

## TEKSTİL İŞLETMESİ ATIKSULARINDA FENTON PROSESİ İLE AKUT TOKSİSİTE GİDERİMİ

*Saadet İLERİ\**  
*Feza KARAER\**

**Özet:** Çalışmada, tekstil işletmesi atık sularının, Fenton prosesi ile arıtılabilirliği araştırılmış ve *Daphnia magna* (su piresi) canlıları kullanılarak akut toksisite giderimi incelenmiştir. Bursa’da bulunan bir pamuklu tekstil işletmesinden numuneler alınarak, Fenton prosesi ile arıtımı yapılmış, sonrasında ise toksisite deneyi uygulanmıştır. Fenton prosesinde uygun pH, hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) ve demir III klorür ( $FeCl_3$ ) dozajları belirlenmiş, toksisite deneyinde ise *Daphnia magna* kullanılarak hem Fenton prosesi ile arıtılmış suda, hem de atık suda farklı seyreltme oranlarında toksisite izlemesi yapılmıştır. Çalışmalar sonucunda akut toksisite ölçüsü  $LD_{50}$  değerleri atık suda % 50, Fenton prosesi ile arıtılmış suda ise % 80 olarak belirlenmiştir. Bu çalışma ile Fenton prosesinin akut toksisite giderimine olumlu katkıda bulunduğu ortaya konmaya çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Tekstil işletmesi, Fenton prosesi, Akut toksisite, *Daphnia magna*.

### Removal of Acute Toxicity with Fenton Process in Textile Plant Waste Water

**Abstract:** In this work, the acute toxicity of waste water of textile plant was investigated using *Daphnia magna* (water fleas) and Fenton process. In this study, samples were taken from a cotton textile plant in Bursa at the first stage, the treatment was made by Fenton process and then the toxicity tests were performed. In Fenton process, the appropriate pH, dosage of hydrogen peroxide ( $H_2O_2$ ) and iron III chloride ( $FeCl_3$ ) were determined. In toxicity tests, monitoring of toxicity were made at different dilution rates using *Daphnia magna* both in treated water with Fenton process and in wastewater. The acute toxicity scale  $LD_{50}$  values were determined as %50 in raw water and % 80 in water treated with Fenton process. As a result, it can be concluded that Fenton process demonstrated a positive contribution to the removal of acute toxicity in textile wastewaters.

**Key Words:** Textile plant, Fenton process, Acute toxicity, *Daphnia magna*.

## 1. GİRİŞ

En fazla atık su debisine sahip endüstriyel sektörler arasında yer alan tekstil sektörünün atık suları karmaşık bir yapıya sahiptir (Mahmoodi ve Arami 2009, Kaptan 2002). Bu atık suların büyük kısmı ağartma, boyama ve yıkama işlemlerinden kaynaklanmaktadır. Asit, baz, boyarmadde, deterjan, tuz ve kullanılan diğer kimyasal maddelerin uygun bir arıtmadan geçirilmeden, alıcı ortama verilmesi halinde ciddi ve uzun süre kalıcı etkiler gösteren sonuçlar meydana gelebilmektedir (Birgül ve Solmaz, 2007).

Tekstil işletmeleri, yaş prosesler için çok büyük miktarlarda su ve kimyasal madde tüketmektedirler (Koner ve diğ. 2011, Verma ve diğ. 2012). Gerek boyama gerekse diğer işlemlerde kullanılan organik ve inorganik formdaki bileşiklerin çeşitliliğine bağlı olarak, ortaya çıkan atık suların özellikleri de farklı olmaktadır. Bu nedenle tekstil işletmesi atık suları yüksek konsantrasyonlarda boyarmadde ve askıda katı madde (AKM) içermektedir. Ayrıca, bu suların biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) da yüksektir (Kocaer ve Alkan 2002, Gao ve diğ. 2007, Mahmoodi ve Arami 2009, Verma ve diğ. 2012).

\* Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 16059 Görükle, Bursa.  
İletişim Yazarı: S.İleri (sileri@uludag.edu.tr)

Yüksek oranda KOI ve renk verici maddeler atık suyu estetik olarak kötüleştirmekte, atık suyun arıtımını güçleştirmekte, alıcı ortamdaki suyun ışık geçirgenliğini azaltmakta ve fotosentetik aktiviteyi olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca boyarmaddelerin bazı sucul organizmalarda birikmesi toksik ve kanserojenik ürünlerin meydana gelme riskini de beraberinde getirmektedir (Kocaer ve Alkan 2002, Kestioğlu ve diğ. 2005). Sucul organizmaların potansiyel etkilenmelerini tahmin etmede kimyasal ve fiziksel metotların yetersiz kalması nedeniyle, zehirlilik (toksikite) deneylerinin su kirlenmesi kontrolü açısından gerekliliği kaçınılmazdır (Kaptan, 2002).

Tekstil atık sularında genel olarak toksisitenin kaynakları üretim prosesleri sırasında kullanılan kimyasallar, boyarmaddeler ve boyamaya yardımcı kimyasallar olduğu için yapılan çalışmalarda da yüksek oranda KOI ve renk giderimi sağlandığında toksisite gideriminin de sağlandığı görülmektedir (Wang ve diğ. 2002, Meriç ve diğ. 2004, Mahomoodi ve Arami 2009, El-Gohary ve Tawfik 2009, Dave ve Aspegren 2010). Bu yüzden yüksek verimde KOI ve renk giderim yöntemleri aynı zamanda toksisite giderim yöntemleri olarak da kullanılmaktadır.

Dünyada giderek yaygınlık kazanan zehirlilik parametresi, Avrupa Birliği direktifleri (EC/91/271 ve EC/91/676) deşarj limitlerini baz alan İtalya atık su deşarj limitleri arasında yer almaktadır (D. Lgs 11 Mayıs 1999 tarihli resmi gazete, Ek. 3, Meriç 2002).

Türkiye'deki mevcut 31.12.2004 tarihli Su Kirlenmesi Kontrolü Yönetmeliği (SKKY)'ne bakıldığında balık zehirliliği baz alınarak zehirlilik, "zehirli olarak tanımlanan bir maddenin belirli bir konsantrasyondan fazla olarak su ortamında bulunmasıyla insan sağlığının, çeşitli indikatör organizmaların sağlığının ve ekosistem dengesinin tehdit edilmesi; akut veya kronik hastalıklara, teratojenik, genetik bozulmalara ve ölçümlere yol açma özelliği" ve zehirlilik seyrelme faktörü (ZSF) ise "atık suların zehirlilik derecesini belirlemede kullanılan bir birim" şeklinde tanımlanmıştır. Akut zehirlilik genellikle 24 saat içerisinde cevap alınan bir metot olup, çevre etkilerinin tanımlanmasında esas alınmaktadır (Alaton ve Teksoy 2007). Kirleticilerin tek bir dozda alınması neticesinde, kısa sürede ortaya çıkan ve belirtileriyle tanımlanabilen etkiye akut toksisite denmekte ve ölçüsü LD<sub>50</sub> ile ifade edilmektedir. Bu değer popülasyonda % 50 oranında ölüm oluşturan doz olarak tanımlanmaktadır (Meriç, 2002).

Atık su zehirlilik testleri aşağıda belirtildiği üzere pek çok amaç için yararlıdır:

- Su yaşamı için uygun çevre şartlarının belirlenmesi,
- Çözünmüş oksijen, pH, sıcaklık, tuzluluk, bulanıklık gibi parametrelerin uygun seviyelerinin belirlenmesi,
- Atık zehirliliğine etkili çevresel faktörlerin ortaya konması,
- Atıkların test canlılarına zehirlilik şeklinin ortaya konması,
- Bir deşarja veya zehirli maddeye su canlılarının relatif duyarlılıklarının test edilmesi,
- Su kirlenmesi kontrolü ihtiyaçlarını karşılamak için atık arıtma miktarının belirlenmesi,
- Arıtma metotlarının etkinliğinin belirlenmesi (Meriç, 2002).

Toksisite test metotları çok farklı canlı türleri için tanımlanmıştır. Yaygın olarak kullanılan organizma türleri şunlardır: *Daphnia magna*, *Ceriodaphnia dubia*, *Selenostrum capricornutum*, *Artemia salina*, *Gombusia affinis*, *Lepamis macrochirus*.

Yapılan bu çalışmada *Daphnia magna* isimli canlı türü kullanılmıştır. Zehirlilik izleme amacıyla *Daphnia magna* 'nın kullanımının avantajları şunlardır:

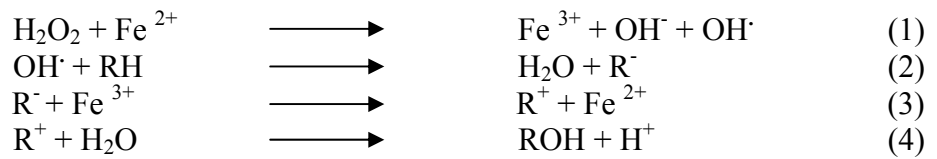
- Laboratuvar alt yapısı ve işletme giderleri düşüktür,
- Kısa sürede akut zehirlilik sonucu (24 saat) alınabilmektedir.
- Laboratuvarda yetiştirilebilmeleri ve genetik özellikleri bakımından tüm organizmaların aynı olabilmesi kirleticilere karşı verdikleri tepkinin yorumlanmasını kolaylaştırmaktadır.

Bu türün kullanımının dezavantajları ise,

- pH, çözülmüş oksijen, sıcaklık, iletkenlik gibi çevre şartlarına çok duyarlıdır.
- Sadece ölüm oranı ile ilgili sonuç vermektedirler (Meriç, 2002).

Çalışmada, tekstil işletmesi atık suyu etkin KOI ve renk gideriminin sağlandığı Fenton prosesi ile artılmıştır. Fenton oksidasyon reaksiyon hızı iki önemli faktörden etkilenmektedir; hidrojen peroksit dozu ve demir konsantrasyonu. Demir konsantrasyonu reaksiyon kinetiği açısından önemli olmasına karşın, peroksit dozu da daha iyi bir oksidasyon verimi sağlanması açısından önemlidir (Chamarro ve diğ. 2001, Chi Su ve diğ. 2011, Karthikeyan ve diğ. 2011). Fenton prosesi toksik organik maddeler içeren değişik birçok endüstriyel atık suyun arıtımı için kullanılmaktadır (Birgül ve Solmaz, 2007). Atık su arıtımında Fenton prosesi, atık su içerisinde bulunan oksitlenebilir maddelerle birlikte, özellikle atık suyun biyolojik arıtılmasını engelleyen veya toksik etkileri olan maddelerin arıtılmasında kullanılmaktadır (Külünk, 2000).

Fenton oksidasyonu demir II tuzları (genellikle  $FeSO_4$ ) ve hidrojen peroksidin ( $H_2O_2$ ) beraber bulunduğu ortamlarda meydana gelmektedir. Hidrojen peroksit ve demir II iyonları kuvvetli asit ortamda oldukça kararlıdır. Zincirleme reaksiyonlar sonucu oksitleme gücü yüksek hidroksil radikaller meydana gelmektedir. Oksidasyonla yüksek molekül ağırlıklı maddelere dönüşürken  $Fe^{+2}$  de  $Fe^{+3}$  e yükseltgenmektedir. Organik madde ve demir II iyonları bulunan kuvvetli asit bir ortama hidrojen peroksit ilave edildiğinde kompleks bir redoks reaksiyonu meydana gelmektedir. Bu reaksiyonun adımları şunlardır,



Reaksiyonlarda da görüldüğü üzere oluşan hidroksil kökü organik RH ile reaksiyona girerek boya moleküllerinin kromofor ve kromojenini yok etmekte ve rengi gidermektedir. (Üner 2002, Birgül ve Solmaz 2007, Karthikeyan ve diğ. 2011).

Çalışmada bir pamuklu tekstil işletmesinden numuneler alınarak, ilk aşamada, Fenton prosesi ile arıtım yapılmış, ikinci aşamada ise toksisite deneyi uygulanmıştır. Fenton prosesinde uygun pH, hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) ve demir III klorür ( $FeCl_3$ ) dozajları belirlenmiş, toksisite deneyinde ise *Daphnia magna* (su piresi) isimli canlılar kullanılarak hem fenton prosesi ile arıtılmış suda hem de ham atık suda, farklı seyreltme oranlarında zehirlilik izlemesi yapılmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Tekstil işletmesinden alınan atık suyun karakterinin belirlenmesi için çeşitli parametreler incelenmiştir. Çalışmalar sırasında bu parametrelerin analizinde Standart Metodlarda (APHA 1998) belirtilen yöntemler kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan pamuklu tekstil işletmesi atık suyunun karakteri Tablo 1’de verilmiştir. Tablo 2’de ise bu atık su türü için SKKY yönetmeliğine göre uyulması gereken deşarj standartları gösterilmiştir.

**Tablo 1. Pamuklu Tekstil Üretim Prosesi Atık su Karakterizasyonu**

Parametre	Atık Su Özellikleri
pH	8,68
Sıcaklık (°C)	28,3
İletkenlik (µs/cm)	3720
AKM (mg/l)	106
KOI (mg/l) (Aritma Girişi)	820
TDS (mg/l) (Toplam Çözünmüş Katı)	2570
Alkalinite (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	750
Sertlik (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	500
Toplam Azot (mg/l)	12,6
Toplam Fosfor (mg/l)	3,93
Baskın Dalga Boyu	600 nm (Orange-Red) absorbans 0,156

**Tablo 2. SKKY’ ne göre Pamuklu Tekstil vb. deşarj standartları (SKKY, 2004)**

Parametre	Kompozit Numune 2 Saatlik	Kompozit Numune 24 Saatlik
KOI (mg/l)	250	200
Toplam Askıda Madde (mg/l)	160	120
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	5	-
Serbest Klor (mg/l)	0,3	-
Toplam Krom (mg/l)	2	1
Sülfit (mg/l)	1	-
Sülfür (S <sup>-2</sup> ) (mg/l)	0,1	-
Yağ ve Gres (mg/l)	10	-
Balıkbiyodenyeyi (ZSF)	4	3
pH	6 – 9	6 – 9

Çalışmada, tekstil işletmesi atık suyu etkin KOI ve renk gideriminin sağlandığı Fenton prosesi ile arıtılmıştır. Bu arıtma işlemi adımları aşağıda verilmiştir.

### 2.1. Fenton Prosesi Uygulama Adımları

Fenton prosesi deneyleri Velp marka, FC6S model Jar test düzeneğinde gerçekleştirilmiştir. Bu prosede ilk adım uygun pH, FeSO<sub>4</sub> ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dozlarının belirlenmesidir.

Fenton deneyleri KOI ve renk gideriminde en iyi sonuçların alındığı optimum dozların belirlenmesi amacıyla farklı pH değerlerinde ve farklı FeSO<sub>4</sub> ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> konsantrasyonlarında gerçekleştirilmiştir. Optimum pH değerini belirlemek amacıyla 1 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ve 1 N NaOH kullanılarak atık suyun pH değeri 2-7 arasına ayarlanmıştır. Optimum pH değeri belirlenirken FeSO<sub>4</sub> ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dozları 50-300 mg/L arasında değiştirilmiş olup, optimum pH değerinde FeSO<sub>4</sub> ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'in optimum dozları tespit edilmiştir. Uygun doz ve pH belirleme çalışmaları yapıldıktan sonra bu sonuçlardan yararlanılarak atık su arıtılmıştır. Yapılan KOI ve renk deneyleri sonuçları bulgular kısmında verilmiştir. Renk değerlerinin ölçümünde Jenway marka 6015 model UV-Vis spektrofotometre kullanılmış ve renk ve KOI değerleri Standart Metotlarda belirtilen yöntemlere göre belirlenmiştir (APHA, 1998).

### 2.2. Akut Toksikite Deneyinin Yapılışı

Akut toksisite deneyi, 1 litre atık su ve Fenton prosesi uygulanmış 1 litre arıtılmış suyun çeşitli seyreltmelerinde yapılmıştır. pH değerleri 8'den yüksek olan atık suyun ve arıtılmış suyun pH değerleri H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> eklenerek 8'e ayarlanmıştır.

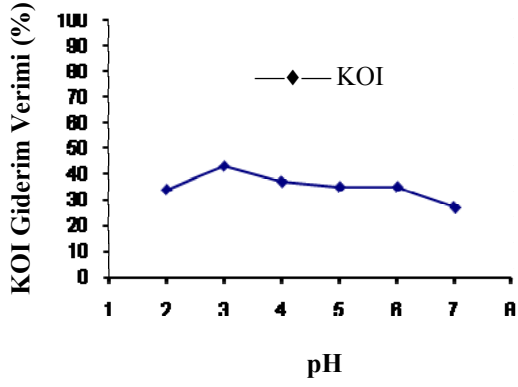
Atık su, saf su kullanılarak % 100 (250 ml atık su), % 90 (225 ml atık su/25 ml saf su), % 80 (200 ml atık su/50 ml saf su), % 50 (125 ml atık su/125 ml saf su), % 20 (50 ml atık su/200 ml saf su), % 10 (25 ml atık su/225 ml saf su), % 5 (12,5 ml atık su/237,5 ml saf su) ve % 1 (2,5 ml atık su/247,5 ml saf su) oranlarında seyreltilmiştir.

Fenton prosesi ile arıtılmış su ise; % 100 (250 ml arıtılmış su), % 80 (200 ml atık su/50 ml saf su), % 50 (125 ml arıtılmış su/125 ml saf su), % 20(50 ml arıtılmış su/200 ml saf su), %10 (25 ml arıtılmış su/225 ml saf su), % 5 (12,5 ml arıtılmış su/237,5 ml saf su) ve % 1 (2,5 ml arıtılmış su/247,5 ml saf su) oranlarında seyreltilmiştir.

Bu oranlarda seyreltilmiş her bir numune 500 ml'lik farklı beherlere aktararak her bir behere 20 adet 24 saatten küçük olan *Dafnia magnalar* eklenmiştir. Hava motoru ile her bir behere plastik borular yardımıyla gerekli oksijen sağlanmıştır. Gerekli oksijen plastik borular ucuna takılan hava taşları vasıtasıyla kabarcıklar halinde ortama verilmiştir. Her bir beher için gerekli olan oksijen miktarı 6 mg O<sub>2</sub>/L olarak tespit edilmiştir. Ortam sıcaklığı 20 ± 2°C ayarlanmış ve beherler 3000 lüks ışıkta 16 saat aydınlık, 8 saat karanlık foto periyodunda tutulmuştur. Deney süresince *Dafnia magnalara* besin verilmemiştir. Bu ortam koşullarında 24 saatlik süre sonunda hareketsiz olan bireylerin sayıları tespit edilmiştir (TS 6050 EN ISO 6341, Kabul Tarihi 09.04.1999).

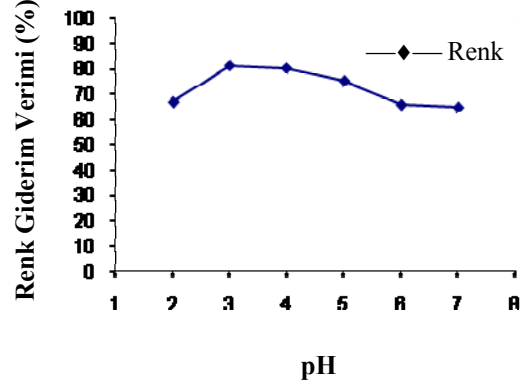
## 3. BULGULAR

Pamuklu tekstil işletmesi atık suyunun Fenton prosesi ile arıtılmasına ilişkin bulgular aşağıda verilmiştir. Şekil 2 ve Şekil 3 bu suyun farklı pH değerlerine karşılık KOI ve renk giderim yüzdelerini göstermektedir. FeSO<sub>4</sub> ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> = 150 mg/L, T = 20°C ve 2 dakika 100 devir/dk, 20 dakika 30 devir/dk karıştırma gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2:

*pH Değişimine Karşı KOI Giderim Verimi*

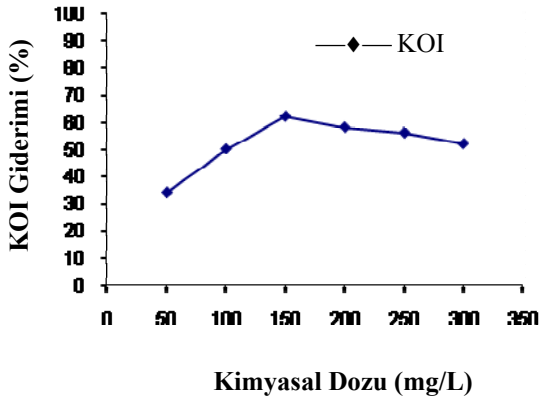


Şekil 3:

*pH Değişimine Karşı Renk Giderim Verimi*

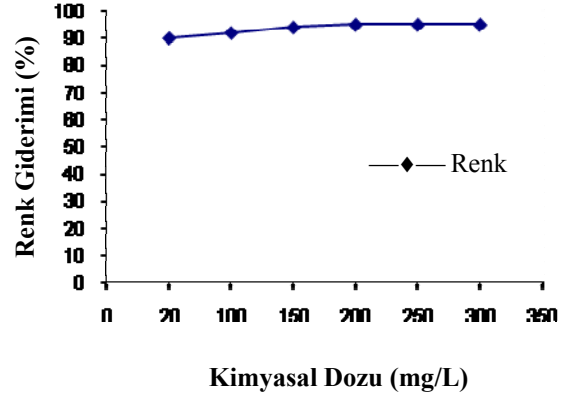
Grafiklerde de görüldüğü gibi, yapılan çalışmada uygun pH'ın 3 olduğu tespit edilmiştir. Bu pH' da KOI ve renk gideriminin maksimum düzeyde olduğu gözlenmiştir.

Şekil 4 ve Şekil 5 bu suyun farklı  $FeSO_4$  dozlarına karşı KOI ve renk giderim yüzdelerini göstermektedir ( $pH = 3$  ve  $H_2O_2 = 100$  mg/L,  $T = 20^{\circ}C$ ).



Şekil 4:

*Farklı  $FeSO_4$  Dozları ile KOI Giderimi*

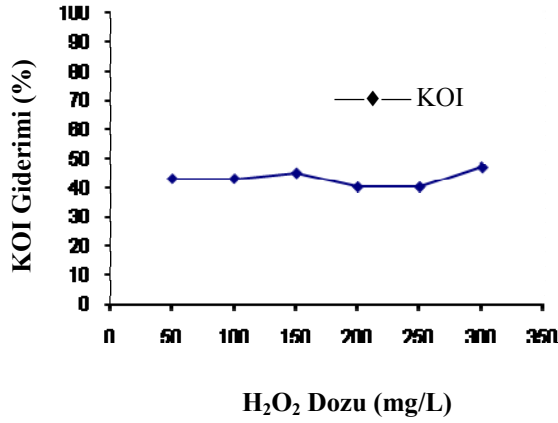


Şekil 5:

*Farklı  $FeSO_4$  Dozları ile Renk Giderimi*

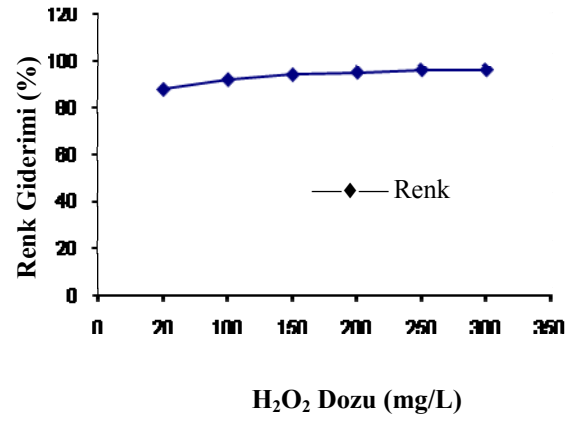
Grafiklerden de görüldüğü gibi, yapılan çalışmada uygun  $FeSO_4$  dozunun 150 mg/L olduğu tespit edilmiştir. Bu dozda maksimum KOI giderimi sağlanırken, renk gideriminin de yeterli düzeyde olduğu görülmektedir.

Şekil 6 ve Şekil 7 bu suyun farklı  $H_2O_2$  dozlarına karşı KOI ve renk giderim yüzdelerini göstermektedir ( $pH = 3$  ve  $FeSO_4 = 150$  mg/L,  $T = 20^{\circ}C$ ).



Şekil 6:

Farklı H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Dozları ile KOI Giderimi



Şekil 7:

Farklı H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Dozları ile Renk Giderimi

Grafiklerden de görülebileceği gibi yapılan çalışmada uygun H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dozunun 150 mg/L olduğu saptanmıştır. Maksimum KOI ve renk gideriminin 300 mg/L dozlamada olduğu görülmektedir. Ancak kimyasal madde sarfiyatını optimum seviyede tutmak için 150 mg/l nin uygun doz olduğu tespiti yapılmıştır.

Bu işlemler neticesinde atık suya uygun pH ve dozlamalar yapılarak Fenton prosesi uygulanmış ve sonrasında arıtılmış suda KOI ve renk deneyleri standart metotlarda belirtilen yöntemlere göre yapılmış ve sonuçlar Tablo 3’de sunulmuştur. Tabloda da belirtildiği gibi atık suya Fenton prosesi uygulanması sonucu %72 verimle KOI, %98 verimle renk giderimi sağlanmıştır.

Tablo 3. Fenton Prosesi Uygulanmış Atık suyun Karakterizasyonu

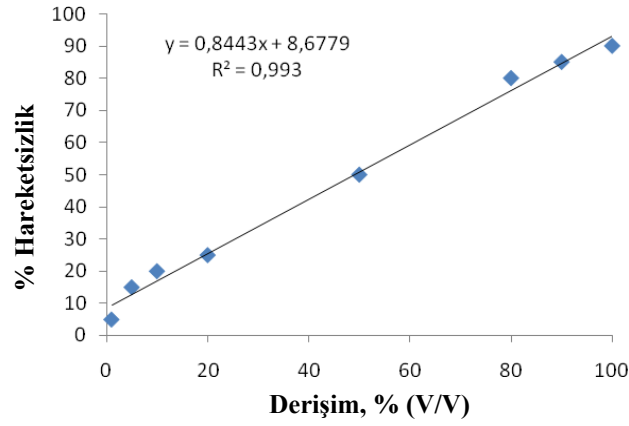
İşlem	KOI (mg/L)	Renk Dalga Boyu (η) = 600 nm	pH
Atık su	820	0,156	8,68
Fenton prosesi çıkış suyu	230	0,003	8
Verim	%72	%98	-

Tablo 4’ de tekstil atık suyuna toksisite deneyi uygulanması sonucu elde edilen bulgular verilmektedir. T değeri deney sonucunda her bir derişimdeki hareketli *Dafnia magna* sayısını, P ise deney sonucunda her bir derişimdeki hareketsiz *Dafnia magna* yüzdesini göstermektedir.

Tablo 4. Atık Su Akut Toksikite Deney Sonuçları

Seyreltme Oranı (%)	T	P
100	2	90
90	3	85
80	4	80
50	10	50
20	15	25
10	16	20
5	17	15
1	19	5

Bu sonuçlar yardımıyla, hareketsizlik yüzdesi ve derişim arasındaki ilişki Şekil 8’ de gösterilen grafiğe aktarılmış ve LD<sub>50</sub> değeri tespit edilmiştir. Grafikten de görülebileceği gibi atık su için LD<sub>50</sub> değeri % 50 olarak belirlenmiştir.



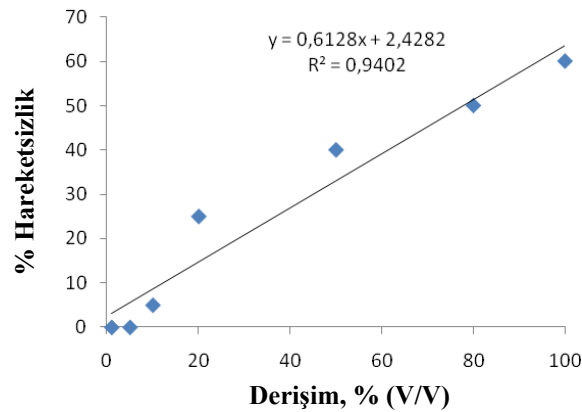
**Şekil 8:**  
*Atık Su Regresyon Doğrusu*

Tablo 5’de ise Fenton prosesi ile arıtılmış suya toksisite deneyi uygulanması sonucu elde edilen T ve P değerleri verilmektedir.

**Tablo 5. Fenton Prosesi ile Arıtılmış Suyun Akut Toksikite Deney Sonuçları**

Seyreltme Oranı (%)	T	P
100	8	60
80	10	50
50	12	40
20	15	25
10	19	5
5	20	0
1	20	0

Bu sonuçlar yardımıyla, hareketsizlik yüzdesi ve derişim arasındaki ilişki Şekil 9’ da grafiğe aktarılmış ve LD<sub>50</sub> değeri tespit edilmiştir. Arıtılmış su için LD<sub>50</sub> değeri % 80 olarak belirlenmiştir.



**Şekil 9:**  
*Arıtılmış Su Regresyon Doğrusu*



#### 4. SONUÇLAR

Çalışma kapsamında, pamuklu tekstil işletmesi atık sularının alıcı ortamlara deşarjı sonucunda, ortamdaki canlı yaşamını olumsuz yönde etkileyen toksisite parametresi üzerinde durulmuştur. Yapılan araştırmalar neticesinde toksisitenin kaynağının yüksek KOI ve renk parametreleri olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle yüksek oranda renk ve KOI giderimi sağlayan Fenton prosesi kullanılarak, toksisitenin gideriminde de başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar neticesinde, atık suyun KOI giderim veriminin %72, renk giderim veriminin ise % 98 olduğu tespit edilmiştir. Toksisite testlerinde ise her bir beherdeki hareketsiz bireyler sayılarak hareketsizlik yüzdesi (% hareketsizlik) hesaplanmıştır. Bulunan bu değerler ve derişim yüzdeleri (% derişim) kullanılarak atık su ve arıtılmış su için regresyon doğruları oluşturulmuş ve bu doğrularda atık su için LD<sub>50</sub> değeri % 50, arıtılmış su için ise LD<sub>50</sub> % 80 olarak bulunmuştur. Bulgulardan da anlaşıldığı üzere atık su % 50 oranında seyreltildiği takdirde, Fenton prosesi çıkış suyu ise % 80 seyreltilerek ortama verildiğinde toksik etki yapmamaktadır. Bu da Fenton prosesinin toksisite gideriminde kullanılabilecek iyi bir yöntem olduğunu göstermektedir.

Atık sularda zehirlilik izlemesinde kullanılan *Daphnia magna* testinin besin zinciri alt ve üst kademelerinde tercihen alg ve balık zehirlilik testleri ile birlikte ele alınması ve uygulanması kirleticilerin alıcı ortamdaki davranışlarının açıklanabilmesi açısından daha etkili bir yöntem olacaktır.

#### KAYNAKLAR

1. Alaton, I.A., Teksoy, S. (2007). Acid dyebath effluent pre-treatment using Fenton's reagent: Process optimisation, reaction kinetics and effects on acute toxicity. *Dyes and Pigments*, 73, s: 31-39.
2. APHA, AWWA., (1998). *Standard Methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association*, 20th Edition. Washington, D.C.
3. Birgül, A. ve Solmaz, S.K.A. (2007). Tekstil Endüstrisi Atıksuları Üzerinde İleri Oksidasyon ve Kimyasal Arıtma Prosesleri Kullanılarak KOI ve Renk Gideriminin Araştırılması, *Ekoloji* 15, 62, s: 72-80.
4. Chamarro, E., Marco, A., Esplugas, S., (2001). Use of Fenton Reagent to Improve Organic Chemical Biodegradability. *Water Research*, 35(4), s: 1047-1051.
5. Chia-Chi S., Massakul P.A., Chavalit R., Ming-Chun L. (2011). Effect of operating parameters on the decolorization and oxidation of textile wastewater by the fluidized-bed Fenton process, *Separation and Purification Technology*, 83, s: 100-105.
6. Dave, G. ve Aspegren, P. (2010). Comparative toxicity of leachates from 52 textiles to *Daphnia magna*, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 73, s: 1629-1632.
7. El-Gohary, F., Tawfik, A. (2009). Decolourisation and COD reduction of disperse and reactive dyes wastewater using chemical-coagulation followed by sequential batch reactor (SBR) process. *Desalination*, 249, s: 1159-1164.
8. Gao, B.Y., Yue, Q.Y., Wang, Y., Zhou, W.Z. (2007). Color removal from dye-containing wastewater by magnesium chloride, *Journal of Environmental Management*, 82, s: 167-172.
9. Kaptan, D. (2002). *Tekstil Endüstrisi Atıksularında Toksisite Giderilmesi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
10. Karthikeyan, S., Titus, A., Gnanamani, A., Mandal, A.B., Sekaran, G. (2011). Treatment of textile wastewater by homogeneous and heterogeneous Fenton oxidation processes, *Desalination*, 281, s: 438-445.

11. Kestiöglu, K., Yalılı, M, Naharcı, B, (2005). Yüksek KOI İçeren Tekstil Atıksularının Fizikokimyasalı Ozon/UV ve Adsorbsiyon Yöntemleriyle Arıtılabilirliğinin Araştırılması, *U.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 10, Sayı 1, s: 23-31.
12. Kocaer, F.O., Alkan, U. (2002). Boyar Madde İçeren Tekstil Atıksularının Arıtım Alternatifleri, *U.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 7, Sayı 1, s: 47-55.
13. Koner, S., Anjali P., Asok A. (2011). Utilization of silica gel waste for adsorption of cationic surfactant and adsolubilization of organics from textile wastewater: A case study, *Desalination*, 276, s: 142-147.
14. Külünk, A. (2000). *Tekstil Endüstrisinde Asit Boyarmaddelerden Kaynaklanan Rengin Fenton Prosesi İle Giderilmesi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
15. Mahmoodi, N.M. ve Arami, M. (2009). Degradation and toxicity reduction of textile waste water using immobilized titania nanophotocatalysis, *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 94, s: 20-24.
16. Meriç, S. (2002). Evsel Atıksularda Daphnia Magna İle Zehirlilik İzleme, *Su Kirlenmesi Kontrolü Dergisi*, Cilt 12, Sayı 1, s: 7-16.
17. Meriç, S., Selçuk, H., Belgiorno, V. (2004). Acute Toxicity Removal in Textile Finishing Wastewater By Fenton's Oxidation, Ozone and Coagulation-Flocculation Processes, *Water Research*, 39, s: 1147-1153.
18. Rand, G.M. (1995). *Fundamentals of Aquatic Toxicology, Effects, Environmental Fate, and Risk Assessment*, Second Edition, Taylor & Francis.
19. SKKY (2004). *Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği*, Türkiye Cumhuriyeti, 31 Aralık 2004 tarihli Resmi Gazete No: 25687.
20. TS 6050 EN ISO 6341, Kabul Tarihi 09.04.1999. *Daphnia Magna Straus'un Hareketliliğinin Engellenmesinin Tayini, Akut Zehirlilik Deneyi*.
21. Üner, H. (2002). *Bir Tekstil Endüstrisi Boya Atık sularının Kimyasal Arıtılabilirliği*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
22. Verma, A.K., Roshan Dash, R., Bhunia, P. (2012). A review on chemical coagulation/flocculation technologies for removal of colour from textile wastewaters. *Journal of Environmental Management*, 93, s: 154-168.
23. Wang, C., Yediler, A., Lienert, D., Wang, Z., Kettrup, A. (2002). Toxicity evaluation of reactive dyestuffs, auxiliaries and selected effluents in textile finishing industry to luminescent bacteria *Vibrio fischeri*, *Chemosphere*, 46, s: 339-344.

Makale 23.02.2012 tarihinde alınmış, 12.03.2012 tarihinde düzeltilmiş, 12.03.2012 tarihinde kabul edilmiştir.