



## Tekstil Endüstrisi Atık Suyunun Renk Giderimi İçin Elektrokoagülasyon Yöntemi Uygulaması

İbrahim ÜÇGÜL\*, Kübra Arzu İSKENDER

Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü 32260 Çünür-İSPARTA

\* Sorumlu yazarın e-posta adresi: [ibrahimucgul@sdu.edu.tr](mailto:ibrahimucgul@sdu.edu.tr)

### **ÖZET:**

Bu çalışmada, tekstil endüstrisi atık suların renk giderimi konusunda yapılan çalışmalar ortaya konmuş ve tekstil sanayi atık suyunun Elektrokoagülasyon yöntemi kullanılarak arıtılabilirliği incelenmiştir.

Bu amaçla mono polar paralel bağlı alüminyum elektrotları kullanarak, elektrokoagülasyon yönteminin performansı araştırılmıştır, elektrokoagülasyon yönteminde; renk giderim verimi üzerine çalışma yapılmıştır, yapılan deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen veriler değerlendirilerek elektrokoagülasyon yönteminin olumlu sonuçları gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, tekstil sanayi atık suyunun renk gideriminde elektrokoagülasyon yönteminin etkili bir yöntem olduğu ortaya konulmuştur.

*Anahtar Kelimeler: Tekstil Atık Suyu, Renk Giderimi, Elektrokoagülasyon Yöntemi*

## Application of Electrocoagulation Method for Decolorization of Textile Industry Wastewater

### **ABSTRACT :**

In this studies, conducted studies about decolorization of textile industry wastewater have been explained and treatability using the method of electrocoagulation of textile industry wastewater have been investigated. To this end, using monopolar parallel connected aluminum electrodes, performance of electrocoagulation method was investigated. In the method of electrocoagulation has been worked through on decolorization efficiency. Acquired data in result of experimental studies have been analysed and positive results of electrocoagulation have been observed. As a result, electrocoagulation method has been demonstrated to be an effective method in decolorization of textile industry wastewater.

*Keywords: Textile Waste Water, Color Removal, Electrocoagulation Method*

## **1. GİRİŞ**

Türkiye’de en gelişmiş endüstri dallarından biri olan tekstil endüstrisi toplam endüstriyel üretimin yaklaşık olarak %40’ını oluşturmaktadır [1]. Tekstil endüstrisi kullanılan hammadde çeşitliliği, uygulanan tekniklerin ve elde edilen ürünlerin tesisten tesise farklılık göstermesi; oluşan atık suyun miktarında, kirleticilerin türlerinde ve konsantrasyonlarında farklılıklara neden olmaktadır [2,3]. Ancak genel olarak tekstil endüstrisi oldukça büyük hacimlerde, renkli, yüksek KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı, mg/L), AOX (Adsorplanabilir Klorlu Bileşikler), toplam çözünmüş madde, ağır metal içeren atık sular üretmektedir [4,5]. Boyama prosesi tekstil endüstrisinde en önemli atık su kaynaklarından birini oluşturmaktadır. Her yıl yaklaşık olarak 50,000 ton boyarmadde ve daha fazla boyama prosesinde kullanılan yardımcı kimyasal maddeler boyama prosesi sonucu alıcı ortamlara deşarj edilmektedir. Kullanılan ticari boyaların %50’sini oluşturan azo boyarmaddeler tekstil endüstrisinde en yaygın olarak kullanılan boyarmadde sınıfını oluşturmaktadır [6,7]. Boyama işleminin ardından önemli miktarda boyarmadde atık suya geçmektedir. Renkli tekstil atık suları hem estetik açıdan kirlenmeye neden olmakta hem de ışık geçirgenliğini azaltmaktadır. Işık geçirgenliğinin azalması ve çözünmüş oksijen miktarının düşmesi, ekosistemde canlıların yok olmasına neden olmakla birlikte suyun yeniden kullanım imkânlarını da kısıtlamaktadır. Ayrıca bazı boyarmaddelerin

ve bunların bozunmasıyla oluşan ürünlerin toksik ve kanserojen etkileri olduğu bilinmektedir [8]. Bu nedenlerden dolayı tekstil endüstrisi atık sularından renk arıtımının yapılması çok önemlidir.

## **2. ELEKTROKOAGÜLASYON**

Tekstil endüstrisi atık sularının arıtılması amacıyla biyolojik, fizikokimyasal (adsorbsiyon, koagülasyon) arıtma yöntemleri, ileri oksidasyon prosesleri ve elektrokimyasal prosesler kullanılmaktadır [9,7]. Biyolojik prosesler diğer proseslerden yaklaşık olarak 10 kat ucuz olmalarına karşın biyolojik ayrışmaya dirençli ve toksik etkileri nedeniyle bakteriyel büyümeyi inhibe eden boyarmaddeler nedeniyle tekstil atık sularının arıtımında daha az etkilidir [10,11]. Kirleticilerin atık sudan katı faza transferine dayanan fizikokimyasal prosesler ise oldukça pahalı ve düşük verimli proseslerdir. Ayrıca, koagülasyon prosesinde kimyasal madde ilavesi gerekmekte ve bu da ikincil bir kirlenmeye neden olmaktadır [12,13]. Ozonlama ve ileri oksidasyon prosesleri tekstil atık sularında renk gideriminde oldukça etkili olmasına karşın atık sudaki bileşenlerin tamamen oksitlenebilmesi için yüksek maliyet gerektirmeleri ve klorlu organik bileşikler gibi toksik ara ürünler oluşturma ihtimali bu proseslerin

kullanımını kısıtlamaktadır. Ayrıca,  $H_2O_2/UV-C$  ya da  $TiO_2/UV$  gibi foto oksidasyon prosesleri kimyasal ilavesi gerektirmekte ve bu da ikincil kirlenmeye neden olmaktadır [14,15,13]. Son yıllarda elektrokoagülasyon prosesi tekstil atık sularının arıtımında başarı ile uygulanmaktadır. Elektrokoagülasyon prosesi genellikle demir ve alüminyum gibi çözünen elektrotların elektrik akımı ile çözünmesiyle oluşan metal hidroksitlerin atık suda oluşturulmasına dayanmaktadır. Elektrokoagülasyon prosesinin verimi atık suyun iletkenliği, pH'sı, partikül boyutu ve boyarmaddelerin çözünürlüğü, molekül ağırlığı gibi koşullara bağlıdır. Ancak elektrokoagülasyon prosesinin basit ve aynı zamanda yüksek arıtma verimine sahip olması, ekonomikliği, ekstra kimyasal madde kullanımı gerektirmemesi dolayısıyla da ikincil kirlenmeye neden olmaması ve daha az çamur üretimi gibi birçok avantaja sahiptir [16,11,17,18].

Elektrokoagülasyon atık su arıtımı ilk olarak 1889'da İngiltere'de önerilmiştir [19]. Daha sonra ABD'de 1909'da demir ve alüminyum elektrotlar kullanılarak elektrokoagülasyon ile atık suların arıtımı ile ilgili bir patent alınmıştır. Büyük ölçekte elektrokoagülasyon ile içme sularının arıtımı ilk olarak 1946'da ABD'de uygulanmıştır. Bu metotta

alüminyum anotlar kullanılarak elektrokimyasal hidroliz ile alüminyum hidroksit flokları oluşturulmuştur. Elektroliz ile oluşan flokların çökmesi veya sedimantasyonu hızlıdır. Yöntemin uygulanması ile içme sularından renk giderimi gerçekleştirilmiş olmaktadır. Aynı sistem ile demir elektrotlar kullanılarak 1956'da İngiltere'de nehir suları arıtılmıştır. 1946 ve 1956 yıllarında yapılan iki araştırmada renk ve türbitide gideriminde yüksek kalitede arıtılmış suyun elde edilmesi, sonuçların ümit verici olduğunu göstermiştir. Kimyasal koagülasyon ile karşılaştırıldığında yüksek başlangıç yatırım maliyetinden dolayı o yıllarda pek kabul görmemiştir. Son zamanlarda, atık su deşarj standartlarına getirilen sınırlamalardan dolayı elektrokoagülasyon yeniden gündeme gelmiştir. 1972'de elektrokoagülasyon ile gıda endüstrisi atık suları arıtılmıştır. Bu çalışmada; elektrokoagülasyon çözülmüş hava flotasyonu ile yapılan kimyasal dozlama ile karşılaştırılmıştır. Her iki proseste de flok oluşumu söz konusu olup, elektrokoagülasyonda daha hızlı yoğun bir floklaşma gözlenmiştir [19].

1980'de Rus bilim adamları, yağlı atık suların farklı metotlar ile arıtımını incelemişler ve elektrokoagülasyon ile bu konudaki düşüncelere yeni bakış açısı

getirmişlerdir. Alüminyum elektrotlar kullanıldığında istenmeyen çökeltilerin oluşumu yukarıdaki çalışmaların ortak görüşüdür. Elektrokoagülasyon esnasında meydana gelen çökeltiler genellikle çok fazla metal hidroksit oluşumundan kaynaklanmaktadır. Bu hidroksitler, çözünen elektrot malzemesinden ileri gelmektedir. Eğer alüminyum elektrotlar kullanılıyorsa, sonuçta oluşacak çökeltiler çöp sahalarına boşaltılmaktadır. Elektrokoagülasyonda, bundan dolayı demir elektrotlar daha fazla tercih edilmektedir. Çünkü çöp depo alanlarında ağır metal kirliliği ortaya çıkabilmektedir. Elektrokoagülasyonda demir elektrot kullanılması halinde, alüminyum elektrot kullanılan sistem kadar renk açısından bir şeffaflık sağlanamamaktadır. Çok az miktarda da olsa çözülmüş demir iyonları suda renk oluşumuna yol açmaktadır [20].

Elektrokoagülasyon proseslerinde genellikle doğru akım (DC) ve alternatif akım (AC) güç sağlayıcıları kullanılmaktadır. 1980'li yılların başında alternatif akım kullanan EC sistemleri üzerine çalışmalar yapıldığı görülmektedir. Özellikle maden endüstrisinde oluşan kömür partikülleri ve süspansiyonların stabilitesi yani kararlılığın kırılmasında alternatif akımlı elektrokoagülasyon sistemi kullanılmıştır [20].

Kimyasal koagülasyon, koloidal süspansiyon içindeki yüklü partiküllerin zıt yüklü iyonlarla karşılıklı çarpışması ile nötralize edilip bir araya toplanarak çökelmelerinin sağlanması olayıdır. Bu amaçla uygun kimyasal maddeler (Alum, Demir sülfat vb.) ilave edilmektedir. Koagülasyon, koloidal partiküllerin net yüzey yükünün azaltılması sonucu elektrostatik itme kuvvetiyle sıkışması nedeniyle bir araya gelip yeterli Van der Waals kuvvetiyle tutunup birikmesi sonucu gerçekleşmektedir. Elektrolitteki zıt yüklerin neden olduğu elektriksel çift tabakanın itme potansiyelindeki azalma, yüzey yükünün azaltılması ile sağlanmaktadır.

Kimyasal koagülasyondan farklı olarak, elektrokoagülasyon prosesinde koagülen uygun anot materyalinin elektrolitik oksidasyonu sonucu oluşmaktadır. Bu proseste yüklü iyon türleri ile anottan çözülmüş olan metal iyonları, metal hidroksit floklarını oluşturmaktadır. Ancak elektrokoagülasyonda oluşan flokların özellikleri kimyasal koagülasyon ile oluşan floklardan daha farklıdır. Elektrokoagülasyonda oluşan floklar daha az su bağlama eğilimindedir yani daha az su içeriğine sahiptirler. Floklar daha düşük dirence sahip olduklarından daha kolay filtre edilebilmektedirler [21,17].

Elektrokoagülasyon prosesinde genellikle ardı ardına üç aşamanın olduğu kabul edilmektedir;

- Elektrolitik oksidasyonda çözünen elektrot ile koagülan türlerinin oluşumu
- Kirleticilerin destabilizasyonu, partikül süspansiyonu ve emülsiyonların kırılması
- Destabilize edilmiş fazlarda flokların toplanması

Kirleticilerin destabilizasyon mekanizması, partikül süspansiyonu ve emülsiyon kırılması aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır [17];

- Çözelti içinden geçen akım nedeniyle çözünen elektrotun çözünmesi ile meydana gelen iyonların etkileşimleri sonucu yüklü türlerin, oluşan iyonlar etrafındaki dağınık çift tabakanın sıkıştırılması sağlanmaktadır.
- Sudaki mevcut iyonik türlerin yüklerinin nötralizasyonu elektrokimyasal olarak çözünen elektrotlar tarafından üretilen zıt iyonlarla sağlanmaktadır.

Elektrokoagülasyonun mekanizması, ortamın kimyasal özelliğine ve iletkenliğe bağlıdır. Ayrıca pH, ortamdaki kolloidal partiküllerin boyutu ve kimyasal türlerin

konsantrasyonu gibi özellikler de elektrokoagülasyon prosesini etkilemektedir[17].

Son yıllarda elektrokimyasal prosesler ile atık suların arıtımı üzerine yoğun bir ilgi bulunmaktadır. Elektrokimyasal atık su arıtım prosesleri arasında gerçek anlamda uygulamaya geçen elektrokoagülasyondur.

Elektrokoagülasyon atıksuların arıtımı için basit ve etkili bir yöntemdir. Yüksek renk giderimi elde edilmesi sebebiyle tekstil atıksularının arıtımı sırasında elektrokimyasal yöntemlerin daha fazla kullanıldığı görülmektedir.

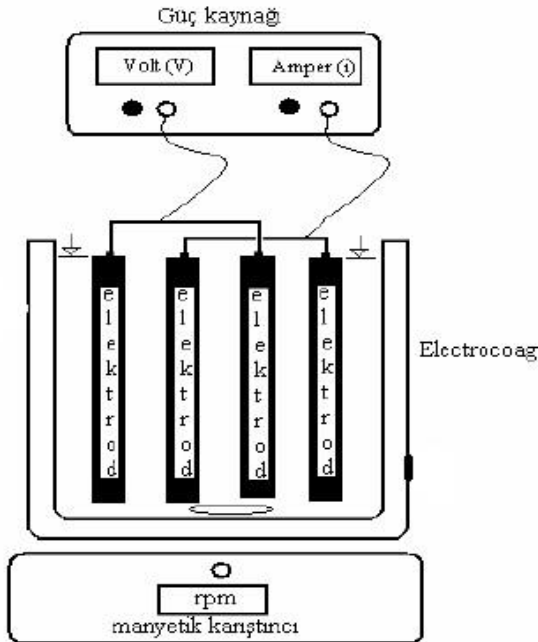
### **3. DENEYSEL ÇALIŞMA**

Bu çalışmada kullanılan tekstil atık suyu Isparta Organize Sanayi Bölgesinde bulunan Diriteks – Diriliş Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş. fabrikasından alınmıştır. Kullanılan bu tekstil atık suyu pH 7'dir. Deneyler AD1, AD2 ve AD3 olarak isimlendirilmiş ve deney grup özellikleri Tablo 1.'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Elektrokoagülasyon Yöntemi ile Arıtma İşlemi Deney Grupları ve İçerikleri

Deney Düzeneği	Kullanılan Atık Su	Başlangıç pH'ı	Kullanılan Elektrot	Kullanılan Yardımcı Kimyasal Madde	Yöntemin Uygulama Süresi
AD1	Diriteks Atık Suyu	7	Alüminyum plaka	Yok	20 dk
AD2	AD1 işlemine tabii tutulmuş su	9	Alüminyum folyodan plaka	Yok	20 dk
AD3	Diriteks Atık Suyu	10	Alüminyum plaka	NaOH	20 dk

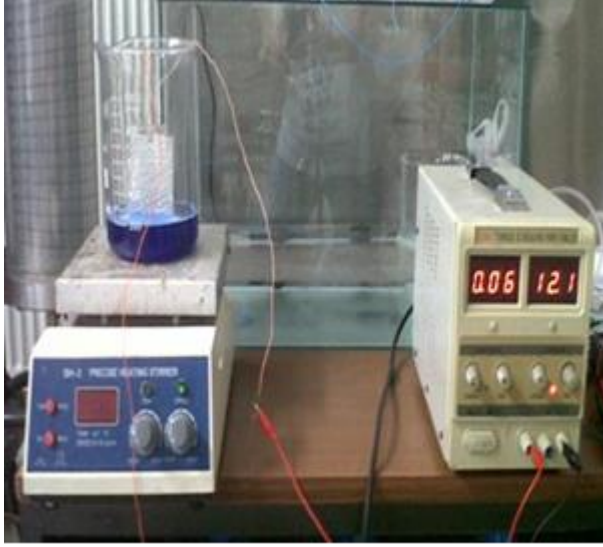
Elektrokoagülasyon deneylerinin gerçekleştirildiği deney düzeneği şematik görüntüsü Şekil 1.'de gösterilmiştir. Akım ve voltaj kontrollü dijital bir güç kaynağı (T-ECHNI-C TT305W/LED DC REGULATING POWER STABILIZER) ile sağlanmıştır.



**Şekil 1.** Deney Düzeneğinin Şematik Görüntüsü [22]

Karıştırma bir manyetik karıştırıcı (SH-3 PRECISE HEATING STIRRER) ile sağlanmıştır. Elektrokoagülasyon deney düzeneklerinde 1000 ml'lik cam beher kullanılmıştır. Deney düzeneklerinde 200 ml çözelti kullanılmıştır. Reaktörde monopolar paralel bağlı şekilde 4 elektrot kullanılmıştır. Elektrotlar 15 mm aralıklarla yerleştirilmiş ve yükseklik olarak, 30 mm'si elektrolite batmış durumdadır. Elektrot materyali olarak 85x48x0,5 mm boyutlarında, 1440 mm<sup>2</sup> aktif yüzey alanına sahip alüminyum plakalar ve 100x50x1 mm boyutlarında, 1500 mm<sup>2</sup> aktif yüzey alanına sahip alüminyum folyodan yapılmış plakalar kullanılmıştır. Numune pH'ları, pH kâğıdı ile ölçülmüştür. Deney sonunda süzülen numunelerin içindeki renklilik Spektrofotometre (Jenway 6300 VIS Spektrofotometre, 110-1000 nm) cihazı ile ölçülmüştür. Şekil 2'de deneysel

çalışmada kullanılan elektrokoagülasyon deney düzeneği gösterilmiştir. Deneysel SDÜ Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölüm laboratuvarında yapılmıştır.



**Şekil 2.** Deneysel Çalışmada Kullanılan Elektrokoagülasyon Deney Düzeneği

#### **AD1 Deneyi;**

85x48x0.5 mm boyutlarındaki alüminyum plakalardan olan elektrotlar 15 mm aralıklarla, elektrokoagülasyon reaktörüne yerleştirildikten sonra hücreye 200 ml elektrolit (atıksu) konulmuştur. Karıştırıcının hızı 250 dev/dk olarak ayarlanmıştır. Güç kaynağı üzerinde 60mA/cm<sup>2</sup> akım ve 14V voltaj ayarlaması yapıldıktan sonra 20 dakika çalıştırılmıştır. Deney bitiminden sonra reaktörden alınan numuneler önce 1 saat çökmeye bırakılmıştır. Sonrasında filtre kâğıdından süzölmüştür. Şekil 3.'de deney sonrası süzölen numuneyi göstermektedir.



**Şekil 3.** AD1 Deneyi Sonrası Süzölen Numune

#### **AD2 Deneyi;**

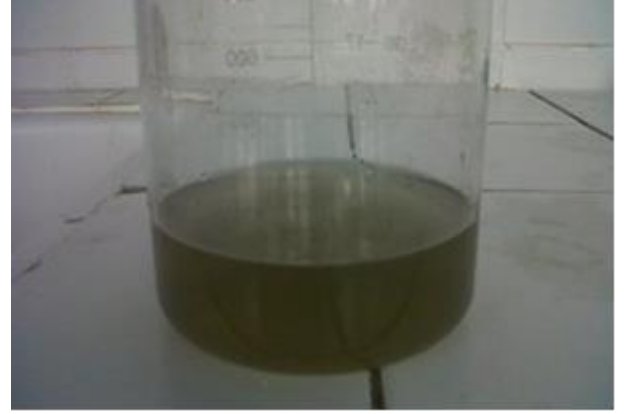
100x50x1 mm boyutlarındaki alüminyum folyodan yapılmış plakalardan olan elektrotlar 15 mm aralıklarla, elektrokoagülasyon reaktörüne yerleştirildikten sonra hücreye deney 1'den alınan numuneden 200 ml elektrolit (atık su) konulmuştur. Karıştırıcının hızı 250 dev/dk olarak ayarlanmıştır. Güç kaynağı üzerinde 60 mA/cm<sup>2</sup> akım ve 14V voltaj ayarlaması yapıldıktan sonra 20 dakika çalıştırılmıştır. Deney bitiminden sonra reaktörden alınan numuneler önce 1 saat çökmeye bırakılmıştır. Sonrasında filtre kâğıdından süzölmüştür. Şekil 4.'de deney sonrası süzölen numuneyi göstermektedir. Süzölmüş numuneler daha sonra analiz edilmiştir.



Şekil 4. AD2 Deneyi Sonrası Süzülen Numune

#### AD3 Deneyi;

85x48x0.5 mm boyutlarındaki alüminyum plakalardan olan elektrotlar 15 mm aralıklarla, elektrokoagülasyon reaktörüne yerleştirildikten sonra hücreye 300 ml elektrolit (atık su) konulmuştur. Elektrolit içine 0.55 gr NaOH eklenmiştir. Karıştırıcının hızı 250 dev/dk olarak ayarlanmıştır. Güç kaynağı üzerinde 60mA/cm<sup>2</sup> akım ve 14V voltaj ayarlaması yapıldıktan sonra 20 dakika çalıştırılmıştır. Deney bitiminden sonra reaktörden alınan numuneler önce 1 saat çökmeye bırakılmıştır. Sonrasında filtre kâğıdından süzülmüştür. Şekil 5.'de deney sonrası süzülen numuneyi göstermektedir. Süzülmüş numuneler daha sonra analiz edilmiştir.



Şekil 5. AD3 Deneyi Sonrası Süzülen Numune

#### 4. SONUC

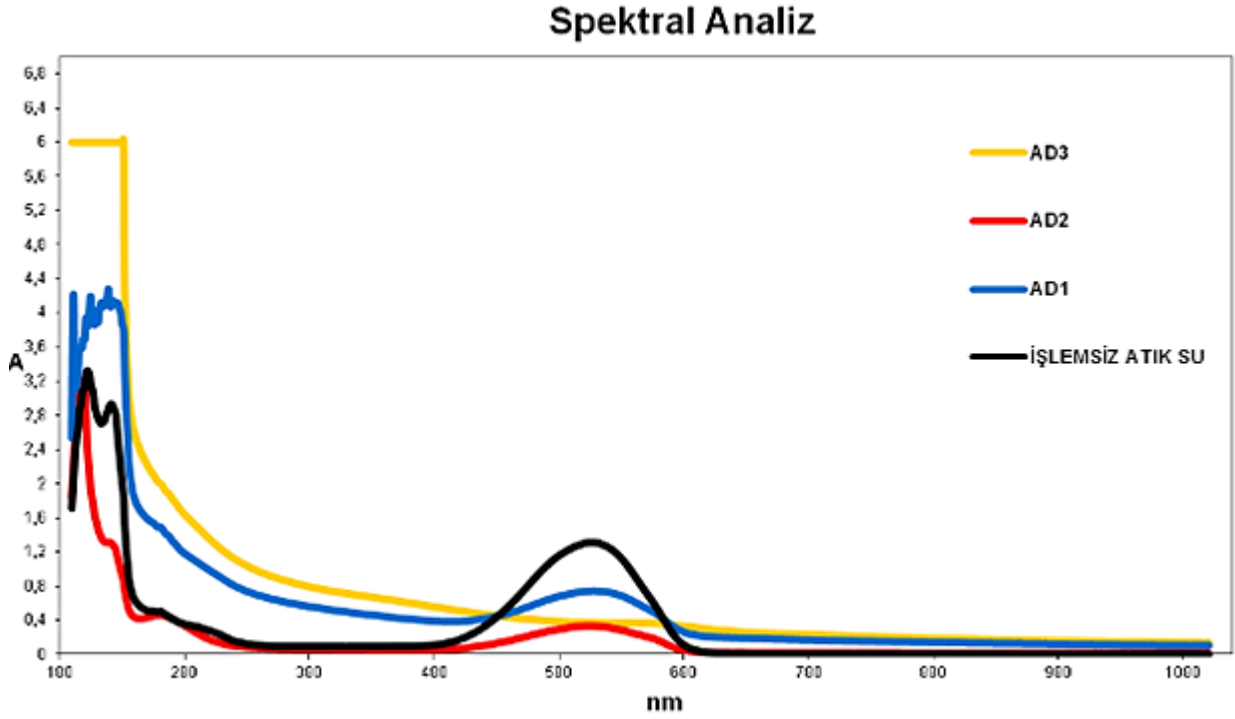
Bu çalışmanın amacı, Elektrokoagülasyon prosesi ile bir tekstil sanayi atık suyunun arıtılabilirliğini incelemektir. Bu amaçla Elektrokoagülasyon prosesinin performansının renk giderme verimi üzerine etkisi araştırılmıştır.

AD1'de hiçbir kimyasal kullanmadan alüminyum plaka elektrotlarla renk giderimi incelenmiştir. Kullanılan boyalı atık suyun başlangıç pH'ı 7'dir. Deney sonunda pH 9 ve renk giderme verimi %43 olarak bulunmuştur. AD2'de yine hiçbir kimyasal kullanmadan bu sefer alüminyum folyodan yapılmış plaka elektrotlarla renk giderimi incelenmiştir. Bu deneyi, numuneyi AD1'den alarak, AD1'in devamı niteliğinde yapılmıştır. Başlangıç pH'ı 9 ve deney sonu pH'ı 9.5 olarak ölçülmüştür. Bu deney de renk giderme verimi %35 olarak bulunmuştur ancak bulanıklık %99 giderilmiştir.



AD3'te kullanılan atık suyun içine 0.55 gr NaOH eklenmiştir. Bu deneyde başlangıç pH'ı 10 ve son pH'ı 11 olarak ölçülmüştür. Renk giderme verimi bu deneyde %98 olarak bulunmuştur. Boya giderme verimi boya konsantrasyonu

artıkça düşmektedir. Şekil 6.'da bu durumu doğrular nitelikteki spektrofotometre ile ölçülerek belirlenen sonuçları gösterilmiştir.



Şekil 6. AD1, AD2, AD3 ve İşlem görmemiş atık suyun renklilik değerlerinin Spektrofotometrik analizi

Sonuç olarak bu çalışmada, NaOH ilaveli Elektrokoagülasyon prosesiyle AD3 deneyinin tekstil sanayi atıksularından renk gideriminde başarılı olduğu gözlemlenmiştir.

Bu yöntemin bazı avantajları şunlardır; basit ekipmanlar ve işletme şartları gerektirmektedir. Atık suların elektrokoagülasyon ile arıtılması sonucu renksiz, kokusuz ve berrak sular elde edilmektedir. Oluşan çamur, metal oksit

ve metal hidroksitlerden oluştuğu için kolaylıkla stabil hale getirilmekte ve susuzlaştırılabilmektedir. Çamur miktarı azdır. Oluşan floklar kimyasal floklara benzemekle birlikte; daha büyük floklar olma eğiliminde ve daha az bağl su içermektedirler. Asidik ortama dirençli ve stabil olup, filtrasyonla daha hızlı ayrılabilirler. Kimyasal arıtma ile karşılaştırıldığında elektrokoagülasyon çıkış suyu daha az toplam çözünmüş katı madde içermektedir. Bu suların tekrar

kullanılması durumunda düşük toplam katı madde seviyesi geri kazanım giderinin daha düşük olmasına katkıda bulunmaktadır. Elektrokoagülasyon prosesi en küçük kolloidal parçacıkları giderme avantajına sahiptir çünkü cihazların uyguladığı elektrik alan onların daha hızlı hareket etmelerini sağlayarak koagülasyonu kolaylaştırmaktadır. Elektrokoagülasyonda kimyasal madde kullanımından kaçınılmakta ve böylece kimyasal koagülasyonda ilave edilen yüksek konsantrasyondaki kimyasal maddelerin neden olabileceği ikincil kirlenme olasılığı ve aşırı kimyasalların nötralizasyonu problemi engellenmiş olmaktadır. Elektroliz sırasında üretilen gaz kabarcıkları kirleticileri çözelti yüzeyine taşıyabilmekte ve daha kolay ayrılmaları sağlanabilmektedir. Elektrokoagülasyon hücresi içerisindeki elektrotlar sabit konumda olup, elektriksel olarak kontrol edilmekte ve böylece daha az bakım gerektirmektedir.

Elektrokoagülasyon yöntemi, elektrik kullanımının yeterli olmadığı kırsal alanlarda üniteye eklenen güneş panelleri vasıtasıyla uygulanabilir. Sonuç olarak, bu avantajlarından dolayı Tekstil atık sularının arıtılmasında Elektrokoagülasyon yönteminin kolaylıkla kullanılabilmesi ortaya konmuştur.

### Tesekkürler

Atık su temininden dolayı DİRİTEKS AŞ'ye teşekkür ederiz.

### **KAYNAKLAR**

- [1] İTKİB, İstanbul Tekstil ve Konfeksiyon İhracatçı Birlikleri, 2005. İhracat Raporu.
- [2] GÖKNİL H., TORÖZ İ., ÇİMSİT Y., 1984. Endüstriyel atıksuların kontrol ve kısıtlama esasları projesi – Tekstil Endüstrisi. İTÜ Çevre ve Şehircilik Uygulama Araştırma Merkezi, İstanbul.
- [3] TÜNAY O., 1996. Çevre Mühendisliğinde Kimyasal Prosesler, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi Matbaası, Maslak.
- [4] SHEN Z. M., WU D., YANG J., YUAN T., WANG W. H. and JIA J. P., 2005. Methods to improve electrochemical treatment effect of dye wastewater. Journal of Hazardous Materials, Baskıda.
- [5] GERMİRLİ F., TÜNAY O. ve ORHON D., 1990. An overview of the textile industry in Turkey-Pollution profiles and treatability characteristics. Water Science and Technology, 22(9), 265 – 274.

- [6] FERNANDES A., MORA A., MAGRINHO M., LOPES A. and GONÇALVES I., 2004. Electrochemical degradation of C. I. Acid Orange 7. *Dyes and Pigments*, 61, 287–296.
- [7] SNOWDEN-SWAN L. J., 1995. Pollution prevention in textile industries, in *industrial pollution prevention handbook*, Eds. Freeman, H.M., McGraw-Hill, Inc., New York.
- [8] BARRERA-DIAZ C., URENA-NUNEZ F., CAMPOS E., PALOMAR-PARDAVE M. and ROMERO-ROMO M., 2003. A combined electrochemical-irradiation treatment of highly colored and polluted industrial wastewater. *Radiation Physics and Chemistry*, 67, 657–663.
- [9] LEGRINI O., OLIVEROS E. and BRAUN A.M., 1993. Photochemical processes for water treatment. *Chemical Reviews*, 93, 671 – 698.
- [10] MOLLAH M. Y., MORKOVSKY P., GOMES J. A., KESMEZ M., PARGA J. R. and COCKE D. L., 2004. Fundamentals, present and future perspectives of electrocoagulation. *Journal of Hazardous Materials*, B114,199–210.
- [11] KIM T. H., PARK C., SHIN E. B. and KIM S., 2002. Decolorization of disperse and reactive dyes by continuous electrocoagulation process. *Desalination*, 150, 165-175.
- [12] BEHNAJADY M.A. and MODIRSHAHLA N., 2006. Kinetic modeling on photooxidative degradation of C.I. Acid Orange 7 in a tubular continuous-flow photoreactor. *Chemosphere*, 62, 1543 – 1548.
- [13] DANESHVAR N., OLADGARAGOZE A. and DJAFARZADEH N., 2005. Decolorization of basic dye solutions by electrocoagulation: An investigation of the effect of operational parameters. *Journal of Hazardous Materials*, Baskıda.
- [14] ARSLAN I. ve BALCIOĞLU I.A., 1999. Degradation of commercial reactive dyestuffs by heterogenous and homogenous advanced oxidation processes: a comparative study, *Dyes and Pigments*, 43, 95–108.
- [15] ARSLAN-ALATON İ, 2003. The effect of pre-ozonation on the biocompatibility of reactive dye hydrolysates. *Chemosphere*, 51, 825 – 833.

- [16] DANESHVAR N., SORKHABI H. A. and KASIRI M.B., 2004. Decolorization of dye solution containing Acid Red 14 by electrocoagulation with a comparative investigation of different electrode connections. *Journal of Hazardous Materials*, B112, 55–62.
- [17] MOLLAH M. Y., SCHENNACH R., PARGA J. R. and COCKE D. L., 2001. Electrocoagulation (EC)-science and applications. *Journal of Hazardous Materials*, B84, 29 – 41.
- [18] RAJESHWAR K. and IBANEZ J. G., 1997. *Environmental Electrochemistry, Fundamentals and Applications in Pollution Abatement*, pp. 361-496, 739-759, Academic Press, San Diego, California.
- [19] MATTESON M. J., DOBSON R. L., GLENN Jr. R. W., KUKUNOOR N. S., WAITS III. W. H. and CLAYFIELD E. J., 1995. Electrocoagulation and separation of aqueous suspensions of ultrafine particles. *Colloids and Surfaces A.*, 104, 101 – 109.
- [20] EPA, 1993. Electro-pure alternating current electrocoagulation. *Emerging Technol. Summary*, EPA-540/S-93/504, Washington.
- [21] WOYTOWICH D. L., DALYMPLE C. W. and BRITTON M. G., 1993. Electrocoagulation (CURE) treatment of ship bilgewater for the US coast Guard in Alaska. *J. Marine Technology Society*, 27, 62 – 75.
- [22] DELİPINAR Ş., 2007. *Maya Endüstrisi Atıksularının Elektrokoagülasyon ve Kimyasal Koagülasyon ile Arıtımı*, GYTE Müh. ve Fen Bil. Ens., Yüksek Lisans Tezi, Gebze, 3-81.