıksularında uygulanması gereken arıtma işlemlerinin başlıcaları şunlardır;

- Siyanür oksidasyonu
- +6 değerlikli kromun +3 değerlikli hale indirgenme ve çöktürme işlemi
- Asitlerin artıklarının nötralizasyon işlemi
- Metallerin artıkları kimyasal çöktürülme ile arıtımı
- Çöktürme
- İyon değişimi
- Ters ozmos

2.3 Metal Kaplama Sektöründen Kaynaklanan Atıklar

Şekil 2.1 Metal Kaplama Endüstrisi Atıkları

Tablo 2.1 Metal Kaplama Endüstrisi Proseslerinde Kirletici Kaynaklar [29]

ÜRETİM PROSESLERİ	KİRLETİCİLER
ASİT BANYOLARI	Nitrik Asit, Hidroklorik Asit, Sülfirik Asit, Hidroflorik Asit, Fosforik Asit, Asetik Asit, Alkaliler.
YAĞLAMA BANYOLARI	Sodyum Hidroksit, Sodyum Karbonat, Sodyum Silikat, Siyanidler, Organik Çözücüler.
GALVANİK BANYOLAR	Bakır, Nikel, Çinko, Kadmiyum, Mangan, Alüminyum, Demir, Kobalt, Dikromat.
SİYANÜR BANYOLARI	Bakır, Çinko, Kadmiyum, Siyanid.
CİLALAMA BANYOLARI	Asit, kromat.
SERTLEŞTİRME İŞLEMLERİ	Siyanür, Nitrat.
FOSFOR BANYOLARI	Fosforik Asit, Metal İyonları.
ELOKSAL BANYOLARI	Metal İyonları, Kromik Asit.
DİĞER BANYO İŞLEMLERİ	Nitrit ve Metal İyonları.

Tablo 2.2 Metal Kaplama Sektöründen Kaynaklanan Özel Atıklar [29]

Atık Kodu	Atığın Tanımı	A/M
11	Metal ve Diğer Malzemelerin Kimyasal Yüzey Işlemi ve Kaplanması Işlemlerinden Kaynaklanan Atıklar; Demir Dışı Hidrometaludi	
1101	Metal ve Diğer Malzemelerin Kimyasal Yüzey Işlemi ve Kaplanmasından Kaynaklanan Atıklar lorn: Galvanfzleme, Çinko Kaplama, Dekapaj, Asitle Swırma,, Fosfatlama, Alkalin Degradasyonu, Anotlamaj	
110105*	Sıyırma asitleri (parlatma asitleri)	A
110106*	Başka bir şekilde tanımlanmamış asitler	A
110107*	Sıyurrıa bazları	A
110108*	Fosfatlama çaınurları	A
1113109*	Tehlikeli maddeler içeren çamurlar ve filtre kekleri	M
110110	11 01 09 dışmdald çamurlar ve filtre kekleri [1]	
110111*	Tehlikeli maddeler içeren sulu durulama kırılan	M
110112	11 01 11 dışarıdaki sulu durulama sıvilan I	
110113*	Tehlikeli maddeler içeren yağ alma atıkları	M
110114	11 01 13 dışındaki yağ alma atıkları [1]	
110115*	Membran ya da iyon değişim sistemlerinden kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren sıvı ve çamurlar	M
110116*	Doymuş ya da bitik iyon değişim reçineleri	A
1113198*	Tehlikeli maddeler içeren diğer atıklar	M
110199	Başka bir şekilde tanımlanmamış atıklar [1]	
1103	Tavlama Işlemleri Çamurlar ve Katı Maddeleri	
110301*	Siyanür içeren atıklar	A
110302*	Diğer atıklar	A

2.4 OSB'de faaliyet gösteren firmaların Atık Miktarları

Tablo 2.3 Metal kaplama sektöründen kaynaklanan prosese ait atıklar

BLOK	İŞLETME	FAALİYET TÜRÜ	ATIK (KG/AY)
1	1 No'lu	Metal Kaplama	120
1	2 No'lu	Metal Kaplama	260
1	3 No'lu	Metal Kaplama	235
1	4 No'lu	Metal Kaplama	120
1	5 No'lu	Metal Kaplama	595
1	6 No'lu	Metal Kaplama	357
1	7 No'lu	Ramat	265
1	8 No'lu	Ramat	357
1	9 No'lu	Lokanta	357
1	10 No'lu	Ramat	186
1	11 No'lu	Metal Kaplama	119
1	12 No'lu	Metal Kaplama	186
1	13 No'lu	Metal Kaplama	119
1	14 No'lu	Endüstriyel Kimyasal Toplama	594
1	15 No'lu	Endüstriyel Kimyasal Toplama	594

Tablo 2.3 Metal kaplama sektöründen kaynaklanan prosese ait atıklar (devamı)

1	16 No'lu	Tespih Üretimi	382
1	17 No'lu	Ramat	357
1	18 No'lu	Endüstriyel Kimyasal Toplama	594
1	19 No'lu	Metal Kaplama	594
1	20 No'lu	Ramat	185
1	21 No'lu	Metal Kaplama	1015
1	22 No'lu	Metal Kaplama	357
1	23 No'lu	Metal Kaplama	119
1	24 No'lu	Ramat	495
1	25 No'lu	Ramat	357
1	26 No'lu	Ramat	370
1	27 No'lu	Boya Üretimi	475
1	28 No'lu	Metal Askı	145
1	29 No'lu	Endüstriyel Kimyasal Toplama	285
1	30 No'lu	Depo	119
2	1 No'lu	Metal Kaplama	246
2	2 No'lu	Metal Kaplama	355
2	3 No'lu	Metal Kaplama	470
2	4 No'lu	Metal Kaplama	290

Tablo 2.3 Metal kaplama sektöründen kaynaklanan prosese ait atıklar (devamı)

2	5 No'lu	Metal Kaplama	665
2	6 No'lu	Bağlantı Parçaları İmalatı	1000
2	7 No'lu	Makine İmalatı	305
2	8 No'lu	Metal Kaplama	775
2	9 No'lu	Metal Kaplama	713
2	10 No'lu	Metal Kaplama	1650
2	11 No'lu	Metal Kaplama	278
2	12 No'lu	Depo	306
2	13 No'lu	Boya İmalatı	422
2	14 No'lu	Endüstriyel Kimyasal Toplama	2280
2	15 No'lu	Ramat	370
2	16 No'lu	Boya Üretimi	475
2	17 No'lu	Metal Askı	145
2	18 No'lu	Endüstriyel Kimyasal Toplama	285
2	19 No'lu	Depo	119
2	20 No'lu	Metal Kaplama	246
2	21 No'lu	Metal Kaplama	355
2	22 No'lu	Metal Kaplama	470
2	23 No'lu	Metal Kaplama	290

Tablo 2.3 Metal kaplama sektöründen kaynaklanan prosese ait atıklar (devamı)

2	24 No'lu	Metal Kaplama	665
2	25 No'lu	Bağlantı Parçaları İmalatı	1000
2	26 No'lu	Makine İmalatı	305
3	1 No'lu	Metal Kaplama	238
3	2 No'lu	Metal Kaplama	330
3	3 No'lu	Metal Kaplama	657
3	4 No'lu	Metal Kaplama	475
3	5 No'lu	Metal Kaplama	1425
3	6 No'lu	Metal Kaplama	275
3	7 No'lu	Endüstriyel Kimyasal Toplama	950
3	8 No'lu	Metal Kaplama	1506
3	9 No'lu	Metal Kaplama	970
3	10 No'lu	Metal Kaplama	590
3	11 No'lu	Metal Kaplama	238
3	12 No'lu	Metal Kaplama	282
3	13 No'lu	Metal Kaplama	723
3	14 No'lu	Ayakkabı Taban İmalatı	1075
3	15 No'lu	Ramat	804
4	1 No'lu	Metal Kaplama	447

Tablo 2.3 Metal kaplama sektöründen kaynaklanan prosese ait atıklar (devamı)

4	2 No'lu	Metal Kaplama	580
4	3 No'lu	Endüstriyel Kimyasal Toplama	1490
4	4 No'lu	Makine İmalatı	238
4	5 No'lu	Plastik İmalatı	337
4	6 No'lu	Makine İmalatı	447
4	7 No'lu	Plastik İmalatı	453
4	8 No'lu	Plastik İmalatı	2000
4	9 No'lu	Makine İmalatı	475
4	10 No'lu	Depo	238
4	11 No'lu	Metal Kaplama	1190
4	12 No'lu	Metal Kaplama	238
4	13 No'lu	Metal Kaplama	277
4	14 No'lu	Metal Kaplama	270
4	15 No'lu	Metal Kaplama	475
4	16 No'lu	Metal Kaplama	310
4	17 No'lu	Metal Kaplama	713
5	1 No'lu	Etiket İmalatı	1425
5	2 No'lu	Sünger İmalatı	950
5	3 No'lu	Metal Kaplama	242

Tablo 2.3 Metal kaplama sektöründen kaynaklanan prosese ait atıklar (devamı)

5	4 No'lu	Metal Kaplama	713
5	5 No'lu	Enjeksiyon	340
5	6 No'lu	Kapı Kolu İmalatı	1190
5	7 No'lu	Metal Kaplama	570
5	8 No'lu	Metal Kaplama	996
5	9 No'lu	Metal Kaplama	310
5	10 No'lu	Kapı Kolu İmalatı	520
5	11 No'lu	Enjeksiyon	627
5	12 No'lu	Metal Kaplama	240
5	13 No'lu	Metal Kaplama	380
5	14 No'lu	Metal Kaplama	950
5	15 No'lu	Depo	475
5	16 No'lu	Endüstriyel Kimyasal Toplama	238
TOPLAM			55675

3

ÖN ARITIM YAPAN ATIKSU ARITMA TESİSİ

3.1 Giriş

Debi olarak yapılan çalışmalar neticesinde endüstriyel atıksular 3 ayrı hattan gelmekte ve miktarları;

Sürekli Yıkama Atıksuları : 100 m^3/gün

Siyanürlü Atıksular : 50 m^3/gün

Cr^{+6} içerikli Atıksular : 50 m^3/gün şeklindedir.

Tesisi olası kapasite artışını kaldırabilmesi için tesise gelebilecek debiler maksimum olarak değerlendirilerek 200 m^3/gün kapasite ile projelendirilmiştir. Fakat OSB'deki firmaların iş kapasitelerine göre bu debi zaman zaman aşılmaktadır.

3.2 Arıtılmış Su Kalitesi

Endüstriyel Atıksu Ön Arıtma Tesisi sektörel olarak İSKİ Kanalizasyon sınırlarının içinde kaldığından bu standartlara uyacak ve ön arıtım koşullarını sağlayacak şekilde projelendirilmiştir.

3.3 Atıksu Arıtma Yöntemleri

Atıksu arıtma yöntemleri temel olarak 3'e ayrılmaktadır. Bunlar;

- Fiziksel Arıtma Yöntemleri
- Kimyasal Arıtma Yöntemleri
- Biyolojik Arıtma Yöntemleri

Karakteristik yönde değişik olan atıksular için farklı arıtma yöntemleri kullanılabilmektedir. Endüstriyel atıksuların arıtımı için kimyasal yöntemler tercih ediliyorken evsel atıksular için genel manada fiziksel ve biyolojik arıtma sistemleri kullanılmaktadır. Bunların yanısıra bu üç yöntemin birlikte kullanıldığı arıtma sistemleri de mevcuttur.

3.3.1 Fiziksel Arıtma Yöntemleri

Atıksu kirliliğinin fiziksel özellikleri göz önüne alınarak yani maddenin özgül ağırlığı, vizkositesi ve boyutları gibi durumlara ele alınarak uygulamaya koyulan arıtma yöntemleridir diyebiliriz.

Fiziksel arıtma yöntemleri;

- Izgaralar
- Kum Tutucular
- Çökelme Tankları
- Filtrasyon Havuzları

3.3.2 Kimyasal Arıtma Yöntemleri

Atıksuda kirliliğin kimyasal bileşenlerine bağlı olarak kimyasal madde ekleme işlemi tatbik edilerek yapılan arıtma şekline kimyasal arıtma denir. Bu amaçla çoğunlukla klorürlü ve sülfatlı bileşikler ile polielektrolit dediğimiz atıksulardaki askıda katı maddelerin taşıdığı elektrik yüklerinden dolayı floklaşamayan maddeler kullanılan flokalaştırcılar ile önce bir araya toplanıp floklaştırıldıktan sonra büyük partiküller haline getirlerek çökelmeleri sağlanır. Bu amaçla da FeCl3, H2SO4, HCl, Ca(OH)2, FeSO4, alüm gibi kimyasal floklaştırcılar kullanılmaktadır Kimyasal arıtma ağır metal vs gibi inorganik kirleticilerin gideriminde yüksek verimle çalışırken organik maddelerin gideriminde verim çok yüksek değildir. Burada da polielektrolitler kullanılmaktadır. [32]

3.3.3 Biyolojik Arıtma Yöntemleri

Atıksulardaki çözünmüş organik kirleticilerin biyolojik reaksiyonlar neticesinde sudan uzaklaştırılması işlemine nedir. Bunlar;

- Biyolojik Filtre
- Aktif Çamur ve Modifikasyonları
- Stabilizasyon Havuzları ve Modifikasyonları
- Anaerobik Sistemleri

Atıksuyun Arıtılma Aşamasında Yapılan İşlemler

Atıksuyun arıtma aşamasında genel olarak şunlar uygulanmaktadır.

Ön Arıtım Sistemleri:

Kaba ızgaradan geçirme

İnce ızgaradan geçirme

Debi ölçümü

Atıksuyun terfi edilmesi

Kum tutucudan geçirme

Ön çökeltme havuzları

İkincil Arıtma Üniteleri:

Biyolojik arıtma

Son çökeltim havuzları

Dezenfeksiyon

Üçüncül Arıtma Üniteleri:

Azot giderimi

Fosfor giderimi

Atıksuçamuru arıtımı (stabilizasyon/çürütme)

Atıksu çamur susuzlaştırma işlemleri.

Ön arıtma sistemlerinde kaba ızgaralar, ince ızgaralar ve kum tutucular her atıksu arıtma tesisinde yer alan ünitelerdir. İkincil arıtma üniteleri olarak farklı sistemler kullanılabilmektedir. Bu sistemlerden hangisinin kullanılacağına karar verilirken alan özellikleri ve arıtma verimi ihtiyaçları hususu dikkate alınmaktadır.

3.4 Ön Arıtma Üniteleri

3.4.1 Kaba Izgaralar

Uzaklaştırılmadıkları zamanda arıtma tesislerinin diğer arıtım sistemlerinde tıkanıklıklara meydan verebilecek ebatlarda olan kaba organik ve inorganik maddelerin atıksuların arıtılma aşamasında atıksulardan ayrılması için kullanılmaktadır. Kaba ızgara ünitelerinde çubukların arasındaki genişlik 4 cm ve üzerinde ve yatay ile 30-60 ^{o}C açı alacak şekilde sisteme yerleştirme işlemleri yapılır. Bu ünitelerin temizliği genel olarak manuel yani el ile temizleme şeklinde yapılmaktadır.

3.4.2 İnce Çubuk Izgaralar

İnce çubuk ızgara ünitelerinde çubuklar arası genişlik 2-6 mm arasında değişmekle birlikte bu ünitelerde yatay ile 30-60 ^{o}C açı olacak şekilde sisteme yerleştirme işlemleri yapılır. Bu ünitelerin temizliği genel olarak manuel yani el ile ya da mekanik temizleme şeklinde yapılmaktadır. Çubuk ızgara tipinden başka ; yay tipi, döner elek tipi, döner tambur tipi gibi ince ızgara tipleri mevcuttur.

Tablo 3.1 Kaba ızgaraların özellikleri

TİP	YERLEŞİM	AÇIKLAMA	
Çubuk ızgaralar	Pompaların ve kum tutucuların önüne	Elle temizlemeli veya mekanik temizlemeli olabilirler. Küçük arıtma tesislerinde elle temizlemeli olanlar kullanılır.	
Elekler	Çubuk ızgaranın önüne veya damlatmalı filtrenin arkasına	Çubuk ızgaraya göre daha küçük parçacıkların uzaklaştırılmasında kullanılır. Düz, sepet, kafes ve disk tipleri vardır. Izgaralar kanaldan çıkartılarak temizlenip yerine takılır. Yeni tipleri hareketli eleklerdir. Tasarımları ince ızgaralara benzer. Katılar sürekli ayrılarak oluğa boşaltılır. Uzaklaştırılacak maddelerin boyutuna bağlı olarak aralıklar 3-20 mm arasındadır.	
Öğütücüler	Kaba eleklerle birlikte	Öğütücüler ızgaralarda tutulan katı maddeleri öğütür. Dönen veya titreşen bir merdane üzerinde kesme dişleri veya doğrama kısımları vardır. Öğütücüler neredeyse tamamen batmış konumdadır.	
Tasarım Faktörü		**Elle Temizlemeli**	**Mekanik Temizlemeli**
Izgarada hız (m/sn)		0,3-0,6	0,6-1,0
Izgarada boyut	Genişlik (mm)	4-8	8-10
	Derinlik (mm)	25-50	50-75
Izgarada çubuklar arası net açıklık (mm)		25-75	10-50
Izgaraların yatayla yaptığı açı (derece)		45-60	75-85
Müsaade edilen yük kaybı, kirli (kısmen tıkalı) ızgara (mm)		150	150
Maksimum yük kaybı, kirli ızgara (mm)		800	800

3.4.3 Kum Tutucular

Ön arıtma tesisine gelen atıksularda bulunan kum, çakıl, vb. gibi kaba ve fiziksel arıtma ile arıtlabilen maddeler, arıtma sistemlerindeki pompaların devirdaim mekanizmalarının bozulması, borular, kanallar, çökeltme havuzları ve çamur çürütme tanklarında tıkanıklıklara neden olduğu için bu maddelerin arıtılması gerekmektedir. Bu amaçla kum tutucular ve ön arıtma tankları önem kazanmaktadır. Kum tutucular oval ve diktörtgen yapıda olabilirler ve esas amaçları ızgaralardan sonra gelen atıksudaki 0,2 mm'den büyük kumların tümünü yakalamaktır. Bu amaç sağlanırken çoğunlukla da 0,15 mm ve daha büyük çaptaki kumların % 100'e yakın giderimi sağlanabilmektedir.[8] Kum tutucularda atıksu geçiş hızı 0,3-0,4 m/sn olarak ayarlanması durumunda organik katıların çökelmesi de sağlanarak arıtlması gerçekleştirilebilmektedir.

Atıksu arıtma tesislerinde kum tutucular genellikle ızgaralardan sonra kullanılır ve yakanan kumların sistemden rahatlıkla uzaklaştırlması sağlanır.

Atıksu arıtma tesislerinde üç tip kum tutucu vardır:

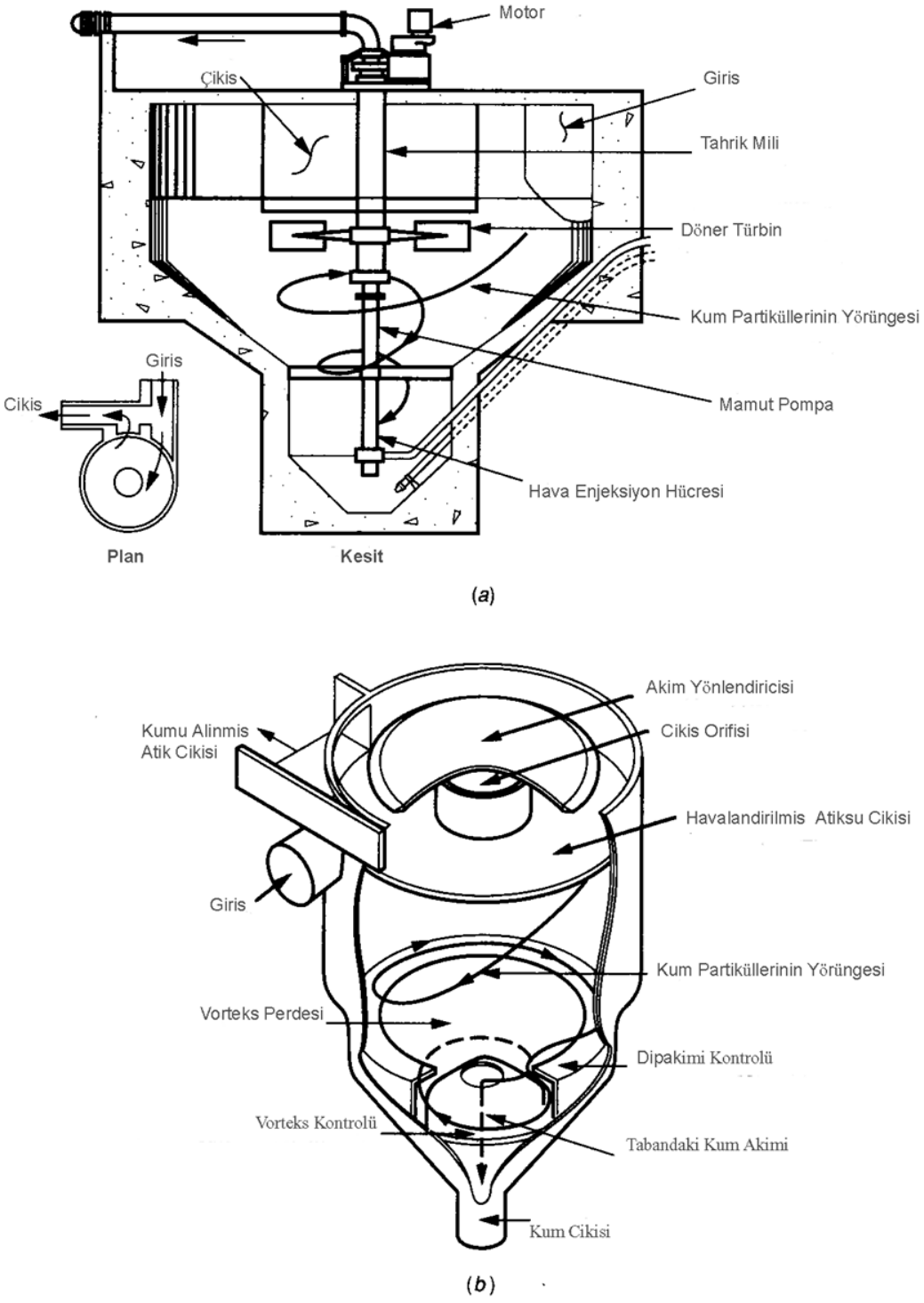
- Yatay akışlı, dikdörtgen veya kare planlı
- Havalandırmalı,
- Vorteks akımlı.

Yatay akışlı kumtutuculardа atıksu kum tutucudan yatay akışla geçer ve çizgisel hız, kum tutucunun boyutu, girişte dağıtım mekanizması ve çıkışta çeşitli savaklarla kontrol edilebilir. Havalandırmalı kum tutucular spiral akışlı havalandırma tankından oluşur. Spiral hız, tank boyutu ve verilen hava miktarı ile kontrol edilir.

Vorteks (girdap) akımlı kum tutucular ise silindirik bir reaktörden oluşur. Atıksuyun sisteme girişi başlangıçta kenardan teğetsel olarak verilerek sistemde dönüş sağlanmak suretiyle girdap oluşturur. Bu girdabın oluşturacağı merkezkaç ve yer çekimi kuvvetleri kumun çökmesini sağlar.

Şekil 3.1 Kum Tutucu [33]

Klasik ve yatay akışlı kum tutuculardа toplanan kumu uzaklaştırmak için kullanılan sistemlerin pahalı olması ve kum yıkama ekipmanları gerektirmesi, havalandırmalı kum tutucuların yaygın olarak kullanılmasını sağlamıştır. Ancak endüstriyel atıksularında kullanılacak havalandırmalı kum tutuculardа havalandırmadan dolayı oluşacak Uçucu Organik Karbon oluşumu dikkate izlenmelidir. UOK oluşumu, arıtma tesisi işletmecileri açısından sağlık sorunları oluşturmaktadır. Uçucu Organik Karbon oluşması riskine karşı kum tutucu üzerine kapak yapılmalı veya havalandırmasız kum tutucular tercih edilmelidir.



Şekil 3.2 Vorteks Akımlı Kum Tutucu [33]

Vorteks akımlı kum tutucular iki tip olup birinci tipinde atıksu girişi ve çıkışı teğetsel olarak oluşturlur. Dönen bir türbin ile sabit akış hızı sağlanır. Yön ve mesafeleri ayarlanabilir sıyırıcılar ile organik maddelerin kumdan ayrılması sağlanır. Dönebilen türbin kum parçacıkları için silindirik akış sağlar. Kumlar yerçekim kuvveleri ile olukta çöktürülür. Olukta toplanan kum, pompa veya havalı kaldırmalı (mamut) sitemleri ile uzaklaştırılır (Şekil 3.2- a)

İkinci tip Vorteksli kum tutuculardа ise giriş ünitesinin üst kısmından teğetsel atıksu girişi sağlanarak girdap oluşturulur. Atıksu tepeden dönen silindirin merkezinden çıkış yapar(Şekil 3.2-b).

3.4.4 Kumların Uzaklaştırılması

Bazı arıtma sistemlerinde kumtutucular kullanılmaz, kum ön çöktürme havuzunda çöktürülür. Kum giderimi, seyreltik birincil çamurun siklon tip kum tutucuya pompalanması ile sağlanır. Siklonik kum tutucu santrifüj ayırıcısı olarak görev yapar. Kaba kum ve katı parçacıklar dönü sağlanarak küçük partikül ve sıvı kısımdan ayrılır. [33]

3.4.5 Atıksu Terfi Üniteleri

Atıksu arıtma tesisinlerinde arasında kot farkı bulunan arıtma üniteleri arasında atıksuyu bir üniteden diğerine gönderebilmek için pompalama üniteleri kullanılmak zorunludur. Kullanılan pompalar burgulu veya santrifüj tipte olmak üzere iki tptir. Santrifüj tipli pompa ile iletim yapabilmek için atıksu ince ızgara ve kum tutucudan geçitikten sonra terfi edilmesi gerekmektedir. Aksi halde Atıksu içerisindeki inorganik malzeme pompanın arızalanmasına neden olmaktadır. Burgulu tip pompa kullanımı durumunda atıksuların sadece kaba ızgaradan geçirilmesi yeterli olmaktadır.

3.4.6 Ön Çökeltme Havuzları

Atıksular ızgara ve kum tutuculardan geçtikten sonra içerisindeki kaba organik ve inorganik maddelerin birçoğu tutulmaktadır. Bunu müteakiben atıksudaki nispeten daha ince olan askıdaki katı maddelerin atıksuda uzaklaştırılması için çökeltme havuzları kullanılmaktadır. Bu havuzların sistemde atıksuları çamur ve çökelmiş atıksu olmak üzere iki ayrı bileşene ayırmaktır. Bu havuzlarda atıksudaki askıda katı maddelerin %60-%75'i ile BOİ'nin %25-%40'ı arıtılabilmektedir.

Çöktürme havuzları dikdörtgen ve dairesel olarak tasarlanabilmektedir. Çökeltme havuzlarında çökelen çamurların biriktirilebilmesi için çamur konisi ve bu koniyi çamuru sıyırma işlemini yapacak ekipmanlara yer vermek gerekmektedir. Ön çöktürme havuzlarında atıksuların bekleme süreleri 1,5 ila 2,5 saat aralığında değişmektedir.

Tablo 3.2 Ön çöktürme tanklarının diğer işlevleri [34],[35]

İşlev	Etki
Ham atıksu kalite ve debisinin dengelenmesi	Sabit debi sağlayarak ikinci kademe arıtma ünitesinin performansının iyileşmesi sağlanır.
Kum tutucu	Ayrı bir ünite yoksa, çamur ve kum giderimini bir yerde toplar.
atık suyun BOI_5 ve Askıda Katı Madde giderimini arttırmak ve besin elementi giderimi için ham atık suyun kimyasal arıtımı	Ön çöktürme tankına kimyasal madde ilavesi ile BOI_5 ve Askıda Katı Madde giderimi arttırılır ve besin elementi giderimi (genellikle fosfor) sağlanır.

Ön çöktürme havuzunun fonksiyonel görev yapamaması durumunda bu ünitedeki organik yük miktarı artarak arıtma verimi düşecektir. Bu durmda son çöktürme havuzunun daha işlevsel hale getirilerek arıtımın saşlanması gerekmektedir. Ancak bu durum çok tercih edilen bir yol değildir.

Tablo 3.3 Ön Çöktürme Tankı Tasarım Bilgileri [36]

	Aralık	Tipik
Öncöktürme (Son çöktürme var):		
Kalma süresi, saat	1,5-2,5	2
Taşma hızı, $m^3/m^2/gün$		
Ortalama akış	33-49	
Pik saatlik debi	81-122	102
Savak yükü, $m^3/m/gün$	124-496	248
Aktif çamur geri dönüşlü ön çöktürme:		
Kalma süresi, saat	1,5-2,5	2,0
Taşma hızı, $m^3/m^2/gün$		
Ortalama akış	24-33	
Pik saatlik debi	49-69	61
Savak yükü, $m^3/m/gün$	124-496	248

3.5 İkincil Arıtım Yöntemleri

Bu yöntemler ön arıtım aşamaları ile sistemden giderilemeyen çözünmüş ve kolloidal organik maddelerin giderildiği arıtım yöntemidir. Belirtilen maddelerin basit çökeltim yöntemleri ile arıtımı sağlanamayacağı için çökebilen katı formlara dönüştürülmesi gereklidir. Bu olay ise belirtilen maddelerin mikroorganizmalarla biraraya gelmesiyle mümkün olmaktadır. Bu bakterilerin kolloidal ve çözünmüş formda bulunan maddelerle beslenmesi ile büyümeleri ve çoğalmaları gerçekleşmektedir. Bu arıtma sistemleri sözkonusu işlemleri yapan biyolojik prosesler ve sistem gereksinimi halinde son çökeltim ünitelerini içermektedirler.

3.5.1 Stabilizasyon Havuzları

Bu sistemde atıksular ön arıtım proseslerinden geçirilerek stabilizasyon havuzlarına alınmaktadır. Amaç sistem içerisinde havalandırma işlemine tabii tutmadan doğal olarak arıtım işlemlerini gerçekleştirmektir. Proseste sunulan avantajlar arasında, işleyişin basit olması ve yapılan işlemlerin güvenli olması gösterilebilir. Doğal arıtım yöntemi sonucunda ortaya çıkan çamur oranı diğer arıtım yöntemlerine göre daha az seviyededir. Proseste meydana gelen çamur stabil durumda olduğu için farklı çamur arıtma işlemleri kullanmaya lüzum yoktur.

Doğal arıtım yöntemleri yavaş işleyişi bakımından sistemde ebat olarak büyük havuzlara gereksinim vardır. Sıcak iklim olması proses için tercih edilmektedir.

Stabilizasyon Havuzunda Seçim Kriterleri :

- Arazinin yeterli büyüklükte olması,
- Proses için uygun iklim şartları,
- Deşarj noktasında yüksek arıtım verimi beklentisi yoksa,
- Tesis inşaat aşamasında yakın çevrede yerleşim yerinin olmaması,
- Belediyelerin yüksek teknoloji kapasitesinde bir tesis işletemeyeceği endişesi bulunuyorsa.

Organik maddelerin parçalanmasından sorumlu mikroorganizmaların aerobik, anaerobik ve fakültatif olarak seçilmesine ve havuz derinliğine bağlı olarak şu tipleri vardır:

- Fakültatif stabilizasyon havuzları (1 ila 2 metre arası derinlikte)
- Anaerobik havuzlar (2 ila 5 metre deinlikte)
- Olgunlaştırma havuzları (1 ila 3 metre arası derinlikte)
- Mekanik havalandırmalı lagünler (2,5 ila 5 metre derinlikte)

Bu proseslerde arıtma işlemleri ile %70 ila 80 oranında verim sağlanabilmektedir.

Tercih edilen prosese göre ve hava şartları dikkate alınarak kişi başına 2-4,5 m^2 alana gereksinim duyulmaktadır.

3.5.2 Damlatmalı Filtreler

Bu proseslerde amaç, belirli hacimli bir tank içerisine doldurulan kırma taş, plastik veya herhangi bir malzeme üzerinde bakteri tabakaları oluşturarak, bu malzeme üzerinden ön arıtımı yapılmış atıksuların filtreleme işlemlerinin yapılması ve bu yöntemle atıksu içerisinde bulunan kompleks organik formda bulunan maddelerin bakteriler tarafından parçalanmasını sağlamaktır. Dairesel veya dikdörtgen geometrik şekillerde tanklar bu arıtım prosesi için kullanılabilmektedir. Filtre içinde havalanmayı sağlamak ve yüzeyin kuru halde olmaması için önlem almaya gereksinim vardır. Filtre yüzeyinde üreyen bakteri tabakası bir süre sonra kalınlaşıp kopar ve tanktan arıtılmış su ile uzaklaşmaktadır. Atıksu içindeki bakterilerin sudan

uzaklaştırılması için son çökeltme tankı sistemde gereklidir. Bu tanklardan çamurlar proses dışında çamur arıtıma işlemine tabi tutulması gerekir. Filtre malzemelerinde tıkanma, donma riskleri ve sinek oluşumu bu proseste ciddi problemlerden birkaçıdır.

3.5.3 Aktif Çamur Sistemleri

Bu arıtım sistemlerinde ön arıtım işlemine tabi tutulmuş atıksu havalandırma ünitelerine geçirilmektedir. Bu ünitelerde sisteme dışarıdan oksijen verilerek (difüzör havalandırıcılar veya yüzeysel havalandırıcılar ile) aerobik formdaki mikroorganizmaların atıksudaki çözünmüş ve kolloid organik maddelerin ayrışması ile arıtım işlemini gerçekleşmesi sağlanır. Havalandırma ünitesinden çıkan atıksuyun son çökeltme tankında durutulması gerekmektedir. Bununla birlikte havalandırma ünitesinde belirli bir mikroorganizma konsantrasyonunu bulundurmak üzere son çökeltme ünitesinden alınan çökelmiş çamurun havalandırma ünitesinin başına geri devrinin sağlanması gerekmektedir. Proseste oluşan fazla çamur sistem uzaklaştırılarak çamur arıtım işlemlerinin yapılması gerekmektedir.

Kullanım Tipleri;

- Klasik Aktif Çamur Sistemi
- Uzun Havalandırmalı Aktif Çamur Sistemi
- Oksidasyon Hendekleri
- CARROUSEL Hendekleri

3.6 Arıtma Tesisi Prosesi Hakkında Bilgi

Arıtma tesisinde akım şeması, giderilmesi gereken askıda katı madde, kimyasal oksijen ihtiyacı ve yüksek ağır metal konsantrasyon kriterleri (Cr^{+}, Ni, CN^{-}) göz önünde bulundurularak projelendirilmiştir.

Arıtma tesisi projelendirilirken işletmeden gelen atıksulara kesinlikle farklı atıksuların karıştırılmaması ve bütün terfi havuzlarının kendi hatlarına verilerek daha sonrasında nötralizasyon aşamasında birleştirilmesi amacıyla projelendirme yapılmıştır.

3.7 Tasarım Esasları

İşletmelerden gelen durulama suları, Cr^{+6} içerikli atıksular ve Siyanür içerikli atıksular 3 ayrı dengeleme havuzlarında toplanarak 1 asil ve 1 yedek pompalar vasıtasıyla arıtma tesisine terfi edilmektedir.

Bu işlemler sırasıyla şöyledir;

1- Cr^{+6} içerikli atıksular önce Krom Redüksiyon Havuzuna alınır. Burada atıksuyun pH'ı düzeyine düşürülerek akabinde Na_2SO_3 dozlama işlemi yapılır. Böylece +6 değerlikli krom +3 değerliğe indirgenir ve buradan kendi cazibesiyle nötralizasyon tankına geçer.

2- Siyanür içerikli atıksular ise Siyanür Oksidasyon Tankına terfi edilir. Burada atıksuyun pH'ı 11 seviyelerine çıkarılana kadar NaOCI dozlanarak atıksuda bulunan Siyanür iyonları Sodyumsiyanata dönüştürülerek yine kendi cazibeleriyle nötralizasyon tankına alınırlar.

3- Durulama atıksuları ise toplandıkları Dengeleme Havuzundan, 1 asil ve 1 yedek pompa vasıtasıyla Koagülasyon tankına alınmaktadır. Koagülasyon, bir pıhtılaştırma yani hızlı karıştırma prosesidir. Burada atıksuda HCI ilavesi ile pH kontrollü bi şekilde 3-4 aralığına kadar düşürülür. Böylece atıksuda bulunan ağır metal iyonlarının su içerisindeki kimyasal yapısı bozulacak ve tepkimeye girecek seviyeye getirilmiş olur. Daha sonraki aşamada bu pH atıksuya otomatik olarak bir vana vasıtasıyla koagülant olarak $FeCl_3$ verilerek koagülasyon yani pıhtılaştırma işlemi uygulanır ve ağır metal içerikli suda küçük çamur flokları oluşturulur. Bu aşamada kendi cazibesiyle ayrılan atıksular Nötralizasyon-1 tankına alınmaktadır.

4- Bütün atıksular gerekli işlemlere tabi tutularak nötralizasyon tanklarına alınırlar. Bu tanklarda atıksuya yine otomatik bir vana vasıtasıyla kostik dozlanarak atıksudaki metallerin çökmesi için gerekli pH aralığı olan 9,5-10 aralığına getirilir. Bu pH'ta aynı zamanda zaman kontrollü olarak bir pompa vasıtasıyla anyonik polielektrolit verilerek flokülasyon yani yumaklaştırma işlemine tabi tutulur. Yumaklaştırma işlemi, pıhtılaştırma işlemi ile suda oluşan küçük çamur floklarının birbirine yapıştırılarak büyümesini ve hızlı çökebilecek seviyeye getirilmesi işlemidir. Flokülasyon işlemine tabi tutulan atıksular kendi akışıyla Kimyasal Çöktürme Tankına alınırlar.

5- Çöktürme tankında stabil hale geçen atıksuda bulunan su-çamur karışımı, çamur fazının çökmesi sonucu birbirinden ayrılırlar.

6- Çöktürme havuzunun dibinde biriken çamur, filtre pres yardımıyla kek haline getirilerek gerekli analizler yapıldıktan sonra bertarafı sağlanmaktadır.

7- Çöktürme havuzunun çıkışında atıksular son nötralizasyon tankına alınırlar ve burada atıksuyun pH'ı nötr seviye olan 8 civarını indirilir ve kanalizasyon hattına deşarj edilir.

8- Kimyasal Atıksu Arıtma Tesisinde buluna kimyasalların miktarı şöyledir;

- HCI : 100 mg/L
- $FeCl_3$: 50 mg/L
- NaOH : 80 mg/L
- Krom Redüksiyon tankında kullanılan kimyasallar redoksmetreler yardımıyla milivolt olarak belirlenmekle birlikte otomatik olarak ayarlanmıştır.

9- Kimyasal atıksu arıtma tesisi korozif etkiler göz önünde bulundurularak Avrupa standartlarına uygun her türlü güvenlik önlemi alınmış ve özel dizayn edilmiş polipropilen veya polietilen malzemeden üretilmiştir.

10- Kimyasal dozaj ünitelerindeki pompalar ve mekanik ekipmanlar saatlik kimyasal ihtiyacına göre otomatik olarak ayarlanır.

11- Bütün sistem PLC ekranında otomatik olarak kontrol edilecek şekilde dizayn edilmiştir. pHmetre ve redoksmetreler sayesinde koagülasyon, flokülasyon ve nötralizasyon optimum seviyede gerçekleşmektedir.

Şekil 3.3 : NaOCl dozaj ünitesi

Şekil 3.4 : Krom redüksiyon tankı

Şekil 3.5 : Krom redüksiyon tankı

Şekil 3.6 :Nötralizasyon tankı

Şekil.3.7 :Nötralizasyon tankı

Şekil.3.8 :Çöktürme tankı

Şekil 3.9 : Lamelli çöktürme tankı

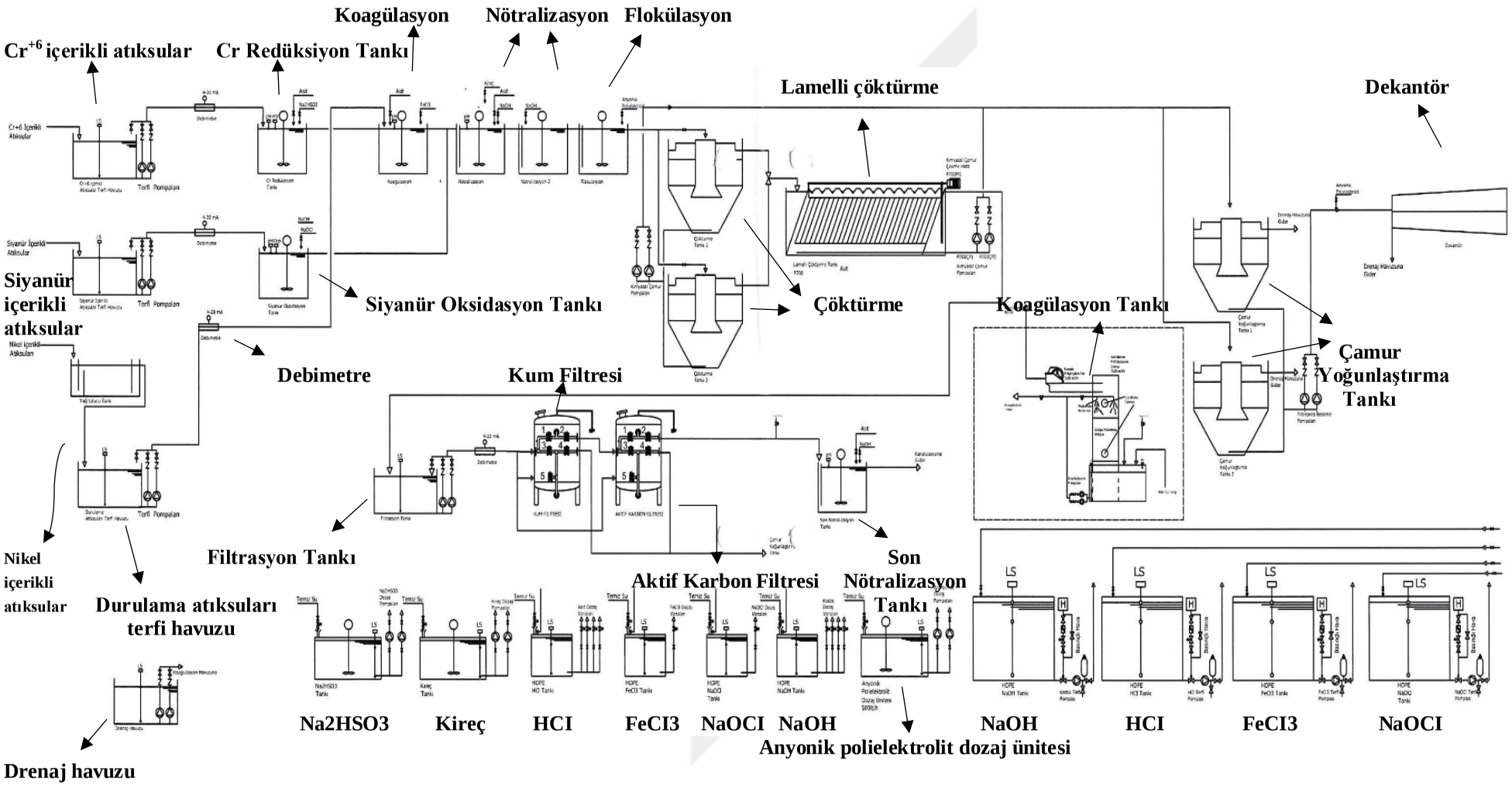
Şekil 3.10 : Aktif karbon ünitesi

Şekil 3.11 : Aktif karbon ünitesi

Şekil 3.12 : NaOH depolama tankı

Şekil 3.13 : $FeCl_3$ depolama tankı

Şekil 3.14 : HCl depolama tankı



Şekil 3.15 : Metal kaplama atıksuları arıtma tesisi akış şeması

4
MATERYAL VE YÖNTEM

Bu araştırmada metal kaplama OSB'deki atıksu arıtma tesis çıkısından alınan anlık atıksu numuneleri aşağıda belirtilen prosedür takip edilerek analiz edilmiştir.

4.1 Mikrodalga Destekli Ağır Metal Parçalama Analiz Yöntemi

4.1.1 Yöntemin Esası ve Prensibi

Atıksu örneklerindeki metal/ağır metal analizlerinde atıksuda çözünmemiş formda bulunan değişik matristeki ağır metal bileşikleri yükseltgen asit ile zaman, yüksek basınç ve sıcaklık faktörleri altında parçalanarak suda çözünmesi ve çözünmüş metal haline getirilmesi için uygulanan ön işlemdir.

Belirli sıcaklıkta magnetron yardımıyla ünite içerisindeki kavitede mikrodalga oluşturularak daha önceden belirlenmiş olan sıcaklık-zaman grafiği yardımıyla çözünürleştirme işlemi yürütülür ve işlem sonunda numuneler soğumaya alınarak metal analizleri gerçekleştirilir.

Mikrodalga destekli ağır metal çözünürleştirme işlemi kapalı sistem olup, bu sistemde kullanılan teflon kaplar ile elementlerin uçuculukla/buharlaşma kayıplarının ve dış kaynaklı bir kontaminasyonun olması engellenir.

4.1.2 Cihaz Çalışma Hacim Aralığı

Cihazın vessel hacmi 75 ml olup çalışma hacmi maksimum 50 ml'dir.

4.1.3 Metod Kaynağı

Standart Methods fort he Examination of water and wastewater

3030 K. Microwave-Assisted Digestion

3030 E. Ntiric Acid Digestion

CEM marka mikrodalga cihazına ait çözünürleştirme metodları

4.1.4 Girişimler ve Uyarılar

- Cihazın vessel hacmi 75 ml olup çalışma hacmi 50 ml'dir.
- Metot sadece su numunelerinin çözünürleştirme işlemi için hazırlanmıştır.
- Cihaz içerisinde farklı marka ve üreticilere ait vessellar ısı-transfer karakteristikleri farklı olacağından bir arada kullanılmamalıdır.
- Kimyasal korozyon için kılıfları kontrol edilmelidir. Çizilmiş ve deforme olmuş vessellar kullanılmamalıdır.
- Vessellar ve kapaklarının temizliği için fırça veya metal vb. malzemeler kullanılmamalıdır.
- Kapların dışını saran ceket sarı destek kılıfı asitli su ile ıslanmışsa veya uçları deforme olmuşsa kesinlikle kullanılmamalıdır. Mikrodalga ışınları suyu buharlaştırır ve gözeneklere giren asit mikrodalga ışınlarını absorplar ve o bölgelerde aşırı ısınmaya neden olur. Destek kılıfının o bölgelerde çap genişlemesi meydana gelir ve o kapta o bölgede zayıf nokta oluşur.
- Xpress kaplarda en az 8 kap ile çalışılmalıdır. Daha az sayıda vessel konduğunda infrared sıcaklık sistemi uygun değeri göstermeyeceğinden yanma doğru olmaz ve kaplarda deformasyonlar gözlenebilir.
- Vessel kapakları kapatılmadan önce kapların ağız kısımlarının kuru olmasına dikkat edilmeli ve kapakları iyice kapatılmalıdır.
- Reaktif maddeleri içeren numunelerin asitlendirilmesi, (siyanürler ve sülfitler gibi) zehirli gazların salınmasına neden olabilir. Numunelerin asidifikasyonu çeker ocak içinde yapılmalıdır.
- Cihaz şebeke elektriğine bağlı halde çalıştırılmalıdır. UPS bağlantısı kullanılmamalıdır.
- Kalp pili kullananlar veya hamile kişiler cihaz açıkken yaklaşmamalıdır.

4.1.5 Kullanılan Reaktifler ve Standart Çözeltilerin Hazırlanışı

- Derişik HNO_3
- Derişik HCI
- Kral suyu (1/3, HNO_3/HCI)
- Saf su

4.1.6 Kullanılan Cihazların Listesi

- Mikrodalga Çözünürleştirme Cihazı
- Saf Su Cihazı
- Vessel açma-kapama aparatı
- Çeker ocak

4.1.7 Numunenin Alınması ve Korunması İşlemi

Numune kullanımlığı tek olan veya daha önce asit vasıtasıyla yıkanmış polipropilen veya polietilen kaplara alınmaktadır. Bu işlemin akabinde Atıksu numunelerinde 45 ml numuneye 3 ml derişik HNO_3 ilave edilir. Yüksek alkalinite veya yüksek tampon kapasiteli numuneler ile partikül yoğunluğu fazla numuneler için asit miktarı arttırılarak ve Kral suyu eklenerek çözünürleştirme işlemi gerçekleştirilir.

4.1.8 Analiz Yapım Aşaması

Homojenize edilerek tüplere alınmış olan 45 ml hacim ve HNO_3 ile uygun oranda asitlenirilmiş numuneler çalkalanarak önceden asitle yıkanıp saf su ile iyice durulanıp kurutulmuş vessellara alınır. Her bir numune seti için tüm temizlik ve çözünürleştirme işlemlerinden gelebilecek hatayı izlemek ve buna göre diğer verileri düzeltmek için 45 ml ultrapure saf su ölçülerek numunelerle birlikte çözünürleştirme işlemi için vessellara alınır. Toplam numune sayısı 8'den az ise saf su ile vessel sayısı 8'e tamamlanır. Her bir numuneye ve saf suya derişik nitrik asitten 3 ml eklenir. Bu durumda numunelere göre HNO_3 veya HCI oranı değişebilir. Üreticinin tavsiyesi doğrultusunda vessel açma-kapama aparatı ile hava almayacak ve dışarı buhar vermeyecek şekilde vessellardan kapakları kapatılır. Tüm bu işlemler çeker ocak altında yapılmalıdır.

Gerekli ısı dağılımını sağlamak için üreticinin talimatları doğrultusunda vessel sayısına göre verilmiş turn-table dizilimi izlenerek vessellar ceket içine tam oturacak şekilde yerleştirilir. Aksi taktirde düzgün sıcaklık okumaları alınamayacak ve kaplar çözünürleştirme sırasında zarar göreceğinden kaplarda zayıf noktalar oluşabilecektir. Turn-table cihaz kavitesindeki yuvasına tam olarak oturtulur. Döner levhanın döndüğünden emin olmak için mikrodalga jeneratörü çalıştırılır. Kapak kapatılarak daha önceden hazırlanan ve cihaza kaydedilen çözünürleştirme metodu seçilip ‘’start’’ tuşuna basılır.

Çözünürleştirme işlemi, metotta belirlenen parametrelere göre (ısıtma, sabit sıcaklıkta bekletme ve soğutma gibi) çalışmaya başlar. Çözünürleştirme işlemi sona erdiğinde vesselların soğuması için 10 dk beklenir. Bu süre bittiğinde turn-table dışarı alınarak oda sıcaklığına gelene kadar soğutulur. Sonrasında açma-kapama aparatı ile vessellar çeker ocak içerisinde dikkatlice açılır.

Tüm vesselların temizliği için 45 ml saf su ve 3 ml nitrik asit ile karıştırılarak numune gibi aynı metodla çözünürleştirme işlemine tabi tutulur ve sonrasında saf su ile iyice durulanarak kurumaya bırakılır.

İlk kez kullanılacak veya yüksek konsantrasyonda bir numunenin çözünürleştirme işleminde kullanılmış vesselların temizliği için ise direkt olarak 10 ml derişik HNO_3 alınır ve çözünürleştirme işlemi yapılır. Saf su ile durulanan vesselların kuruması sağlanır.

4.1.9 Seyreltme Düzeltmesi

Numunelere asit ilavesinden gelen seyreltmeyi analiz sonucu değerlerine yansıtmak için cihaza seyreltme katsayıları (asitlendirilmiş numune hacmi/numune hacmi) girilerek yapılır.

4.1.10 Çalışma Ortamları ve Altyapı

* Ortam sıcaklığı 15-25 ^{o}C aralığında olmalıdır.

* Aşındırıcı asit buharının ve tozun ortamdan uzaklaştırılması için havalandırma sistemi çalışır durumda olmalıdır.

* Cihazın bulunduğu ortam titreşimden uzak olmalıdır.

4.2 ICP OES Ağır Metal Analiz Yöntemi

4.2.1 Amaç

Atıksu, içme suyu, dere-göl ve deniz suyu örneklerinde ağır metallerin analiz yöntemini açıklamaktadır.

4.2.2 Yöntem

Bu cihazda çalışma şekli 27,1 MHz'de salınım yapan radyo frekansıyla iyonize olmuş argon gazının akışına dayanmaktadır.

Numunenin aerosolü elverişli bir sisleştici ve püskürtme odasında meydana gelir. Torch'un içine yerleştirilen alumina enjektör aerosolü plazma tarafına taşımaktadır. Numunenin aerosolü plazma içinde 6000 ile 8000 kelvin sıcaklığa etki ettirilerek parçalanması, atomlaşması ve iyonlaşması sağlanır. Bu oluşanlar bir sonraki aşamada uyarılmaktadır. Bununla birlikte, moleküllerin ayrılmasının sağlanmasıyla kimyasal girişimlerin oranı azaltılmış olmaktadır. Yüsek sıcaklıklı olan bir plazma atomik emisyon veriminin artmasını sağlamaktadır. Yüksek oranlarda iyonize olan atomlar ile emisyon spektrası oluşmaktadır. Bu cihazda, büyüklüğü 4 ile 6 olan dinamik bir aralıkta birden fazla element gözlemlenmektedir.

ICP cihazının elementleri etkili olarak uyarması ile birden fazla element için düşük tayin limitlerine ulaşılmaktadır.

4.2.3 Numunenin Alınması ve Korunması İşlemi

Numunelerin koruma ve imhası numune alma miktarları saklama koşulları ve süreleri listesine göre yapılmaktadır.

Numune kullanımlığı tek olan veya daha önce asit ile yıkanmış polipropilen veya polietilen kaplara alınmaktadır. Numunelerin alınması işlemi akabinde;

- Numunelerin çözünmüş metal analizleri için asitle koruma işlemi önce filtrasyona tabi tutulması gerekir.

- Atıksu numuneleri için; 45 ml numune, 0,5 ml derişik HNO_3 ile pH<2 yapılarak korumaya alınır. Maksimum koruma ve imha süresi 6 aydır.

- Hg,Se,Sb,As,Sn istenen numuneler için; 45 ml numune, 0,5 ml derişik HNO_3 ve 0,5 ml derişik HCI ile pH<2 yapılarak korumaya alınır.

- Maximum koruma, ortadan kaldırma süreleri 6 ay kadardır.

4.2.4 Analiz Yapım Aşaması

Cihazda yer alan ‘’AUTOSAMPLER’’ kısmına mikrodalga işlemi yapılan numuneler tanımlanarak yerleştirilmektedir. Bunun yanında belli konsantrasyonlarda (Atıksu için 0,1-0,5-1,0-5,0-10,0-20,0-40,0-80,0 ppm) hazırlama işlemi yapılır.

Cihazda bulunan tubing parçaların yerleşiminin doğru olup olmadığı kontrol edilmektedir. Analiz işlemine başlanılmadan %5’lik (v/v) HNO_3 çözeltisi ile yıkanıp temizleme işlemi yapılmaktadır.

Metodlar daha önceden cihazda bulunan bilgisayarda yapılmaktadır. Bu aşama gerçekleştirilirken gazların ve numunelerin akış hızları, zamanları, sistemin yıkanması hali gibi durumlar sistem üzerine kaydedilmektedir. Sistem üzerine girişi sağlanan bu değerlerle cihaz hareket etmektedir.

Daha sonra hazırlanan standartlarla okumalar yapılmakta ve kalibrasyon eğrisi çizilmektedir. İlk kalibrasyon işlemi akabinde, farklı bir CRM standart hazırlanmaktadır. Sonuçlar doğrudan konsantrasyon olarak mg/L cinsinden alınmaktadır.

Çalışmanın tamamlanmasından sonra sistem %5’lik (v/v) HNO_3’lü çözelti ile yıkanıp temizlenmektedir. Plazma kapatılır. Peristaltik pompa çalıştırılarak tubingler boşaltılmaktadır. Autosampler’in peristaltik pompası durdurulur. ‘’WİNLAB32’’ programından çıkarılır. Sırasıyla gazlar, çiller, kompresör ve kurutucu kapatılır.

4.2.5 Metod Kaynağı

Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater Part : 3120 B İnductively Coupled Plasma (ICP) Method. [40]

4.2.6 Girişimler ve Uyarılar

Ağır metal tayini yaparken kullanılan argon ve azot gibi gazlar laboratuar ortamından uzak bir yerde olup bu gazların basınçları laboratuarda kontrol edilmelidir.

Ağır metallerin analizlerinden önce çözünürleştirme işlemi yapılır. Çözünürleştirme işlemi mikrodalga sistemi ile yapılmaktadır.

Cihaz üzerinde bir havalandırma sistemi açık bulundurulmalıdır.

Kullanılan standartlar sertifikalı olmalıdır.

Kullanılan asitler yüksek saflıkta olmalı ve minimum miktarda metal içermelidir.

Analiz için kullanılan malzemeler (numune analiz tüpü, ultrapure su vb. gibi) metal içermemelidir.

Numune anında korumaya alınmalıdır.

4.2.7 Kullanılan Reaktifler ve Standart Çözeltilerin Hazırlanışı

Reaktifler

- Derişik HNO_3 Asit Çözeltisi: %65'lik olarak laboratuarda bulunur.

- %5'lik (v/v) HNO_3 Çözeltisi: %65'lik HNO_3 çözeltisinden 50 ml alınır ve 1000 ml'ye ultrapure su ile seyreltilerek yıkama çözeltisi olarak kullanılır.

- %3'lük (v/v) HCI ve %5'lik (v/v) HNO_3 Çözeltisi: %37'lik HCI çözeltisinden 30,0 ml ve %65'lik HNO_3 çözeltisinden 50 ml alınır, 1000 ml'ye seyreltilerek yıkama çözeltisi olarak kullanılır. (Hg,Se,Ar,Sb,Sn Analizi Yıkama Çözletisi)

Standart Çözeltiler

Kalibrasyon Standartlarının Hazırlanması;

Atıksu çalışmasında,

Optima 8300 ICP OES cihazı hem axial (düşük konsantrasyon) hem de radial (yüksek konsantrasyon) bölgede çalışıldığından hangi aralıkta çalışılacak ise bölgeye uygun aralıkta kalibrasyon standartları hazırlanır. Tüm çalışma standartları ve blank çözeltisi ultrapure saf su ile 50 ml'ye tamamlanmadan önce 0.5 ml derişik HNO_3 ilave edilir.

Axial bölgede çalışılacak ise aşağıdaki standartlar hazırlanır.

- 0.1 mg/L'lik Standart: 1,0 mg/L'lik ara standarttan 5 ml alınıp, 50 ml'ye gidilir.

- 0,5 mg/L'lik Standart: 5,0 mg/L'lik ara standarttan 5 ml alınıp, 50 ml'ye gidilir.

- 1,0 mg/L'lik ara Standart: 1000 mg/L'lik stoktan 50 mikrolitre alınıp 50 ml'ye gidilir.

- 5 mg/L'lik Standart: 1000 mg/L'lik stontan 250 mikrolitre alınıp, 50 ml'ye gidilir.

- 10 mg/L'lik Standart: 1000 mg/lik stoktan 500 mikrolitre alınıp, 50 ml'ye gidilir.

Herhangi bir standarttan 3 ml alınıp 3 ml numuneye ilave edilerek çalışma yapılır.

Radial bölgede çalışılacak ise aşağıdaki standartlar hazırlanır.

- 10 mg/L'lik Standart: 1000 mg/L'lik stoktan 500 mikrolitre alınıp, 50 ml'ye gidilir.

- 20 mg/L'lik Standart: 1000 mg/L'lik stoktan 1 ml alınıp, 50 ml'ye gidilir.

- 40 mg/L'lik Standart: 1000 mg/L'lik stoktan 2 ml alınıp, 50 ml'ye gidilir.

- 80 mg/L'lik Standart: 1000 mg/L'lik stoktan 4 ml alınıp, 50 ml'ye gidilir.

Multi Ara Standart Hazırlaması;

Ara standart ve kalibrasyon standartları 1000 mg/L ana stok çözelti ve ultrapure su ile hazırlanır.

Ara Standartlar;

10 mg/L (Fe,Mn,Al) ara standart;

0,5 ml ⟶ 50 ml ⟶ 10 mg/L ara standart

Ara Standart I

- Cd Ara = 50 mikrolitre ⟶ 50 ml ⟶ 1 mg/L ara standart

- Be Ara = 50 mikrolitre ⟶ 50 ml ⟶ 1 mg/L ara standart

Ara Standart II

- Pb Ara = 25 mikrolitre ⟶ 50 ml ⟶ 0,5 mg/L ara standart

- Al Ara = 125 mikrolitre ⟶ 50 ml ⟶ 2,5 mg/L ara standart

- Zn Ara = 250 mikrolitre ⟶ 50 ml ⟶ 5 mg/L ara standart

- (Mn,Ni,Ba,Ag,Cr,Cu,Fe) = 50 mikrolitre ⟶ 50 ml ⟶ 1 mg/L ara standart

- (Co) Ara = 12,5 mikrolitre ⟶ 50 ml ⟶ 0,25 mg/L ara standart

I. Kalibrasyon Standartları

ST Hazırlanması:

I Ara St'dan 100 mikrolitre ⟶ 50 ml ⟶ Cd = 0,002 mg/L

Be = 0,002 mg/L

II Ara St'dan 1 ml ⟶ 50 ml ⟶ Pb = 0,01 mg/L

Zn = 0,1 mg/L

Al = 0,05 mg/L

Co = 0,005 mg/L

(Cr,Cu,Fe,Mn,Ni,Ba,Ag) = 0,02 mg/L

ST 2 Hazırlanması:

I Ara St'dan 200 mikrolitre ⟶ 50 ml ⟶ Cd = 0,004 mg/L

Be = 0,004mg/L

II Ara St'dan 2 ml ⟶ 50 ml ⟶ Pb = 0,02 mg/L

Zn = 0,2 mg/L

Al = 0,1 mg/L

Co = 0,01 mg/L

(Cr,Cu,Fe,Mn,Ni,Ba,Ag) = 0,04 mg/L

ST 3 Hazırlanması:

I Ara'dan St'dan 300 mikrolitre ⟶ 50 ml ⟶ Cd = 0,006 mg/L

Be = 0,006 mg/L

II Ara St'dan 3 ml ⟶ 50 ml ⟶ Pb = 0,03 mg/L

Zn = 0,3 mg/L

Al = 0,15 mg/L

Co = 0,015 mg/L

(Cr,Cu,Fe,Mn,Ni,Ba,Ag) = 0,06 mg/L

ST 4 Hazırlanması:

I Ara St'dan 500 mikrolitre ⟶ 50 ml ⟶ Cd = 0,01 mg/L

Be = 0,01 mg/L

II Ara St'dan 5 ml ⟶ 50 ml ⟶ Pb = 0,05 mg/L

Zn = 0,5 mg/L

Al = 0,25 mg/L

ST 5 Hazırlanması:

10 mg/L (Fe,Mn,Al) ara St'dan 2,5 ml ⟶ 50 ml ⟶ Fe,Mn,Al = 0,05 mg/L

ST3/ST4 aralığında hazırlanan standarda 1 ppm Bor standardı ve numune (1:1 oranında) karıştırılarak çalışma yapılır.

II. Kalibrasyon Standartları

ST 6 Hazırlanması:

10 mg/L (Fe,Mn,Al) ara St'dan 2,5 ml ⟶ 50 ml ⟶ Fe,Mn,Al = 0,05 mg/L

Na Stoktan 250 mikrolitre ⟶ 50 ml ⟶ Na = 5 mg/L

K Stoktan 25 mikrolitre ⟶ 50 ml ⟶ K = 0,5 mg/L

B Stoktan 25 mikrolitre ⟶ 50 ml ⟶ B = 0,5 mg/L

ST 7 Hazırlanması:

Fe, Mn, Al, K Stoktan 50 mikrolitre ⟶ 50 ml ⟶ Fe, Mn, Al, K = 1 mg/L

Na Stoktan 500 mikrolitre ⟶ 50 ml ⟶ Na = 10 mg/L

B Stoktan 50 mikrolitre ⟶ 50 ml ⟶ B = 1 mg/L

ST 8 Hazırlanması:

Fe, Mn, Al, K Stoktan 500 mikrolitre ⟶ 50 ml ⟶ Fe, Mn, Al, K = 10 mg/L

Na Stoktan 2 ml ⟶ 50 ml ⟶ Na = 40 mg/L

K Stoktan 250 mikrolitre ⟶ 50 ml ⟶ K = 5 mg/L

B Stoktan 100 mikrolitre ⟶ 50 ml ⟶ B = 2 mg/L

ST 9 Hazırlanması:

Na Stoktan 4 ml ⟶ 50 ml ⟶ Na = 80 mg/L

4.2.8 Kullanılan Cihazların Listesi

- Optima 8300 ICP OES cihazı
- Yüksek saflık mertebesinde Argon ve Azot gazı
- Kompresör
- Çiller
- Kurutucu
- Mikrodalga Sistemi
- Ultrapure saf su cihaz
- Analitik terazi

4.3 Siyanür Analiz Yöntemi

4.3.1 Numunelerin Alınması ve Korunması İşlemi

Numuneler alındığında akabinde çalışılması gerekmektedir. Eğer çalışılmıyorsa 100 ml numune alıp üzerine 0,05 g toz $PbCO_3$ ve 0,02 g $Na_2S_2O_3$ ilave edilip, 10 N NaOH çözeltisi ile pH 11!in üzerine çıkarılır. Karanlıkta +4 ^oC'de 1 hafta saklanır.

Çalıştırma Sırasında Dikkat Edilmesi Gerekenler

- ❖ Tüm reaktifler sürülerine dikkat edilmeli ve kullanılmadıkları durumlarda şişelerin ağzı kapatılmalıdır.
- ❖ Su banyosunun seviyesi kontrol edilmelidir.

4.3.2 Yöntem

Otomatik bir prosedürde toplam siyanürün belirlenmesi için sürekli olarak akış halindeki siyanür kompleksi UV ışığı etkisi ile pH 3.8 değerinde ayrıştırılır. Dalga boyu 290 nm'den küçük olan UV ışığının süzülerek tiyosiyonatın siyanüre dönüşmesini önlemek için bir UV-B lambası ve borosilikat camdan yapılmış bir ayrıştırma spirali kullanılır. pH değeri 3.8 olan hidrojen siyanür vakum altında 125

^{o}C'de damıtma ile ayrıştırılır. Hidrojen siyanür sonra fotometrik olarak belirlenir. Fotometrik tayin, kloramin-T ile siyanürün tepkimesiyle siyanojen klorür (CNCI) oluşumu reaksiyonuna dayanır. Siyonejen klorürün, 4-piridin karboksilik asit ve 1,3- dimetil barbiturik asit ile reaksiyonu sonucu oluşan kompleks mor renk verir.

4.3.3 Metod Kaynağı

- Su kaltesi- Sürekli akış analizi, TS EN ISO 14403-2, toplam siyanür ve serbest siyanür tayini.
- Skalar marka otoanalizör cihazına ait çalışma föyleri.

4.3.4 Girişim ve Uyarılar

Sülfür 60 mg/L'nin üzerinde girişim oluşturmaktadır. Bu girişimi engellemek için kurşun karbonat ilave edilir. Yükseltgen maddeler siyanürün ayrışmasına sebep olur. Askorbik asit ilavesi ile bu girişim engellenir. Numuneler 24 saat içinde analiz edilemeyecekse askorbik asit ilave edilmemelidir.

4.3.5 Kullanılan Reaktifler ve Standart Çözeltilerin Hazırlanışı

Reaktifler

Distilasyon Reaktifi:

Sitrik asit ($C_6H_8O_7.H_2O$) = 50 gr

2.5 M Sodyum Hidroksit çözeltisi = 120 ml

Distile su.

50 gr Sitrik asit 700 ml distile suda çözülür. 120 ml 2.5 M Sodyum Hidroksit (NaOH) çözeltisi ilave edilir. pH, 1M HCI ya da 1 M NaOH çözeltisi ile 3.8'e ayarlanır. Distile su ile 1000 ml'ye ayarlanır.

Tampon Çözeltisi:

Sodyum Hidroksit = 2.3 gr

Potasyum Hidrojen Ftalat ($C_5H_5K0_4$) = 20.5 gr

Brij 35 (%30) = 1 ml

Distile su.

2.3 gr Sodyum Hidroksit (NaOH) 500 ml distile suda çözülür. Potasyum Hidrojen Ftalat ($C_8H_5KO_4$) eklenir ve distile su ile 975 ml'ye seyreltilir. pH, 1M HCI ya da 1 M NaOH çözeltisi ile 5.2'ye ayarlanır. Distile su ile 1000 ml'ye tamamlanır. 1 ml Brij 35 (%30) eklenir ve karıştırılır.

Renk Reaktifi:

Sodyum Hidroksit =7,0 gr

1,3- Dimetilbarbitürik asit ($C_6H_8O_3N_2$)=16,8 gr

4-Piridinkarboksilikasit ($C_6H_5NO_2$) = 13,6 gr

Distile su

7,0 g Sodyum Hidroksit 500 ml distile suda çözülür. 16,8 g 1,3-Dimetilbarbitürik asit ve 13,6 g4-Piridinkarboksilikasit eklenip distile su ile 975 ml'ye seyreltilir. pH:5,2'e ayarlanır. Distile su ile 1000 ml'ye tamamlanır. 30 ^oC'de 1 saat süreyle çözelti yoğun şekilde karıştırılır.

Kloramin-T Çözeltisi:

Kloramin-T ($C_7H_7ClNNaO_2S.3H_2O$)= 2,0 g

Distile su

2,0 g Kloramin-T 800 ml distile suda çözülür. Karıştırılıp distile su ile 1000 ml'ye tamamlanır.

Sodyum Hidroksit Çözeltisi (0,01 M) (Numune Yıkama Sıvısı):

Sodyum Hidroksit = 400,0 mg

Distile su

400 mg Sodyum Hidroksit 800 ml distile suda çözülür. Karıştırılıp distile su ile 1000 ml'ye tamamlanır.

Sodyum Hidroksit Çözeltisi (0,1 M) :

Sodyum Hidroksit = 4,0 g

Distile su

4,0 g Sodyum Hidroksit 800 ml distile suda çözülür. Karıştırılıp distile su ile 1000 ml'ye tamamlanır.

Sodyum Hidroksit Çözeltisi (1 M) :

Sodyum Hidroksit = 40,0 g

Distile su

40,0 g Sodyum Hidroksit 800 ml distile suda çözülür. Karıştırılıp distile su ile 1000 ml'ye tamamlanır.

Sodyum Hidroksit Çözeltisi (2,5 M) :

Sodyum Hidroksit = 100,0 g

Distile su

100,0 g Sodyum Hidroksit 800 ml distile suda çözülür. Karıştırılıp distile su ile 1000 ml'ye tamamlanır.

4.3.6 Kullanılan Cihazların Listesi

- Skalar Otoanalizör
- Analitik terazi
- Yüksek saflık mertebesinde helyum gazı

4.3.7 Cihazın Çalıştırılması

1. İlk aşamada reaktif ve standartların hepsi hazır konuma getirilir.

2. Gres yağlarının pompa kapakları için lüzumlu durumuna bakılır.

3. Pompa kapak kapatılır.

4. Reaktif uçların tamamının uygun kaplara yerleştirilme işlemine geçilir.

5. Vakum pompası gücü açılır.

6. Su sirkülatörü açılır.

7. UV lamba gücü açılır.

8. Isıtıcı (reaktör/su banyosu) gücü açılır.

9. Reaktifleri pompalamaya başlaması için pompaların power düğmesine basılarak açılır.

10. Interface açıldıktan sonra bilgisayarda program çalıştırılma işlemine geçilir.

11. Daha sonra 30-40 dakika stabilize hale gelmesi için beklenilmektedir.

4.3.8 Hesaplama

Kalibrasyon işlemi cihaz aracılığıyla yapılarak numune değeri konsantrasyon (mg/L) olarak otomatik hesaplanır.

4.3.9 Çalışma Ortam Şartları ve Altyapı

- Reaktifler +4^{o}C'de saklanır.
- Renk çözeltileri ışıktan korunur.
- Helyum gazı tertibatı olmalıdır.
- Çalışma ortamında klima bulunmalıdır.

Atıksuların Atıksu Altyapı Tesislerine Deşarjında Öngörülen Atıksu Standartları

İSKİ' sınırları içerisinde kalan ve İŞKİ ile deşarj anlaşması imzalayan kuruluşların ön arıtma sonucu oluşacak atıksularını kanalizasyon sistemine deşarj etmeden önce "İSKİ Atıksuların Deşarj Yönetmeliği"nde velirtilen Deşarj Limitlerini sağlamak zorundadır. Bu limitler Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1: İSKİ atıksuların deşarj yönetmeliği deşarj limitleri [41]

Parametre	**Kanalizasyon Sistemleri Tam Arıtma İle Sonuçlanan Atıksu Altyapı Tesislerinde**	**Kanalizasyon Sistemleri Ön Arıtma + Derin Deniz Deşarjı İle Sonuçlanan Atıksu Altyapı Tesislerinde**
Sıcaklık (˚C)	50	50
pH	6 - 12	6 - 12
Askıda katı madde (mg/L)	500	350
Yağ ve gres (mg/L)	150	50
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	1000	600
Sülfat ($SO_4^{=}$) (mg/L)	1700	1700
Toplam sülfür (S) (mg/L)	2	2
Fenol (mg/L)	10	10
Toplam fosfor (P) (mg/L)	-	10
Arsenik (As) (mg/L)	3	10
Toplam siyanür (Toplam CN^-) (mg/L)	10	10
Toplam kurşun (Pb) (mg/L)	3	3
Toplam kadmiyum (Cd) (mg/L)	2	2
Toplam krom (Cr) (mg/L)	5	5

Tablo 4.1: İSKİ atıksuların deşarj yönetmeliği deşarj limitleri [41] (devamı)

Toplam civa (Hg) (mg/L)	0.2	0.2
Toplam bakır (Cu) (mg/L)	5	5
Toplam nikel (Ni) (mg/L)	5	5
Toplam çinko (Zn) (mg/L)	10	10
Cl^- (Klorür) (mg/L)	15000	-
Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeleri(MBAS) (mg/L)	Biyolojik olarak parçalanması Türk Standartları Enstitüsü standartlarına uygun olmayan maddelerin boşaltımı prensip olarak yasaktır.	

5
SONUÇ

5.1 Numune Alımı ve Analiz Sonuçları

Bu çalışmada, İstanbul'da faaliyet gösteren ve atıksularını ön arıtma yaparak İSKİ kanalizasyon şebekesine veren bir metal kaplama organize sanayi bölgesinin atıksu arıtımı verimi ve optimizasyonu araştırılmıştır. Bu OSB'de çeşitli kategorilerde üretim yapan 10 tanesi altın üretimi, 56 tanesi metal kaplama faaliyeti, 9 tanesi endüstriyel kimyasal toplama faaliyeti, 5 tanesi depo faaliyeti, 1 tanesi tespih üretimi faaliyeti, 2 tanesi enjeksiyon faaliyeti, 3 tanesi boya üretimi faaliyeti, 2 tanesi kapı kolu imalatı faaliyeti, 2 tanesi metal askı üretimi faaliyeti, 2 tanesi bağlantı parçaları imalatı faaliyeti, 5 tanesi makine imalatı faaliyeti, 3 tanesi plastik imalatı faaliyeti, 1 tanesi etiket imalatı faaliyeti, 1 tanesi sünger imalatı faaliyeti, 1 tanesi ayakkabı tabanı imalatı faaliyeti yapan toplm 102 ayrı firma faaliyet göstermektedir. Bu üretim sürecinde OSB'de toplam günlük ortalama 150 m^3/gün atıksu üretilmekte ve tesisteki ön arıtma sistemi ile arıtılarak İSKİ kanalizasyon şebekesine verilmektedir. İSKİ ile yapılan mutabakatta atıksu deşarjı için belirlenen limitlere uyulması taahhüt edilmiştir.

Bu 102 firmanın atıksuyunu alarak ortak ön arıtma sisteminde arıtan tesisin deşarj noktasından anlık atıksu örnekleri alınmıştır. Bu amaçla örnek alma periyodu zamaan dilimlerine bölünerek günlük, haftalık ve aylık periyotlarla örnek numuneler alınmış ve analizleri yapılarak KOİ, AKM, Yağ-Gres, Siyanür ve ağır metal parametrelerinin deşarj limitlerini sağlayıp sağlamadığı belirlenmiş ve sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Özellikle ağır metal analiz sonuçlarında deşarj limit standartlarının üzerinde zaman zaman yüksek seviyelerde çıktıldğı belirlenmiştir. Bu durumun çoğunlukla artan piyasa taleplerine karşılık vermek için üretim kapasitesinin çok üzerinde üretim yapan tesislerin arıtma sistemine anlık olarak yüksek miktarda ağır metal içeren tesisi kapasitesinin üstünde atıksu debisi vermesinin sonucunda oluşmaktadır. Bu esnada atık yükü girdisinin fazla olması nedeniyle sistemde yeterli bekleme

sürelerine ulaşılamadan deşarj sağlanmış olma zorunluluğu ön plana çıkarmaktadır.

Bu çalışma kapsamında İSKİ kanalizasyon sistemine deşarj edilen atıksuların limitleri aşıp aşmadığını tespit etmek için başlangıçta 05.04.2021tarihinden itibaren bir hafta boyunca her gün, takip eden haftalarda haftada iki gün, sonraki haftalarda haftada bir gün olmak üzere tesisten habersiz (anlık) olarak atıksu numuneleri alınarak analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda İSKİ deşarj limitleri içerisinde kalan örnekler olduğu gibi deşarj limitlerini aşan örnekler de tespit edilmiştir.

05-06-07-08-09 Nisan 2021 tarihlerinde bir haftalık ardışık alınan örneklerin analiz sonuçları mg/l cinsinden Tablo 5.1'de verilmiştir.

Tablo 5.1 Günlük alınan numune analiz sonuçları

ANALİZ SONUÇLARI					
	05.04.21	**06.04.21**	**07.04.21**	**08.04.21**	**09.04.21**
AKM (ASK. KATI MAD.)	11.0	< 10	12.0	< 10	< 10.0
SÜLFAT İYONU (SO_4)	**3226.0**	274.0	**3339.0**	245.0	-
KOİ (KİM.OKSJ.İHT.)	475.0	58.0	803.0	< 25.0	< 25.0
KURŞUN (Pb)	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
BAKIR (Cu)	4.2	0.25	4.8	0.4	< 0.2
TOPLAM KROM (TOP-CR)	**124.0**	0.5	**135.3**	< 0.2	0.6
ÇİNKO (Zn)	**136.2**	3.0	**147.5**	2.1	0.9
YAĞ-GRES	< 10.0	< 10.0	< 10.0	< 10.0	-
NİKEL (Ni)	**178.3**	1.6	**195.8**	1.2	0.6
TOP-SİYANÜR (CN)	8.7	0.1	7.9	< 0.05	< 0.05

Tabloların incelenmesinde anlaşılacağı üzere tesiste ön arıtma sonrası İSKİ kanalizasyon sitemine verilen atıksulardaki Sülfat İyonu, Toplam Krom (CR^{+6}), Zn ve Ni örneklerinde bazı günlerde alınan numunelerde İSKİ kanalizasyon deşarj limitlerin aştığı; AKM, KOİ, Pb, Cu, Yağ-Gres, Toplam Siyanür örneklerinde kanalizasyon deşarj limitleri altında kaldığı görülmektedir.

27-29 Nisan 2021 tarihlerinde bir haftalık haftada iki gün (Salı-perşembe) alınan örneklerin analiz sonuçları mg/l cinsinden Tablo 5.2'de verilmiştir.

Tablo 5.2 Haftada iki gün alınan numune analiz sonuçları

ANALİZ SONUÇLARI		
	27.04.21	**29.04.21**
AKM (ASK. KATI MAD.)	15.0	25.0
SÜLFAT İYONU (SO_4)	**3117.0**	**2752.0**
KOİ (KİM.OKSJ.İHT.)	611.0	835.0
KURŞUN (Pb)	< 0.2	< 0.2
BAKIR (Cu)	**11.9**	3.2
TOPLAM KROM (TOP-CR)	**36.1**	**15.8**
ÇİNKO (Zn)	**293.5**	**42.4**
YAĞ-GRES	< 10.0	< 10.0
NİKEL (Ni)	**158.3**	**100.4**
TOP-SİYANÜR (CN)	**14.2**	**16.38**

Tabloların incelenmesinde anlaşılacağı üzere tesiste ön arıtma sonrası İSKİ kanalizasyon sitemine verilen atıksulardaki Toplam Siyanür (CN), Toplam Krom (CR^{+6}), Ni, Sülfat İyonu, Cu, Zn örneklerinde İSKİ kanalizasyon deşarj limitlerin aştığı; AKM, KOİ, Pb, Yağ-Gres örneklerinde kanalizasyon deşarj limitleri altında kaldığı görülmektedir.

Tablo 5.3 Ayda bir alınan numune analiz sonuçları

Parametre	**ANALİZ SONUÇLARI**							
Parametre	**26/05**	**10/06**	**18/08**	**02/09**	**20/10**	**07/12**	**27/01**	**16/03**
AKM (ASK. KATI MAD.)	< 10.0	< 10.0	**9668.0**	11.0	**2110.0**	**1782.0**	142.0	<10.0
SÜLFAT İYONU (SO_4)	**3154.0**	**2845.0**	-	-	**2942.0**	-	-	-
KOİ (KİM. OKSJ.İHT.)	642.0	770.0	**1249.0**	580.0	**1287.0**	929.0	831.0	827.0
KURŞUN (Pb)	< 0.2	< 0.2	0.7	< 0.2	< 0.3	0.6	< 0.2	<0.2
BAKIR (Cu)	**12.4**	**5.7**	**354.5**	**50.1**	**90.7**	**106.7**	**44.7**	**12.2**
TOPLAM KROM (TOP-CR)	**78.7**	**213.1**	**759.2**	0.4	**167.5**	**234.5**	**8.5**	**144.7**
ÇİNKO (Zn)	**82.4**	**68.6**	**599.5**	0.3	**128.7**	**127.1**	**7.6**	<0.2
YAĞ-GRES	< 10.0	< 10.0	32.0	< 10.0	81.0	100.0	28.0	31.0
NİKEL (Ni)	**78.8**	**84.1**	**436.6**	0.3	**111.0**	**290.6**	**58.3**	**24.1**
TOP-SİYANÜR (CN)	**22.76**	**15.59**	**56.43**	4.33	**42.28**	**84.98**	**106.07**	**22.28**

26/05/21, 10/06/21, 18/08/21, 02/09/21, 20/10/21, 07/12/21, 27/01/22, 16/03/22 tarihlerinde ayda bir örneklerin analiz sonuçları mg/l cinsinden Tablo 5.3'de verilmiştir.

Tabloların incelenmesinde anlaşılacağı üzere tesiste ön arıtma sonrası İSKİ kanalizasyon sitemine verilen atıksulardaki AKM, KOİ, Toplam Siyanür (CN), Toplam Krom (CR^{+6}), Ni, Sülfat İyonu, Cu, Zn, örneklerinde zaman zaman İSKİ kanalizasyon deşarj limitlerin aştığı; Pb, Yağ-Gres örneklerinde kanalizasyon deşarj limitleri altında kaldığı görülmektedir.

Literatür incelendiğinde Cu, Ni, Cr, Sn, Zn, Au, Ag gibi metallerin metal kaplama sanayiinde yoğun olarak kullanıldığı görülmektedir. Ayrıca CN, CNCl gibi aşırı toksik kirleticiler ile sülfatların da limitleri aştığı tespit edilmiştir. Araştırmamızda elde etiğimiz bulgulara göre bu kirleticilerin İSKİ kanalizasyon deşarj limitlerini aşan başlıca kirletici grubunu oluşturduğu görülmektedir. Tesiste yapılan incelemelerde de bu ağır metallerin yoğun olarak kullanıldığı ve artan piyasa taleplerini fırsat bilerek bu taleplere karşılık vermek için üretim kapasitesinin çok üzerinde üretim yapıldığını ortaya koymuştur. Artan piyasa taleplerini karşılamak için tesislerin kapasitesinin üstünde çalışmasını önlemek ve düzenlemek OSB yönetiminin sorumluluğudur. OSB yönetimi bu sorumluluğu yerine getirmek zorundadır. Aksi takdirde OSB arıtma tesisinin çalışmaması oluşacak atıkların İSKİ arıtma tesisine aktarılarak ağır metal ve toksik maddelerin İSKİ arıtma tesisinindeki mikrobiyal ekosistemi bozarak arıtma tesislerinin çalışmasını engelleyecektir.

Ayrıca deşarj limitlerini aşan diğer bir parametre de sülfat iyonu konsantrasyonlarıdır. Bu iyonlar arıtma esnasında kullanılan polielektrolitlerin atıksulardaki askıda katı maddelerin floklaştırıp büyük partiküller haline getirerek çökelmeleri için kullanılmaktadır. Bu amaçla da $FeCl_3$, $H2SO_4$, HCl, $Ca(OH)_2$, $FeSO_4$ ve alüm gibi kimyasal floklaştırıcılar kullanılmaktadır. Sülfat iyonlarının fazla olması işletmelere gelen aşırı talepler kaşısında üretim yaparken arıtma tesisine arıtma kapasitesinin üzerinde verilen Cu, Ni, Cr, Sn, Zn, Au, Ag gibi ağır metalleri sistemde çöktürebilmek için floklama ünitelerine aşırı miktarda ve dengesizce $FeCl_3$, $H2SO_4$, HCl, $Ca(OH)_2$, $FeSO_4$ ve alüm gibi floklaştırıcıları vermekten kaynaklanmaktadır.

Metal kaplama proseslerinde metaller önce yıkanır ve daha sonra temizleme işlemlerine geçilir. Temizleme işlemlerinde metaller alkali bir çözelti ile temaslandırılarak yüzeyleri temizlenerek kaplamaya hazır hale getirilir. Temizleme işlemlerinde de genellikle sodyum hidroksit, sodyum fosfat sodyum karbonat, sodyum metasilikat ve sodyum siyanür bileşikleri kullanılır. Kullanılan bu bileşikler atıksular geçerek kirlilik oluşturur. Bu bağlamda yapılan analizlerin çoğusunda ön arıtma yapılmış atıksulardaki siyanür konsantrasyonunun limitleri aştığı görülmektedir. Bu durum arıtma tesisinin yeterli olmadığı ortaya koymaktadır. Siyanürün canlılar için ne kadar toksik ve tehlikeli olduğunu literatürde yapılan birçok çalışmada ortaya konmuştur. [40]

Bu nedenlerle arıtma tesisine gelecek olan atıksuların belirlenen limitlerde tutularak arıtma tesisine arıtma kapasitesinin üzerinde verilen Cu, Ni, Cr, Sn, Zn, Au, Ag, gibi kirleticilerin standartları aşmamasının sağlanması veya arıtma tesisinin gelebeilecek aşırı (pik) kirletici debilerine cevap verecek şekilde yeniden revize edilmesi gerekmektedir. Atıksulardaki kirleticilerin belirlenen limitlerde tutulması zor olacağına göre tesisinin yeniden revize edilmesi gerekmektedir. Diğer taraftan yapılan analizlerin hemen hemen hepsinde (üç tanesi hariç) kirletici parametrelerin limitleri aşması tesisin artık ihtiyaca cevap veremez hale geldiğini göstermektedir. Bu durumda arıtma tesisinin yeniden revize edilmesi zorunluluk haline gelmekmektedir.

Arıtma tesisinin yeniden revize edilmemesi; ağır metaller de dahil oluşan kirleticilerin İSKİ kanalizasyon sistemine verilerek kanalizasyon sisteminin bağlı olduğu arıtma tesisinin arıtma kapasitesinin aşılmasına neden olacak ve atıksular tam arıtılmadan alıcı ortama (yüksek ihtimalle Marmara Denizi) verilecektir. Atıksular tam arıtılmadan Marmara Denizine verilmesi su kirliliğine ve Marmara denizindeki ekolojik dengenin bozulmasına yol açabilecektir.

5.2 Öneriler

Metal kaplama sanayi tesisinde oluşan atıksuların İSKİ Atıksuların Kanalizasyona Deşarj Yönetmeliği değerlerini sağlaması için yapılan bu çalışmada aşağıdaki sonuç ve önerilere ulaşılmıştır.

Tesiste yapılan incelemeler kapsamında arıtma verimliliğini arttırabilmek için ön

arıtma tesisinde gerekli revizyonların yapılmasının zorunluluk haline geldiği tespit edilmiştir.

Arıtma tesisinde bulunan nötralizasyon tankı gibi ünitelerde köpükleşme görülmesi sistemin çalışma performansını düşürdüğü görülmüştür. Bu durumlara mahal vermemek ve nötralizasyon ünitesinde köpük oluşumunu gidermek için antifoam vb. kimyasalların kullanılması oluşan sorunu giderebilir.

Metal kaplama sanayisinde faaliyet gösteren işletmeler arıtma tesisine göndereceği günlük atıksu debilerini sanayi tesisi yönetimine önceden bildirmeli ve buna göre ön arıtma tesisinde sanayi sitesi yönetimi gerekli önlemleri alarak tesise gelecek atıksu ve atıksuyun karakterine göre arıtma sistemini çalıştırmalıdır. Metal kaplama sanayi işletmeleri ön arıtma tesisinin kapasitesi ölçüsünde tesise atıksularını göndermeleri gerekmektedir.

İşletmeler kapasite artımında sanayi tesisi yönetimini bilgilendirmeli ve sanayi tesisi yönetimi de bu doğrultuda gerekli revizyon işlemlerini yapmalı, ön arıtma tesisinde kapasite artımına giderek kanalizasyona deşarj öncesi ön arıtma tesisi çıkış suyunda İSKİ Atıksuların Kanalizasyona Deşarj Yönetmeliği değerlerini sağlamalıdır.

Birleşik gelişmiş oksidasyon süreçleri ve pıhtılaşma/flokülasyon proseslerinin kullanımı metal kaplama atıksularının arıtımında uygulanması arıtım konusunda başarılı olabilir.

Metal kaplama atıksularından metal gideriminde PFR yoluyla yapılan arıtımın %85 üzeri verim sağladığı daha önce yapılan birtakım araştırmalarda ortaya konmuştur. Elektrokimyasal PFR ağır metallerin giderimi için iyi bir performans sağlayabilir.

Atıksulardan ağır metallerin gideriminde adsorban miktarının artırılması atıksu içerisinden ağır metallerin giderimi artırılabilir. Adsorban miktarının artması adsorpsiyon kapasitesini düşürebilmektedir. Bunun temelinde yatan durum ise adsorban miktarının artması çözelti içerisinde bulunan iyonların azalması gösterilebilir. [41]

Atıksulardan ağır metallerin gideriminde diğer bir etkili olan durum ise pH'dır. pH yükseldikçe ve 6-7 bandında oldukça giderim verimliliği artabilir. Atıksuda H+ iyonlarının bulunması ve adsorbanın + yükle yüklenmiş olması pH 6-7

seviyelerinde giderim veimliliğinin artmasında etkili olabilmektedir. [42]

Arıtma performansında diğer bir etkili olan parametre ise atıksudaki sıcaklıktır. Sıcaklığın yükselmesi ile atıksudan ağır metallerin giderimi verimi yükselebilir. Metal katyonlarında yüksek sıcaklıklarda kinetik enerji yükselmesi bu durumu açıklayabilir. Bu sebeple sıcaklığın yeterli seviyeden düşmesini önlemek ve en uygun koşullarda arıtım yapılması gerekir. [41,43]

Tüm bu araştırma ve çalışmaların sonucunda arıtma tesisine gelecek olan atıksuların belirlenen limitlerde tutularak arıtma tesisine arıtma kapasitesinin üzerinde verilen Cu, Ni, Cr, Sn, Zn, Au, Ag, gibi kirleticilerin standartları aşmasının önlenmesi gerektiği; ki bu eylem tam çözüm sağlayamayacaktır. Esas çözüm önerisi ve En etkili yöntem olarak arıtma tesisinine gelebeilecek aşırı (pik) kirletici debilerine cevap verebilmek için ön arıtma tesisinin yeniden revize edilmesi gerekmektedir.

6
KAYNAKÇA

[1] Bilgin, A., Balkaya, N., Atıksularda Kurşun Adsorbsiyonunda Koyun Yününün Kullanımı, Ekoloji-Çevre Dergisi, 12 (47),1-4, (2003).

[2]İleri, R., Endüstriyel Atıksuların Önarıtılmasında Biyosorpsiyon Metodunun Kullanılabilirliğinin Araştırılması, I. Atıksu Sempozyumu, Erciyes Üniversitesi, Kayseri,22-26 Haziran, (1998).

[3] Kabuk, H. A., Avsar, Y., Ilhan, F., & Ulucan, K. , Comparison of pH Adjustment and Electrocoagulation Processes on Treatability of Metal Plating Wastewater. Separation Science and Technology, 49(4), 613–618, (2014).

[4] Oden, M. K., Sari-Erkan, H., Treatment of metal plating wastewater using iron electrode by electrocoagulation process: Optimization and process performance. Process Safety and Environmental Protection, 119, 207–217, (2018).

[5] F. Ilhan, Y. Avsar, U. Kurt, A. Saral, Optimization and efect of pH on treatability of metal plating wastewater by electrocoagulation process: a pilot study. International Journal of Environmental Science and Technology (IF 3.1),(2023).

[6] Setyo Sarwanto Moersidik,Rudi Nugroho,Mira Handayani,Kamil awati, Mochamad A.Pratama, Optimization and reaction kinetics on there moval of Nickel and COD from wastewater from electroplating industry using Electrocoagulation and Advanced Oxidation Processes. Heliyon (IF 4),(13-02-2020).

[7] Zohreh Naghdali, Soleyman Sahebi, Reza Ghanbari, Milad Mousazadeh, Hamzeh Ali Jamali, Chromium removal and water recycling from electroplating wastewater through direct osmosis:Modeling and optimization by response surface methodology. Environmental Health Engineering and Management Journal, 6(2), 113–120, (2019).

[8] Joohyun Kim , SunhoYoon, Minhee Choi, Kyung Jin Min, Ki Young Park, Kangmin Chon, Metal ion recovery from electrodialysis-concentrated plating wastewater via pilot-scalese quential electrowinning/chemical precipitation. Journal of Cleaner Production (IF 11.1) (26-11-2021).

[9] Manh KhaiN guyen, Van Son Tran,Thi Thuy Pham, Hoang Giang Pham, Bich Loan Hoang, Huu HaoN go, Fenton/ozone-based oxidation and coagulation processes for removing metals(Cu,Ni) EDTA from plating wastewater. Journal of Water Process Engineering **(** IF 7 **)**, (11-12-2020)**.**

[10] Sydney Baker, Mackenzie Ouellette, Malessa Rodrigues, Sandesh Suddapalli, Brush Nickel Plating and Heavy Metal Wastewater Treatment Process Optimization, (13-12-2012).

[11] Kabdaşlı, I., Arslan, T., Arslan-Alaton, I., Ölmez-Hancı, T., & Tünay, O., Organic matter and heavy metal removals from complexed metal plating effluent by the combined electrocoagulation/Fenton process. Water Science and Technology, 61(10), 2617–2624, (2010).

[12] Deng, K., Yin, P., Liu, X., Tang, Q., & Qu, R., Modeling, analysis and optimization of adsorption parameters of Au(III) using low-cost agricultural residuals buckwheat hulls. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 20(4), 2428–2438, (2014).

[13] Hojati, S., & Landi, A., Removal of zinc from a metal plating wastewater using an Iranian sepiolite: determination of optimum conditions. Desalination and Water Treatment, 53(8), 2117–2124, (2013).

[14] Barisci,S., Suri, R., Degradation of 1,4-dioxane from water and plating industry wastewater using electrochemical batch and plug flow reactors. Journal of Applied Electrochemistry (IF 2.384) Pub, (2022).

[15] Shih, Y.-J., Lin, C.-P., & Huang, Y.-H., Application of Fered-Fenton and chemical precipitation process for the treatment of electroless nickel plating wastewater. Separation and Purification Technology, 104, 100–105, (2013).

[16] Fernández-González, R., Martín-Lara, M. A., Moreno, J. A., Blázquez, G., & Calero, M. Effective removal of zinc from industrial plating wastewater using hydrolyzed olive cake: Scale-up and preparation of zinc-Based biochar. Journal of Cleaner Production, (2019).

[17] Thomas, M., Melichová, Z., Šuránek , M., Kuc , J., Wieckol-Ryk, A., Lochyn´ski, P., Removal of Zinc from Concentrated Galvanic Wastewater by Sodium Trithiocarbonate: Process Optimization and Toxicity Assessment. Molecules (IF 4.6)**,** (2023).

[18] Rehman,A., Kimb,M., Reverberic,A., Fabianoa,B., Operational Parameter Influence on Heavy Metal Removal from Metal Plating Wastewater by Electrocoagulation Process. Chemical Engineering Transactions 43:2251-2256, (2015).

[19] Ma, H., Wang, H., & Na, C. Microwave-assisted optimization of platinum-nickel nanoalloys for catalytic water treatment. Applied Catalysis B: Environmental, 163, 198–204, (2015).

[20] Martínez-Quiroza,M., A. López-Maldonadoc, E., Ochoa-Teránb, A., E. Pina-Luisb, G., T. Oropeza-Guzmanb, M., Modification of chitosan with carbamoyl benzoic acids for testing its coagulant-flocculant and binding capacities in removal of metallic ions typically contained in plating wastewater. Chemical Engineering Journal (IF 15.1), (2017).

[21] Hosseini, S. S., Bringas, E., Tan, N. R., Ortiz, I., Ghahramani, M., & Alaei Shahmirzadi, M. A. Recent progress in development of high performance polymeric membranes and materials for metal plating wastewater treatment: A review. Journal of Water Process Engineering, 9, 78–110, (2016).

[22] Korrapati, N., & Y, P. S., Optimization studies on biosorption of Cr(VI) and Cu(II) from wastewater in a packed bed bioreactor. Desalination and Water Treatment, 53(8), 2167–2176, (2013).

[23] Senthilnathan, J., Mohan, S., & Palanivelu, K., Recovery of Chromium from Electroplating Wastewater Using DI 2-(Ethylhexyl) Phosphoric Acid. Separation Science and Technology, 40(10), 2125–2137, (2005).

[24] Chang, S., Ahmad, R., Kwon, D., & Kim, J. Hybrid ceramic membrane reactor combined with fluidized adsorbents and scouring agents for hazardous metal-plating wastewater treatment. Journal of Hazardous Materials, 121777, (2019).

[25] Chandrasen F. Rajemahadik, S. V. Kulkarni, Dr. G. S. Kulkarni, Efficient Removal of Heavy Metals from Electroplating Wastewater using Electrocoagulation. International Journal of Scientific and Research Publications, ISSN 2250-3153, (2013).

[26] Hamdy, A., Mostafa, M. K., & Nasr, M. Techno-economic estimation of electroplating wastewater treatment using zero-valent iron nanoparticles: batch optimization, continuous feed, and scaling up studies. Environmental Science and Pollution Research, (2019).

[27] Feng, J., Lan, H., Tao , Q., Chen , W., Dai, Q., Electrochemical oxidation of a typical PPCP wastewater with a novel high- efficiency PbO2 anode based on NCNSs and Ce co-modification: Parameter optimization and degradation mechanism. Journal of Electroanalytical Chemistry (IF 4.5), (2022).

[28] Abbasi, S., Mirghorayshi, M., Zinadini, S., & Zinatizadeh, A. A. A novel single continuous electrocoagulation process for treatment of licorice processing wastewater: Optimization of operating factors using RSM. Process Safety and Environmental Protection, 134, 323–332, (2020).

[29]https://webdosya.csb.gov.tr/db/ippc/duyurular/kaplama-tekn-kler--dr.-m.-kazim-yetik-20190307132117.pdf

[30] Alp, A. , "Elektrolitik Metal Kaplama Ders Notları", Sakarya Üniversitesi Malzeme ve Metalurji Mühendisliği Bölümü, Sakarya, 2005.

[31]Saraç, S. , "Metal Kaplama ve Elektrokimyasal Teknolojiler", Çağlayan Kitapevi, İstanbul, (1995).

[32]Kılıç, M. Y. ve diğ., Zeytin Karasuyunun Arıtımına Yönelik Bir Envanter Çalışması, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi:1, 81-110, (2015).

[33] https://avys.omu.edu.tr

[34] W.Wesley Eckenfelder, Jr., Industrial Water Pollution Control, McGraw Hill International Editions, (1989).

[35] Water Environment Federation and American Society of Civil Engineers, Design of Municipal Wastewater Treatment Plants. Manual of Practice No.8, Chapter10, (1991).

[36] Metcalf&EddyWastewater Engineering, Treatment Disposal Reuse, McGraw-HillInternational Editions, (2000).

[37] Şengül, F. , (1991), "Endüstriyel Atıksuların Özellikleri ve Arıtılması", Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, İzmir, file:///C:/Users/90544/Downloads/5-c-1.pdf.

[38] Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater Part : 3120 B İnductively Coupled Plasma (ICP) Method.

[39]https://www.iski.gov.tr/web/assets/SayfalarDocs/Mevzuat%20ve%20Y%C3%B6netmelikler/%C4%B0SK%C4%B0%20ATIKSULARIN%20KANAL%C4%B0ZASYONA%20DE%C5%9EARJ%20Y%C3%96NETMEL%C4%B0%C4%9E%C4%B0-14012019.pdf

[40] Cyanide Hazards to Plants and Animals from Gold Mining and Related Water Issues, Biogeochemical, Health, and Ecotoxicological Perspectives on Gold and Gold Mining, 189–220, (2004).

[41] Malko., E., Nuhoğlu, Y., , Potential of tea factory waste for chromium (VI) removal from aqueous solutions: Thermodynamic and kinetic studies, Separation and Purification Technology, 54, 291-298, (2007).

[42] Amarasınghe, B.M.W.P.K. , Wıllıams, R.A., Tea waste as a low cost adsorbent for the removal of Cu and Pb from wastewater, Chemical Engineering Journal, 132,299-309, (2007).

[43] Demirbaş, E. , Dizge, N. , Sulak M. T. , Kobya, M., Adsorption kinetics and equilibrium of copper from aqueous solutions using hazelnut shell activated carbon, Chemical Engineering Journal, 148, 480-487, (2009).

7
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Konferans Bildirileri

1 - ÖZTÜRK, İ., NUHOĞLU, Y., Ön Arıtma Yapılmış Metal Kaplama Sanayi Atıksularının Arıtım Optimizasyonu, TÜRKAY Sempozyumu, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 25 Ekim, 2022.

Makaleler

1 - ÖZTÜRK, İ., NUHOĞLU, Y., Ön Arıtma Yapılmış Metal Kaplama Sanayi Atıksularının Arıtım Optimizasyonu, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 25 Ekim, 2022.