T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
İNŞAAT FAKÜLTESİ DEKANLIĞI

Sayı : E-24979190-903.07.02-2202040224 **Tarih**: 04.02.2022
Konu : Teknopark Görevlendirme

DAĞITIM YERLERİNE

Fakültemiz Çevre Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Doç. Dr. Uğur KURT'un, YTÜ Teknoloji Transfer Ofisi AŞ'de 4691 sayılı Teknoloji Geliştirme Bölgeleri Kanunu'nun 7. Maddesi kapsamında görev yapmak üzere, 2547 sayılı Yükseköğretim Kanunu'nun 39. Maddesine göre görevlendirilmesine ilişkin, Fakülte Yönetim Kurulumuzun 03.02.2022 tarih ve 2022/06 sayılı toplantısında alınan karar sureti aşağıya çıkarılmıştır.

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

SURET
FAKÜLTE YÖNETİM KURULU TOPLANTI TUTANAĞI
Toplantı Tarihi: 03.02.2022 Toplantı No: 2022/6

Çevre Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Doç. Dr. Uğur KURT'un, YTÜ Teknoloji Transfer Ofisi AŞ'de 4691 sayılıTeknoloji Geliştirme Bölgeleri Kanunu'nun 7. Maddesi kapsamında görev yapmak üzere,2547 sayılı Yükseköğretim Kanunu'nun 39. Maddesine göre görevlendirilmesi hk.	**3**-Çevre Mühendisliği Bölümü Başkanlığı'nın 31.01.2022 tarih ve E.2201310267 sayılı yazısı ve ekleri okunarak, Doç. Dr. Uğur KURT'un YTÜ Teknoloji Transfer Ofisi AŞ'de "MDF Üretiminde Oluşan Refiner Atıksularının Ön Arıtma Alternatiflerinin Araştırılması ve Tasarımı" projesinde araştırmacı olarak, 30.01.2022-15.06.2022 tarihleri arasında haftada 2 (iki) saat süreyle, 4691 sayılı Teknoloji Geliştirme Bölgeleri Kanunu'nun 7. Maddesi kapsamında görev yapmak üzere, görevlendirilmesi isteğine bilgi edinildi. Konu görüşmeye açıldı. Yapılan görüşmeler sonunda, Bölüm Başkanlığının olumlu görüş bildiren yazısı doğrultusunda Çevre Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Doç. Dr. Uğur KURT'un, YTÜ Teknoloji Transfer Ofisi AŞ'de, 4691 sayılı Teknoloji Geliştirme Bölgeleri Kanunu'nun 7. Maddesi kapsamında "MDF Üretiminde Oluşan Refiner Atıksularının Ön Arıtma Alternatiflerinin Araştırılması ve Tasarımı" projesinde araştırmacı olarak, 2547 sayılı Yükseköğretim Kanunu'nun 39. Maddesine göre 30.01.2022-15.06.2022 tarihleri arasında haftada 2 (iki) saat süreyle görevlendirilmesine oybirliğiyle karar verildi.

Prof. Dr. Şükrü ERSOY
Dekan

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Belge Doğrulama Kodu:1db7ec7f Belge Doğrulama Adresi: http://ebys.yildiz.edu.tr/Dogrulama/Index

Adres :Davutpaşa Kampüsü, 34220 Esenler/İSTANBUL
Tel / Fax :(0212) 383 51 18 / (0212) 383 51 02
Kep Adresi :yildizteknikuniversitesi@hs01.kep.tr
İrtibat:Arife UZUN ŞAHİN
Web:http://www.ins.yildiz.edu.tr
e-Posta:aruzun@yildiz.edu.tr

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
İNŞAAT FAKÜLTESİ DEKANLIĞI

Sayı : E-24979190-903.07.02-2202040224 **Tarih**: 04.02.2022
Konu : Teknopark Görevlendirme

DAĞITIM :

Gereği:
PERSONEL DAİRE BAŞKANLIĞI

Bilgi:
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Belge Doğrulama Kodu:1db7ec7f
Belge Doğrulama Adresi: http://ebys.yildiz.edu.tr/Dogrulama/Index

Adres :Davutpaşa Kampüsü, 34220 Esenler/İSTANBUL
Tel / Fax :(0212) 383 51 18 / (0212) 383 51 02
Kep Adresi :yildizteknikuniversitesi@hs01.kep.tr
İrtibat:Arife UZUN ŞAHİN
Web:http://www.ins.yildiz.edu.tr
e-Posta:aruzun@yildiz.edu.tr

Sayı : YTTO-24/173

10.05.2024

Konu: Proje Çalışan Bildirim Yazısı

İLGİLİ MAKAMA ;

Yıldız Teknik Üniversitesi Akademisyenlerinden Doç. Dr. Uğur KURT, Araştırmacı olarak, 30.01.2022 – 15.06.2022 tarihleri arasında, 102.000 TL bütçeli, YTÜTTO626 kodlu, "MDF Üretiminde Oluşan Refiner Atıksularının Ön Arıtma Alternatiflerinin Araştırılması Ve Tasarımı" Projesinde görev almış ve proje başarı ile sonlanmıştır.

Saygılarımızla,

Yönetim Kurulu Başkanı

öĞR. Gör. Dr. Ufuk BÖLÜKBAŞ

YILDIZ TEKNOLOJİ TRANSFER OFİS A.Ş.
Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Kampüsü
Çifte Havuzlar Mah. Eski Londra Asfaltı Cad. İdari Bina
Dış Kapı No:151 / 1L İç Kapı No:2 Esenler / İSTANBUL
Telefon : 0212 483 70 06 / 07 Esenler V.D. 9830414505

Ek: 1 adet Proje Sonlandırma Yazısı

Etikimza Belge No : sn9hs7mqs069bc194da

Tarih : 24.06.2022

YILDIZ Teknopark A.Ş. 'de 31.01.2022 tarihinde başladığımız MDF Üretiminde Oluşan Refiner Atıksularının Ön Arıtma Alternatiflerinin Araştırılması Ve Tasarımı projesi 24.06.2022 00:00:00 tarihinde tamamlanmıştır. Proje çıktısı aşağıdaki gibidir.

Proje Sonucunda "
MDF üretiminde oluşan refiner atıksularının ön arıtımı sahada hem laboratuvar ve hem de deneysel çalışmalarla gerçekleştirilmiştir. Katı madde miktarının yüksek olması sebebiyle önce katı madde ayırma üniteleri ile çalışmalar yapılmıştır. Santrifüj dekantör ile katı madde ayrımından önce mutlaka koagülant kullanılması gerekli olduğu görülmüştür. Farklı koagülantların dekantör verimine etkisi araştırılmış ve en iyi arıtma verimi elde edilen koagülant türü ve konsatrasyonu belirlenmiştir. Laboratuvar ölçekli çalışma sonuçları dikkate alınarak belirlenen arıtma konfigürasyonunda pilot ölçekli çalışmalarda gerçekleştirilmiştir. Belirlenen arıtma konfigürasyonun uygun olduğu pilot ölçekli çalışmalarla da teyit edilmiştir. Sonraki süreçte tam ölçekli tesis işletilmesi de yapılacaktır. Çalışma belirlenen amaç ve kapsama uygun olarak başarıyla tamamlanmıştır.

"

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır

Etikimza Belge No : sn9hs7mqs069bc194dae

Ahmet EKERİM
YILDIZ TEKNOLOJİ TRANSFER OFİSİ A.Ş.

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştı

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
YÖNETİM KURULU KARARI

Toplantı No:	Toplantı Tarihi:	Madde No:
2022/03	15.02.2022	20

Özü: **İnşaat Fakültesi öğretim üyelerinden Doç. Dr. Uğur KURT'un, Yıldız Teknoloji Transfer Ofisi A.Ş.'nde, görevlendirilmesi hk. (2547/39.md.) (4691/7.md.)**

Karar:

İnşaat Fakültesi Dekanlığı'nın, 03.02.2022 gün ve 2022/06-03 sayılı Fakülte Yönetim Kurulu kararı okunarak; Çevre Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerinden Doç. Dr. Uğur KURT'un, 2547 sayılı yasanın 39. maddesi ve 4691 sayılı Teknoloji Geliştirme Bölgeleri Kanunu'nun 7. maddesi kapsamında, Yıldız Teknoloji Transfer Ofisi A.Ş.'nde, "MDF Üretiminde Oluşan Refiner Atıksularının Ön Arıtma Alternatiflerinin Araştırılması ve Tasarımı" projesinde araştırmacı olarak 30 Ocak - 15 Haziran 2022 tarihleri arasında, haftada 2 (iki) saat görevlendirilmesine, oy birliği ile karar verildi.

ASLI GİBİDİR

Ahmet Yüksel KARAHAN
Genel Sekreter

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
http://ebys.yildiz.edu.tr/Dogrulama/Index?EvrakNo=E.2202160365&ErisimKodu=0dce699a

ÇAMSAN ORDU AĞAÇ SAN. VE TİC. A.Ş.

REFİNER SULARININ ÖN ARITIMI AR-GE ÇALIŞMASI ÖZET RAPORU

Hazırlayanlar:
Prof. Dr. Mehmet ÇAKMAKCI
Doç.Dr. Uğur KURT

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
Teknoloji Transfer Ofisi A.Ş.

Ağustos, 2022

ÇALIŞMANIN AMAÇ VE KAPSAMI

Çamsan Ordu Ağaç San. ve Tic. A.Ş.'de MDF üretimi aşamasında ortaya çıkan refiner suyun arıtılabilirliğinin belirlenmesi çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Çalışmanın kapsamı kurum ile yapılan görüşmeler sonucunda belirlenmiştir. Çalışma iki aşamada oluşacaktır. Çalışmanın ilk aşaması 6 ay devam etmiş ve bu süre içerisinde refiner suyu önarıtma alternatifleri laboratuvar ölçekli çalışmalar ile belirlenmiştir. Ayrıca, laboratuvar ölçekli çalışma sonuçları dikkate alınarak pilot ölçekli tesis tasarımı da yapılmıştır.

Çalışmanın ikinci altı ayı için ise ön arıtımı yapılmış refiner suyunun elektrokoagülasyon (EC) ile arıtılabilirliği çalışılacaktır. Bu aşama için laboratuvar ölçeğin ön çalışma yapılmış ve henüz çalışmaya detaylıca başlanmamıştır. Kurum yetkililerinin onay vermesi durumunda ikinci 6 aylık süreçte alternatif yöntemlerin proses şartları ve tasarım parametrelerinin iyileştirilmesi çalışmaları yapılacak, kullanılan koagülan kimyasallarının azaltılması, yeniden kullanılması, arıtma çıktılarının (çamur, gaz, su) değerlendirilmesi ve bu yönü ile de ekonomik kazanımların ve çevreci yaklaşımların iyileşme potansiyelleri araştırılacaktır.

GİRİŞ

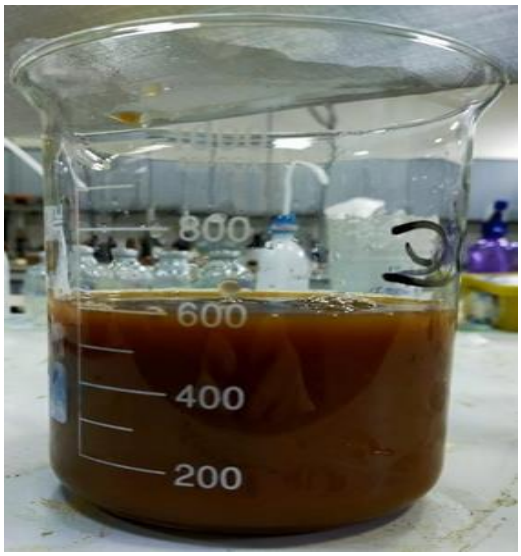
Orta yoğunluklu lif levha (MDF), ısı ve basınç altında reçine ile birbirine bağlanmış ağaç liflerinden oluşan, yapısal olmayan lif esaslı bir paneldir [1]. MDF üretimi için Çamsan Ordu'da odunlar öncellikli olarak yonga haline getirilmektedir. Yongalar elek sisteminden geçirilmektedir. Çok küçük tanecikli yongalar yakma amacıyla ve çok büyük olanlarda yeniden yonga makinesi girişine verilmektedir. Orta büyüklükte olanlar pişirme kazanına aktarılmaktadır. Pişirme kazanında 180 ^{o}C sıcaklıkta ve 8-9 bar buhar basıncı altında yongalar pişirilmektedir. 5 dakika içerisinde yumuşayan yonga lifleme makinesine girip liflerine ayrılmaktadır. Böylece odun lifi elde edilmektedir. Levhaya katkı sağlayacak kimyasallar hazırlanmaktadır. Karışıma ilk olarak mum diyebileceğimiz parafin katılmaktadır. Parafin ürüne su iticiliği ve rutubete dayanıklılık özelliği kazandırılmaktadır. Tutkal life enjekte edilmektedir. Levhanın prese girdiğinde sertleşmesinin hızlanması için amonyum sülfat kullanılmaktadır. Tüm karışımlar lifle buluşunca ürün nemini kaybetmesi için kurutucuya gönderilmektedir. Odun lifi boru hattından hızla geçerken bir yandan da kuruyor. Ürünü kurutan sıcak hava buharı

bacadan dışarı su buharı olarak çıkıyor. Lif serme bandına homojen olarak dökülmektedir. Ön presleme işleminde lifi derli toplu hale getirip ana prese hazırlamaktadır. Ön presleme sonrasında belirlenen ebatlarda levha kesilmekte ve ana prese verilmektedir. Ana presleme makinesinde yaklaşık 4 dakika boyunca basınçla preslenen levhalar nihai kalınlıklarına ulaşmaktadır. Ana presleme çıkışında sıcaklıkları yüksek olduğu için soğutma sistemine alınmaktadır. Yaklaşık 20 dakikalık soğutma süreci sonrasında soğutucudan çıkmaktadır. Soğutucudan çıkan levhalar istifleme odasında 6 gün dinlendirilmektedir. Levhanın yüzeyinin soğuması ve lif sıcaklığını atması için bu süreye ihtiyaç duyulmaktadır. Dinlendirilmiş MDF'nin alt ve üst yüzeyi kağıtla kaplanmaktadır. Kağıt bobinleri tutkal havuzundan geçmektedir. Tutkal havuzundan geçen kağıtlar kurutuma fırınına girmektedir. Kurutma fırını çıkışı kağıtlar ebatlandırılmaktadır. Dinlendirilmiş levhalar zımparalanmaktadır. Zımparalanma sonrasında levhaların iki tarafı da pres altında 12 saniyede kağıtla kaplanmaktadır. Kağıtla kaplama işlemi sonrasında levhalar yeniden soğutulmakta ve dinlendirilmektedir.

Pişirme kazanında 180 ^{o}C sıcaklıkta ve 8-9 bar buhar basıncı altında yongalar yumuşamaya başlamaktadır. Sıcaklığın etkisi ile yumuşayan yongalarda polisakkaritler, lignin, selüloz, hemiselüloz, reçine, fenolik bileşikler, terpenler, alifatik bileşenler, alkoller, aldehitler, asitler ve extraktif maddeler ile anorganik bileşiklerde çözünmeler olmakta ve çözünen maddeler suya geçmektedir. Ayrıca suya sıkıştırma sırasında bazı lif parçacıkları da karışabilmektedir. Bu su refiner suyu olarak adlandırılmaktadır. Refiner suyunun özellikleri pişirme işlemi ve kullanılan ağaç özelliklerine bağlı olarak değişim göstermektedir. MDF refiner sularında kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) 25.000 mg/L ve askıda katı madde (AKM) 9.000 mg/L ve daha da yüksek değerlerde olabilmektedir. Çamsan Ordu Ağaç San. ve Tic. A.Ş. tarafından yeni inşa edilen tesiste de refiner suyunun KOİ değeri 25.000 mg/L olarak tahmin edilmiş ve mevcut durumda bu değerin de üzerinde KOİ konsantrasyonlarının oluştuğu görülmektedir. Bu sebeple, refiner suyunun arıtılabilirliği için öncellikli olarak ön arıtma ve sonrasında ise elektrokoagülasyon ile arıtma alternatifleri ile çalışmalar yapılmaktadır. Ön arıtma çalışmaları tamamlanmış ve elektrokoagülasyon ile çalışmalar ise halen devam etmektedir.

ÖN ARITMA ÇALIŞMALARI

Çamsan Ordu Ağaç San. ve Tic. A.Ş.'den temin edilen refiner suyu (Şekil 1) analiz edilmiş ve analiz sonuçları Tablo 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Refiner suyuna ait görüntü

Tablo 1 Refiner suyu özellikleri

Parameters	pH	KOİ, mg/L	AKM, mg/L	Bulanıklık, NTU	İletkenlik, µS/cm
Refiner Suyu	4.5	28400	29380	960	1523

Çamsan Ordu Ağaç San. ve Tic. A.Ş.'ye ait refiner suyunun asidik, KOİ ile AKM değerlerinin de yüksek olduğu Tablo 1'den görülmektedir. pH değeri koagülantların suda çözünürlüklerini etkilemektedir ve bu sebeple optimum pH değerinin ön arıtma verimi açısından önemlidir.

Ön arıtma amacıyla hızlı ve yavaş karıştırma ile bu ünitelere müteakip susuzlaştırma amacıyla santrifüj kullanılmıştır. Çalışmada polialüminyum klorür (PAC), demir (III) klorür (FeCl3) ve katyonik polimer (CP) koagülant ve koagülant yardımcıları ile ön arıtma çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Ön arıtma verimine pH'ın etkisinin belirlenmesi için hızlı karıştırma, yavaş karıştırma ve müteakiben santrifüj ile çalışmalar yapılmış ve çalışma sonuçlarında elde edilen KOİ değerleri Tablo 2'de görülmektedir.

Tablo 2 pH optimizasyonu çalışmasında KOİ analiz sonuçları (mg/L)

pH	PAC	$Fe(Cl)_3$	PAC + CP	$Fe(Cl)_3$ +CP
5	9680	11604	8432	11129
6	6591	9243	6842	10973
6.5	5692	8761	3426	10541
7	8067	9842	5438	10621
9	6991	9536	7894	9475
11	11697	10621	9846	12032

100 RPM'de 1 dakika hızlı karıştırma, 30 RPM'de 15 dakika yavaş karıştırma ve 3000 RPM'de 3 dakika santrifüj ile pH optimizasyonu çalışması yapılmıştır. PAC+CP ile en düşük KOİ değeri pH 6.5'de elde edilmiştir.

pH 6.5'de hızlı ve yavaş karıştırma için optimum temas sürelerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışma sonuçlarında analiz edilen KOİ değerleri Tablo 3 ve Tablo 4'de görülmektedir.

Tablo 3 Hızlı karıştırma temas süresi optimizasyonu çalışmasında KOİ analiz sonuçları (mg/L)

Temas süresi	PAC	$Fe(Cl)_3$	PAC + CP	$Fe(Cl)_3$ +CP
1	5692	8761	3426	10541
2	5847	11023	4144	12495
3	5968	12830	5342	13206
4	6554	13704	8176	12977

Tablo 4 Yavaş karıştırma temas süresi optimizasyonu çalışmasında KOİ analiz sonuçları (mg/L)

Temas süresi	PAC	$Fe(Cl)_3$	PAC + CP	$Fe(Cl)_3$ +CP
10	5692	8761	3426	10541
30	6795	11942	4723	11842
45	7314	12443	5162	12643

Tablo 3 ve 4'de görüldüğü üzere hızlı karıştırma için 1 dakika ve yavaş karıştırma için ise 10 dakika temas süreleri KOİ giderimi için en uygun sürelerdir. Yavaş karıştırmanın 30 saniye ile 300 saniye arasında ve yavaş karıştırmanın ise 15-45 dakika aralığında olması önerilmektedir. Bu çalışmada kullanılan suyun yoğun KOİ ve AKM konsantrasyonuna sahip olması sebebiyle ilave edilen kimyasalın homojen dağılımı için hızlı karıştırma süresi 1 dakika olarak kabul edilmiştir. Yavaş karıştırmada flok oluşumu amaçlanmaktadır ve mevcut suda yüksek AKM olması sebebiyle önerilen değerden daha düşük temas süresinde floklaşmanın sağlanacağı ön görülmüştür. Böylece, yavaş karıştırma temas süresi 10 dakika olarak kabul edilmiştir. 1 m^3 refiner suyuna 4 L PAC ilave edilmesi halinde KOİ değerinin <10.000 mg/L olacağı görülmüştür.

Ön arıtımı yapılmış refiner suları elektrokoagülasyon ünitesine verilecektir.

ELEKTROKOAGÜLASYON PROSESİ İLE ARITMA

Elektrokoagülasyon (EC) Prosesi

Elektrokoagülasyon(EC) prosesinde elektroliz sonucu anot çözülmektedir ve temizlenmesi gereken atıksu içerisindeki metal hidroksit flokları oluşmaktadır. Elektrotlarda hidroliz reaksiyonları ile meydana gelen metal hidroksit flokları yardımıyla adsorpsiyon, kısmi oksidasyon, çökelme ve flotasyon işlemleri eş zamanlı bir şekilde meydana gelerek KOİ, toplam organik karbon (TOK) , AKM, renk ve bulanıklık giderimi sağlanmaktadır. Elektrokoagülasyon prosesi metal anotlar olan alüminyum ve demirin anodik bir çözünmeye uğraması ve hidrolizi ile az miktarda çözünen $Al(OH)_3$, $Fe(OH)_2$ ve $Fe(OH)_3$ gibi metal hidroksitlerin meydana gelmesi şeklindedir. Bu elektrotlardan çözünen metal iyonları ortam şartların bağlı olarak metal-polimer kompleksleri

oluşturarak atıksu içerisinde bulunan birçok kirleticiyi adsorplamakta ve koagüle olmaktadır.

Elektrokoagülasyon prosesinde en yaygın kullanılan elektrot türleri alüminyum ve demir elektrotlarıdır. Alüminyum ve demirin diğer elektrot türlerine göre kolay ulaşılabilir ve uygun maliyette olması , metal iyonlarının yüksek adsorpsiyon gücüne sahip olması, bu elektrotlar ile kararlı yapıda çamurun elde edilmesi bu elektrotların daha fazla tercih edilmesinin sebeplerindendir. Alüminyum ve demir dışında çelik, grafit ve titanyum gibi maddeler elektrot olarak kullanılabilmektedir.

Proseste metal tabakalardan biri anot ve diğeri katot olarak bilinmektedir. EC'de, pıhtılaşma ve çökelme mekanizmalarının gerçekleşmesi için sisteme kimyasal ilavesi yapılmaz. Bu mekanizma elektrokimyasal reaktördeki elektrotlar ile meydana gelmektedir. Değişik elektrotların kullanılması halinde atıksuda pH, yoğunluk, KOİ, amonyak, renk, askıda katı madde gibi kirleticilerin giderim mekanizmasında farklı etkiler oluşmaktadır.

Elektrokoagülasyon prosesi ile askıda katı maddeler ve kolloidal maddeler kararlı hale getirilir. Bu yüzden elektriksel uygulamalarda elektrotlar ile partiküller uygun şekilde temas ettirildiğinde partiküller nötralize olur ve farklı partiküller kombine olarak geniş bir flok oluşturur.

Anot ve katotun yükseltgenme ve indirgenmesi ile birçok reaksiyon gerçekleşmektedir. Anot, verilen akım ile elektrolitik oksidasyona uğrar ve metalik iyonlarına ayrışır. Metalik iyonların oluşması verilen akıma bağlıdır. Anot atıksuya hidrojen ve oksijen iyonları vererek su oluşum reaksiyonlarına sebep olur ve bu reaksiyonlar katotta gerçekleşir. Katotta; su H^+ ve OH^- iyonlarına ayrışır ve serbest H iyonları birleşerek H_2 oluşumunu sağlar. Katotta; kirletici arıtımında çok verimli adsorban olan metalik hidroksitler meydana gelmektedir.

Alüminyum Elektrot ile Yapılan Elektrokoagülasyon İşleminde Gerçekleşen Reaksiyonlar;

$$Al_s \rightarrow {Al^{+3}}_{aq} + 3e^-$$

$${Al^{+3}}_{aq} + 3H_2O \rightarrow {Al(OH)_3}_s + 3{H^+}_{aq}$$ (Asidik Şartlarda)

$nAl(OH)_3 \rightarrow Al_n(OH)_{3n}$

Demir Elektrot ile Yapılan Elektrokoagülasyon İşleminde Gerçekleşen Reaksiyonlar;

Anot:

$4Fe_{(s)} \rightarrow 4Fe^{+2}{}_{(aq)} + 8e^-$

$4Fe^{+2}{}_{(aq)} + 10H_2O + O_{2_{(g)}} \rightarrow 4Fe(OH)_{3_{(s)}} + 8H^+{}_{(aq)}$ (Asidik Şartlarda)

Katot:

$8H^+{}_{(aq)} + 8e^- \rightarrow 4H_{2_{(g)}}$

Toplam:

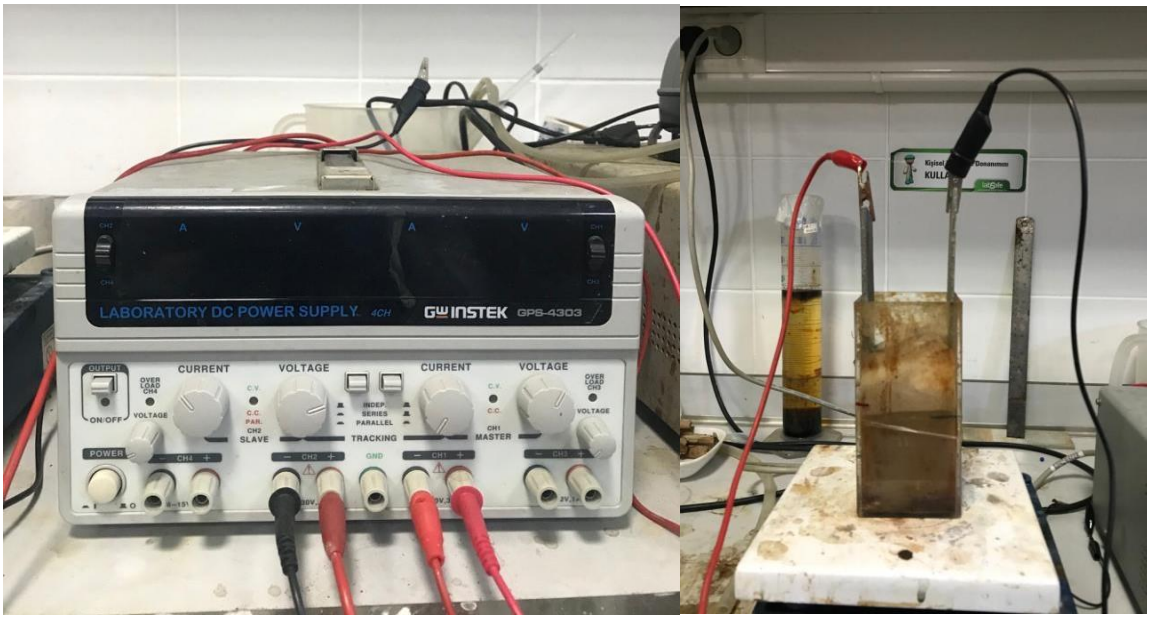
$4Fe_{(s)} + 10H_2O + O_{2_{(g)}} \rightarrow 4Fe(OH)_{3_{(s)}} + 4H_{2_{(g)}}$

EC'de gerçekleşecek olan reaksiyonlar, elektrot malzemesine göre belirlenir. Alüminyum ve demir elektrotların EC sistemlerinde başarılı uygulamaları mevcuttur. Alüminyum, tüm koşullar Al(III) olarak çözünürken, demir ise Fe(II) ve Fe(III) olarak çözünebilmektedir. Sonuçların çoğunluğu Fe(II) olarak çözündüğünü göstermektedir. Fakat yeterli miktarda oksidant konsantrasyonu ve alkali pH değeri mevcut ise Fe (II), Fe(III)'e oksitlenir. Fe(II), Fe(III)'e göre kıyaslandığında daha zayıf bir koagülanttır. Bu durum hidroksileri yüksek verimle çözebilmesi ve daha düşük pozitif yüke sahip olmasından kaynaklanır.

Optimum materyal seçimi, giderilmesi hedeflenen kirleticilere ve elektrotun kimyasal özelliklerine bağlıdır. Genel olarak değerlendirildiğinde, alüminyum demire göre giderim verimi bakımından daha iyi bir tercihtir. Fakat alüminyum demirle kıyaslandığında maliyeti daha yüksektir.

Refiner Suyunun Elektrokoagülasyon Prosesi Arıtılabilirliği

GW Instek GPS-4303 model güç kaynağı, 19,5*5*0,5 cm boyutlarında alüminyum plaka, 17*5,5*0,5 cm boyutlarında demir plaka ve 10*5*0,2 cm boyutlarında grafit plakalar kullanılmıştır. Numune pH'ları, pH metre ile ölçülmüştür. Şekil 2'de düzeneğe ait görüntü görülmektedir.



Şekil 2. EC düzeneğine ait görüntü

Elektrokoagülasyon süresince, negatif elektrotta katotik reaksiyonlar, pozitif elektrotta anodik reaksiyonlar gerçekleşmektedir. Elektrokoagülasyon prosesinde zamanın etkisini incelemek amacıyla sabit 1 A, 0,05 A/cm2 akım yoğunluğunda deneyler gerçekleştirilmiştir. Elektroliz süresi ise 5-30 dk arasında incelenmiştir. Elektrokoagülasyon prosesinde anodik çözünmenin meydana gelmesiyle koagülasyon oluşur. Çözeltiden kirletici parametrelerin giderimin de doğrudan elektrotlar aracılığıyla üretilen iyon konsantrasyonu oldukça etkilidir. Elektroliz süresi arttığında, iyonların konsantrasyonu ve onların hidroksit flokları artmaktadır. Dolayısıyla elektrokoagülasyon prosesinde uygun ve yeterli miktarda flokların oluşması süreye bağlı olarak gerçekleşir. Al elektrotlar ile 0,1A-10V/25 ml olarak 5-25 dakika süre ile gerçekleştirilen çalışmaların sonuçları aşağıda Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Refiner suyunun EC ünitesi Al elektrotlar (0,1A / 10V / 25 mL) ile arıtılabilirliği çalışmasında KOİ analiz sonuçları (mg/L)

Süre, dakika	KOİ, mg/L	Giderime Verimi, %
0	26270	-
5	9400	64
10	6500	75
15	6080	77
25	5460	79

Tablo 5'de görülen çalışmada 1 m^3 atık suyu %64 verimle arıtmak için 3,33 kW-saat, %75 verimle arıtmak için 6,66 kW-saat elektrik tüketimi söz konusudur.
5-30 dakika aralığında temas süresi sonunda EC ünitesi (1A / 25-30 V / 0,3 g NaCl / 150 mL) çıkışında analiz edilen KOİ konsantrasyonları Tablo 6'de görülmektedir.

Tablo 6. Refiner suyunun EC ünitesi ile arıtılabilirliği çalışmasında KOİ analiz sonuçları (mg/L)

Elektrot Türü	Süre(dk)					
	5	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**
Alüminyum Plaka	5243	3765	2957	2823	2823	2689
Demir Plaka	7932	5378	4705	4302	3764	3226
Grafit Plaka	9008	8336	7932	6722	7465	7529

2 g/L tuz ilavesi ile yapılan çalışmalarda ise 1m^3 atık su için, Al elektrot ile %80 giderim (KOİ: 5243 mg/L) 11 kW-saat, %86 giderim (KOİ:3765 mg/L) 24 kW-saat, %89 giderim (KOİ: 2957 mg/L) 36 kW-saat elektrik tüketimine yol açmaktadır.

Tüm bu çalışmalar ön denemeler mahiyetinde yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar EC prosesinin Refiner atık suyu arıtımında alternatif ön arıtma kademesi olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir. Bu çalışmaların süreç optimizasyonu ile detaylandırılması ve optimal işletme şartlarının ve ekonomik koşulların belirlenmesi gerekmektedir.

Koagülasyon mekanizmaları ile ancak süspansiye katı formlar, çok az miktarda da çözünmüş kirleticiler giderilebilmektedir. Refiner suyu gibi yüksek debili ve yoğun kirletici konsantrasyonuna sahip suların çok kademeli arıtma proseslerinde arıtılması gerektiği aşikardır.

EC ünitesi ve ilave UV ile fenton üniteleri ile çalışmaların yapılması iki aşamada gerçekleştirilecektir.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Refiner suyuna 4 L/m^3 PAC ilave edilerek hızlı ve yavaş karıştırma sonrasında santrifüj kullanılarak KOİ değerlerinin 10.000 mg/L ve daha düşük değerlere ulaştığı ön arıtma çalışmalarında görülmüştür. Hızlı ve yavaş karıştırma ile santrifüj için optimum işletme parametreleri belirlenmiştir.

EC ünitesi ile çalışmalar başlanmış ve ön çalışma sonuçlarına göre EC ünitesi çıkışında KOİ değerinin 3.000 mg/L ve daha düşük değerlere ulaşması mümkün görülmektedir. EC ünitesi ile ilgili optimizasyon çalışmaları devam etmektedir.

Laboratuvar ölçeğinde elde edilen sonuçlar pilot veya tam ölçekli çalışma sonuçlarından farklılık gösterebilir. Bu sebeple, çalışmanın ikinci aşamasında tam ölçekli düzeneklerde de laboratuvar ölçeğinde verimlerin değerlerinin sağlanabilmesi ve daha iyileştirilebilmesi için akademik çalışmalar yapılması önerilmektedir.