TC

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ

Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi

Sayı: **Tarih**

Konu: Araştırmacının Görev Aldığı Projeler 26.01.2021

İlgili Makama

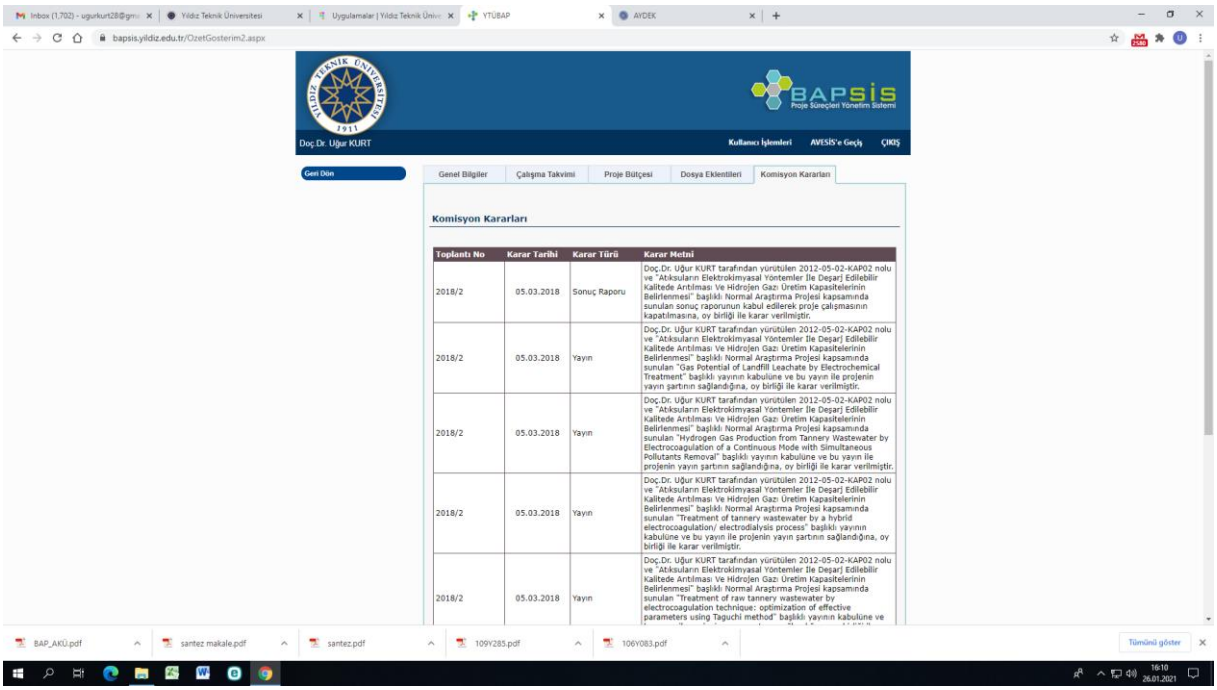
Doç.Dr. Uğur KURT'un Birimimiz tarafından desteklenen araştırma projelerinde aldığı görevlere ilişkin bilgiler aşağıda verilmiştir.

Bilgilerinizi arz/rica ederim.

Prof.Dr. Uğur DOĞAN
Koordinatör

Proje Kodu:	2012-05-02-KAP02	**Proje Türü:**	N. Araştırma	**Baş.Tarihi:**	15.11.2012	**Bitiş Tarihi:**	05.03.2018	**Görevi:**	Yürütücü
Durumu:	Kapanan	**Süresi:**	36(ay)						
Başlık:	Atıksuların Elektrokimyasal Yöntemler İle Deşarj Edilebilir Kalitede Arıtılması Ve Hidrojen Gazı Üretim Kapasitelerinin Belirlenmesi								

Proje Kodu:	2015-05-02-DOP08	**Proje Türü:**	Doktora	**Baş.Tarihi:**	01.07.2015	**Bitiş Tarihi:**	31.01.2018	**Görevi:**	Yürütücü
Durumu:	Kapanan	**Süresi:**	24(ay)						
Başlık:	Deri Endüstrisi Atıksularının Yeniden Kullanılması ve Geri Kazanım Amaçlı Elektrokoagülasyon-Elektrodiyaliz Uygulaması								


Inbox (1,702) - ugurkurt28@gmı
Yıldız Teknik Üniversitesi
Uygulamalar | Yıldız Teknik Üniv
YTÜBAP
AYDEK
bapsis.yildiz.edu.tr/OzetGosterim2.aspx
BAPSİS
Proje Süreçleri Yönetim Sistemi
Doç.Dr. Uğur KURT
Kullanıcı İşlemleri
AVESİS'e Geçiş
ÇIKIŞ
Geri Dön
Genel Bilgiler
Çalışma Takvimi
Proje Bütçesi
Dosya Eklentileri
Komisyon Kararları
Komisyon Kararları
Toplantı No
Karar Tarihi
Karar Türü
Karar Metni
2018/2
05.03.2018
Sonuç Raporu
Doç.Dr. Uğur KURT tarafından yürütülen 2012-05-02-KAP02 nolu ve "Atıksuların Elektrokimyasal Yöntemler İle Deşarj Edilebilir Kalitede Arıtılması Ve Hidrojen Gazı Üretim Kapasitelerinin Belirlenmesi" başlıklı Normal Araştırma Projesi kapsamında sunulan sonuç raporunun kabul edilerek proje çalışmasının kapatılmasına, oy birliği ile karar verilmiştir.
2018/2
05.03.2018
Yayın
Doç.Dr. Uğur KURT tarafından yürütülen 2012-05-02-KAP02 nolu ve "Atıksuların Elektrokimyasal Yöntemler İle Deşarj Edilebilir Kalitede Arıtılması Ve Hidrojen Gazı Üretim Kapasitelerinin Belirlenmesi" başlıklı Normal Araştırma Projesi kapsamında sunulan "Gas Potential of Landfill Leachate by Electrochemical Treatment" başlıklı yayının kabulüne ve bu yayın ile projenin yayın şartının sağlandığına, oy birliği ile karar verilmiştir.
2018/2
05.03.2018
Yayın
Doç.Dr. Uğur KURT tarafından yürütülen 2012-05-02-KAP02 nolu ve "Atıksuların Elektrokimyasal Yöntemler İle Deşarj Edilebilir Kalitede Arıtılması Ve Hidrojen Gazı Üretim Kapasitelerinin Belirlenmesi" başlıklı Normal Araştırma Projesi kapsamında sunulan "Hydrogen Gas Production from Tannery Wastewater by Electrocoagulation of a Continuous Mode with Simultaneous Pollutants Removal" başlıklı yayının kabulüne ve bu yayın ile projenin yayın şartının sağlandığına, oy birliği ile karar verilmiştir.
2018/2
05.03.2018
Yayın
Doç.Dr. Uğur KURT tarafından yürütülen 2012-05-02-KAP02 nolu ve "Atıksuların Elektrokimyasal Yöntemler İle Deşarj Edilebilir Kalitede Arıtılması Ve Hidrojen Gazı Üretim Kapasitelerinin Belirlenmesi" başlıklı Normal Araştırma Projesi kapsamında sunulan "Treatment of tannery wastewater by a hybrid electrocoagulation/ electrodialysis process" başlıklı yayının kabulüne ve bu yayın ile projenin yayın şartının sağlandığına, oy birliği ile karar verilmiştir.
2018/2
05.03.2018
Yayın
Doç.Dr. Uğur KURT tarafından yürütülen 2012-05-02-KAP02 nolu ve "Atıksuların Elektrokimyasal Yöntemler İle Deşarj Edilebilir Kalitede Arıtılması Ve Hidrojen Gazı Üretim Kapasitelerinin Belirlenmesi" başlıklı Normal Araştırma Projesi kapsamında sunulan "Treatment of raw tannery wastewater by electrocoagulation technique: optimization of effective parameters using Taguchi method" başlıklı yayının kabulüne ve
BAP_AKÜ.pdf
santez makale.pdf
santez.pdf
109Y285.pdf
106Y083.pdf
Tümünü göster
16:10
26.01.2021

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ KOORDİNASYON BİRİMİ

ATIKSULARIN ELEKTROKİMYASAL YÖNTEMLERLE DEŞARJ EDİLEBİLİR KALİTEDE ARITILMASI VE HİDROJEN GAZI ÜRETİM KAPASİTELERİNİN BELİRLENMESİ

Proje No:

2012-05-02-KAP02
Proje Türü

NORMAL (KAPSAMLI) ARAŞTIRMA PROJESİ

SONUÇ RAPORU

Proje Yürütücüsü:
DOÇ.Dr. Uğur KURT
İnşaat Fakültesi/Çevre Mühendisliği Bölümü

Araştırmacılar:
Doç.Dr. Ömer APAYDIN
İnşaat Fakültesi/Çevre Mühendisliği Bölümü

Dr. Fatih İLHAN
İnşaat Fakültesi/Çevre Mühendisliği Bölümü

Dr. Abdelhadi DEGHLES

Aralık 2017
İSTANBUL

ÖNSÖZ

Bu proje ile farklı türdeki atık sular ileri arıtma teknikleri ile arıtılarak çevrenin daha yaşanabilir olması, ayrıca arıtma çıktılarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak sızıntı suyu, deri atık suyu gibi farklı karakterlerdeki atık su türleri ile çalışılmıştır.

Proje ekibinde süreç içerisinde bir çok olumsuzluklar yaşanmasına, değişikliklere rağmen sonuç raporunu yazmakta olduğumuz şu an itibari ile 2 adet SCI/SCI-Exp., 1 adet Hindavi-IOSR indekslerinde taranan toplamda 3 adet makale ve 1 adet sempozyum bildirisi (poster olarak) yayınlanmıştır. Yine indeksli dergilerde 1 adet makale hakem değerlendirme sürecindedir. Böylesi müşkül durumlarda gayretleri ile olumlu neticelerin alınmasında yadsınamaz katkılarından dolayı tüm proje ekibimize ve **projemizi destekleyen** "**Yıldız Teknik Üniversitesi, Bilimsel Araştırıma Projeleri Koordinatörlüğü**"ne (**2012-05-02-KAP02 nolu proje numarası ile desteklenmiştir**) şükranlarımı arz ederim.

Doç.Dr. Uğur KURT

İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER LİSTESİ 5

TABLO LİSTESİ 6

ÖZET 7

ABSTRACT 8

1. GİRİŞ 9

1.1 Elektrokimyasal Arıtma Teorisi 10
1.1.1 Elektroflotasyon 10
1.1.2 Elektrooksidasyon 10
1.1.3 Elektro-Fenton Oksidasyonu 11
1.1.4 Elektrokoagülasyon 11

2. MATERYAL VE METODLAR 15

2.1 Kullanılan cihaz ve ekipmanlar 15

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.. 17

3.1 Sızıntı Suyu Çalışmaları 17

3.1.1 Sızıntı Suyu Hidrojen Üretim Potansiyellerinin Belirlenmesi 20
3.2. Deri Atıksuyu Çalışmaları 26

3.2.1 Sürekli Sistem EC Çalışmaları 26
3.2.1.1 Al Elektrot Çalışmaları 26
3.2.1.2 Hidrojen Üretim Potansiyeli ve Hesaplamalar 30
3.2.1.3 Çamur Karakterizasyonu 33
3.2.1.4 Arıtılmış suyun tarımda sulama suyu olarak değerlendirilmesi 34
4. Sonuç 37
Referanslar 38

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: KED prosesinin genel mekanizması. 165

Şekil 2 SS çalışması KOI giderim performansı ..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** 8

Şekil 3 SS çalışması BOI giderim performansı ..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** 8

Şekil 4 SS çalışması AKM giderim performansı ..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** 9

Şekil 5. SS çalışması iletkenlik durumu 19

Şekil 6 SS Deneysel Çalışma düzeneğinin Şematik Gösterimi ..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.** 20

Şekil 7: Çalışılan bazı numunelerdeki enerji sarfiyatları 22

Şekil 8: Deneysel çalışmalar sonucunda numunelerdeki organik ve inorganik içerikler 23

Şekil 9: Spektrofotometre sonuçları 24

Şekil 10 Numunelerdeki pH-zaman ilişkisi 24

Şekil 11 Numunelerdeki iletkenlik-zaman ilişkisi 25

Şekil 12a pH:4,1-7 mA/cm^2 Akım Yoğunluğu Etkisi 28

Şekil 12b pH:4,1-14 mA/cm^2 Akım Yoğunluğu Etkisi 29

Şekil 13a pH:6-7 mA/cm^2 Akım Yoğunluğu Etkisi 29

Şekil 13b pH:6-14 mA/cm^2 Akım Yoğunluğu Etkisi 30

Şekil 14 Al Elektrot Çalışmasında Hidrojen Gaz Üretimi 32

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Elektrodiyalizörün temel özellikleri. 165

Tablo 2: SS Karakterizasyonu.....17

Tablo 3: SS EC çalışması sonuçları (20 V - 0,31 A).....17

Tablo 4: Yapılan çalışmalardaki amper x volt ve bazı diğer değerler.....17

Tablo 5: Deneysel çalışmalar sonucunda numunelerdeki organik ve inorganik içerikler 22

Tablo 6: Spektrofotometre Sonuçları.....23

Tablo 7: pH ve iletkenlik sonuçları.....24

Tablo 8: Elektrokoagülasyon ile Çamur Üretimi.....33

Tablo 9a,b: Arıtılmış atık suyun sulama suyu olarak değerlendirilmesi.....35

ÖZET

Atık suların arıtılması ile çevre problemlerini ortadan kaldırma hedefine ilave olarak artık günümüzde enerji kazanımı ve suyun yeniden kullanımı amaç edinilmektedir.

Bu amaca yönelik olarak bu proje çalışmasında Sızıntı Suyu ve Deri Endüstrisi Atık Suları gibi oldukça kompleks kirleticiler içeren, yüksek kirlilik yüküne sahip atık suların Elektrokimyasal yöntemlerle arıtılmaları çalışılmış, arıtma çıktılarının enerji potansiyelleri ve yeniden kullanılabilirlikleri değerlendirilmiştir.

Sızıntı suyunun elektrokoagülasyon ile arıtılması çalışmaları sonucunda teorik olarak 1336 ml/L-atıksu gaz toplanması beklenirken, 560 ml/L gaz toplanmıştır. Bu gazın Hidrojen içeriği ise yaklaşık %95 seviyelerindedir. 532 ml/L Hidrojen gazına tekabül etmektedir. Sonuç olarak gaz toplama verimi yaklaşık % 40 seviyelerinde kalmıştır. Bu durumun iyi izolasyon sağlanamamasından kaynaklandığı, sistemden önlenemeyen gaz kaçaklarının tespit edildiği gözlemlenmiştir.

Deri sanayi atıksuları ile yapılan çalışmalardan ise, 1600 ml H_2 / 2,5 L atıksu için üretilmiştir. Bunun enerji olarak karşılığı 1943 kCal/1 m^3 atık su, elektrik enerjisi eşdeğeri ise 1.13 kWatt (%50 dönüşüm verimi ile) düzeyindedir.

Çamur kompozisyonunun %9-25 oranlarında organik muhteva içerdiği görülmüştür. Çamurun büyük oranda stabilize olduğu söylenebilir.

Arıtılmış suyun tarım ürünlerini sulamadaki kalitesi 3 farklı ülke (Türkiye, Filistin ve Ürdün) için karşılaştırılmış ve farklı tarım ürünleri için uygun kriterlerde olduğu görülmüştür.

ABSTRACT

In addition to the objective of eliminating environmental problems with the treatment of wastewater, nowadays energy conservation and reuse of water are aimed.

For this purpose, in this project study, wastewaters with highly pollutant loads including highly complex pollutants such as Leachate and Leather Industrial Wastewater have been studied by electrochemical methods and the energy potentials and reusability of treatment outputs have been evaluated.

Electrocoagulation of the leachate resulted in theoretical collection of 1336 ml / L of wastewater and 560 ml / L of gas. The hydrogen content of this gas is about 95%. 532 ml / L corresponds to hydrogen gas. As a result, the gas collection rate remained at about 40%. It has been observed that gas leaks that can not be prevented from the system due to the failure to provide good isolation have been observed.

It is produced for 1600 ml H2 / 2.5 L wastewater from the studies made with the wastewater of the leather industry. The energy equivalent is 1943 kCal / 1 m3 waste water and the electric energy equivalent is 1.13 kWatt (with 50% conversion efficiency).

It has been observed that the sludge composition contains organic content of 9-25%. It can be said that the mud is stabilized in large scale.

The quality of treated water in irrigation of agricultural products in 3 different countries (Turkey, Palestine and Jordan) were compared to and was found to be in accordance with the criteria for different agricultural products.

1. GİRİŞ

Çevre kaynaklarının korunması açısından çeşitli faaliyetler sonucunda oluşan ve göl, akarsu, deniz gibi yaşamsal kaynaklara deşarj edilen atıksuların kalitesi oldukça önemlidir. Bu atıksular suyun insani amaçlı olarak kullanılması ile Evsel Atıksu olarak, Katı Atık Depo Sahası Sızıntı Suyu olarak, üretim amaçlı proseslerden Endüstriyel Atıksu olarak ve daha bir çok şekilde çevre kaynaklarını kirleten potansiyeller olarak karşımıza çıkmaktadırlar.
Sızıntı suları gibi dirençli yapıda ve yüksek konsantrasyondaki kirletici formları bünyesinde bulunduran atıksuların da konvansiyonel yöntemlerle deşarj limitlerine ulaşması mümkün olamamaktadır. Son dönemde yaygın olarak uygulanan membran arıtma yöntemleri de tıkanma ve konsantre sorunları nedeniyle problemin nihai çözümünü sağlayamamaktadır. Endüstriyel atıksulara (Deri end., Tekstil end., v.b.) baktığımızda ise, gerek toksisiteleri ve gerekse yukarıda saydığımız her bir özelliğe sahip olmaları nedeniyle arıtılabilirlikleri noktasında sorun yaşatmaktadırlar.

Yukarıda bahsi geçen tüm atıksu tipleri için, partiküler ve/veya koloidal yapıda, toksik ve/veya dirençli formda kirletici içermeleri, yüksek debilerde oluşmaları, çözünmüş madde konsantrasyonlarının yüksekliği, enerji potansiyellerinin var olması ve bilindik arıtma yöntemleri ile arıtılmalarında sorunlar yaşanması genel karakteristikler olarak tanımlanabilir.

Bu bağlamda elektrokimyasal arıtma yöntemleri hızları, elektrokoagülasyon uygulamaları ile atıksuların yapılarındaki partiküler /koloidal kirletici formları, elektrofenton uygulaması ile de dirençli, toksik organik bileşenleri arıtmadaki başarıları ile ön plana çıkmaktadır. Elektrokimyasal yöntemler bir yandan atıksuların kalitesini iyileştirirken, diğer yandan da hem atıksuların içerdikleri enerji potansiyellerinin değerlendirilmesine, amonyak ve uçucu asit bileşenlerinin geri kazanılmasına, hem de kendi özelliğinden olan hidrojen gazı gibi temiz bir enerji kaynağının üretilmesine imkan tanımaktadır.

Bu proje kapsamında yukarıda bahsi geçen her bir atıksuyun elektrokimyasal yöntemlerle deşarj edilebilir kalitede arıtılabilirlikleri araştırılırken, kirletici formlardan geri kazanılabilen bileşen kesri(amonyak, uçucu asit gibi), değerlendirelebilen enerji potansiyelleri(yağ ve petrol türevleri gibi) ve elektrokimyasal uygulamaların hidrojen gazı üretim kapasiteleri belirlenmesi amaçlanmıştır.

Elektrokimyasal arıtma proseslerinin performansı kesikli sistemde elektrot tipleri (Al,Fe), akım yoğunluğu, iletkenlik, elektrotlar arası mesafe, elektroliz süresi ve oksidant dozu (H_2O_2) gibi değişken işletme şartlarında pH,KOİ, AKM, iletkenlik gibi temel kalite parametrelerinin

ölçümleri ile optimize edilerek, her bir atıksuyun ham ve optimum koşullarda arıtılmış sularının deşarj parametreleri açısından değerlendirilmesi hedeflenmiştir.

Belirlenen optimum işletme şartları sürekli sistemde uygulanarak arıtma performansının devamlılığı deşarj parametreleri ölçümleri ile takip edilirken, arıtma çıktıları olarak gaz toplama ve çamur biriktirme işlemleri de eş zamanlı olarak çalışılmıştır.

1.1 Elektrokimyasal Arıtma Teorisi

Elektrokimyasal arıtma yöntemleri, atıksu arıtma teknolojileri açısından oldukça yeni bir yöntemdir.Kimyasal madde kullanımının sınırlı düzeyde kalması, reaksiyonların hızlı gerçekleşmesi, elektrokimyasal proseslerin yeterli iletkenliğe sahip atıksularda çok düşük amper ve voltajlarda elektrik akımlarında dahi gerçekleşebilmeleri, son yıllarda bu alandaki araştırma çalışmalarının giderek yoğunlaşmasına yol açmıştır.

Elektrokimyasal prosesler henüz ticari uygulamalara dönüştürülememiştir. Bu konuda laboratuar ve pilot ölçekli olarak, organik bileşiklerin arıtlmasına yönelik, Mieluch vd., 1975; Boudene vd., 1996; Brillas vd., 1998 çalışmaları mevcuttur.

Elektrokimyasal prosesler 3 şekilde gerçekleşmektedirler:

- Elektroflotasyon
- Elektrooksidasyon
- Elektrokoagülasyon

1.1.1 Elektroflotasyon

Elektrokoagülasyonda meydana gelen olayların aynısı burada da gerçekleşir. Oluşan floklar çökebilecek ağırlıkta olmadıkları zaman yüzeyde toplanırlar. Bu durumda floklar yüzeyden sıyırma ile alınır. Atıksu deşarjı yüzey altından yapılır.

Bir diğer bahse değer konu elektroliz esnasında katot ve anot reaksiyonları sonucu meydana gelen gaz çıkışıdır. Gaz kabarcıkları oluşan flokları yüzeye taşıyarak onların yüzmesini sağlamaktadır.

1.1.2 Elektrokimyasal Oksidasyon

Fenton reaksiyonları metal katalizörler elektroliz ortamında elektrotlardan (anot: Fe) sağlanarak da gerçekleştirilebilir.

Belirtilmesi gereken önemli bir konu ise çözeltilerin elektrolizi esnasında suyun oksidasyonu ortamdaki mevcut organik maddelerin oksidasyonundan oldukça hızlı gerçekleşmektedir (Palau, 1998).

Spesifik organik maddelerin elektrooksidasyon yöntemi ile arıtılmasında, nitrobenzen, Comminellis, 1994; Colucci vd., 1999; fenol, Lanoutte, 1977; Smith ve Watkinson, 1981; Comminellis ve Pulgarin, 1993; Pulgarin vd.,1994; tekstil atıksularında renk giderimi, Lin ve Peng, 1994; Vlyssides vd.,1999,2000; Zappi vd.,2000; Gutierrez vd., 2001; renk, bulanıklık ve KOİ nin koagülasyonla kombineli olarak giderimi, Lin ve Cheng,1997 tarafından çalışılmışlardır.

1.1.3 Elektro-Fenton Oksidasyonu

Elektro-Fenton yönteminde ortamda katalitik etkiyi yapacak olan Fe++ iyonları elektroliz ortamında oluşturulur ve Fe++ iyonları varlığında Fenton oksidasyon reaksiyonları gerçekleşir(bkz.Fenton reaksiyonu).

Anot ve katot elektrotları olarak Fe kullanılması durumunda, anotta gerçekleşecek Fe'in çözünme reaksiyonları aşağıda gösterilmiştir (Sayıner, 2003).

$$Fe^{++} + OH^- \rightarrow FeOH^+ (ads.) + e^- \quad (1.1)$$

$$FeOH^+ (ads.) + OH^- \rightarrow Fe(OH)2(ads.) \quad (1.2)$$

$$Fe(OH)2(ads.) \rightarrow Fe(OH)2(çöz.) \quad (1.3)$$

$$Fe(OH)2(çöz.) \rightarrow FeOH^+ + OH^- \quad (1.4)$$

$$FeOH^+ \rightarrow Fe^{++} + OH^- \quad (1.5)$$

Sheng ve Chih (2000) sızıntı suyu ile yaptıkları kimyasal koagülasyon sonrası elektro-fenton çalışmasında 23 dakika gibi kısa bir sürede, teorik H2O2 dozunun %37 sini kullanarak % 68 oranında KOİ giderme verimine ulaşmışlardır. Bu arıtılmış suyun %30 luk kısmını da BOİ temsil etmektedir.

1.1.4 Elektrokoagülasyon

Elektrokoagülasyon ile arıtma uygulamalarının esası, koagülan maddenin elektroliz hücresinde, katot materyali olarak seçilmesi ve elektrik akımı ile ortama geçirilmesine dayanmaktadır. Klasik uygulamalarda, Fe+2 , Fe+3 ve Al+3 iyonlarının kimyasal madde olarak ilavesi şeklinde gerçekleştirilen koagülasyon işlemleri, bu tür uygulamalarda katot materyali olarak seçili Fe veya Al metalinin elektroliz esnasında çözünüp ortama geçmesi ile gerçekleşmektedir. Elektrokoagülasyonda katot reaksiyonları baskın gelmekte ve ortamın pH'ı giderek yükselmektedir. Metal iyonları ve hidroksil iyonlarının çökebilecek konsantrasyona ulaşmaları neticesinde, yeşil renkli Fe(OH)2, kahverenkli Fe(OH)3 veya beyaz renkli Al(OH)3 flokları belirgin biçimde görülebilmektedir.

Sızıntı suyu ile ilgili yapılan bir çalışmada katot bakır olmak üzere demir ve alüminyum anotlar denenerek KOİ giderimleri belirlenmiştir. Sızıntı sularında 10V ile 20 dakika süren bir çalışmada Fe-Cu elektrot çifti ile %41,8 TOK giderimi sağlanırken bu değer Al-Cu elektrot çifti için %39,6 olarak belirlenmiştir(Tsai vd., 1997). Yapılan bir başka çalışmada, 500 ml numune hacminde Fe ve Al elektrotlar kullanılarak sızıntı suyunun arıtılabilirliği karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda Fe elektrotlar kullanıldığında %75 KOİ, %65 TOK, %95 renk ve %98'de krom giderimi sağlanmıştır. Al elektrotlar kullanıldığında ise %80'lik bir KOİ giderimi elde edilirken, %70 TOK, %97 renk ve %90 krom giderimi elde edilebilmiştir. Bu sonuçlar sızıntı suyu arıtımında elektrokoagülasyon yönteminin uygulanabileceğini ve alüminyum elektrotların sızıntı suyu için genel itibariyle daha verimli sonuçlar verdiğinin göstermektedir (Öztürk vd., 2005). Kurt (2007), EAS örneklerinin 5-10 dakika gibi çok kısa elektroliz ve 30 dakika gibi çöktürme sürelerinde düşük maliyetli olarak alıcı ortam deşarj limitlerine

indirilebileceğini ortaya koymuştur. Diğer taraftan, İlhan (2006) sızıntı suları üzerinde yaptığı elektrokoagülasyon çalışmaları ile % 60 seviyelerinde KOİ giderimine ulaşmıştır.

Günümüzde elektrokoagülasyon ile arıtım yöntemi birçok farklı tipte atıksuyun arıtımında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yaygın kullanım alanı birçok farklı araştırmanın yapılabilmesi için taban oluşturmuştur. Tekstil atıksularının arıtımında , endüstriyel atıksulardan metal gideriminde , maden atıksularından metal gideriminde , yağ içeren atıksuların arıtımında , sızıntı sularından organik madde gideriminde , boya endüstrisi atıksularının gideriminde , arsenik gideriminde , elektrokoagülasyon yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır.

Feng ve ark. (2007), deri sanayi atıksularının elektrokoagülasyon yöntemi ile arıtılabilirliğini araştırmışlardır .Çalışmalarında düşük akım yoğunluğu (< 1A) ve alüminyum – çelik elektrodlarını kullanmışlardır .Yapılan çalışmalar sonucunda çelik elektrodların sülfür gideriminde Al elektroda göre daha verimli olduğu görülmüştür. Al elektrodları renk giderimi açısından daha verimli iken sülfür giderim verimi %12 ‘ den az olmaktadır. İki elektrodun da üstün yanlarını kullanmak amacıyla iki kademeli bir sistemle çalışılmıştır.Deri endüstrisi atıksuyuna öncelikle çelik elektrodla elektrokoagülasyon uygulanmıştır.Bunun arkasından filtrasyon ve ardından Al elektrodla elektrokoagülasyon işlemi uygulanmıştır.Bu çalışma sonucunda % 68 KOI , % 43,1 Amonyak , % 55,1 TOK , %96,7 Sülfür, %84,3 renk giderimi gerçekleşmiştir.

Yapılan başka bir çalışmada siyah zeytin atıksuyunun EK+ çöktürme yöntemiyle detoksifikasyonu araştırılmıştır.Siyah zeytin atıksuyu yüksek bulanıklık , renk, AKM , KOİ(100 g/l ‘ ye ulaşan) parametrelerine sahiptir. Bunun dışında 10 g/l ‘ye ulaşan toksik fenolik bileşikler anaerobik biyolojik arıtmayı olumsuz etkilemektedir. Bu çalışma anaerobik biyolojik arıtım öncesi uygulanacak EK + çöktürme sisteminin detoksifikasyonunu incelemiştir. EK prosesi yardımıyla polimerize olan fenolik bileşiklerin sudan ayrılması kolaylaşmıştır. EK prosesi sonucu hamsudaki BOİ 5/ KOİ oranı 0,33 ‘ ten 0,58 ‘ e yükselmiştir. EK ardından 3 günlük basit çöktürme ile %76,2 fenolik bileşik , % 75 bulanıklık , % 71 askıda katı , % 43 KOİ , % 90 renk giderimleri sağlanmıştır.Ayrıca bu ön işlem sayesinde anaerobik mikroorganizma Vibrio fisherl inhibisyonunu % 66,4 oranında azaltmıştır. EK + çöktürme işleminin ardından yapılan anaerobik proseste metanın biyolojik dönüşümü daha yüksek oranda gerçekleşmiştir (Khoudi vd. , 2006) .

Hernández ve ark. (2006) , farklı endüstrilerin atıksularını içeren karışık endüstriyel atıksudaki kirleticilerin elektrokoagülasyon + sorpsiyon birleşik prosesiyle arıtılabilirliğini araştırmışlardır.

pH: 8 ve akım yoğunluğu 45,45 A / m^2 olarak belirlenen çalışma koşullarında EK ile sudaki tüm kirleticilerin etkili şekilde arıtıldığı gözlemlenmiştir. Bu prosese ilaveten sorpsiyon prosesinin

eklenmesiyle atıksudan ; % 84 KOİ , % 78 $BOİ_5$, % 97 renk , %98 bulanıklık , % 99 fekal koliform giderimi gözlemlenmiştir.

Yapılan bir başka çalışmada Al elektrod kullanılarak bitkisel yağ rafinasyonundan kaynaklanan atıksuların artımı incelenmiştir. Çalışma sırasında yardımcı kimyasallar olarak PAC (poli alüminyum klorid) ve sodyum sülfat kullanılmıştır. Organik maddelerin ve KOİ gideriminin incelenmesinde işletme şartlarından olan ; Ph , akım yoğunluğu , PAC dozajı , sodyum sülfat dozajının etkileri dikkate alınmıştır. Yapılan çalışmalar sonucu EK prosesi için en uygun pH değerinin 7 olduğu belirlenmiştir. Bu pH değerinde 35 mA /cm^2 akım yoğunluğunda 90 dk . 'lık reaksiyon süresi sonunda % 98,9 oranında KOİ giderimi gerçekleşmiştir.Çıkış suyu gayet temiz ve çıkış standartlarını sağlayan özelliktedir (Ün vd. , 2007).

Yapılan başka bir çalışmada sızıntı suyunun Al ve Fe eletrodlar kullanılarak arıtılabilirliği araştırılmıştır. 500 ml 'lik numunelerle yapılan çalışmalarda Fe elektrod kullanılması sonucu % 75 KOİ , % 65 TOK , % 95 renk ve % 98 krom giderimi gerçekleşmiştir.Al elektrod kullanımı sonucu ise % 80 KOİ , % 70 TOK , % 97 renk , % 90 krom giderimi gerçekleşmiştir.Bu çalışmalar sızıntı suyu arıtımında elektrokoagülasyonun uygulanabildiğini , Al elektrodun daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir (Öztürk vd., 2005).

Bir başka çalışmada elektrooksidasyon ve elektrokoagülasyon prosesleri birlikte kullanılarak tekstil atıksuyunun arıtılabilirliği araştırılmıştır.Al elektrodun kullanıldığı EK prosesinde % 99 AKM , % 62,5 KOİ giderimi görülmüştür.Elektrokoagülasyonun ardından uygulanan elektrooksidasyon prosesinde 2 türde malzemeyle çalışılmıştır. Bunlar grafit ve RuO_2 / IrO_2 / TaO_2 kaplı titanyum anotlarıdır. RuO_2 / IrO_2 / TaO_2 kaplı titanyum elektrod varlığında KOİ ' de 80 mg/l ' lik bir düşüş zorla görülmüştür. Diğer elektrodların varlığında ise 380 mg/l 'nin de üzerinde bir düşüş gözlenmiştir. Organiklerin anodik insinerasyonunda RuO_2 / IrO_2 / TaO_2 kaplı titanyuma göre garfit daha etkili olduğundan tercih edilmştir. Cl^- iyonunun elektrooksidasyon sırasında düşüşü KOİ gideriminin artışına neden olmuştur. Grafit elektrodun kullanımı sayesinde ani akım verimi (ICE) % 45 ' e ulaşırken , bu değer RuO_2 / IrO_2 / TaO_2 kaplı titanyum için % 10 kadardı.Akım yoğunluğunun 4,53 'den 0,91 mA /cm^2 'ye düşürülmesi ICE 'nin yükselmesini sağlamıştır.Akım yoğunluğunda yapılan bu değişim sayesinde enerji sarfiyatı 0,07 kWh/g ' dan 0,02 kWh/g ' a düşürülmüştür (Raju vd. , 2008).

Elektrokoagülasyon çalışmalarında sadece arıtılabilirlik çalışmaları yapılamamıştır. Uygulanan EK prosesinin ekonomik analizinin yapıldığı çalışmalar da bulunmaktadır. 1000 m^3 / gün debiye sahip tesisin m^3' ü başına arıtma maliyeti hesaplanmıştır. Bu amaçla en önemli işletme parametreleri olan

harcanan elektrik ve elektrod , iş gücü , çamur işleme , bakım , aşınma payının doğrudan ve dolaylı etkileri göz önüne alınmıştır.Yapılan çalışmalarda en uygun maliyetin mono- polar - paralel metoda ait olduğu belirlenmiştir. Kullanılan paralel ve seri bağlı Al ve Fe elektrodların her ikisi de KOİ ve bulanıklık giderimde benzer sonuçlar göstermiştir.Ancak Fe elektrod maliyeti açısından Al elektroda göre daha uygun bulunmuştur.Fe için pH 7 , Al elektrod için pH 5 , 30 A / m^2 ' lik akım yoğunluğunda , minimum 15 dk işlem uygulanması istenilen verimi sağlamıştır. Kimyasal koagülasyona göre elektrokoagülasyonun daha ekonomik, daha az madde sarfeden, daha kararlı pH 'ya sahip , giderim verimi daha yüksek , daha az çamur oluşturan bir proses olduğu belirlenmiştir. Ayrıca EK prosesinin KK prosesine göre 3,2 kat daha ucuz olduğu belirlenmiştir (Bayramoğlu vd., 2003).

2. MATERYAL VE METODLAR

çalışmalarda kullanılan tüm kimyasallar Merck analitik kalite olarak kullanılmıştır. Benzer şekilde analizler de standart metotlara göre gerçekleştirilmiştir (SM 4500 H^+, 2510 B) [51].

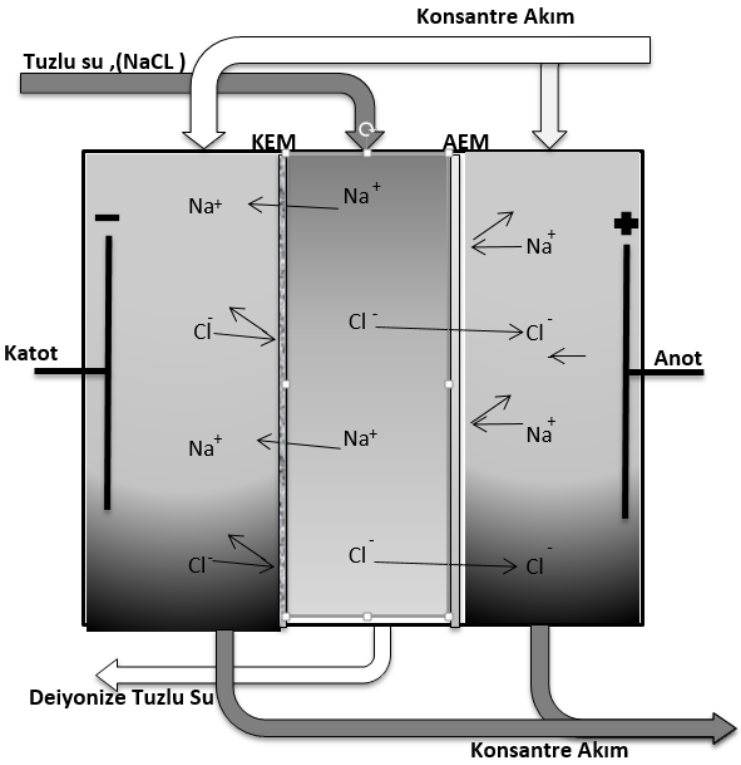
2.1. Kullanılan cihaz ve ekipmanlar

Bu çalışmada analizler için Hach Lange marka HQ40D model bir multimetre kullanılmıştır. Elektrokoagülasyon çalışmaları pleksiglas malzemeden 1 L hacminde EC ünitesinde gerçekleştirilmiş, Al ve Fe elektrotlar anot ve katot materyalleri olarak kullanılmıştır. Güç kaynağı olarak ise GW İnstek 3030DD model güç kaynağı kullanılmıştır.

Ayrıca ED çalışmalar için ise PCCell Marka ED64-4 model bir elektrodiyalizör ve bir de yine PCCell marka BMED1-3 model bir besleme düzeneği kullanılmıştır. İlgili düzeneğe ve kullanılan membranlara ilişkin detaylı bilgiler ve şematik görünümler sırasıyla Tablo 1 ve Şekil 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Elektrodiyalizörün temel özellikleri.

Özellik	ED-64-4	BMED 1-3
Membran ölçüleri	110mm X110m	-
Etkin Membran Alanı	64 mm (her membran	-
Hücre Kalınlığı	0.5mm	-
Debi	4-8 L/sa	Maks.1500L/sa
Maks. Elektriksel Gerilim	30 V	24 V
Maks. Akım	5 A	5A
Maks. Pomp. Yüksekliği	-	4,2 m
Boyut	165x150x195 mm^3	825x380x410 mm^3



Şekil 1: KED prosesinin genel mekanizması.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Projede Sızıntı suyu, Tekstil atık suyu ve Deri endüstrisi tabaklama atık suları üzerinde çalışmalar yapılmıştır.

3.1. Sızıntı Suyu Çalışmaları

Tablo 2. SS Karakterizasyonu

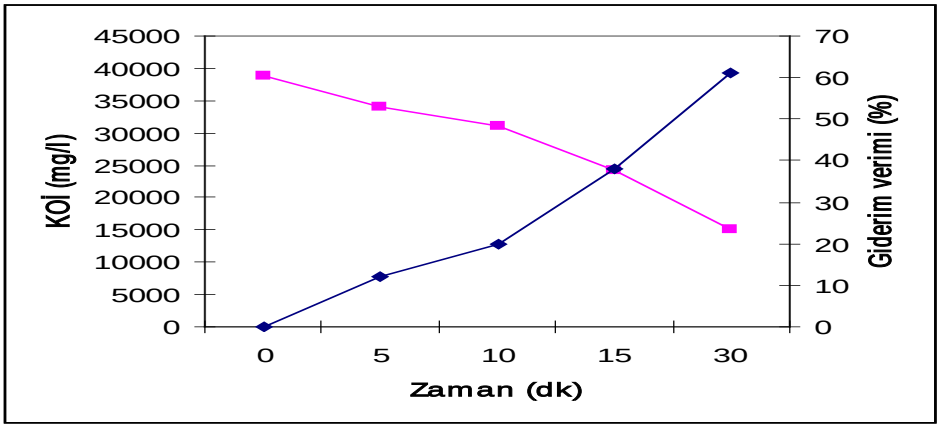
pH	7,30
KOİ (mg/l)	38800
$BOİ_5$ (mg/l)	26100
AKM (mg/l)	1160
İletkenlik(mS)	29
Renk (Hazen)	5290
Bulanıklık(NTU)	2580

Yapılan ön çalışmalar neticesinde sızıntı suyunun elektrokoagülasyon prosesiyle arıtılabilirliği incelenmiştir. Bu amaçla 20 V'luk gerilim altında sızıntı suyu içerisindeki kirleticilerin elektrokoagülasyon prosesi süresince giderim potansiyelleri incelenmiştir. Yapılan çalışmada zamana bağlı olarak farklı kirletici paramterler üzerindeki değişim Tablo 3'de belirtilmektedir.

Tablo 3. SS EC çalışması sonuçları (20 V - 0,31 A)

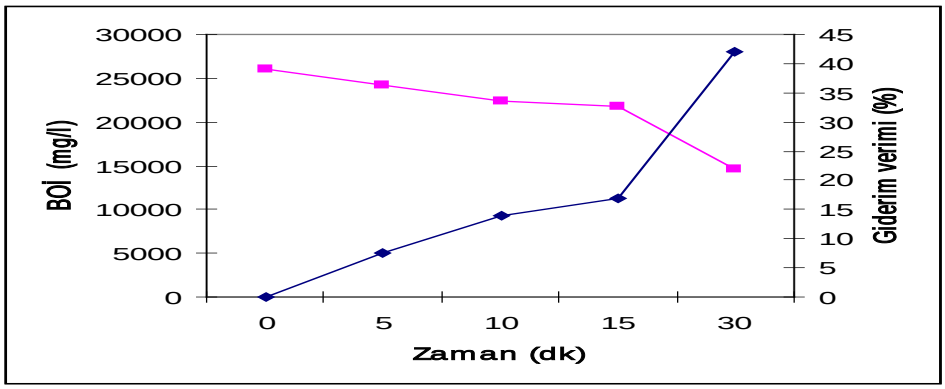
Zaman (dk)	0	5	10	15	30
KOİ (mg/l)	38800	34000	31000	24240	15000
$BOİ_5$ (mg/l)	26100	24150	22350	21750	14600
AKM (mg/l)	1160	960	760	640	560
pH	7,30	7,49	7,62	7,73	7,80
İletkenlik(mS)	29	28,6	28,2	28	27,8
Renk (Hazen)	5290	4710	4100	3540	2900
Bulanıklık(NTU)	2580	1980	1950	1560	1280

Aynı zamanda yapılan çalışmaya ilişkin sonuçların her bir kirletici bazında görselliğe dökülmesi Şekil 2, 3, 4 ve 5 şeklinde özetlenmiştir.



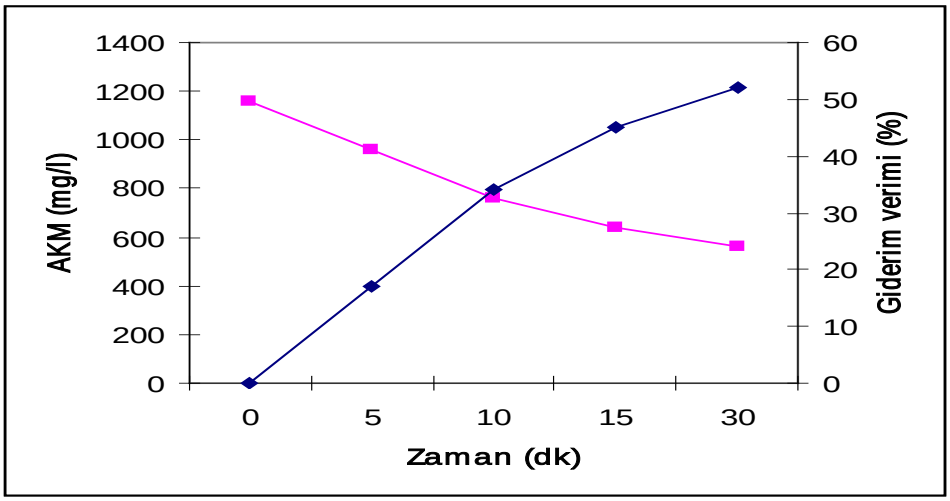
Şekil 2. SS çalışması KOI giderim performansı

Şekil 2 incelendiğinde 30 dakika gibi kısa bir sürede sızıntı suyu gibi arıtımı zor ve kompleks içerikli ve yüksek organik kirlilik içeren bir sıvının %60 oranında KOİ giderimi sağlandığı görülmektedir. Özellikle yaklaşık 23000 mg/L'lik KOİ giderimi 30 dakika gibi sürede elde edilmesi başarı olarak addedilebilir. Organik kirleticiler üzerindeki etkinin daha iyi anlaşılabilmesi için BOİ giderim verimlerini de incelemek gerekmektedir.



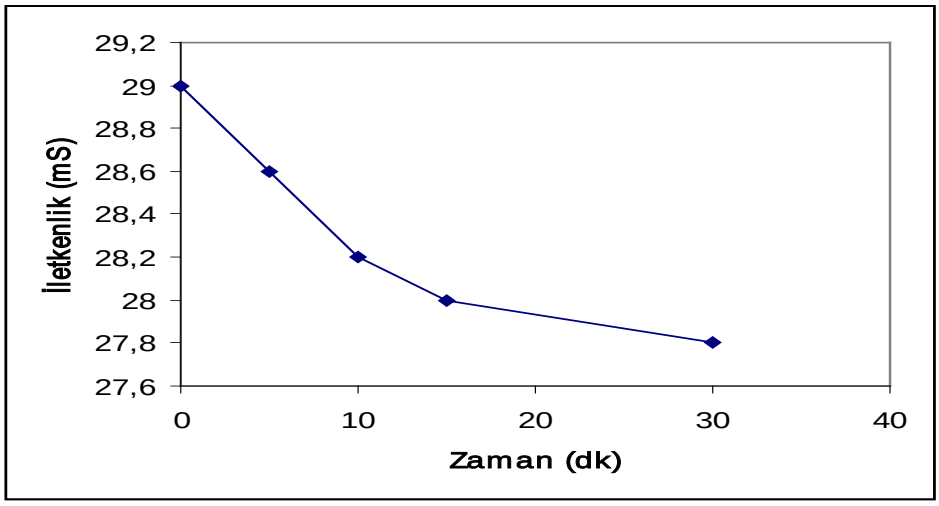
Şekil 3 SS çalışması BOI giderim performansı

Şekil 3 incelendiğinde, BOİ parametresinin KOİ ye oranla daha düşük oranda giderildiği görülüyor. Bunun temel nedeni biolyojik olarak parçalanamayan organik kirleticilerin proses sonucu biyolojik olarak parçalanabilir organik maddelere dönüşümüdür. Şekil 4'de AKM giderim performansı görülmektedir.



Şekil 4 SS çalışması AKM giderim performansı

Şekil 4 incelendiğinde organik kirleticilerle paralel olarak benzer oranda AKM giderimi elde edildiği görülmektedir. Kirleticilerin giderim performansı ilerleyen aşamalarda daha detaylı incelenecektir.



Şekil 5 SS çalışması iletkenlik durumu

Yukarıdaki çalışma verilerinden görüleceği üzere, SS ile yapılan elektrokoagülasyon ön çalışmasında KOİ, AKM ve BOİ5 değerlerinde sırasıyla, %60, %52 ve %43 gibi giderim verimleri gözlenmiştir. Genç depo sahası sızıntı suları ile çalışıldığından ve bu tip atıksuların yüksek oranda çözünmüş ve ekseriyetle uçucu organik yağ asitleri ihtiva etmeleri elektrokoagülasyon mekanizması ile deşarj edilebilir kalitede atıksu eldesini olumsuz etkilemektedir.

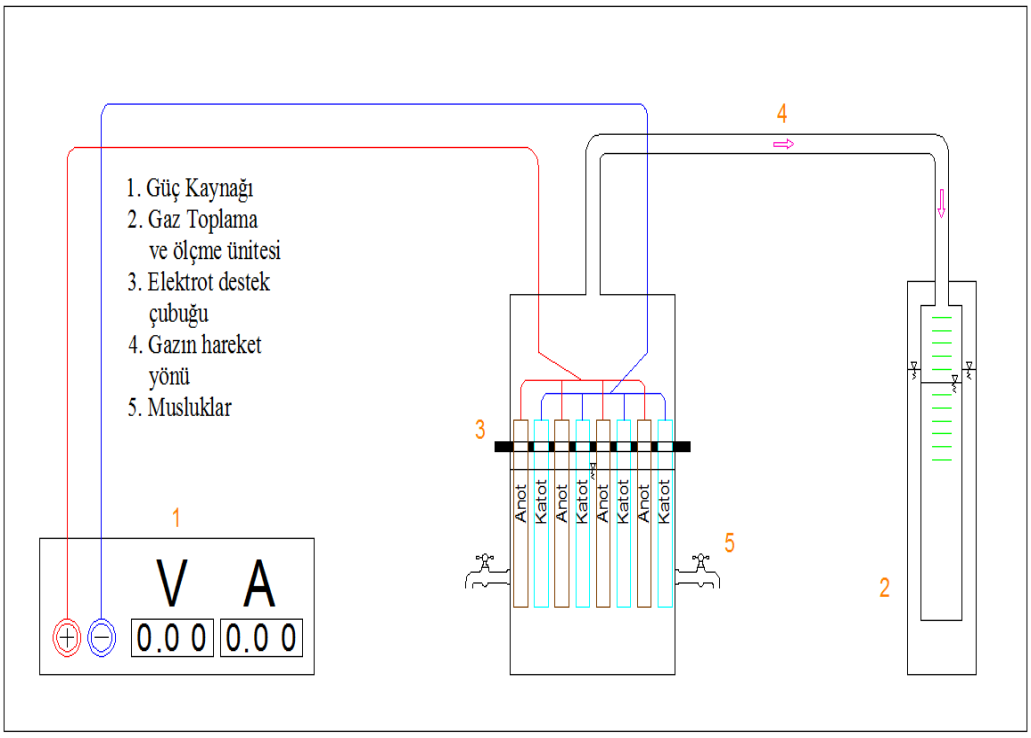
3.1.1 Sızıntı Suyu Hidrojen Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi

Çalışmalarda Kemerburgaz Katı Atık Düzenli Depolama Sahasından alınan sızıntı suyu kullanılmıştır. Elektrokoagülasyon uygulamasında 6.2*6.2*14.6 cm boyutlu reaktör,14*4.5*1 cm boyutlu Al ve Fe anot ve katot elektrotlar olarak, elektriksel güç kaynağı olarak, GW INSTEK, GPS 3030 DD marka ve modelli 0–30 V gerilim ve 0–3 A akım kapasiteli güç kaynağı cihazı kullanılmıştır.

Elektroliz ortamından alınan numunelerde KOİ, pH, iletkenlik, absorbans zaman değişkenlikleri açısından incelenmiştir.

Her bir set 250 ml numune ile çalışılmış ve setlerin 7'sinde 3A, 3'ünde 1A değeri dikkate alınmıştır. Elektroliz süreleri ise, 0., 1., 2., 3., 4., 5., 15., 16. dakikalar olarak belirlenmiş. Tüm çalışmaların sonunda 30 dakikalık çöktürme ile berrak fazdan numuneler alınarak analizler yapılmış ve arıtma performansları tespit edilmiştir. Numunelerde organik ve inorganik katı madde içeriğine bakmak için numune çözeltileri filtre kağıdından geçirilerek tartım ve akabinde kül fırını işlemleri yapılmıştır. Gaz miktarının belirlenmesi için Şekil 6'daki düzenek kullanılmıştır.

Çalışma süresince tüm deneyler Standart Methods'a göre yapılmıştır (APHA, 1995). KOİ analizleri için kapalı reflux metodu kullanılmıştır.



Şekil 6. SS Deneysel çalışma düzeneğinin şematik gösterimi

Yapılan tüm çalışmalar da okunan amper ve volt değerleri aşağıdaki Tablo 4‘de mevcuttur.

Tablo 4. Yapılan çalışmalardaki amper x volt ve bazı diğer değerler

Numune No	Akım(Amper	Son Okunan Volt(V)	V(hacim,ml)	t(süre,dk)	Anot
1	3	3,2	250	1	Al
2	3	3,3	250	2	Al
3	3	3,3	250	3	Al
4	3	3,5	250	4	Al
5	3	3,4	250	5	Al
6	3	5,2	250	5	Fe
8	1	1,7	250	1	Al
9	1	1,6	250	3	Al
10	1	1,9	250	5	Al

Enerji tüketimi hesapları aşağıdaki denklemle yapılmıştır.

$$W = \frac{V * I * t}{v} \qquad (3.1)$$

W: Enerji tüketim değeri(kW-sa/m3)

I: Uygulanan akım şiddeti(Amper)

V: Oluşan potansiyel fark(Volt)

t: Zaman

v: Reaktördeki toplam çözelti hacmi

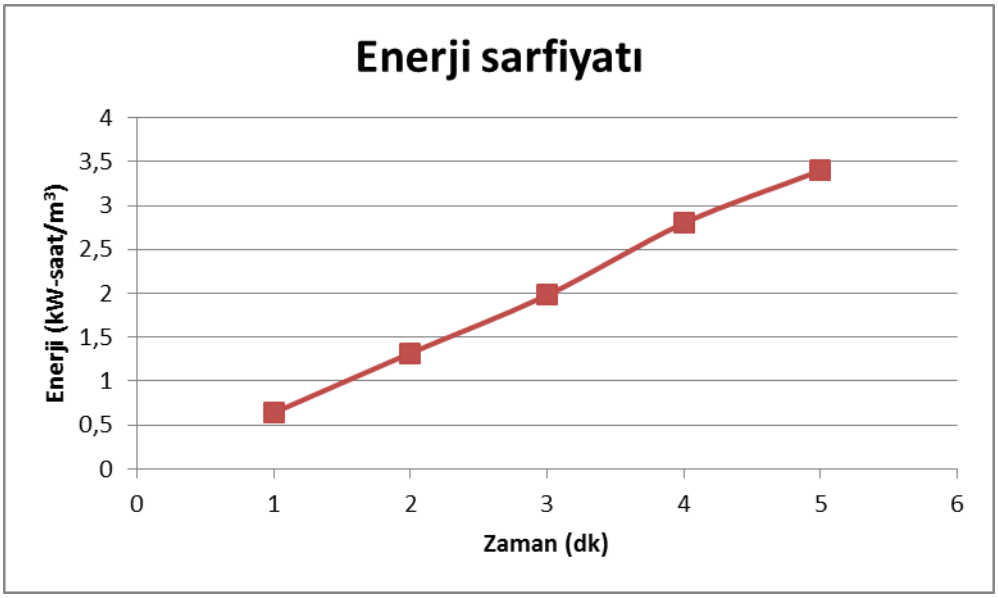
1. numune için örnek hesaplama:

$$W = \frac{3{,}2\ V * 3\ A * 1\ dk}{250\ ml} = 0{,}64 \text{ kW-sa/m3}$$

6. numune için örnek hesaplama:

$$W = \frac{5{,}2\ V * 3\ A * 5\ dk}{250\ ml} = 5{,}2 \text{ kW-sa/m3}$$

Tablo 4’deki ilk 5 çalışmaya ait enerji tüketimi aşağıdaki şekil 7’de gösterilmektedir.

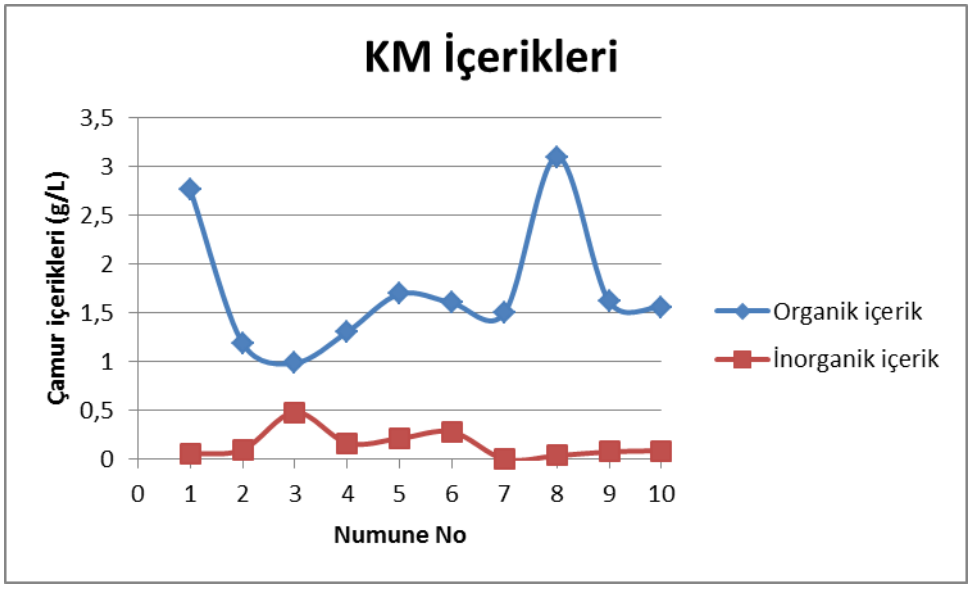


Şekil 7. Çalışılan bazı numunelerdeki enerji sarfiyatları

Elektroliz hücresinde (reaktör) yapılan EC çalışmasından sonra alınan çözelti filtre kağıdından geçirilerek tartım ve kül fırını işlemlerinden sonra aşağıdaki inorganik ve organik katı madde miktarı sonuçlarına ulaşılmıştır.

Tablo 5. Deneysel çalışmalar sonucunda numunelerdeki organik ve inorganik içerikler

Numune No	organik içerik (g/L)	inorganik içerik (g/L)	t(dk)	I(A)
1	11,051	0,215	1	3
2	4,758	0,392	2	3
3	3,947	1,927	3	3
4	5,219	0,663	4	3
5	6,777	0,851	5	3
6	6,412	1,116	5	3
7	6,001	0,001	Çalışılan Numune(Ham Su)	
8	12,400	0,143	1	1
9	6,467	0,306	3	1
10	6,222	0,345	5	1



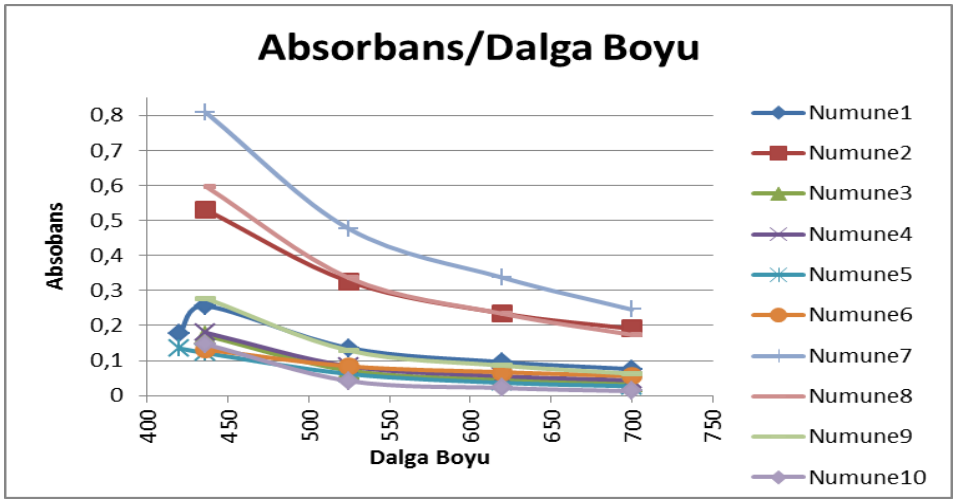
Şekil 8. Deneysel çalışmalar sonucunda numunelerdeki organik ve inorganik içerikler

Yapılan tüm çalışmalardaki numuneler spektrofotometreye konarak değişik dalga boylarındaki absorbans değerleri elde edilmiştir.

Tablo 6. Spektrofotometre sonuçları

Numune No	420	436	525	620	700
1	0,177	0,256	0,136	0,096	0,076
2	-	0,531	0,326	0,235	0,191
3	-	0,172	0,072	0,046	0,035
4	-	0,18	0,084	0,056	0,044
5	0,135	0,122	0,062	0,037	0,027
6	-	0,132	0,084	0,067	0,056
7	-	0,809	0,476	0,337	0,246
8	-	0,598	0,336	0,234	0,174
9	-	0,278	0,129	0,086	0,063
10	-	0,147	0,042	0,022	0,013

Yukarıdaki çizelgedeki sonuçlar aşağıda Şekil 9’ da grafik üzerinde de görülmektedir.

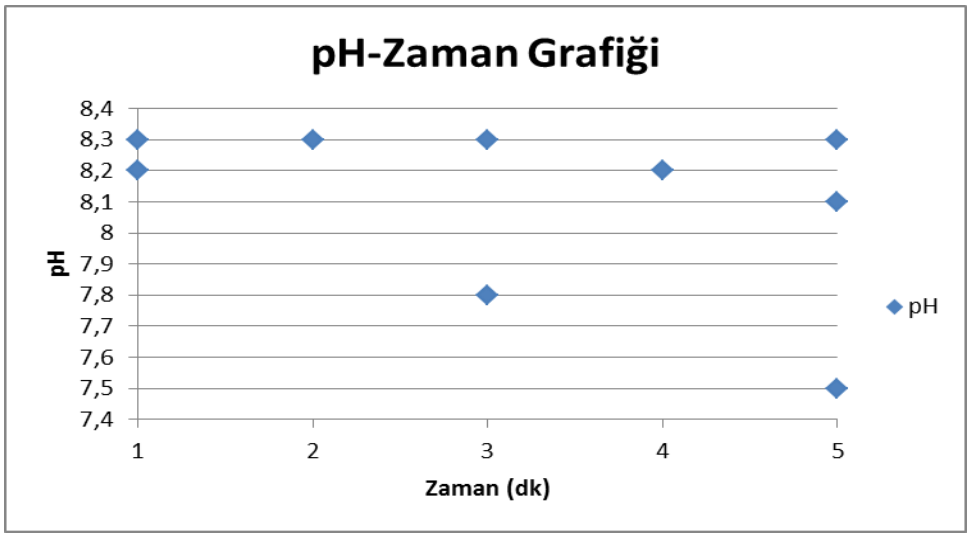


Şekil 9. Spektrofotometre sonuçları

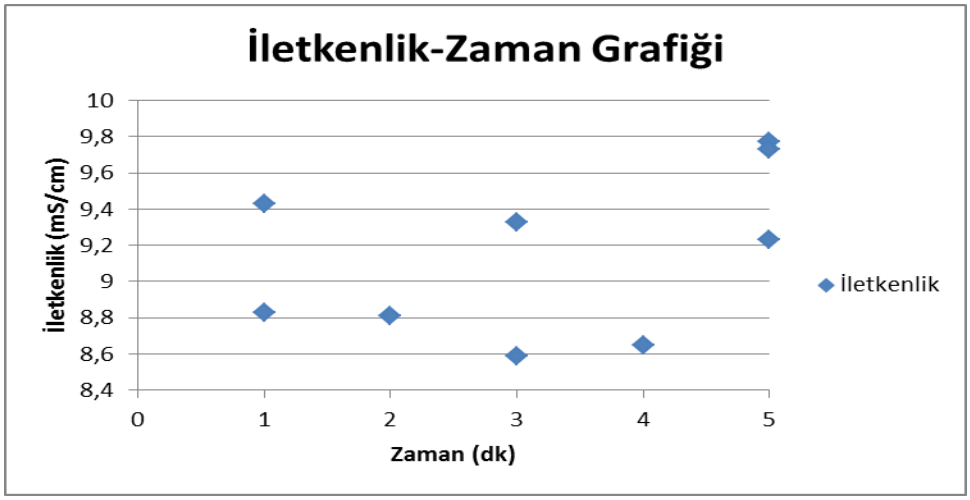
Numunelerin hepsi pH ve iletkenlik ölçerlerle ölçülmüştür ve Tablo 7'deki sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 7. pH ve iletkenlik sonuçları

Numune No	Zaman	pH	İletkenlik(mS/cm)
1	1	8,3	8,83
2	2	8,3	8,81
3	3	7,8	8,59
4	4	8,2	8,65
5	5	8,1	9,77
6	5	7,5	9,73
7	-	8,2	8,91
8	1	8,2	9,43
9	3	8,3	9,33
10	5	8,3	9,23



Şekil 10. Numunelerdeki pH-zaman ilişkisi



Şekil 11. Numunelerdeki iletkenlik-zaman ilişkisi

Kemerburgaz Katı Atık Düzenli Depolama Sahasından alınan sızıntı suyuyla yapılan 10 (on) elektrokoagülasyon çalışmasının optimizasyonu yapıldığı zaman en iyi giderimin 4 nolu numune de yani 4 dk zaman zarfındaki 3 A'lik akımda gerçekleşen numune olduğu belirlenmiştir.

4 nolu numunede yapılan çalışmanın sonucunda; 2,8 kW-sa/m^3 enerji maliyetiyle yaklaşık 17,3 kg/m^3 KOİ giderimi gerçekleşmiştir.

En iyi giderimin 4 nolu numunede olduğu belirlendikten sonra reaksiyon sırasında çıkan gazların ölçümünü yapmak için yine elektrokoagülasyon çalışması yapılmıştır. Çalışma sonucunda gaz toplama ünitesinde teorik olarak 1336 ml/L gaz çıkışı beklenen çalışmada 560 ml/L gaz toplanmıştır. Bu gazın Hidrojen içeriği ise yaklaşık %95 seviyelerindedir. Bu da 532 ml/L Hidrojen gazına tekabül etmektedir. Sonuç olarak gaz toplama verimi yaklaşık %40 olarak hesaplanmıştır.

3.2 Deri Atıksuyu Çalışmaları

3.2.1 Sürekli Sistem EC Çalışmaları

The efficiency of EC process depends on several parameters such as: current density (j), electrolysis time (t), initial pH (pH_i), type of electrode material (Fe or Al) and distance separating the anode to the cathode (d). In order to enhance the process performance, the effects of current density, electrolysis time, type of electrodes and initial pH have been tested. In the present work, only the untreated tannery effluent was used.

3.2.1.1 Al Elektrot Çalışmaları

In all electrochemical technologies, current density is considered a vital parameter for controlling the reaction rate within the electrochemical reactor [53]. It is well known that current density determines the production rate of coagulant, adjust also bubble production, and consequently affects the growth of flocs [37]. According to the conditions of operating parameter that listed in table 3.4 we investigated the effect of current density *j*, inlet flow rate and energy consumption on the efficiency of pollutants removal.

Figure 12a and b show that the time required achieving steady-state conditions, i.e. the values on the plateau region, decreased when *j* increased from 7 to14 mA/cm^2 and then became nearly constant at about 125 min. An increase in current density from 7 to 14 mA/cm^2 yielded an increase in the efficiency of pollutants removal, i.e. COD, NH_3-N, total chrome, and color removal efficiencies were increased from 44- 61, 17-31, 98- >99, and 81-90, %, respectively. This could be anticipated: when the current density increases, the amount of Al^{3+} cations released by the anode and therefore of $Al(OH)_3$ particles also increases.

As shown in figure 12a and b, in addition, energy consumption was directly proportional to applied current density. The energy consumption increased from 4.5 to 6.75 KWh/m^3 with the increase in the applied current density. When the energy consumption was measured, the power requirement of electrocoagulation for pollutants removal was taken into account, while pumping energy was not considered.

Thus, figure 13a and b has achieved, satisfactory, a steady state conditions. So, the values on the plateau region, decreased when *j* increased current density from 7 to14 mA/cm^2 and then became nearly constant at about 125 min. An increase in current density from 7 to 14 mA/cm^2 yielded an increase in the efficiency of pollutants removal,

i.e. COD, NH3-N, total chrome, and color removal efficiencies were increased from 53- 73, 23-60, >99, and 85-95 %, respectively. However, the pollutants removal efficiency at pH 6 is found superior than pH 4.1 for aluminum electrodes.

As described in figure 13a and b, in addition, it can be seen that the energy consumption was directly proportional to applied current density. The energy consumption increased from 4.5 to 6.75 KWh/m^3 with the increase in the applied current density. When the energy consumption was measured, the power requirement of electrocoagulation for pollutants removal was taken into account, while pumping energy was not considered. Conclusively, as the current density was increased, the pollutants removal efficiencies and the energy consumption increased.

Regard to the inlet flow rate, as seen in figure 12a and b, figure 13a and b, it was increased to 17, 20, 25, 33, 50 and 100 ml/min, the retention time directly decreased to

150, 125, 100, 75, 50, and 25 min. the pollutants removal efficiencies were decreased as the flow rate was increased. This showed that mixing by the rapid turbulent inlet to the reactor initially affected the pollutants removal efficiency. However, after the flow rate was increased somewhat, from 20 to 25 ml/min in this study, the influence of retention time decreasing was stronger than that of the mixing effect. The optimal flow rate could be considered to be 20 ml/min which is corresponding to 125 min. The result indicated that energy consumption was independent of the inlet flow rate, which is similar with its

behavior according to pollutants removal. Despite the increasing of the inlet flow rate, the power consumption remained at 4.5-6.75 KWh/m^3 for figure 12 a and b and figure

13 a and b. The pumping energy was not taken into account on integrating the energy consumption.

Anyway, for the experimental conditions of figure 12 b and figure 13 b, optimum current density and inlet out flow seemed therefore to be 14 mA/cm^2, and 20 ml/min, as it can be considered that Y_{COD} = 61, 73% respectively, corresponds to the minimum

acceptable value for EC process. However, fig.13 b has achieved the best condition according to our results, optimum current density, pH and inlet out flow or electrocoagulation time seemed therefore to be 14 mA/cm^2, 6.0 and 20 ml/min or 125 min, respectively, as it can be considered that Y_{COD} = 73 % , corresponds to the minimum acceptable value for EC process. At these conditions, thus, the removal efficiency of NH3-N, Cr, and Color was 51, >99 and 95 % respectively, and the energy consumption was 6.75 KWh/m^3 in the case of aluminum electrodes.

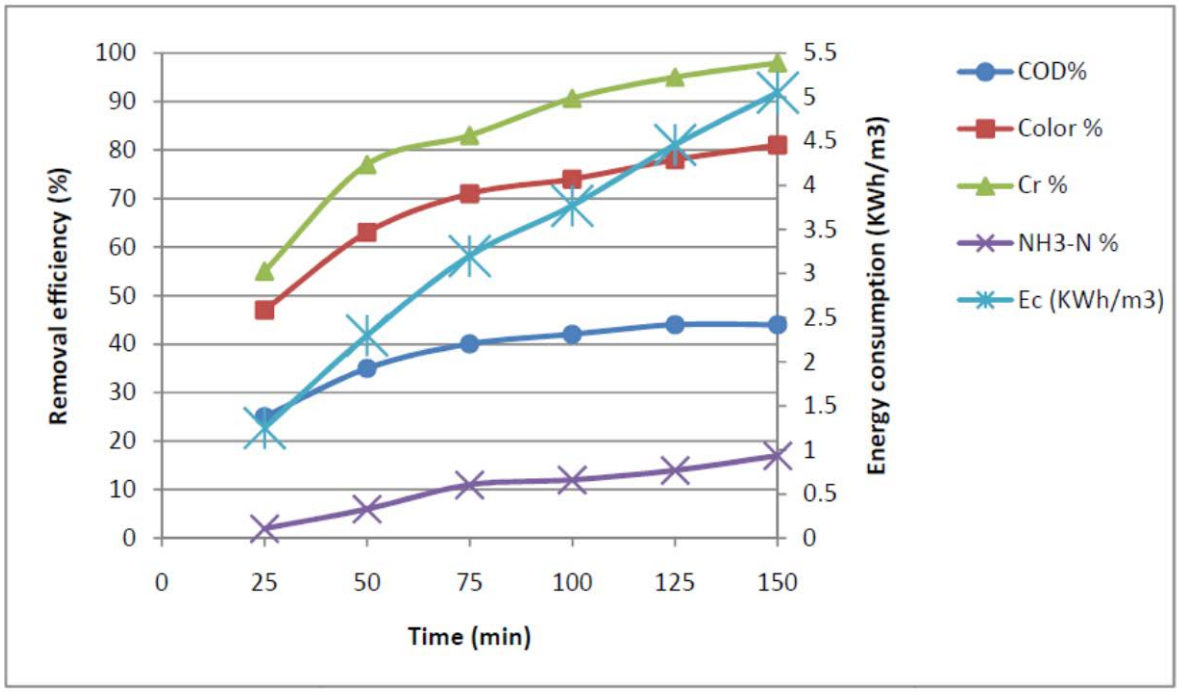


Figure 12 (a) Effect of current density on pollutants removal efficiency with time or inlet flowrate and energy consumption of electrocoagulation using aluminum electrodes (original pH 4.1, five pairs of Al electrodes, current density 7 mA/cm^2).

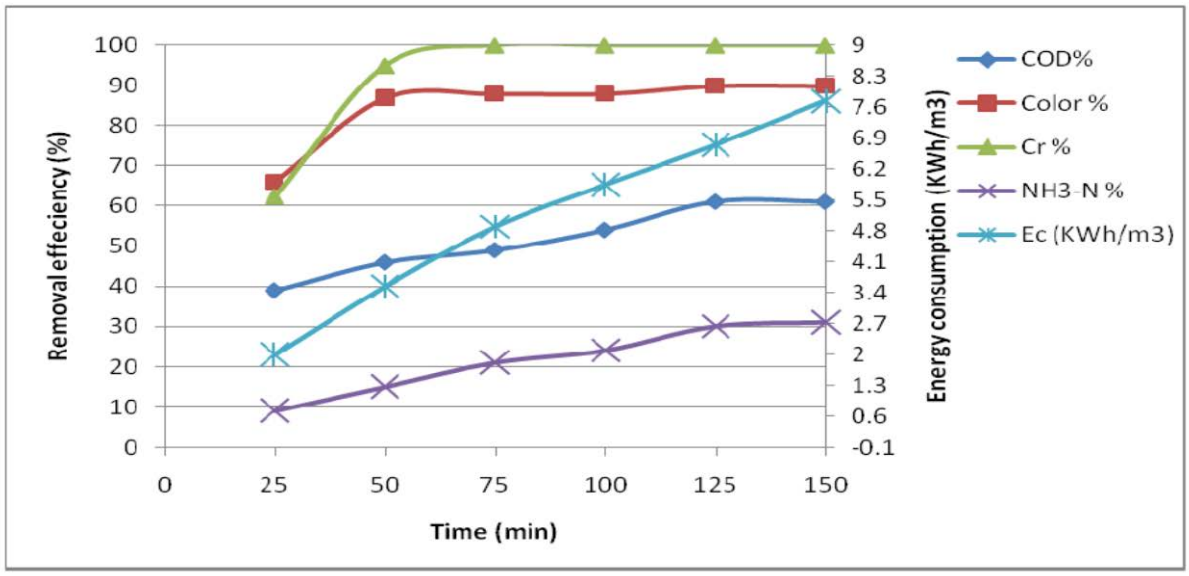


Figure 12 (b) Effect of current density on pollutants removal efficiency with time or inlet flowrate and energy consumption of electrocoagulation using aluminum electrodes (original pH 4.1, five pairs of Al electrodes, current density 14 mA/cm^2).

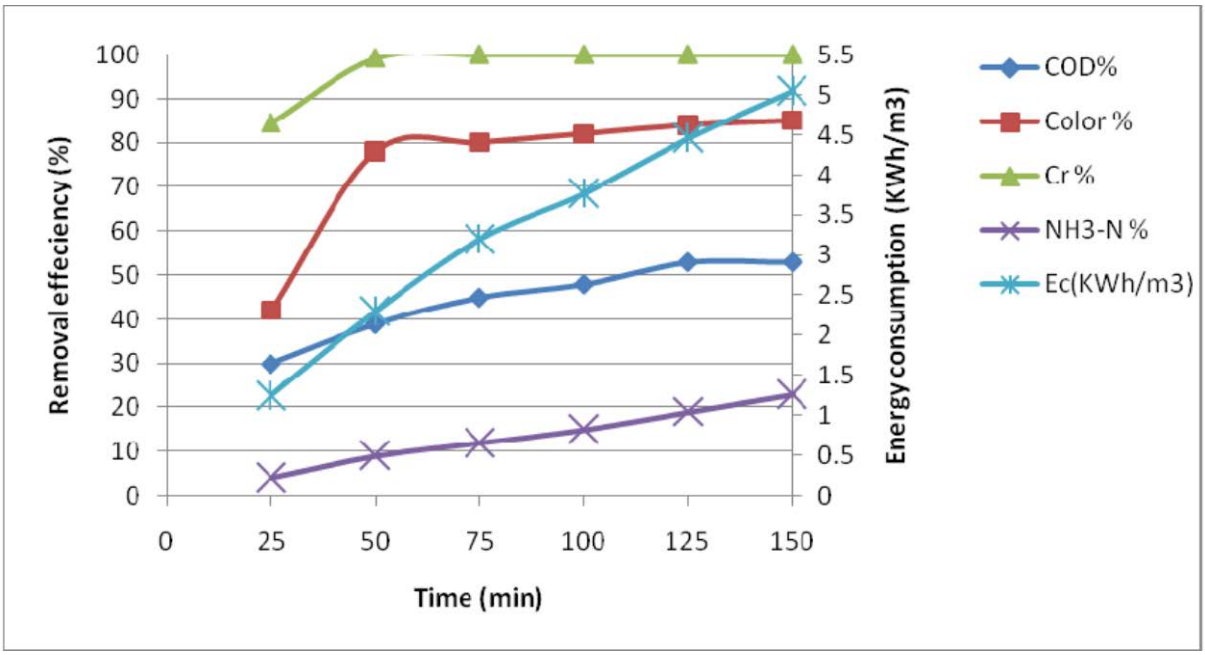


Figure 13 (a) Effect of current density on pollutants removal efficiency with time or inlet fowrate and energy consumption of electrocoagulation using aluminum electrodes (pH 6, five pairs of Al electrodes, current density 7 mA/cm^2)

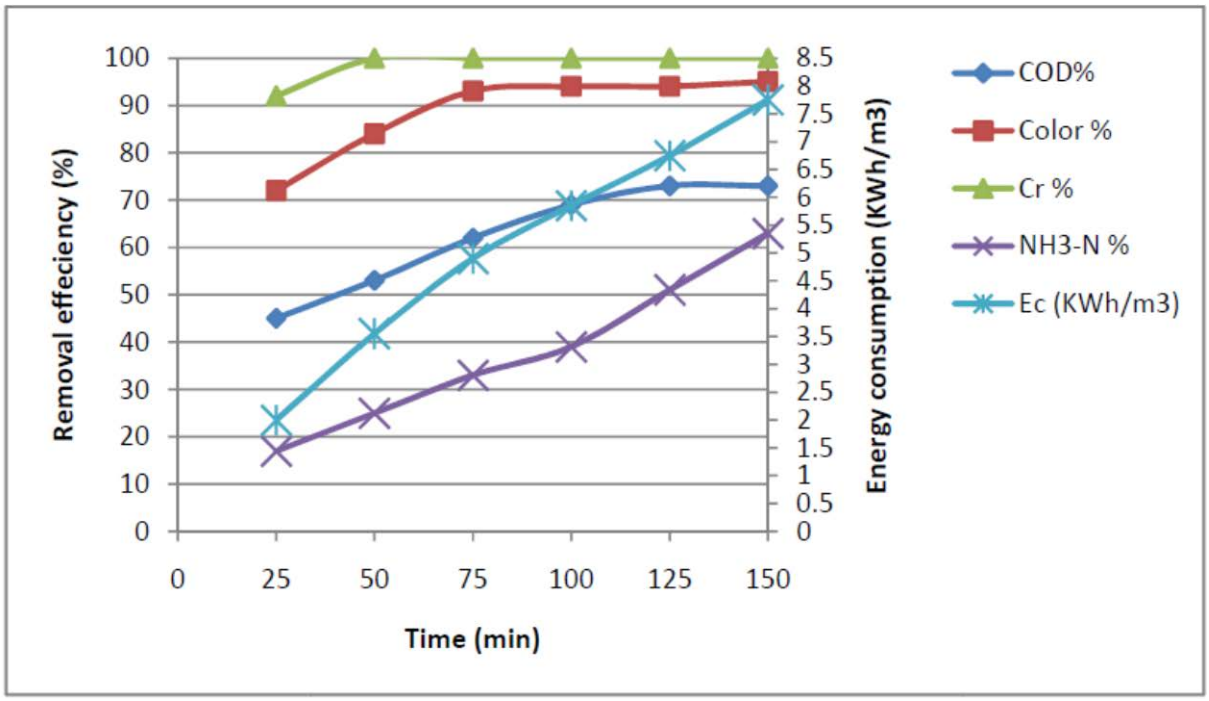


Figure 13 (b) Effect of current density on pollutants removal efficiency with time or inlet flow rate and energy consumption of electrocoagulation using aluminum electrodes (pH 6, five pairs of Al electrodes, current density 14 mA/cm^2).

3.2.1.2 Hidrojen Üretim Potansiyeli ve Hesaplamalar

The effluent of tannery wastewater was supplied continuously to the bottom of the electrochemical reactor. As the wastewater is moved to the top, gas bubbles also moved up to the top together with upward effluent. The gas flowed out at the gas outlet located at the top of the gas separation tank, and water flowed out at a water outlet located near the top of the tank. With high liquid flow rates, only small amounts of solids accumulated in the gas separation tank. The amount of total gas produced was determined by water displacement method. The cumulative hydrogen gas production was determined by using the following equation (4.5):

$$vH_{2,i} = vH_{2,i-1} + v_{TG} + v_{G,i} - v_{G,i-1} \quad (3.1)$$

Where $V_{H2,i}$ and $V_{H2,i-1}$ are the volumes of cumulative hydrogen (ml) calculated after the ith and the previous measurement; V_{TG} is the total gas volume measured by the water displacement method (ml); $V_{G,i}$ and $V_{G,i-1}$ are the volumes of the gas in the headspace of the reactor for the ith and the previous measurement (ml).

Figure 4.10.a shows hydrogen gas evolution coupled with electrocoagulation of different current densities (7 and 14 mA/cm^2) and pH values (4.1 and 6) for aluminum electrodes versus electrolysis time (min). As can be seen from Figure 4.10.a, the hydrogen gas production rates coupled

with current density (7mA/cm^2) and electrocoagulation time (150 min) were 332 and 380 ml at pH values 4.1 and 6, respectively.

While, the hydrogen gas production rates coupled with current density (14mA/cm^2) and electrocoagulation time (150 min) were 632 and 720 ml at pH values 4.1 and 6, respectively. As mentioned above, in the case of aluminum electrodes, the optimum current density and inlet out flow or electrocoagulation time seemed therefore to be 14 mA/cm^2, pH 6 and 20 ml/min or 125 min, respectively, as it can be considered that Y_{COD} = 73 %, and also, at these conditions it can be concluded that the hydrogen gas production rate was 582 ml.

However, in the case of iron electrodes an investigation of hydrogen production coupled with electrocoagulatoin of two values of current density (7 and 14mA/cm^2) and pH (4.1 and 7) versus electrolysis time (min) was conducted. As can be seen from Figure 4.10.b the hydrogen gas production rates coupled with current density (7mA/cm^2) and electrocoagulation time (150 min) were 328 and 336 ml at ph values 4.1 and 7, respectively. Thus, the hydrogen gas production rates coupled with current density (14mA/cm^2) and electrocoagulation time (150 min) were 612 and 668 ml at pH values 4.1 and 7, respectively.

For iron electrodes, as it can be considered that Y_{COD} =67 %, corresponds to the minimum acceptable value for EC process. The optimum conditions were seemed therefore to be 14 mA/cm^2, pH 7 and 20 ml/min or 125 min, at these conditions it can be attained about 546 ml of hydrogen gas. It should be pointed out that the amount of ammonia gas has been taken into consideration.

Ultimately, it could be explained that the hydrogen gas production increased when current density increased for each electrolyte, this is because that more protons released from the anode reaction which is agree with the COD removal [165]. Beyond that, the experiments with aluminum electrodes clearly indicated that hydrogen gas production from tannery wastewater was satisfactory than iron electrodes, this is due to high free electron density and high electrical conductivity of aluminum [166].

However, the theoretical amount of hydrogen gas generated is calculated by faraday law;

$$r]_{H_2} = \frac{I.t}{F} . H \qquad (3.2)$$

Where, $r]_{H_2}$is the amount of hydrogen generated (mole), I is the supplied current (Ampere), t is the electrocoagulation time (s), F is Faraday's constant (96,500 C per mole of electrons), H is the number of hydrogen molecules generated per electron involved in the redox reactions. The value of H is independent of the type of anode; i.e. iron or aluminum. That is, H is equal to 1/2 in both cases.

The results show that the energy yield of harvested hydrogen can reduce the electrical energy consumption of the electrocoagulation process by 20 % for current density 7 mA/cm^2 and 30 % for current density 14 mA/cm^2, (Assuming 50% efficiency in hydrogen to electricity conversion). It has been noted that the choice of current densities, electrocoagulation time, pH and the type of electrodes, the estimated hydrogen produced is always of the same order of magnitude, ranging between 0.93 and 2.00 kWh m^{-3}. Besides an energy source, hydrogen can be used as a reactant in

hydrogenation process to produce low molecular weight compounds, or to remove some of pollutants such a sulfur and nitrogen compound [167]

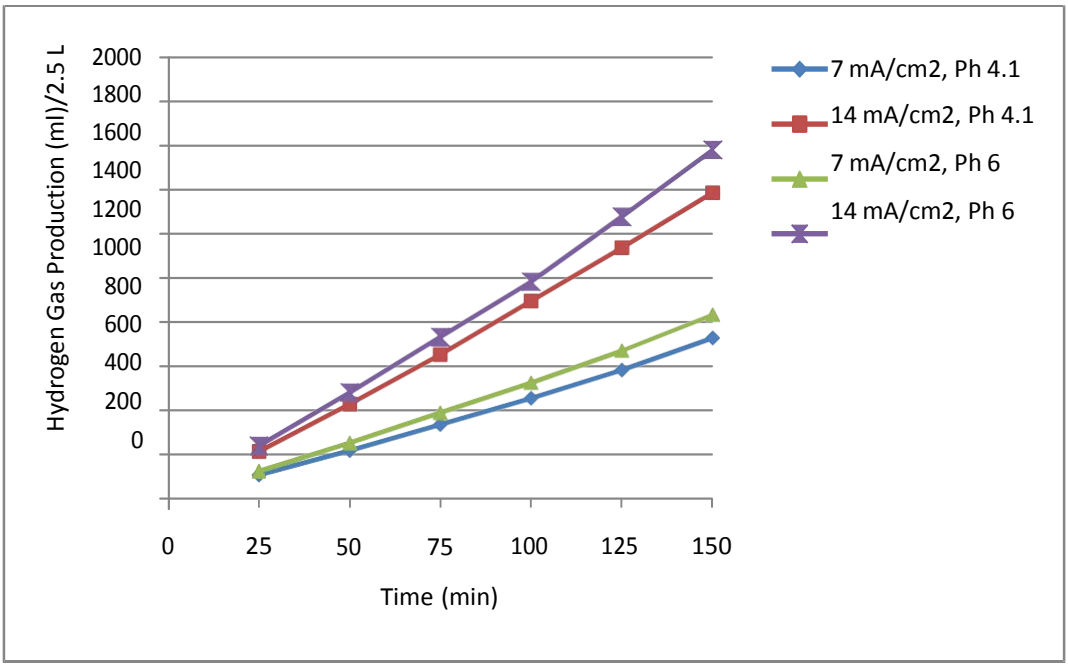


Figure 14 Hydrogen gas production with aluminum electrodes

3.2.1.3 Çamur Karakterizasyonu

Sludge produced in EC process is separated in clarifiers by sedimentation and flotation. In addition flocs formed by EC settle easy and they are well de-waterable. It can be observed from table 8 that the amounts of dried sludge were 0.43 – 0.72 Kg/m^3 in the case of aluminum electrodes while they were 0.38- 0.67 Kg/m^3 in the case of iron electrodes. The amount of sludge produced is related to the amount of pollutants removed. Based on our results in two cases (Al &Fe) we found that removing of 1 Kg of COD produces 0.35 Kg of dried sludge.

Table 8 Sludge production by Electrocoagulation process (kg/m^3)

COD removed	**Chromium removed**	**Organic sludge**	**Inorganic sludge**
For aluminum electrodes			
1.26	0.524	0.43	1.40
1.48	0.566	0.50	1.90
1.74	0.568	0.57	2.70
1.93	0.569	0.65	3.20
2.00	0.569	0.70	4.00
2.00	0.569	0.72	4.6
For iron electrode			
1.18	0.564	0.38	1.80
1.40	0.567	0.47	2.75
1.60	0.568	0.58	3.76
1.80	0.569	0.63	4.80
1.88	0.569	0.65	5.65
1.88	0.569	0.67	6.82

3.2.1.4 Arıtılmış suyun tarımda sulama suyu olarak değerlendirilmesi

Nowadays, the increasing water scarcity conduces to a planned reclaimed wastewater (RWW) reuse: irrigation and dischargeable to water bodies. Any of these reuse targets requires a specific quality level. According to this, the environmental impact of the RWW reuse needs to take into consideration the direct effects of RWW in irrigation reuse (effect on soil, on crops and on the landscape vegetation) or in environmental reuse (ecosystem), and also the hydrological indirect effects of water bodies.

According to EPA, there is a quality criteria required for agricultural reuse treated wastewater in irrigation; it can be highlighted on the chemical quality criteria:

1. Electrical conductivity.
2. Concentration of sodium ions and other cations.
3. Concentration of heavy metals.
4. Suspended solids and organic material.

All of these parameters have been related strongly with the types of food production, climate, soil characteristics, the type of irrigation method (sprinklers, drip, etc). Regard to these parameters there are guidelines to reused TWW in irrigation. Generally the treated wastewater contain essential nutrients for plant mostly ammonium. And also contains toxic ion like chloride, sodium, boron and chrome which can damage indirectly the plant, in the case of above suitable concentration. Sodium may destroy the soil structure which will cause reduction of permeability, also, heavy metals can be toxic to people through food chain. So it is an indispensable to regulate the irrigation process accurately.

Anyway a high concentration of SS makes clog for the irrigation method, so they are recommended that the threshold values are ranged from 5 to 25 mg/l. in addition Salinity leads to change in metabolic processes and physiological process of plants and ultimately inhibits crop production. On the other wards the soil salinity is seen to inhibit plant growth in the form of osmotic stress which is then followed by ion toxicity. TDS limited values were ranged from 500 to 1000 mg/l based on the type of plant or the suitable value of electrical conductivity was 700-3000 µS/cm. And also the value for sodium adsorption ratio (SAR) should be ranged from 3 to 40. Regard to specific ion

toxicity it could be pointed that the main ions are sodium, chloride and boron. The concentrations of these ions based on the type of plant that will be irrigated, so the values of sodium ions are ranged from 18 to 102 mg/l and from 178 to 710 mg/l for chloride as well as from 2 to 4 mg/l for boron. Thus for chrome the threshold value is

0.1 mg/l. regard to our results it could be pointed out that the treated tannery wastewater can reuse in irrigation safely.

Based on reviews, the states of Turkey, Palestine and Jordan have guidelines for treated wastewater characteristics according to irrigation. Table 9 a-b shows the applicability of treated tannery waste water by a hybrid process (EC-ED) to reuse in irrigation.

Table 9 a – b the comparisons with treated tannery effluent and recommended Guidelines for treated wastewater according to different applications

a. in the case of aluminum electrodes (EC_{Al}-ED) process

Quality parameter (mg/l)	**Effluent treated (EC-ED)**	**Guidelines**								
		Turkey			Palestine			Jordan		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
COD	224	400	400	400	250	250	250	500	500	500
Chrome	< 0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
NH_3-N	< 1	40	40	40	50	50	50	45	45	45
Color	< 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Conductivity mS/cm	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-

b. in the case of aluminum electrodes (EC_{Al}-ED) process

Quality parameter (mg/l)	**Effluent treated (EC-ED)**	**Guidelines**								
		Turkey			Palestine			Jordan		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
COD	364	400	400	400	250	250	250	500	500	500
Chrome	< 0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
NH_3-N	< 1	40	40	40	50	50	50	45	45	45
Color	< 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Conductivity mS/cm	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-

A: dry field crops; B: industrial crops; C: landscape; (-): undefined; color: ADMI (10) Pt–Co)
From table 4.7 a – b, it is noticeable that the effluent treated with combined EC- ED techniques presents very suitable values for irrigation.

4. SONUÇ

Proje kapsamında sızıntı suyu ve deri sanayi atık sularının elektrokimyasal olarak arıtılması ve arıtma çıktılarının değerlendirilmesi amacı ile çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar ile ulaşılan sonuçlar aşağıdadır.

Sızıntı suyunun elektrokoagülasyon ile arıtılması çalışmaları sonucunda teorik olarak 1336 ml/L-atıksu gaz toplanması beklenirken, 560 ml/L gaz toplanmıştır. Bu gazın Hidrojen içeriği ise yaklaşık %95 seviyelerindedir. 532 ml/L Hidrojen gazına tekabül etmektedir. Sonuç olarak gaz toplama verimi yaklaşık % 40 seviyelerinde kalmıştır. Bu durumun iyi izolasyon sağlanamamasından kaynaklandığı, sistemden önlenemeyen gaz kaçaklarının tespit edildiği gözlemlenmiştir.

Deri sanayi atıksuları ile yapılan çalışmalardan ise, 1600 ml H_2 / 2,5 L atıksu için üretilmiştir. Bunun enerji olarak karşılığı 1943 kCal/1 m^3 atık su dur. Elektrik enerjisi eşdeğeri ise 1.13 kWatt (%50 dönüşüm verimi ile) olur.

Çamur kompozisyonunun %9-25 oranlarında organik muhteva içerdiği görülmüştür. Çamurun büyük oranda stabilize olduğu söylenebilir.

Arıtılmış suyun tarım ürünlerini sulamadaki kalitesi 3 farklı ülke (Türkiye, Filistin ve Ürdün) için karşılaştırılmış ve farklı tarım ürünleri için uygun kriterlerde olduğu görülmüştür.

Bu proje kapsamında elde edilen sonuçlardan üretilen makaleler ve bildiriler SCI/SCI-Exp. (2 adet basılı, 1 hakem incelemesinde) ve diğer indekslere (IOSR, 1 basılı) giren dergilerde ve uluslar arası sempozyumlarda (eurasia 2016) yayınlanmıştır. Bu sonuçların paylaşılması literatürde bakir bir alan olan elektrokimyasal arıtma ve hidrojen gazı üretimi gibi konularda ufuk açacağı ve bu alanların geliştirilmesine katkı yapacağı aşikardır.

REFERANSLAR

[1] Smalley, R.E., Our energy challenge, Available from: http://smalley.rice.edu/Presentations/Columbia, (ppt visited on October 18, 2014 at 3:45 A.m. Central Time). 23 September 2003.

[2] Aboulhassan, A.M., Souabi, S. and Yaacoubi, A., (2008). "Pollution reduction and biodegradability index improvement of tannery effluents", Int. J. Environ. Sci. Tech, 5 (1): 11-16, winter 2008.

[3] Mollah, M.Y.A., Morkovsky, P., Gomes, J.A.G., Kesmez, M., Parga, J. and Cocke, D.L., (2004a). "Fundamentals, present and future perspectives of electrocoagulation", J. Hazard. Mater, B114(5): 199–210.

[4] Espinoza-Quinones, F.R. , Fornari, M.M.T., Modenes, A.N. , Palacio, S.M. , da Silva, F.G. , Szymanski, N. , Kroumov, A.D. , and Trigueros, D.E.G., (2009). "Pollutant removal from tannery effluent by electrocoagulation", Chem. Eng. J., 151(17): 59–65.

[5] Thanikaivelan1, P., Rao, J.R., Nair, B. U. and Ramasami, T., (2004). "Progress and recent trends in biotechnological methods for leather processing", TRENDS in Biotechnology, 22(4): 312-321.

[6] Benhadji, A., Ahmed,M.T. and Maachi, R., (2011). "Electrocoagulation and effect of cathode materials on the removal of pollutants from tannery wastewater of Rouïba", Desalination, 277(28): 128–134.

[7] Lofrano, G., Meriç, S., Zengin, G.E. and Orhon, D., (2013). "Chemical and biological treatment technologies for leather tannery chemicals and wastewaters: A review", Science of the Total Environment, 461(33): 265–281.

[8] Szpyrkowicz,L., Kelsall, G. H., Kaul, S.N. and Faveri, M.D., (2001). "Performance of electrochemical reactor for treatment of tannery wastewaters", Chemical Engineering Science, 56(19): 1579- 1586.

[9] Panizza, M. and Cerisola, A., (2004). "Electrochemical Oxidation as a Final Treatment of Synthetic Tannery Wastewater, Environ", Sci. Technol., 38(3): 5470-5475.

[10] Tunay, O., Kabdasli, I., Orhon, D. and Ates, E., (1995). "Characterization and Pollution Profile of Leather Tanning Industry in Turkey", Wat.Sci.Tech.32 (12):.1-9.

[11] Durai, G., Rajasimman, M. and Rajamohan, N., (2011). "Kinetic studies on biodegradation of tannery wastewater in a sequential batch bioreactor", Journal of Biotech Research [ISSN: 1944-3285], 3(12):19-26.

[12] Costa, R.C. and Olivi, P., (2009). "Effect of chloride concentration on the electrochemical treatment of a synthetic tannery wastewater", Electrochimica Acta, 54(22): 2046–2052.

[13] Sundarapandiyan, S., Brutto, E.P., Siddhartha, G., Ramesh, R., Ramanaiah, B., Saravanan, P. and Mandal, B.A., (2011). "Enhancement of chromium uptake in tanning using oxazolidine", Journal of Hazardous Materials, 190(3): 802–809.

[14] Dogruel, S., Genceli, E.A., Babuna, F.G. and Orhon, D., (2006). "An investigation on the optimal location of ozonation within biological treatment for a tannery wastewater", Chem. Tech no l Biotechn, l81(32):1877–1885.

[15] Ganesh, R., Balaji,G., and Ramanujam, R.A., (2006)."Biodegradation of tannery wastewater using sequencing batch reactor—Respirometric assessment", Bioresource Technology, 97(33): 1815–1821.

[16] Calheiros,C.S.C., Rangel,S.S.O.A. and Castro,L.M.P., (2009). "Treatment of industrial wastewater with two-stage constructed wetlands planted with Typha latifolia and Phragmites australis", Bioresource Technology, 100(3): 3205–3213.

[17] Song, Z., Williams, C.J. and Edyvean, R.G.J., (2004). "Treatment of tannery wastewater by chemical coagulation", Desalination, 164(3): 249-259.

[18] Lofrano, G., Belgiorno, V., Gallo, M., Raimo, A. and Meriç, S., (2006). "Toxicity reduction in leather tanning wastewater by improved coagulation flocculation process", Glob Nest J, 8(11): 151–8.

[19] Menezes, F.M., Amal, R. and Luketina, D., (1996). "Removal of particles using coagulation and flocculation in a dynamic separator", Powder Technol., 88(4): 27–31.

[20] Oller,I., Malato,S. and Sánchez-Pérez,A.J., (2011). "Combination of Advanced Oxidation Processes and biological treatments for wastewater decontamination—A review", Science of the Total Environment, 409(5): 4141–4166.

[21] Liu,Z., Wang,F., Li,Y., Xu,T. and Zhu,S., (2011). "Continuous electrochemical oxidation of methyl orange wastewater using a three-dimensional electrode reactor", Journal of Environmental Sciences, 2011, 23(Supplement), S70–S73.

[22] Juttner,K., Galla,U. and Schmieder,H.,(2000).“Electrochemical approaches to environmental problems in the process industry”, Electrochimica Acta, 45(36): 2575 – 2594.

[23] Chen,G., (2004). “Electrochemical technologies in wastewater treatment”, Separation and Purification Technology, 38(5): 11–41.

[24] Phalakornkule, C., Sukkasem, P. and Mutchimsattha, C., (2010). “Hydrogen recovery from the electrocoagulation treatment of dye-containing wastewater”, International journal of hydrogen energy, 35(3): 10934- 1094.

[25] Holt, P., Barton, G. and Mitchell, C., (1999). “Electrocoagulation as wastewater treatment”, The Third Annual Australian Environmental Engineering Research Event, 23–26 November, Castlemaine, Victoria, 1999, pp. 23–26.

[26] Chen, B. G., Chen, X. and Yue, P. L., (2000). “Electrocoagulation and electroflotation of restaurant wastewater”, J. Environ. Eng., 126 (9): 215-224.

[27] Adhoum, N. and Monser, L., (2004). “Decolourization and removal of phenolic compounds from olive mill wastewater by electrocoagulation”, Chem. Eng. Process. Process Intensif., 43(9): 1281–1287.

[28] Tezcan UN, U., Ugur, S., Kopara, A.S. and Bakır Ogutveren, U., (2006).“Electrocoagulation of olive mill wastewaters”, .Sep. Purif. Technol., 52(33): 136–141.

[29] Adhoum, N., Monser, L., Bellakhal, N. and Belgaied, J., (2004). “Treatment of electroplating wastewater containing Cu2+, Zn2+ and Cr (VI) by electrocoagulation”, J. Hazard. Mater., 112(3) : 207–213.

[30] Kurt, U., Gonullu, M.T., Ilhan, F. and Varinca, K., (2008). “Treatment of domestic wastewater by electrocoagulation in a cell with Fe–Fe electrodes”, Environ. Eng. Sci. 25(2):153–161.

[31] Apaydin, O., Kurt, U. and Gonullu, M.T., (2009). “An investigation on the treatment of tannery wastewater by electrocoagulation”, Global Nest J., 11(22): 546–555.

[32] Feng, J., Sun, Y., Zheng, Z., Zhang, J., Li, S. and Tian, Y., (2007). “Treatment of tannery wastewater by electrocoagulation”, J. Environ Sci. 19(3): 1409–1415.

[33] Murugananthan, M., Bhaskar Raju,J. and Prabhakar, S., (2004). “Separation of pollutants from tannery effluents by electro flotation”, Sep. Purif. Technol., 40(8): 69–75.

[34] Avsar, Y., Kurt, U. and Gonullu, T., (2007). “Comparison of classical chemical and electrochemical processes for treating rose processing wastewater”, J. Hazard. Mater. 148(75): 340–345.

[35] Zongo, I., Leclerc, J.-P. , Maıga, H.M., Wethe, J. and Lapicque, F., (2009). “Removal of hexavalent chromium from industrial wastewater by electrocoagulation: A comprehensive comparison of aluminium and iron electrodes”, Sep. Purif. Technol. 66(3): 159–166.

[36] Khandegar, V. and Saroha, A.K., (2013). “Electrocoagulation for the treatment of textile industry effluent—A review”, J. Environ. Manage. 128(22): 949–963.

[37] Kim, T., Parka, C., Shinb, E. and Kim, S., (2002). “Decolorization of disperse and reactive dyes by continuous electrocoagulation process”, Desalination, 150(15): 165-175.

[38] Daneshvar, N., Ashassi-Sorkhabi, H. and Tizpar, A., (2003). “Decolorization of orange II by electrocoagulation method”, Sep. Purif. Technol. 31(3): 153–162.

[39] Mameri, N., Yeddou, A.R., Lounici, H., Belhocine, D., Grib, H. and Bariou, B., (1998). “Defluoridation of septentrional of Sahara water of North Africa by electrocoagulation process using bipolar aluminum electrodes”, Wat. Res. 32(26): 1604–1612.

[40] Chen, X., Chen, G. and Yue, P.L., (2000). “Separation of pollutants from restaurant wastewater by electrocoagulation”, Sep. Purif. Technol. 19(1): 65–76.

[41] Ben Mansour, L., Ksentini, I. and Elleuch, B., (2007). “Treatment of wastewaters of paper industry by coagulation–electroflotation”, Desalination 208(3): 34–41.

[42] Merzouk, B., Gourich, B., Sekki, A., Madani, K., Vial, C. and Barkaoui, M., (2009). “Studies on the decolorization of textile dye wastewater by continuous electrocoagulation process”, Chem. Eng. J. 149(3): 207–214.

[43] Suthantharajan, R., Ravindranath, E., Chitra, K., Umamaheswari, B., Ramesh, T. and Rajamani, S., (2004). “Membrane application for recovery and reuse of water from treated tannery wastewater”, Desalination. 164(72): 151 –156.

[44] Ahmed, M.T., Taha, S., Chaabane, T., Cabon, J., Maachi, R. and Dorange, G., (2004). “Treatment of the tannery effluents from a plant near Algiers by nanofiltration (NF): experimental results and modeling”, Desalination. 165(22): 155–160.

[45] Brites Alves, A.M. and De Pinho, M.N., (2000). “Ultra filtration for color removal of tannery dyeing wastewaters”, Desalination. 130(5): 147–154.

[46] Huang, C.H., Xu, T.W., Zhang Y.P., Xue Y.H. and Chen, G.W., (2007). "Application of electrodialysis to the production of organic acids: state-of-the-art and recent developments (review)", J Membr Sci. 288(1):1–12.

[47] Shahi, V. K., Thampy, S.K. and Rangarajan, R., (2001). "The effect of conducting spacers on transport properties of ion exchange membranes in electrodriven separation", Desalination 133(12): 245-258.

[48] Rodrigues, M.A.S., Costa, R.F.D., Bernardes, A.M. and Ferreira, J.Z., (2001). "Influence of ligand exchange on the treatment oftrivalent chromium solutions by electrodialysis", Electrochimica Acta 47 (5): 753–758.

[49] Ilhan, F., Kabuk, H.A., Kurt, U., Avsar, Y., Sari, H. and Gonullu, M.T., (2014). "Evaluation of treatment and recovery of leachate by bipolar membrane electrodialysis process", Chemical Engineering and Processing, 75(33): 67–74.

[50] Wilhelm, F.G., Punt, I., Vegt, N.F.A., Wessling, M. and Strathmann, H., (2001). "Optimization strategies for the preparation of bipolar membranes with reduced salt ion leakage in acid–base electrodialysis", Journal of Membrane Science, 182(10): 13–28.

[51] Rodrigues, M.A.S., Dalla Costa, R.F. and Zoppas Ferreira, J., 1998. "Transport of trivalent and hexavalent chromium through different ion-selective membranes in acidic aqueous media", Separation Science and Technology, 33(8):1135 - 1143.

[52] Gering, K.L. and Scamehorn, J.F., (1998). "Use of electrodialysis to remove heavy metals from water", Separation Science and Technology, 23(11):2231 - 2267.

[53] Mollah, M.Y.A., Schennach, R., Parga, J.R. and Cocke, D.L., (2001). "Electrocoagulation (EC) — science and applications", Journal of Hazardous Materials, B84(3): 29–41.

[54] Parama Kalyani, K.S., Balasubramanian, N. and Srinivasakannan, C., (2009). "Decolourization and COD reduction of paper industrial effluent using electro-coagulation", Chem.Eng. J. 151(9): 97–104.

[55] Jiang, J.Q., Graham, N., André, C., Kelsall, G.H., and Brandon, N., 2002. "Laboratory study of electro-coagulation–flotation for water treatment", Water Res. 36 (16): 4064–4078.

[56] Canizares, P., Martínez, F., Jiménez, C., Lobato, J. and Rodrigo, M.A., (2006). Coagulation and electrocoagulation of wastes polluted with dyes, Environ. Sci. Technol. 40 (20): 6418–6424.

[57] Zhu, B., Clifford, D.A. and Chellam, S., (2005). "Comparison of electrocoagulation and chemical coagulation pretreatment for enhanced virus removal using microfiltration membranes", Water Res. 39 (13):3098-3108.

[58] Aouni, A., Fersi, C., Ali, M.B.S. and Dhahbi, M., (2009). "Treatment of textile wastewater by a hybrid electrocoagulation/nanofiltration process", J. Hazard. Mater. 168 (2 -3): 868 -874.

[59] Raju, G.B., Karuppiah, M.T., Latha, S.S., Parvathy, S., Prabhakar, S., (2008). "Treatment of wastewater from synthetic textile industry by electrocoagulation eelectrooxidation", Chem. Eng. J. 144 (1): 51 -58.

[60] Iaconi, D., Pinto, D., Ricco, G. and Tomei, M., 2002. "Treatment options for tannery wastewater II: integrated chemical and biological oxidation", Ann Chim. 92(15): 531- 539.

[61] Iaconi, D., Bonemazzi, F., Lopez, A. and Ramadori, R., 2004. "Integration of chemical and biological oxidation in a SBBR for tannery wastewater treatment", Water Sci. Technol. 50(3): 107-114.

[62] Naumczyk, J. and Rusiniak, M., (2005). "Physicochemical and Chemical Purification of Tannery Wastewaters", Pol. J. Environ. Stud. 14(22): 789-797.

[63] Kennedy, L.J., Das, K.M. and Sekaran, G., (2004). "Integrated biological and catalytic oxidation of organics/inorganics in tannery wastewater by rice husk based mesoporous activated carbon.—Bacillus sp.", Carbon, 42(5):2399–2407.

[64] Szpyrkowicz, L., Kaul, S.N. and Neti, R.N., (2005). "Tannery wastewater treatment by electro-oxidation coupled with a biological process" J. Appl. Electrochem. 35(12): 381-390.

[65] Rodrigues, M.A.S., Amado, F.D.R., Xavier, J.L.N., Streit, K.F., Bernardes, A.M. and Ferreira, J.Z., (2008). "Application of photoelectrochemical eelectrodialysis treatment for the recovery and reuse of water from tannery effluents", Journal of Cleaner Production". 16(3): 605 -611.

[66] Rao, R. J., Chandrababu, N.K., Muralidharan, C., Unni Nair, B., Rao, P.G. and Ramasami, T., (2003). "Recouping the wastewater: a way forward for cleaner leather processing", Journal of Cleaner Production, 11: 591–599.

[67] Kabdasli, I., Tunay, O. and Orhon, D., (1997). "The treatability of chromium tannery wastes", Wat. Sci. Tech. 28, (2): 97-105.

[68] Lofrano, G., Aydin, E., Russo, F., Guida, M., Belgiorno, V. and Meric, S., (2008). "Characterization, fluxes and toxicity of leather tanning bath chemicals in a large tanning district area (IT)", Water Air Soil Pollut, 8(2):529–542.

[69] Fabiani, C., Ruscio, F., Spadoni, M. and Pizzichini, M., (1996). “Chromium (III) salts recovery process from tannery wastewaters”, Desalination, 208(17):183–191.

[70] Munz, G., De Angelis, D., Gori, R., Mori, G., Casarci, M. and Lubello, C., (2009). “The role of tannins in conventional angogated membrane treatment of tannery wastewater”, J Hazard Mater, 164(2):733–739.

[71] Cassano, A., Molinari, R., Romano, M. and Drioli, E., (2001). “Treatment of aqueous effluent of the leather industry by membrane processes”, J Membr Sci, 181(19):111 –126.

[72] Sundarapandiyan, S., Chandrasekar, R., Ramanaiah, B., Krishnan, S. and Saravanan, P., (2010). “Electrochemical oxidation and reuse of tannery saline wastewater”, J Hazard Mater, 180(12):197–203.

[73] Cooman, K., Gajardo, M., Nieto, J., Bornhardt, C. and Vidal, G., (2003). “Tannery wastewater characterization and toxicity effects on Daphnia spp”, Environ Toxicol, 18(5):45–51.

[74] Ram, B.P.K. and Bajpai, P.H.K., (1999). “Kinetics of chrome-tannery effluent treatment by the activated sludge system”, Process Biochem, 35(4):255–265.

[75] Ates, E., Orhon, D. and Tunay, O., (1997). “Characterization of tannery wastewaters for pretreatment selected case studies”, Water Sci Technol, 36(14):217–223.

[76] Song, Z., Williams, C.J. and Edyvean, G.J., (2000). “Sedimentation of tannery wastewater”, Water Res, 34(3):2171 –2186.

[77] Kurt, U., Apaydin, O. and Gonullu, M.T., (2007). “Reduction of COD in wastewater from an organized tannery industrial region by Electro-Fenton process”, J Hazard Mater, 143(9): 33–40.

[78] Karahan, O., Dogruel, S., Dulekgurgen, E. and Orhon, D., (2008). “COD fractionation of tannery wastewater—particle size distribution, biodegradability and modeling”, Water Res, 42(3): 1083–1092.

[79] Mandal, T., Dasgupta, D., Mandal, S. and Datta, S., (2010). “Treatment of leather industry by aerobic biological Fenton oxidation process”, J Hazard Mater, 180(22):204–211.

[80] Kongjao, S., Damronglerd, S. and Hunsom, M., (2008). “Simultaneous removal of organic and inorganic pollutants in tannery wastewater using electrocoagulation technique”, Korean J Chem Eng, 25(5):703–709.

[81] Mannucci, A., Munz, G., Mori, G. and Lubello, C., (2010). "Anaerobic treatment of vegetable tannery wastewaters: a review", Desalination, 264(33):1 –8.

[82] Lefebvre, O., Vasudevan, N., Torrijosa, M., Thanasekaran, K. and Moletta, R., (2006). "Anaerobic digestion of tannery soak liquor with an aerobic post-treatment", Water Res, 40(7): 1492–1500.

[83] Dantas, T.L.P., Josè, H.J. and Moreira, R.F.P.M., (2003). "Fenton and Photo-Fenton oxidation of tannery wastewater", Acta Sci Technol, 25(10):91 –105.

[84] Orhon, D., Ates, E. and Sozen, S., (2000). "Experimental evaluation of the nitrification kinetics for tannery wastewaters", Water SA, 26(12):43–55.

[85] Deghles, A. and Kurt, U., (2015). "Treatment of raw tannery wastewater by electrocoagulation technique: optimization of effective parameters using Taguchi method", Desalination, 78(3): 1-12.

[86] El-Sheikh Mahmoud, A., Hazem, I., Saleh, J., Flora, R., Mahmoud, R. and Abd El-Ghany., (2011). "Biological tannery wastewater treatment using two stage UASB reactors", Desalination, 276(19): 253–259.

[87] Stasinakis, A.S., Mamais, D., Thomaidis, N.S. and Lekkas, T.D., (2002). "Effect of chromium (VI) on bacterial kinetics of heterotrophic biomass of activated sludge", Water Res., 36(8):3342–3350.

[88] Farabegoli, G., Carucci, A., Majone, M. and Rolle E., (2004). "Biological treatment of tannery wastewater in the presence of chromium", J Environ Manage, 71(22):345–359.

[89] Görgün, E., Insel, G., Artan, N. and Orhon, D., (2007). "Model evaluation of temperature dependency for carbon and nitrogen removal in a full-scale activated sludge plant treating leather-tanning wastewater", J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng, 42(36):747–756.

[90] Zupančič, G.D. and Jemec, A., (2010). "Anaerobic digestion of tannery waste: semi-continuous and anaerobic sequencing batch reactor processes", Bioresour Technol, 101(15): 26–33.

[91] Tadesse, I., Green, F.B. and Puhakka, J.A., (2004). "Seasonal and diurnal variations of temperature, pH and dissolved oxygen in advanced integrated wastewater pond system® treating tannery effluent", Water Res, 38(16):645–654.

[92] Calheiros, C.S.C., Quitério, P.V.B., Silva, G., Crispim, L.F.C., Brix, H. and Moura S.C., (2012). "Use of constructed wetland systems with Arundo and

Sarcocornia for polishing high salinity tannery wastewater", J Environ Manage, 95(3):66–71.

[93] Dotro, G., Castro, S., Tujchneider, O., Piovano, N., Paris, M. and Faggi, A., (2015). "Performance of pilot-scale constructed wetlands for secondary treatment of chromium-bearing tannery wastewaters", J Hazard Mater, 32(15): 142–151.

[94] Ashraf, C.M., Ahmad, S. and Malik, M.T., (1997). "Supported liquid membrane technique applicability for removal of chromium from tannery wastes", Waste Manag, 17(22):211 –218.

[95] Labanda, J., Khaidar, M.S. and Llorens, J., "Feasibility study on the recovery of chromium (III) by polymer enhanced ultrafiltration", Desalination, 249(35):577–581.

[96] Fabiani, C., Ruscio, F., Spadoni, M. and Pizzichini, M., (1996). "Chromium (III) salts recovery process from tannery wastewaters", Desalination, 208(11):183–191.

[97] De Pinho, M.N., (2009). "Membrane-based treatment for tanning wastewaters", Can J Civ Eng., 36(12):356–362.

[98] Suganthi, K.V., Mahalaksmi, M. and Balasubramanian., (2013). "Development of hybrid membrane bioreactor for tannery effluent treatment", Desalination, 309(13):231–246.

[99] Schrank, S.G., José, H.J., Moreira, R.F.P.M. and Schroder, H.F., (2004). "Elucidation of the behaviour of tannery wastewater under advanced oxidation conditions", Chemosphere, 56(25): 411–423.

[100] Costa, C.R., Botta, C.M.R., Espindola, E.L.G. and Olivi, P., (2008). "Electrochemical treatment of tannery wastewater using DSA® electrodes", J Hazard Mater, 153(25):616–627.

[101] Lofrano, G., Meric, S., Belgiorno, V. and Napoli, R.M.A., (2007a). "Fenton's oxidation of various based synthetic tannins (syntans)", Desalination, 211(22):10–21.

[102] Lofrano, G., Meriç, S., Inglese, M., Nikolaou, A.D. and Belgiorno V., (2010b). "Fenton oxidation treatment of tannery wastewater and tanning agents: synthetic tannin and nonylphenol ethoxylate based degreasing agent", Desalin Water Treat., 23(1):1 –8.

[103] Sundarapandiyan, S., Chandrasekar, R., Ramanaiah, B., Krishnan, S. and Saravanan, P., (2010). "Electrochemical oxidation and reuse of tannery saline wastewater", J Hazard Mater., 180(17):197–203.

[104] Lofrano, G., Meriç, S., Belgiorno, V., Nikolaou, A. and Napoli, R.M.A., (2007b). "Fenton and photo-Fenton treatment of a synthetic tannin used in leather tannery: a multi approach study", Water Sci Technol., 55(3):53–61.

[105] Modenes, A.N., Espinoza-Quinones, F.R., Borba, F.H. and Manenti, D.R., (2012). "Performance evaluation of an integrated photo-Fenton-electrocoagulation process applied to pollutant removal from tannery effluent in batch system", Chem. Eng. J., 197(2): 1 -9.

[106] Houshyar, Z., Khoshfetrat, A.B. and Fatehifar, E., (2012). "Influence of ozonation process on characteristics of pre-alkalized tannery effluents", Chem Eng J., 191(33):59–65.

[107] Sengil, A.I., Kulac, S. and Ozacar, M., (2009). "Treatment of tannery liming drum wastewater by electrocoagulation", J Hazard Mat., 167(92):940–956.

[108] Pokrywiecki Sauer, T., Casaril, L., Bertoldi Oberziner, A.L., Jose, J., Peralta, H. and Muniz Moreira, R., (2006). "Advanced oxidation processes applied to tannery wastewater containing Direct Black 38—elimination and degradation kinetics", J Hazard Mater., B135(2):274–289.

[109] Gogate, P.R. and Pandit, A.B., (2004). "A review of imperative technologies for wastewater treatment II: hybrid methods", Adv Environ Res., 8(27):553–597.

[110] Nidheesh, P. V., Gandhimathi, R., (2012). "Trends in electro-Fenton process for water and wastewater treatment: An overview", Desalination 299(18): 1 –15.

[111] Holt, P. K., Barton, G. W., Wark, M. and Mitchell. C. A., (2003). "A quantitative comparison between chemical dosing and electrocoagulation", Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects, 211(41): 233 -248.

[112] Holt, P. K., Barton, G. W. and Mitchell. C. A., (2005). "The future for electrocoagulation as a localized water treatment technology", Chemosphere, 59(11):355–367.

[113] Daneshvar, N., Oladegaragoze, A. and Djafarzadeh, A., (2006a), "Decolonization of basic dye solutions by electrocoagulation an investigation of the effect of operational parameters" Journal of Hazardous Materials, B129(3):116-122.

[114] Can, O.T., Bayramoglu, M. and Kobya, M., (2003). "Decolonization of reactive dye solutions by electrocoagulation using aluminum electrodes". Ind Eng Chem Res., 42(5):3391–4006.

[115] Merzouk, B., Madani, K. and Sekki, A., (2010). "Using electrocoagulation - electroflotation technology to treat synthetic solution and textile wastewater, two case studies", Desalination 250 (5): 573 -577.

[116] Bayramoglu, M., Kobya, M., Can, O.T. and Sozbir, M., (2004). “Operating cost analysis of electrocoagulation of textile dye wastewater”, Sep. Purif. Technol. 37 (2): 117 - 125.

[117] Hanay, O. and Hasar, H., (2011). “Effect of anions on removing Cu2 +, Mn2 + and Zn2 + inelectrocoagulation process using aluminum electrodes”, J. Hazard. Mater. 189 (1-2): 572 -576.

[118] Kobya, M., Demirbas, E. and Sozbir, M., (2010). “Decolorisation of aqueous reactive dye Remazol Red 3B by electrocoagulation”, Color Technol. 126 (5): 282-288.

[119] Fu, F. and Wang, Q., (2011). “Removal of heavy metal ions from wastewaters: a review”, J. Environ. Manage. 92 (3): 407 -418.

[120] Babu, R.R., Bhadrinarayana, N.S., Meera, K.M., Begum, S. and Anantharaman, N., (2007). “Treatment of tannery wastewater by electrocoagulation”, J. Univ. Chem. Technol. Metall. 42 (2): 201 - 206.

[121] Coskun, T., Ilhan, F., Demir, N.M., Debik, E. and Kurt, U., (2012). “Optimization of energy costs in the pretreatment of olive mill wastewaters by electrocoagulation”, Environ. Technol. 33 (2): 801- 807.

[122] Zodi, S., Potier, O., Lapicque, F. and Leclerc, J.P., (2010). “Treatment of the industrial wastewaters by electrocoagulation: optimization of coupled electrochemical and sedimentation processes”, Desalination 261 (1-2): 186-190.

[123] Mollah, M.Y.A., Gomes, J.A.G., Das, K.K. and Cocke, D.L., (2010). “Electrochemical treatment of Orange II dye solution d use of aluminum sacrificial electrodes and floc characterization”, J. Hazard. Mater. 174 (3): 851-858.

[124] Phalakornkule, C., Polgumhang, S., Tongdaung, W., Karakat, B. and Nuyut, T., (2010). “Electrocoagulation of blue reactive, red disperse and mixed dyes, and application in treating textile effluent”, J. Environ. Manage. 91 (4): 918 -926.

[125] Verma, S.K., Khandegar, V. and Saroha, A.K., (2013). “Removal of chromium from electroplating industry effluent using electrocoagulation”, J. Hazard. Toxic. Radio. Waste, 17 (2): 146 -152.

[126] Kumar, N.S. and Goel, S., (2010). “Factors influencing arsenic and nitrate removal from drinking water in a continuous flow electrocoagulation (EC) process”, J. Hazard. Mater. 173 (3): 528-533.

[127] Feng, Q.Y., Li, X.D., Cheng, Y.J., Meng, L. and Meng, Q.J., (2007b). “Removal of humic acid from groundwater by electrocoagulation”, J. China Univ. Min. Technol. 17 (4): 513 -515, 520.

[128] Kobya, M., Ulu, F., Gebologlu, U., Demirbas, E. and Oncel, M.S., (2011). “Treatment of potable water containing low concentration of arsenic with electrocoagulation: different connection modes and Fe-Al electrodes”, Sep. Purif. Technol. 77 (3): 283-293.

[129] Ghosh, D., Solanki, H. and Purkait, M.K., (2008). “Removal of Fe (II) from tap water by electrocoagulation technique”, J. Hazard. Mater. 155 (2): 135 -143.

[130] Zhu, J., Zhao, H. and Ni, J., (2007). “Fluoride distribution in electrocoagulation defluoridation process”, Sep. Purif. Technol. 56 (2): 184-191.

[131] Irdemez, S., Demircioglu, N., Yildiz, Y.S. and Bingul, Z., (2006). “The effects of current density and phosphate concentration on phosphate removal from wastewater by electrocoagulation using aluminum and iron plate electrodes”, Sep. Purif. Technol. 52 (2): 218 -223.

[132] Valero, D., Ortiz, J.M., Garcia, V., Exposito, E., Montiel, V. and Aldaz, A., (2011). “Electrocoagulation of wastewater from almond industry”, Chemosphere 84 (9):1290 - 1295.

[133] Lin, S.H. and Wu, C.L., (1996). “Electrochemical removal of nitrite and ammonia for aquaculture”, Water Res. 30 (3): 715-721.

[134] Filho, D.S., Bota, G.B., Borri, R.B. and Teran, F.J.C., (2012). “Electrocoagulation/flotation followed by fluidized bed anaerobic reactor applied to tannery effluent treatment”, Desalin. Water Treat. 37 (3): 359 -363.

[135] Yahiaoui, O., Lounici, H., Abdi, N., Drouiche, N., Ghaffour, N., Pauss, A. and Mameri, N., 2011. “Treatment of olive mill wastewater by the combination of ultrafiltration and bipolar electrochemical reactor processes”, Chem. Eng. Process. 50 (1): 37 -41

[136] Raju, G.B., Karuppiah, M.T., Latha, S.S., Parvathy, S. and Prabhakar, S., (2008). “Treatment of wastewater from synthetic textile industry by electrocoagulation -electrooxidation”, Chem. Eng. J. 144 (1): 51 -58.

[137] Bellebia, S., Kacha, S., Bouyakoub, A.Z. and Derriche, Z., (2012). “Experimental investigation of chemical oxygen demand and turbidity removal from cardboard paper mill effluents is using combined electrocoagulation and adsorption processes”, Environ. Prog. Sust. Energy 31 (3): 361 -370.

[138] Wang, C.T., Chou, W.L. and Kuo, Y.M., (2009). “Removal of COD from laundry wastewater by electrocoagulation/electroflotation”, J. Hazard. Mater. 164 (1): 81 -86.

[139] Shen, F., Chen, X., Gao, P. and Chen, G., (2003). “Electrochemical removal of fluoride ions from industrial wastewater”, Chem. Eng. Sci. 58 (6): 987 -993.

[140] Asaithambi, P., Susree, M., Saravanathamizhan, R. and Matheswaran, M., (2012). “Ozone assisted electrocoagulation for the treatment of distillery effluent”, Desalination 297 (3): 1 - 7.

[141] Ouaissa, Y.A., Chabani, M., Amrane, A. and Bensmaili, A., (2012). “Integration of electro coagulation and adsorption for the treatment of tannery wastewater e the case of an Algerian factory”, Procedia Eng. 33 (1): 98 -101.

[142] Can, O.T., Kobya, M., Demirbas, E. and Bayramoglu, M., (2006). “Treatment of the textile wastewater by combined electrocoagulation”, Chemosphere 62 (2), 181 -187.

[143] Song, S., Yao, J., He, Z., Qiu, J. and Chen, J., (2008). “Effect of operational parameters on the decolorization of C.I. Reactive Blue 19 in aqueous solution by ozone enhanced electrocoagulation”, J. Hazard. Mater. 152 (1): 204 -210.

[144] Akbal, F. and Camci, S., (2010). “Comparison of electrocoagulation and chemical coagulation for heavy metal removal”, Chem. Eng. Technol. 33 (10): 1655 -1664.

[145] Khandegar, V. and Saroha, A.K., (2012). “Electrochemical treatment of distillery spent wash using aluminum and iron electrodes”, Chin. J. Chem. Eng. 20 (3): 439 -443.

[146] Sadrzadeh, M., Razmi, A. and Mohammadi, T., (2007). “Separation of different ions from wastewater at various operating conditions using electrodialysis”, Separation and Purification Technology, 54(2): 147–156.

[147] Strathmann, H., (2004). “Ion exchange membrane separation process”, Elsevier, Amsterdam, Netherlands. 25(3): 16-25.

[148] Nagarale, R.K., Gohil, G.S. and Shahi, V.K., (2006). “Recent developments on ion exchange membranes and electro-membrane processes”, Advance on colloid and interface science, 119(3): 97-130.

[149] Mier, M.P. and Ibanez, R., Ortiz, I., (2008). “Influence of ion concentration on the kinetics of electrodialysis with bipolar membranes”, Separation and Purification Technology, 59(18): 197–205.

[150] Lindstrand, V., Sundstrom, G. and Jonsson, A.S., (2000b). “Fouling of electrodialysis membranes by organic substances”, Desalination, 128(1): 91-102.

[151] Kim, D.H., Moon, S.H. and Cho, J., (2000). Investigation of the adsorption and transport of the natural organic matter (NOM) in ion exchange membranes", Desalination, 151(1): 11-20.

[152] Elleuch, M., Sistat, P., Pourecelly, G. and Amor, M. B., (2006b). "Brackish water desalination by electrodialysis: opposing scaling", Desalination, 200(3): 752-753.

[153] Grossman, G. and Sonin, A.A., (1973). "Membranes fouling in electrodialysis: a models and experiments", Desalination, 12(1): 107-125.

[154] Turek, M., Dydo, P., Trojanowksa, J. and Bandura, B., (2007a). "Electrodialysis treatment of boron containing wastewater", Desalination, 205(3): 185-191.

[155] Turek, M., Dydo, P., Ciba, J., Trojanowksa, J. and Kluzaka, J.P.-K., B., (2005). "Electrodialysis treatment of boron containing wastewater with univalent permselective membranes", Desalination, 185(1): 139-145.

[156] Zeni, M., Riveros, R., Melo, K., Pirimeiri, R. and Lorenzini, S., (2005). "Study on fluoride reduction in aretisian well-water from electrodialysis process", Desalination, 185(3): 241.

[157] Amor, Z., Bariou, B., Mameri, N., Taky, M., Nicolas, S. and Elmidaoui, A., (2000). "Fluoride removal from brackish water by electrodialysis", Desalination, 133(3): 215-223.

[158] Elmidaoui, A., Elhannouni, F., Taky, M., Chay, L., Menkoushi Sahli, M.A., Echihabi, L. and Hafsi, M., (2002). "Optimization of nitrate removal operation from ground water by electrodialysis", Separation and purification technology, 29(3): 235-243.

[159] Menkoushi Sahli, M.A., Annouar, S., Mountadar, M., Soufiane, A. and Elmidaoui, A., (2008). "Nitrate removal of brackish underground water by chemical adsorption and by electrodialysis", Desalination, 277(1-3): 327-333.

[160] Lambert, J., Avila-Rodriguez, M., Durand, G. and Rakib, M., (2006). "Separation of sodium ions form trivalent chromium by electrodialysis using monovalent cation selective membranes", Journal of Membrane Science, 280(1-2): 219-225.

[161] Gokkus¸ O., Yıldız¸ Y.S. and Yavuz, B., (2012). "Optimization of chemical coagulation of real textile wastewater using Taguchi experimental design method", Desalin. Water Treat. 49(2): 263–271.

[162] Ozyonar, F. and Karagozoglu, B., (2014). "Investigation of technical and economic analysis of electrocoagulation process for the treatment of great and small cattle slaughterhouse wastewater", Desalin. Water Treat. 52(31):74–87.

[163] Engin, A.B., zdemir, O. O., Turan, M. and Turan, A.Z., (2008). “Color removal from textile dyebath effluents in a zeolite fixed bed reactor: Determination of optimum process conditions using Taguchi method”, J. Hazard. Mater. 159(42): 348–353.

[164] APHA, AWWA, EF, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, twentieth ed., American Public Health Association, Washington, DC,1998.

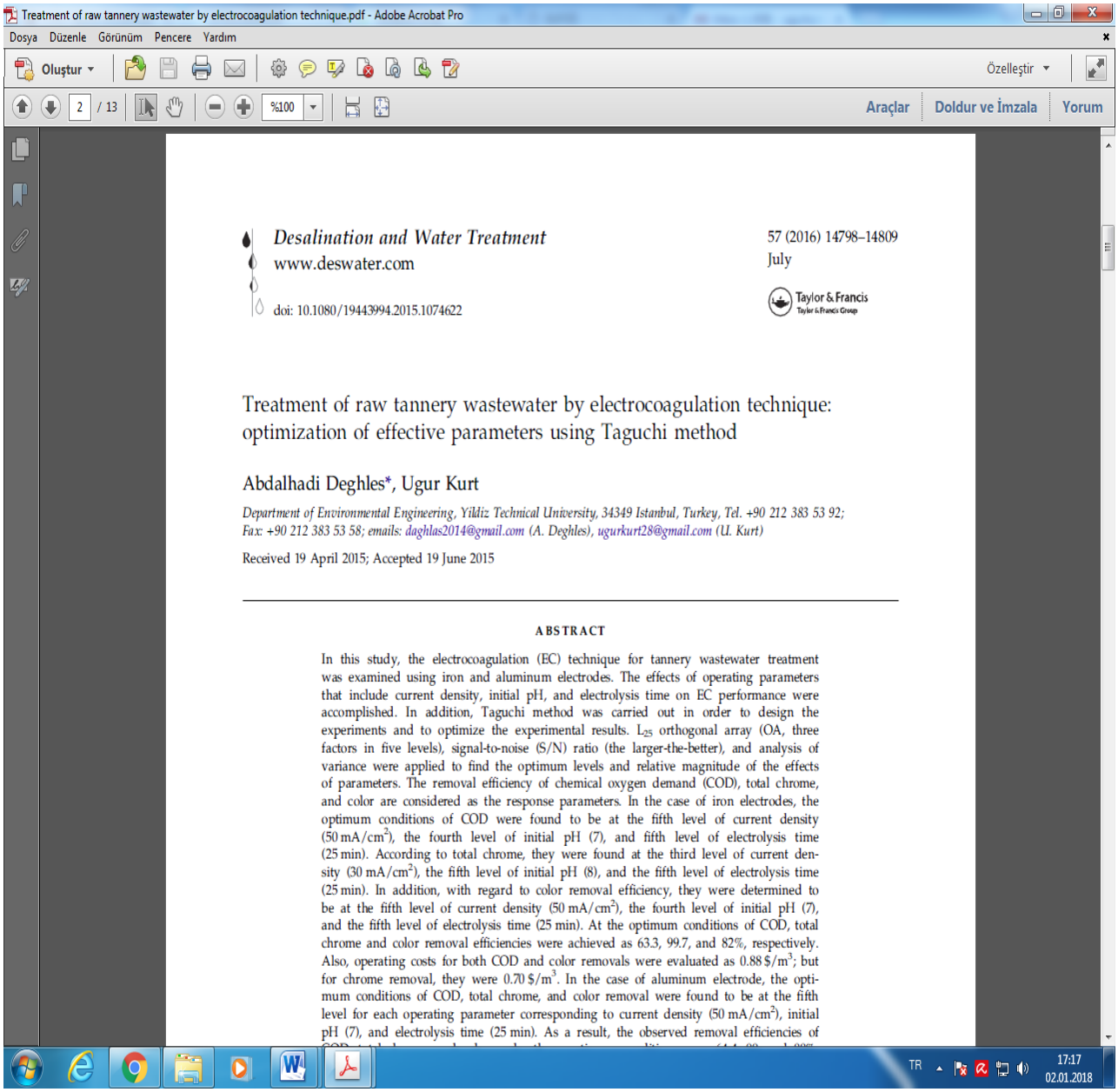
[165] Masahiro T., (2012). “Extraction of hydrogen into vacuum by electrochemical hydrogen pump for hydrogen isotope recovery”, Fusion Engineering and Design 87(31): 1065–1069.

[166] Kargi, F. and Ebru C.C., (2011). “Hydrogen gas production from olive mill wastewater by electrohydrolysis with simultaneous COD removal”, international journal of hydrogen energy, 36 (22): 3457-3464.

[167] Das, D. and Nejat Veziroglu, T., (2001). “Hydrogen production by biological processes: a survey of literature”, International Journal of Hydrogen Energy 26 (3): 13–28.

EKLER
(Projeden üretilen Yayınlar)

Ek-1



Treatment of raw tannery wastewater by electrocoagulation technique.pdf - Adobe Acrobat Pro

Dosya Düzenle Görünüm Pencere Yardım

Oluştur Özelleştir

2 / 13 %100 Araçlar Doldur ve İmzala Yorum

Desalination and Water Treatment
www.deswater.com
doi: 10.1080/19443994.2015.1074622

57 (2016) 14798–14809
July

Taylor & Francis
Taylor & Francis Group

Treatment of raw tannery wastewater by electrocoagulation technique: optimization of effective parameters using Taguchi method

Abdalhadi Deghles*, Ugur Kurt

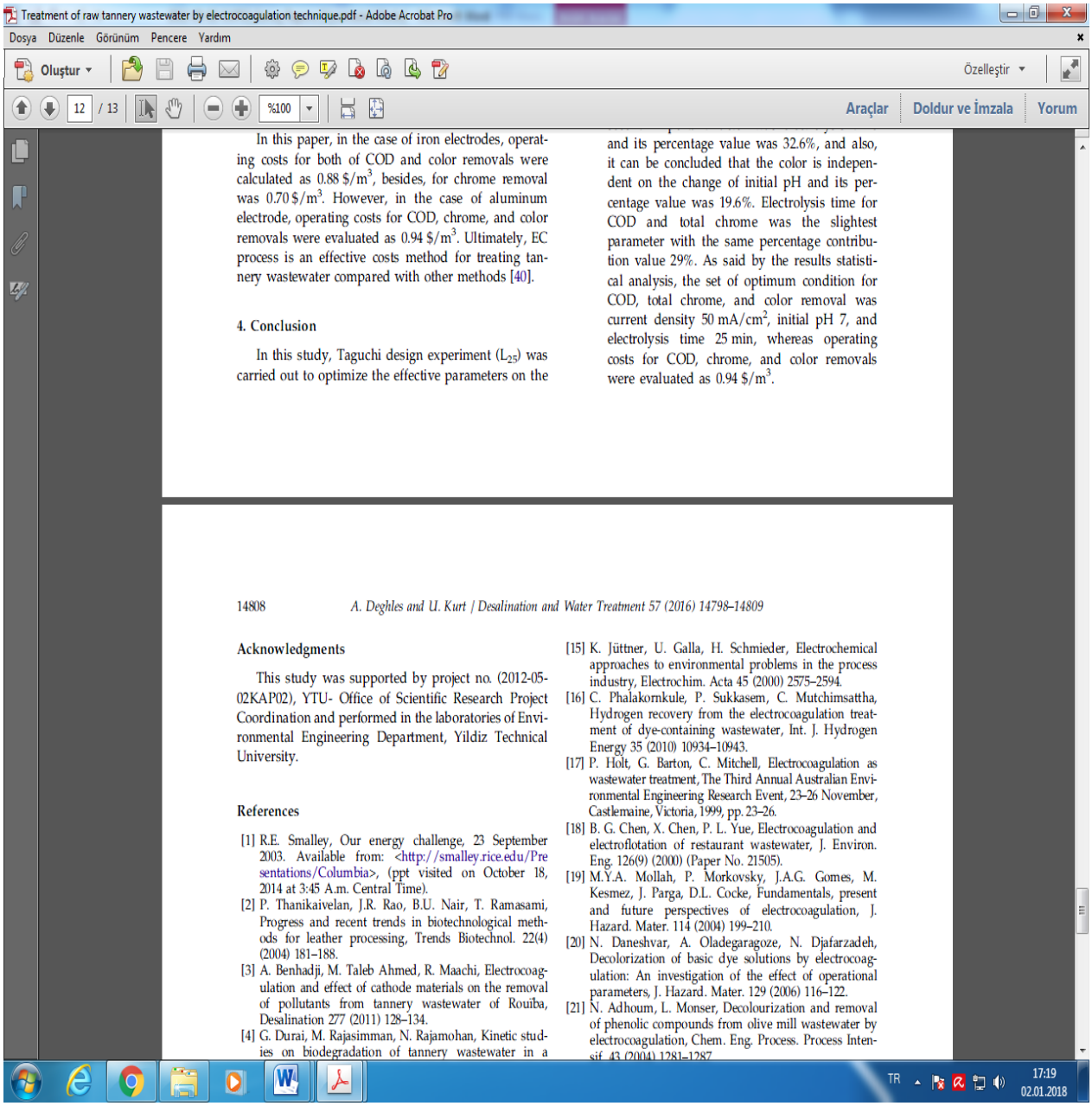
Department of Environmental Engineering, Yildiz Technical University, 34349 Istanbul, Turkey, Tel. +90 212 383 53 92; Fax: +90 212 383 53 58; emails: daghlas2014@gmail.com (A. Deghles), ugurkurt28@gmail.com (U. Kurt)

Received 19 April 2015; Accepted 19 June 2015

ABSTRACT

In this study, the electrocoagulation (EC) technique for tannery wastewater treatment was examined using iron and aluminum electrodes. The effects of operating parameters that include current density, initial pH, and electrolysis time on EC performance were accomplished. In addition, Taguchi method was carried out in order to design the experiments and to optimize the experimental results. L_{25} orthogonal array (OA, three factors in five levels), signal-to-noise (S/N) ratio (the larger-the-better), and analysis of variance were applied to find the optimum levels and relative magnitude of the effects of parameters. The removal efficiency of chemical oxygen demand (COD), total chrome, and color are considered as the response parameters. In the case of iron electrodes, the optimum conditions of COD were found to be at the fifth level of current density (50 mA/cm^2), the fourth level of initial pH (7), and fifth level of electrolysis time (25 min). According to total chrome, they were found at the third level of current density (30 mA/cm^2), the fifth level of initial pH (8), and the fifth level of electrolysis time (25 min). In addition, with regard to color removal efficiency, they were determined to be at the fifth level of current density (50 mA/cm^2), the fourth level of initial pH (7), and the fifth level of electrolysis time (25 min). At the optimum conditions of COD, total chrome and color removal efficiencies were achieved as 63.3, 99.7, and 82%, respectively. Also, operating costs for both COD and color removals were evaluated as 0.88 \$/m^3; but for chrome removal, they were 0.70 \$/m^3. In the case of aluminum electrode, the optimum conditions of COD, total chrome, and color removal were found to be at the fifth level for each operating parameter corresponding to current density (50 mA/cm^2), initial pH (7), and electrolysis time (25 min). As a result, the observed removal efficiencies of

TR 17:17 02.01.2018



In this paper, in the case of iron electrodes, operating costs for both of COD and color removals were calculated as 0.88 $/m^3$, besides, for chrome removal was 0.70 $/m^3$. However, in the case of aluminum electrode, operating costs for COD, chrome, and color removals were evaluated as 0.94 $/m^3$. Ultimately, EC process is an effective costs method for treating tannery wastewater compared with other methods [40].

4. Conclusion

In this study, Taguchi design experiment (L_{25}) was carried out to optimize the effective parameters on the and its percentage value was 32.6%, and also, it can be concluded that the color is independent on the change of initial pH and its percentage value was 19.6%. Electrolysis time for COD and total chrome was the slightest parameter with the same percentage contribution value 29%. As said by the results statistical analysis, the set of optimum condition for COD, total chrome, and color removal was current density 50 mA/cm^2, initial pH 7, and electrolysis time 25 min, whereas operating costs for COD, chrome, and color removals were evaluated as 0.94 $/$m^3$.

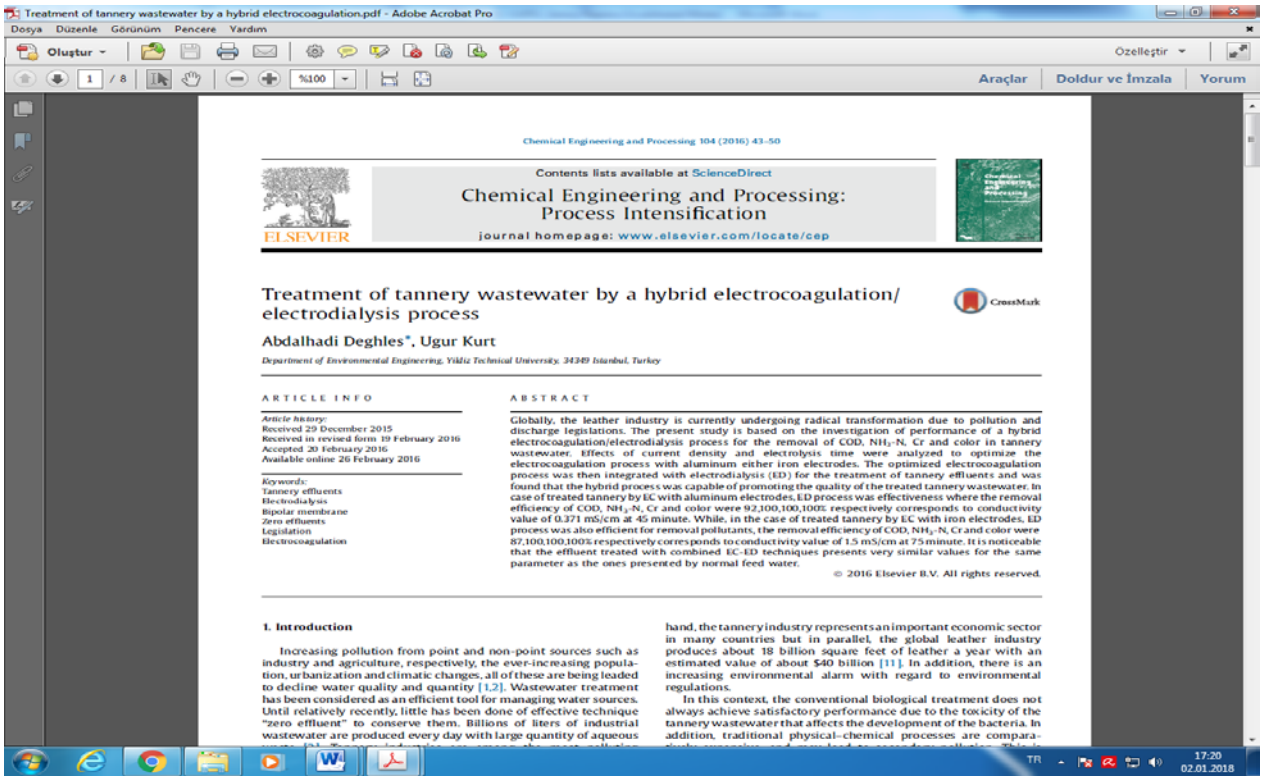
Acknowledgments

This study was supported by project no. (2012-05-02KAP02), YTU- Office of Scientific Research Project Coordination and performed in the laboratories of Environmental Engineering Department, Yildiz Technical University.

References

[1] R.E. Smalley, Our energy challenge, 23 September 2003. Available from: <http://smalley.rice.edu/Presentations/Columbia>, (ppt visited on October 18, 2014 at 3:45 A.m. Central Time).
[2] P. Thanikaivelan, J.R. Rao, B.U. Nair, T. Ramasami, Progress and recent trends in biotechnological methods for leather processing, Trends Biotechnol. 22(4) (2004) 181–188.
[3] A. Benhadji, M. Taleb Ahmed, R. Maachi, Electrocoagulation and effect of cathode materials on the removal of pollutants from tannery wastewater of Rouiba, Desalination 277 (2011) 128–134.
[4] G. Durai, M. Rajasimman, N. Rajamohan, Kinetic studies on biodegradation of tannery wastewater in a
[15] K. Jüttner, U. Galla, H. Schmieder, Electrochemical approaches to environmental problems in the process industry, Electrochim. Acta 45 (2000) 2575–2594.
[16] C. Phalakornkule, P. Sukkasem, C. Mutchimsattha, Hydrogen recovery from the electrocoagulation treatment of dye-containing wastewater, Int. J. Hydrogen Energy 35 (2010) 10934–10943.
[17] P. Holt, G. Barton, C. Mitchell, Electrocoagulation as wastewater treatment, The Third Annual Australian Environmental Engineering Research Event, 23–26 November, Castlemaine, Victoria, 1999, pp. 23–26.
[18] B. G. Chen, X. Chen, P. L. Yue, Electrocoagulation and electroflotation of restaurant wastewater, J. Environ. Eng. 126(9) (2000) (Paper No. 21505).
[19] M.Y.A. Mollah, P. Morkovsky, J.A.G. Gomes, M. Kesmez, J. Parga, D.L. Cocke, Fundamentals, present and future perspectives of electrocoagulation, J. Hazard. Mater. 114 (2004) 199–210.
[20] N. Daneshvar, A. Oladegaragoze, N. Djafarzadeh, Decolorization of basic dye solutions by electrocoagulation: An investigation of the effect of operational parameters, J. Hazard. Mater. 129 (2006) 116–122.
[21] N. Adhoum, L. Monser, Decolourization and removal of phenolic compounds from olive mill wastewater by electrocoagulation, Chem. Eng. Process. Process Intensif. 43 (2004) 1281–1287.

Ek-2



Treatment of tannery wastewater by a hybrid electrocoagulation.pdf - Adobe Acrobat Pro

Dosya Düzenle Görünüm Pencere Yardım

Oluştur Özelleştir Araçlar Doldur ve İmzala Yorum

Chemical Engineering and Processing 104 (2016) 43–50

Contents lists available at ScienceDirect

Chemical Engineering and Processing: Process Intensification

journal homepage: www.elsevier.com/locate/cep

Treatment of tannery wastewater by a hybrid electrocoagulation/ electrodialysis process

Abdalhadi Deghles*, Ugur Kurt

Department of Environmental Engineering, Yildiz Technical University, 34349 Istanbul, Turkey

ARTICLE INFO

Article history:
Received 29 December 2015
Received in revised form 19 February 2016
Accepted 20 February 2016
Available online 26 February 2016

Keywords:
Tannery effluents
Electrodialysis
Bipolar membrane
Zero effluents
Legislation
Electrocoagulation

ABSTRACT

Globally, the leather industry is currently undergoing radical transformation due to pollution and discharge legislations. The present study is based on the investigation of performance of a hybrid electrocoagulation/electrodialysis process for the removal of COD, NH_3-N, Cr and color in tannery wastewater. Effects of current density and electrolysis time were analyzed to optimize the electrocoagulation process with aluminum either iron electrodes. The optimized electrocoagulation process was then integrated with electrodialysis (ED) for the treatment of tannery effluents and was found that the hybrid process was capable of promoting the quality of the treated tannery wastewater. In case of treated tannery by EC with aluminum electrodes, ED process was effectiveness where the removal efficiency of COD, NH_3-N, Cr and color were 92,100,100,100% respectively corresponds to conductivity value of 0.371 mS/cm at 45 minute. While, in the case of treated tannery by EC with iron electrodes, ED process was also efficient for removal pollutants, the removal efficiency of COD, NH_3-N, Cr and color were 87,100,100,100% respectively corresponds to conductivity value of 1.5 mS/cm at 75 minute. It is noticeable that the effluent treated with combined EC-ED techniques presents very similar values for the same parameter as the ones presented by normal feed water.

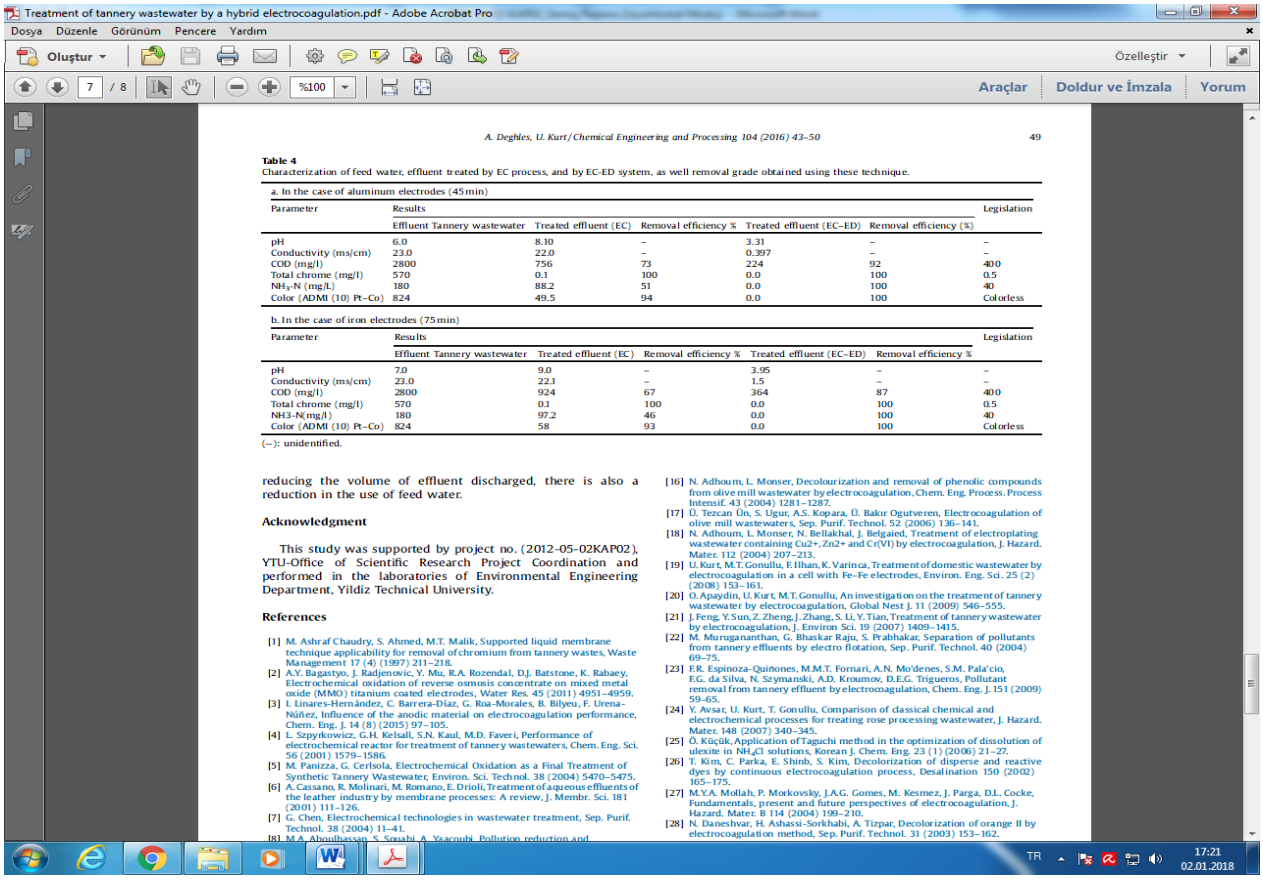
© 2016 Elsevier B.V. All rights reserved.

1. Introduction

Increasing pollution from point and non-point sources such as industry and agriculture, respectively, the ever-increasing population, urbanization and climatic changes, all of these are being leaded to decline water quality and quantity [1,2]. Wastewater treatment has been considered as an efficient tool for managing water sources. Until relatively recently, little has been done of effective technique "zero effluent" to conserve them. Billions of liters of industrial wastewater are produced every day with large quantity of aqueous

hand, the tannery industry represents an important economic sector in many countries but in parallel, the global leather industry produces about 18 billion square feet of leather a year with an estimated value of about $40 billion [11]. In addition, there is an increasing environmental alarm with regard to environmental regulations.

In this context, the conventional biological treatment does not always achieve satisfactory performance due to the toxicity of the tannery wastewater that affects the development of the bacteria. In addition, traditional physical–chemical processes are compara-



Treatment of tannery wastewater by a hybrid electrocoagulation.pdf - Adobe Acrobat Pro

Dosya Düzenle Görünüm Pencere Yardım

Oluştur Özelleştir Araçlar Doldur ve İmzala Yorum

Table 4
Characterization of feed water, effluent treated by EC process, and by EC-ED system, as well removal grade obtained using these technique.

a. In the case of aluminum electrodes (45 min)

Parameter	Results					Legislation
	Effluent Tannery wastewater	Treated effluent (EC)	Removal efficiency %	Treated effluent (EC–ED)	Removal efficiency (%)	
pH	6.0	8.10	–	3.31	–	–
Conductivity (ms/cm)	23.0	22.0	–	0.397	–	–
COD (mg/l)	2800	756	73	224	92	400
Total chrome (mg/l)	570	0.1	100	0.0	100	0.5
NH_3-N (mg/L)	180	88.2	51	0.0	100	40
Color (ADMI (10) Pt–Co)	824	49.5	94	0.0	100	Colorless

b. In the case of iron electrodes (75 min)

Parameter	Results					Legislation
	Effluent Tannery wastewater	Treated effluent (EC)	Removal efficiency %	Treated effluent (EC–ED)	Removal efficiency %	
pH	7.0	9.0	–	3.95	–	–
Conductivity (ms/cm)	23.0	22.1	–	1.5	–	–
COD (mg/l)	2800	924	67	364	87	400
Total chrome (mg/l)	570	0.1	100	0.0	100	0.5
NH3-N(mg/l)	180	97.2	46	0.0	100	40
Color (ADMI (10) Pt–Co)	824	58	93	0.0	100	Colorless

(–): unidentified.

reducing the volume of effluent discharged, there is also a reduction in the use of feed water.

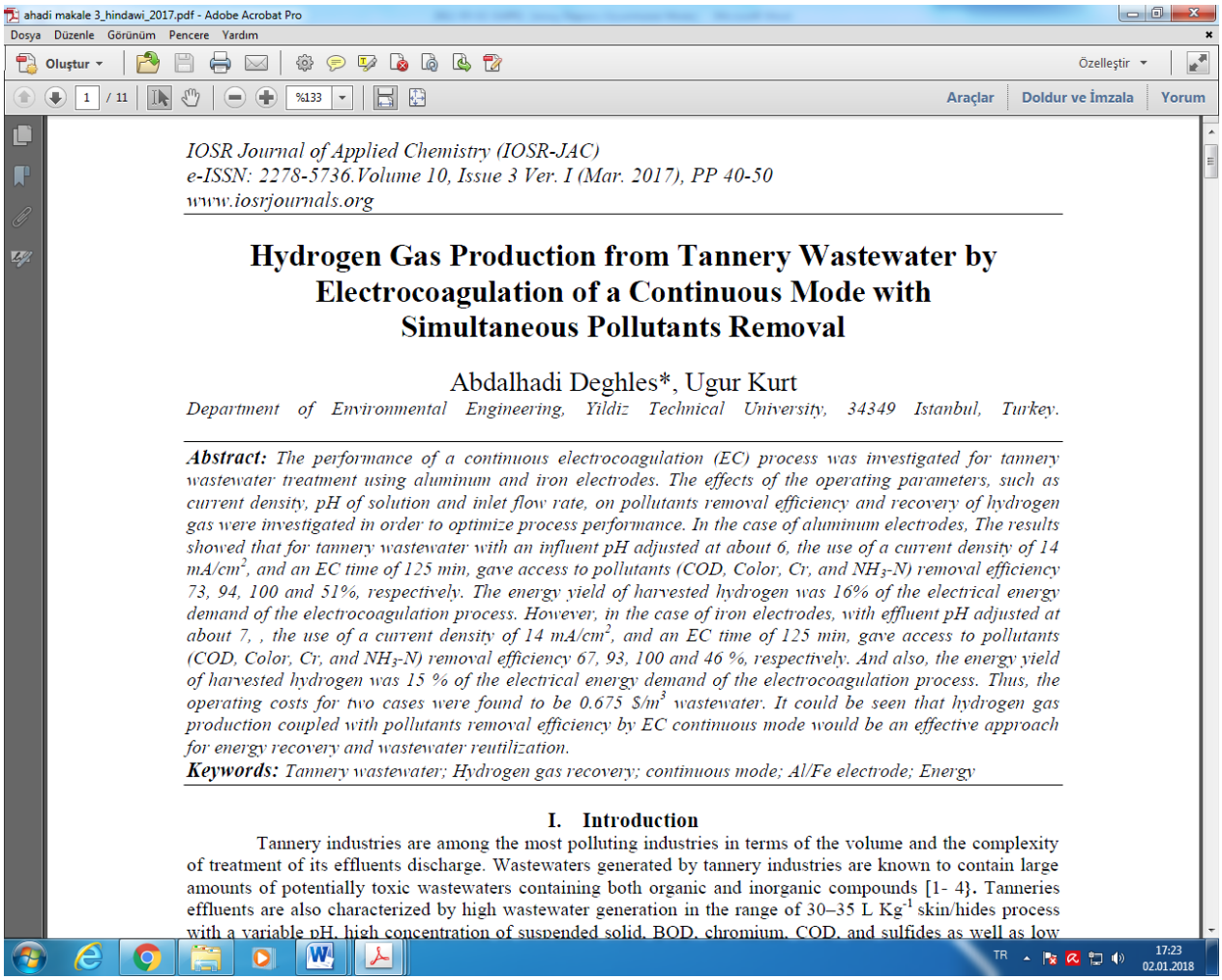
Acknowledgment

This study was supported by project no. (2012-05-02KAP02), YTU-Office of Scientific Research Project Coordination and performed in the laboratories of Environmental Engineering Department, Yildiz Technical University.

References

[1] M. Ashraf Chaudry, S. Ahmed, M.T. Malik, Supported liquid membrane technique applicability for removal of chromium from tannery wastes, Waste Management 17 (4) (1997) 211–218.
[2] A.Y. Bagastyo, J. Radjenovic, Y. Mu, R.A. Rozendal, D.J. Batstone, K. Rabaey, Electrochemical oxidation of reverse osmosis concentrate on mixed metal oxide (MMO) titanium coated electrodes, Water Res. 45 (2011) 4951–4959.
[3] I. Linares-Hernández, C. Barrera-Díaz, G. Roa-Morales, B. Bilyeu, F. Urena-Núñez, Influence of the anodic material on electrocoagulation performance, Chem. Eng. J. 14 (8) (2015) 97–105.
[4] L. Szpyrkowicz, G.H. Kelsall, S.N. Kaul, M.D. Faveri, Performance of electrochemical reactor for treatment of tannery wastewaters, Chem. Eng. Sci. 56 (2001) 1579–1586.
[5] M. Panizza, G. Cerlsola, Electrochemical Oxidation as a Final Treatment of Synthetic Tannery Wastewater, Environ. Sci. Technol. 38 (2004) 5470–5475.
[6] A. Cassano, R. Molinari, M. Romano, E. Drioli, Treatment of aqueous effluents of the leather industry by membrane processes: A review, J. Membr. Sci. 181 (200) 111–126.
[7] G. Chen, Electrochemical technologies in wastewater treatment, Sep. Purif. Technol. 38 (2004) 11–41.
[8] M.A. Aboulhassan, S. Souabi, A. Yaacoubi, Pollution reduction and
[16] N. Adhoum, L. Monser, Decolourization and removal of phenolic compounds from olive mill wastewater by electrocoagulation, Chem. Eng. Process. Process Intensif. 43 (2004) 1281–1287.
[17] Ü. Tezcan Un, S. Ugur, A.S. Koparа, Ü. Bakır Ogutveren, Electrocoagulation of olive mill wastewaters, Sep. Purif. Technol. 52 (2006) 136–141.
[18] N. Adhoum, L. Monser, N. Bellakhal, J. Belgaied, Treatment of electroplating wastewater containing Cu2+, Zn2+ and Cr(VI) by electrocoagulation, J. Hazard. Mater. 112 (2004) 207–213.
[19] U. Kurt, M.T. Gonullu, F. Ilhan, K. Varinca, Treatment of domestic wastewater by electrocoagulation in a cell with Fe–Fe electrodes, Environ. Eng. Sci. 25 (2) (2008) 153–161.
[20] O. Apaydin, U. Kurt, M.T. Gonullu, An investigation on the treatment of tannery wastewater by electrocoagulation, Global Nest J. 11 (2009) 546–555.
[21] J. Feng, Y. Sun, Z. Zheng, J. Zhang, S. Li, Y. Tian, Treatment of tannery wastewater by electrocoagulation, J. Environ Sci. 19 (2007) 1409–1415.
[22] M. Murugananthan, G. Bhaskar Raju, S. Prabhakar, Separation of pollutants from tannery effluents by electro flotation, Sep. Purif. Technol. 40 (2004) 69–75.
[23] F.R. Espinoza-Quiñones, M.M.T. Fornari, A.N. Mo'denes, S.M. Pala'cio, F.G. da Silva, N. Szymanski, A.D. Kroumov, D.E.G. Trigueros, Pollutant removal from tannery effluent by electrocoagulation, Chem. Eng. J. 151 (2009) 59–65.
[24] Y. Avsar, U. Kurt, T. Gonullu, Comparison of classical chemical and electrochemical processes for treating rose processing wastewater, J. Hazard. Mater. 148 (2007) 340–345.
[25] Ö. Küçük, Application of Taguchi method in the optimization of dissolution of ulexite in NH_4Cl solutions, Korean J. Chem. Eng. 23 (1) (2006) 21–27.
[26] T. Kim, C. Parka, E. Shinb, S. Kim, Decolorization of disperse and reactive dyes by continuous electrocoagulation process, Desalination 150 (2002) 165–175.
[27] M.Y.A. Mollah, P. Morkovsky, J.A.G. Gomes, M. Kesmez, J. Parga, D.L. Cocke, Fundamentals, present and future perspectives of electrocoagulation, J. Hazard. Mater. B 114 (2004) 199–210.
[28] N. Daneshvar, H. Ashassi-Sorkhabi, A. Tizpar, Decolorization of orange II by electrocoagulation method, Sep. Purif. Technol. 31 (2003) 153–162.

Ek-3



ahadi makale 3_hindawi_2017.pdf - Adobe Acrobat Pro

Dosya Düzenle Görünüm Pencere Yardım

Oluştur Özelleştir

1 / 11 %133 Araçlar Doldur ve İmzala Yorum

IOSR Journal of Applied Chemistry (IOSR-JAC)
e-ISSN: 2278-5736.Volume 10, Issue 3 Ver. I (Mar. 2017), PP 40-50
www.iosrjournals.org

Hydrogen Gas Production from Tannery Wastewater by Electrocoagulation of a Continuous Mode with Simultaneous Pollutants Removal

Abdalhadi Deghles*, Ugur Kurt
Department of Environmental Engineering, Yildiz Technical University, 34349 Istanbul, Turkey.

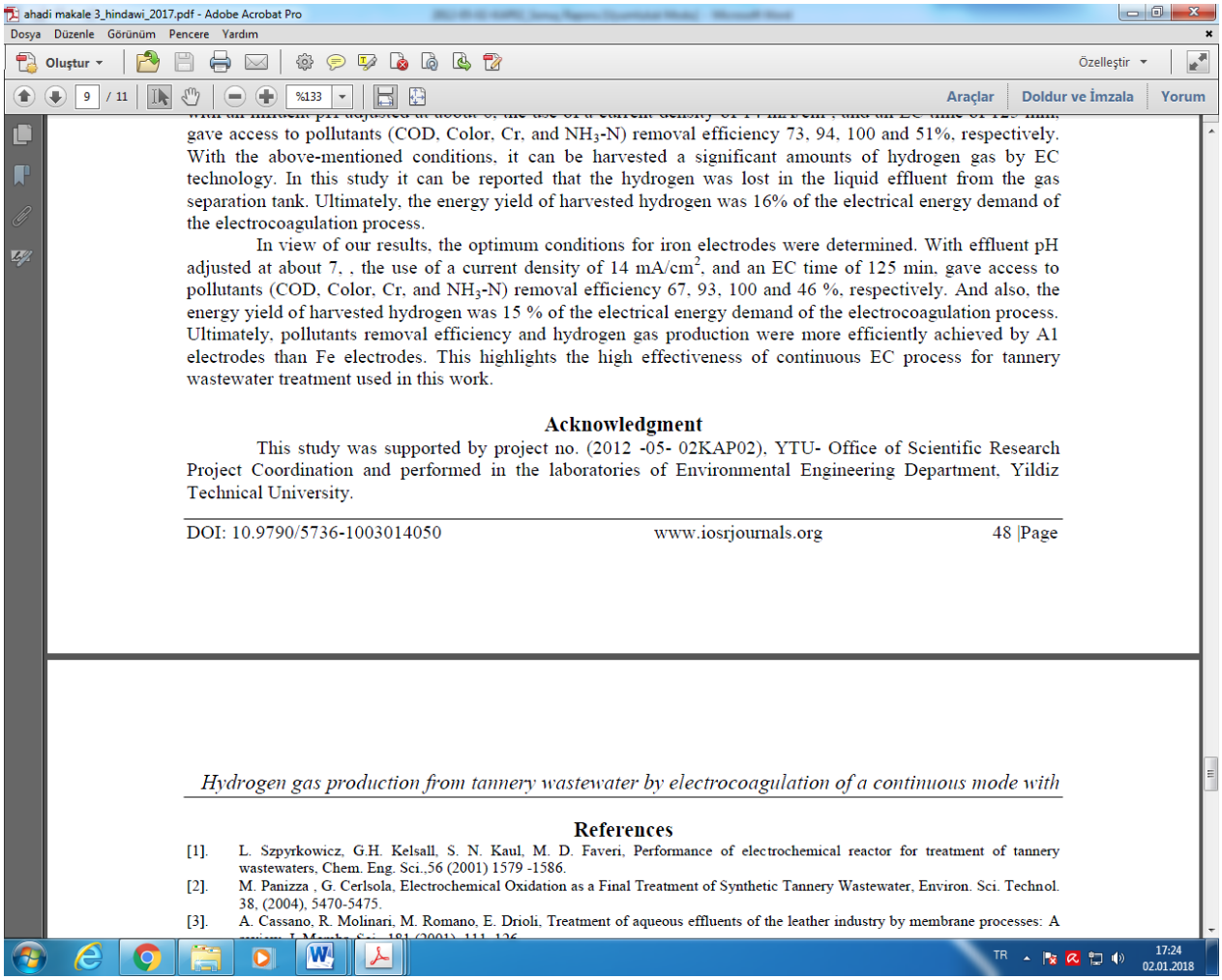
Abstract: *The performance of a continuous electrocoagulation (EC) process was investigated for tannery wastewater treatment using aluminum and iron electrodes. The effects of the operating parameters, such as current density, pH of solution and inlet flow rate, on pollutants removal efficiency and recovery of hydrogen gas were investigated in order to optimize process performance. In the case of aluminum electrodes, The results showed that for tannery wastewater with an influent pH adjusted at about 6, the use of a current density of 14 mA/cm^2, and an EC time of 125 min, gave access to pollutants (COD, Color, Cr, and NH_3-N) removal efficiency 73, 94, 100 and 51%, respectively. The energy yield of harvested hydrogen was 16% of the electrical energy demand of the electrocoagulation process. However, in the case of iron electrodes, with effluent pH adjusted at about 7, , the use of a current density of 14 mA/cm^2, and an EC time of 125 min, gave access to pollutants (COD, Color, Cr, and NH_3-N) removal efficiency 67, 93, 100 and 46 %, respectively. And also, the energy yield of harvested hydrogen was 15 % of the electrical energy demand of the electrocoagulation process. Thus, the operating costs for two cases were found to be 0.675 \$/m^3 wastewater. It could be seen that hydrogen gas production coupled with pollutants removal efficiency by EC continuous mode would be an effective approach for energy recovery and wastewater reutilization.*

Keywords: *Tannery wastewater; Hydrogen gas recovery; continuous mode; Al/Fe electrode; Energy*

I. Introduction

Tannery industries are among the most polluting industries in terms of the volume and the complexity of treatment of its effluents discharge. Wastewaters generated by tannery industries are known to contain large amounts of potentially toxic wastewaters containing both organic and inorganic compounds [1- 4]. Tanneries effluents are also characterized by high wastewater generation in the range of 30–35 L Kg^{-1} skin/hides process with a variable pH, high concentration of suspended solid, BOD, chromium, COD, and sulfides as well as low

TR 17:23 02.01.2018



gave access to pollutants (COD, Color, Cr, and NH_3-N) removal efficiency 73, 94, 100 and 51%, respectively. With the above-mentioned conditions, it can be harvested a significant amounts of hydrogen gas by EC technology. In this study it can be reported that the hydrogen was lost in the liquid effluent from the gas separation tank. Ultimately, the energy yield of harvested hydrogen was 16% of the electrical energy demand of the electrocoagulation process.

In view of our results, the optimum conditions for iron electrodes were determined. With effluent pH adjusted at about 7, , the use of a current density of 14 mA/cm^2, and an EC time of 125 min, gave access to pollutants (COD, Color, Cr, and NH_3-N) removal efficiency 67, 93, 100 and 46 %, respectively. And also, the energy yield of harvested hydrogen was 15 % of the electrical energy demand of the electrocoagulation process. Ultimately, pollutants removal efficiency and hydrogen gas production were more efficiently achieved by A1 electrodes than Fe electrodes. This highlights the high effectiveness of continuous EC process for tannery wastewater treatment used in this work.

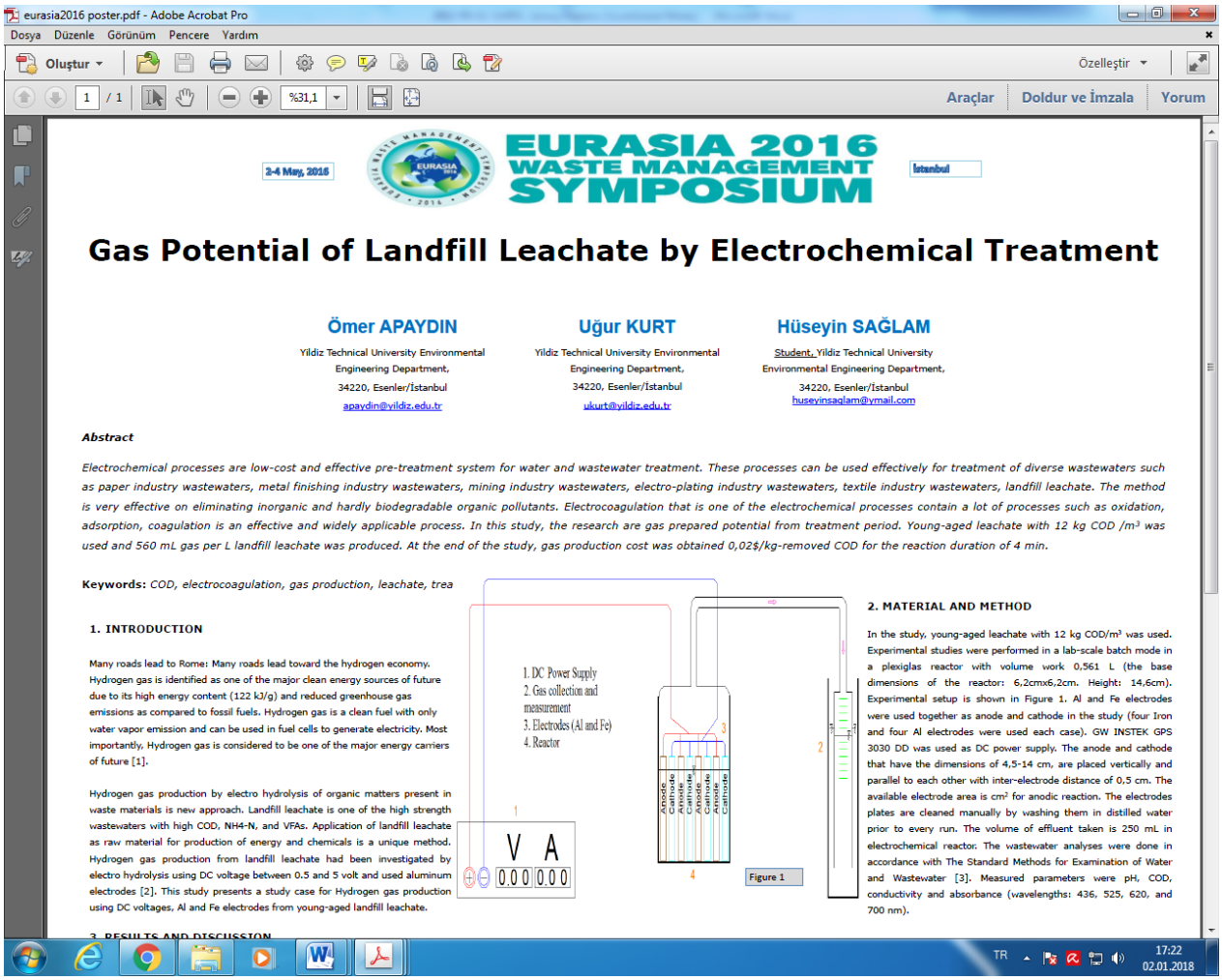
Acknowledgment

This study was supported by project no. (2012 -05- 02KAP02), YTU- Office of Scientific Research Project Coordination and performed in the laboratories of Environmental Engineering Department, Yildiz Technical University.

References

[1]. L. Szpyrkowicz, G.H. Kelsall, S. N. Kaul, M. D. Faveri, Performance of electrochemical reactor for treatment of tannery wastewaters, Chem. Eng. Sci.,56 (2001) 1579 -1586.
[2]. M. Panizza , G. Cerlsola, Electrochemical Oxidation as a Final Treatment of Synthetic Tannery Wastewater, Environ. Sci. Technol. 38, (2004), 5470-5475.
[3]. A. Cassano, R. Molinari, M. Romano, E. Drioli, Treatment of aqueous effluents of the leather industry by membrane processes: A

Ek-4



eurasia2016 poster.pdf - Adobe Acrobat Pro

Dosya Düzenle Görünüm Pencere Yardım

Oluştur Özelleştir

1 / 1 %31,1 Araçlar Doldur ve İmzala Yorum

2-4 May, 2016

EURASIA 2016 WASTE MANAGEMENT SYMPOSIUM

İstanbul

Gas Potential of Landfill Leachate by Electrochemical Treatment

Ömer APAYDIN
Yildiz Technical University Environmental Engineering Department,
34220, Esenler/Istanbul
apaydin@yildiz.edu.tr

Uğur KURT
Yildiz Technical University Environmental Engineering Department,
34220, Esenler/Istanbul
ukurt@yildiz.edu.tr

Hüseyin SAĞLAM
Student, Yildiz Technical University Environmental Engineering Department,
34220, Esenler/Istanbul
huseyinsaglam@ymail.com

Abstract

Electrochemical processes are low-cost and effective pre-treatment system for water and wastewater treatment. These processes can be used effectively for treatment of diverse wastewaters such as paper industry wastewaters, metal finishing industry wastewaters, mining industry wastewaters, electro-plating industry wastewaters, textile industry wastewaters, landfill leachate. The method is very effective on eliminating inorganic and hardly biodegradable organic pollutants. Electrocoagulation that is one of the electrochemical processes contain a lot of processes such as oxidation, adsorption, coagulation is an effective and widely applicable process. In this study, the research are gas prepared potential from treatment period. Young-aged leachate with 12 kg COD /m³ was used and 560 mL gas per L landfill leachate was produced. At the end of the study, gas production cost was obtained 0,02$/kg-removed COD for the reaction duration of 4 min.

Keywords: *COD, electrocoagulation, gas production, leachate, trea*

1. INTRODUCTION

Many roads lead to Rome: Many roads lead toward the hydrogen economy. Hydrogen gas is identified as one of the major clean energy sources of future due to its high energy content (122 kJ/g) and reduced greenhouse gas emissions as compared to fossil fuels. Hydrogen gas is a clean fuel with only water vapor emission and can be used in fuel cells to generate electricity. Most importantly, Hydrogen gas is considered to be one of the major energy carriers of future [1].

Hydrogen gas production by electro hydrolysis of organic matters present in waste materials is new approach. Landfill leachate is one of the high strength wastewaters with high COD, NH4-N, and VFAs. Application of landfill leachate as raw material for production of energy and chemicals is a unique method. Hydrogen gas production from landfill leachate had been investigated by electro hydrolysis using DC voltage between 0.5 and 5 volt and used aluminum electrodes [2]. This study presents a study case for Hydrogen gas production using DC voltages, Al and Fe electrodes from young-aged landfill leachate.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Figure 1

2. MATERIAL AND METHOD

In the study, young-aged leachate with 12 kg COD/m³ was used. Experimental studies were performed in a lab-scale batch mode in a plexiglas reactor with volume work 0,561 L (the base dimensions of the reactor: 6,2cmx6,2cm. Height: 14,6cm). Experimental setup is shown in Figure 1. Al and Fe electrodes were used together as anode and cathode in the study (four Iron and four Al electrodes were used each case). GW INSTEK GPS 3030 DD was used as DC power supply. The anode and cathode that have the dimensions of 4,5-14 cm, are placed vertically and parallel to each other with inter-electrode distance of 0,5 cm. The available electrode area is cm² for anodic reaction. The electrodes plates are cleaned manually by washing them in distilled water prior to every run. The volume of effluent taken is 250 mL in electrochemical reactor. The wastewater analyses were done in accordance with The Standard Methods for Examination of Water and Wastewater [3]. Measured parameters were pH, COD, conductivity and absorbance (wavelengths: 436, 525, 620, and 700 nm).

TR 17:22 02.01.2018