

TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSU ARITIMINDA OZON KULLANIMINI DEĞERLENDİRME KONUSUNDA BİR İNCELEME

Emel YILDIZ, Hamit BOZTEPE

Çukurova Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, 01330,
Balcalı/ADANA

ÖZET

Tekstil endüstrisinde kullanılan boyarmadde türleri ve boyama sonucunda çevreye verilen atıksuların deşarj sınır değerleri, çeşitli ülkeler baz alınarak tartışılmıştır. Tekstil endüstrisi atıksularının ozonla arıtımı ile ilgili araştırma sonuçları tartışılmıştır. Farklı yöntemlerin işlem maliyeti ve bu yöntemlerin etkinliği incelenmiştir. Bir tekstil fabrikası için ozonlama işleminin birim arıtma maliyeti metreküp başına 0.2-0.6 \$ arasında değişmektedir. Ozonlama işlemi sonucu, renk giderme oranı ve KOİ değeri, diğer yöntemlerin sonuçları ile karşılaştırılmıştır. En iyi sonuçlar, ozonlama ile fotokataliz yöntemi birlikte kullanıldığında gözlenmiştir. Diğer yandan ülkemizde zorunlu olmamakla birlikte pek çok ülkede yasal olarak uygulanan renk parametresi tartışılmıştır. Yakın bir gelecekte Türkiye’de de renk gideriminin zorunlu olacağı beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Atıksu Arıtımı, Boyarmadde, Renk Giderme, Ozonlama

A REVIEW OF USING OZONE FOR TREATMENT OF TEXTILE INDUSTRY WASTEWATER

ABSTRACT

Using dyes in textile industry and discharge values of wastewaters unloaded to environment after dyeing were investigated based on various countries. The research results about ozone treatment of textile industrial effluents were discussed. The cost of various processes and effectiveness of these processes were examined. Unit treatment cost of ozonation process may vary between \$0.2 to 0.6/m³ for a textile plant. Color removal ratio and COD value of wastewater at the end of the ozonation process were compared to those reported for other methods. The best results were observed when ozone and photocatalytic processes are applied together. On the other hand, international standards for color discharge values that are not compulsory in

our country for the time being were discussed. It is expected that color removal in the wastewaters will be compulsory in Turkey in the near future.

Key Words: Wastewater Treatment, Dye, Decolorization, Ozonation

1. GİRİŞ

Tekstil endüstrisinde bir çok boyarmadde yapısında bulunan azo boyarmaddeler yün, pamuk ve ipekten yapılmış kumaş ve ipliklerin boyanması sırasında elyafa tamamen bağlanamazlar ve yıkama sularının oldukça renkli olmasına neden olurlar. Genellikle 1 Kg ağırlığındaki herhangi bir elyaftan yapılmış bir kumaş veya malzemenin yıkanması için yaklaşık 100 litre su harcanmaktadır. Böylece kumaşlar yıkanırken çevreye renkli milyonlarca metre küp su atılmaktadır. Bir tekstil fabrikasından günde 40.000 galon (1 galon 3.785 L) suyun çevreye verildiği ve bunun arıtma maliyetinin 30.000 Dolar olduğu GPP (Georgia Pollution Prevention Assistance Division, <http://www.ecoiq.com/onlineresources/anthologies/prevention,1999>) tarafından belirtilmektedir. Bu durumda atık suları arıtma zorunluluğu gündeme gelmektedir.

Atık sularda renk giderilmesi ve organiklerin çöktürme ile ayrılması amacını teşvik etmek üzere her devlet çeşitli yasalarla arıtma tesislerini zorunlu kılmaktadır. Bu amaçla bazı devlet veya özel kuruluşlar endüstriye maddi destek sağlamaktadır. Örneğin EP3 (Environmental Pollution Prevention Project, <http://es.epa.gov/techinfo/facts/epa/ep3-fs.html,1999>) projesi, gelişmekte olan ülkeler başta olmak üzere kirliliğin önlenmesi ve çevre kalitesinin geliştirilmesi için Birleşmiş Milletler tarafından desteklenen 5 yıllık bir projedir.

Diğer yandan renkli atıksu deşarj sınır değeri Amerika ve Avrupa Birliği ülkelerinin çevre yasalarında yer alırken bu uygulama halen ülkemizde uygulanmamaktadır.

Tekstil endüstrisinde renk giderme alanında ozon oksidasyonuna olan ilgi, etkili renk giderimi yanında çeşitli avantajları nedeniyle giderek artmaktadır. Ayrıca minimum alan ve personel ihtiyacı da, bu teknolojinin seçilebilir olmasında etkilidir. Genelde renk veren maddeler yanında atık sularda çok kolay yada zor oksitlenebilen çoğunlukla organik karakterli başka maddeler de bulunur. Su içindeki organik kirlilik yükü ne kadar düşükse, suya renk veren boyarmaddeler de o kadar düşük miktarlarda ozon kullanılarak parçalanabilmektedir. İleri oksidasyon tekniklerinden biri olan ozon atıksu arıtımında kullanıldığında, işlem sonucu yapılan ölçümler sonunda ekolojik

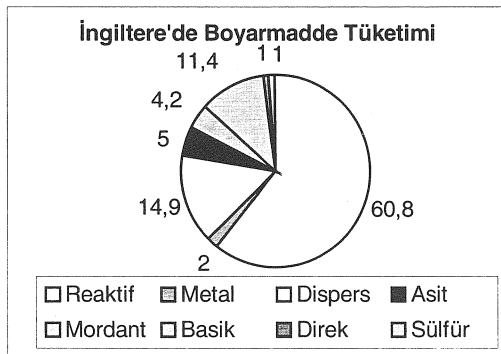
olarak tehlikeli olabilecek herhangi bir bileşik oluşumuna rastlanmadığı bilinmektedir. Ancak ozon, aynı zamanda KOİ gideriminde de kullanıldığı için bir ön arıtma sisteminin eklenmesi, ek ozon sarfiyatını da ortadan kaldıracaktır ve kısa sürede %90'lara varan bir renk giderimi gerçekleşecektir [1].

1.1 Tekstil Endüstrisinde Boyarmadde Tüketimi

İngiltere ve Türkiye'de tekstil endüstrisinde kullanılan boyarmadde sınıfları ve miktarlarına bakacak olursak; İngiltere'de reaktif boya %60.8 oranında, Türkiye'de ise %27.5 oranında kullanılmaktadır. Asit boyanın kullanım oranı İngiltere'de %5 iken ülkemizde %11.3'tür.

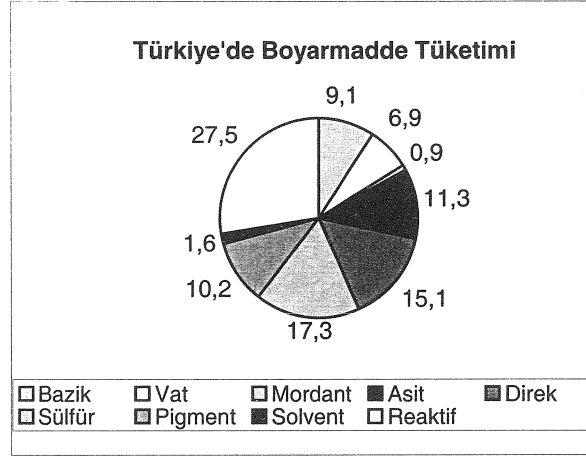
Bazik boya kullanımı birbirine yakındır ve sırasıyla; %11.4 ve 9.1'dir. Ancak kükürtlü boyaların kullanımı dikkat çekicidir. İngiltere sadece %1 oranında kükürtlü boyaları tüketmesine rağmen, Türkiye'nin tüketimi %17.3'tür.

İngiltere Direkt boyayı %1 oranında tüketirken, bizim ülkemizde bu oran %15.1'i bulmaktadır. Dispers boya İngiltere de % 14.9 kullanım alanı bulurken, dispers boya bizde oldukça düşük oranda kullanılmaktadır (Şekil 1 ve 2).



Şekil 1. Loughborough Havzası, Boyarmadde sınıflarına göre kullanım yüzdeleri [2]. (Churchley,1994)

1993 ve 1999 yılları arasında Türkiye'de tekstil endüstrisinin boyarmadde tüketim miktarları Tablo 1'de sunulmuştur.



Şekil 2. Türkiye’de boyarmadde sınıflarına göre kullanım yüzdeleri [3].
(Altay,1996)

Tablo 1. 1996 yılı VII. Beş Yıllık Kalkınma Planına göre 1993 ve 1999 yılları arasında ülkemizde boyarmaddelerin tüketim miktarları [3]. (Altay,1996)

Boya Sınıfları	1993(ton)	1999(ton)
Bazik Boyalar	1640	1690
Vat Boyalar	1250	1280
Mordan Boyalar	170	170
Asid Boyalar	2000	2100
Direkt Boyalar	2500	2800
Kükürt Boyalar	3000	3200
Pigment Boyalar	1750	1900
Solvent Boyalar	250	300
Reaktif Boyalar	5000	5100

1.2. Tekstil Endüstrisi Atıksu Deşarj Sınır Değerleri

Tekstil endüstrisinde kullanılan boyarmaddelerin atıksularına verdiği kirlilik tartışma götürmez bir gerçektir. Elbette bu durum için her ülkenin ilgili sağlık kuruluşları zararı en aza indirecek yasaları uygulamaya koymuşlardır. Almanya ve Türkiye Çevre Yasalarında, Tekstil sanayi için geçerli olan çeşitli parametrelerin sınır değerleri Tablo 2 ve 3’de verilmiştir.

Tablo 3’de Almanya Çevre Mevzuatında mavi, kırmızı ve sarı renkler için belirli dalga boylarında sınır değerler görülmektedir. Türkiye Çevre Mevzuatında bu tür sınır değerler yer almamaktadır. KOİ değerlerini karşılaştıracak olursak; ülkemizde 400 ppm sınır değer iken Almanya’da bu parametrenin sadece 160 ppm olduğu görülmektedir.

BOİ₅ değerleri de Türkiye’de 80-200 ppm arasında değişirken Almanya’da 25 ppm kabul edilmesi dikkat çekicidir. Türkiye ve Almanya Çevre Mevzuatında diğer parametrelerdeki farklılıklar sırayla; Cr için 2 ppm, 0.5 ppm; Cl için 0.3 ppm, 0.5 ppm ve N için 5 ppm, 2 ppm’dir. Buradan da görüleceği gibi bizim sınır değerlerimiz Almanya’ya göre çok daha yüksektir.

Tablo 2. Türkiye’de kullanılan tekstil atık su deşarj parametreleri [4].
(Türkiye Çevre Mevzuatı, 1996)

Parametreler (ppm)	İplik Üretimi, Terbiye	Dokunmuş Kumaş ve Terbiyesi	Pamuklu Tekstil ve Benzeri	Yün Yıkama ve Terbiye	Sentetik Tekstil Terbiyesi
KOİ	350	400	250	400	40
BOİ ₅	80	90	90	200	100
NH ₃ -N	5	5	5	5	5
Fenol	-	1	-	-	1
Toplam Cr	2	2	2	2	2
Serbest Cl	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

Tablo 3. Almanya’da kullanılan tekstil atık su deşarj parametreleri [5]. (Gahr, 1996)

Renk	436 nm(sarı)	7 m ⁻¹
	525 nm (mavi)	5 m ⁻¹
	620 nm (kırmızı)	3 m ⁻¹
KOİ (ppm)		160
BOİ ₅ (ppm)		25
Halojenli organik bileşikler (ppm)		0.5
Aromatik bileşikler(fenol,benzen) (ppm)		0.1
Cr,Cu,Ni (ppm) her biri		0.5
NH ₃ -N (ppm)		2

1.3. Tekstil Endüstrisinde Uygulanan Renk Giderme Yöntemleri

Arıtma yöntemlerinden biri olan klorlama işleminde, klor iyonunun organik bileşiklerle reaksiyona girerek kanserojen bileşiklerin oluşumuna neden olması diğer renk giderme yöntemlerini gündeme getirmiştir. Tekstil atıksularının renginin uzaklaştırılması için uygulanan işlemler aşağıda belirtilmiştir [2];

- Oksidasyon: Ozon, klorlama, klordioksit, hidrojen peroksit
- **İndirgeme: Aneorobik biyolojik muamele, kimyasal indirgeme**
- **Adsorpsiyon: Aktif karbon, killi tortu, biyoadsorplayıcı**
- Kimyasal flokulasyon: İnorganik ve organik polimerler
- Diğer: elektroliz, membran filtrasyonu

2. TEKSTİL ATIKSU ARITIMINDA OZON UYGULAMASI

Renkli çözeltiler olarak çevreye atılan boya moleküllerinin yapısında bulunan bir kısım organiklerin sudaki oksijenle reaksiyona girmesi ile suda çözünmüş oksijen miktarı azalır. Ayrıca koyu renk, ışığın geçişini engelleyerek bulanıklık, kirlilik ve toksik etkilerle suda yaşayan mikroorganizmaların ölümüne neden olur.

1974'lerden bu yana konu üzerinde pek çok araştırmacı incelemede bulunmuştur. Snider [6] ve Perkin [7] gibi bazı araştırmacıların çalışmaları sonucu suda çözünebilir boyarmaddeler için ozon en güçlü oksidasyon maddesi olarak tanımlanmaktadır.

Atık suların aşırı derecede boyanmasını önlemek amacıyla elyafa karşı fikse gücü yüksek olan boyalar üretilmiştir. Böylece boyama sırasında suya geçebilecek boyarmadde miktarı yaklaşık üç kat düşürülmüştür [8].

Tablo 4'de bir pilot fabrikanın atık sularının ozonla muamelesi sonucu ölçülen parametreler sunulmuştur. 580 nm'de absorpsiyon kolayca düşerken, 410 nm'de gözlenen pik, atık suda hala sarı organik bileşiklerin olduğunun ve tamamen parçalanmadığının göstergesidir. Diğer parametrelerden KOİ ve TOK azalırken BOİ₅'in arttığı kaydedilmektedir.

Tablo 4. Boya atık sularının ozonla muamelesi (A=Absorpsiyon)[9]. (Matsui,1996)

	Ozon konsantrasyonu (mg/L)		
	0	9.2	9.1
TOK ppm	30.7	24.5	20.8
KOİ ppm	28.6	22.9	19.6
BOİ ₅ ppm	2.2	5.3	6.9
A(580 nm)	0.146	0.024	0.008
A(410 nm)	0.284	0.125	0.076

Reaktif Yellow 84 ve Reaktif Black 5 ticari boyalarının ozonlama çalışmalarında boyarmadde yardımcıları olarak NaCl ve Na₂CO₃'ün renk giderme ve COD değişimi üzerine etkileri incelenmiştir. NaCl'ün reaksiyon kinetiğine etki etmediği, ancak Na₂CO₃'ün renk giderme dışında reaksiyon kinetiğini etkilediği belirtilmiştir. Böylece boyanın elyafa bağlanma hızının arttığı ve renk giderme sırasında ozon tüketiminin azalması ile arıtma fiyatının da düşeceği bildirilmektedir [10].

Reaktif Blue 81'in ozonlama işlemi sonucu yapılan kinetik çalışmalarda renk gideriminin 1.dereceden olduğu ve durdurulmuş akış yöntemi ile hız sabitinin 4.5x10⁷ mol/L.s olarak ölçüldüğü kaydedilmiştir. Kütle transfer teorisine göre reaksiyonun 2. dereceden olduğu belirtilmektedir [11].

Reaktif boyanın ozonlanmasında, ozonun kütle transfer katsayısının; pH, başlangıç ozon konsantrasyonu, uygulanan ozon dozu, sıcaklık gibi işlem parametreleri ile arttığı saptanmıştır [12].

Asit boyarmaddelerden olan Mordant Red 19'un (MR19) ozonlanmasında hem boyarmaddeye hem de ozona göre reaksiyon kinetiğinin 1. dereceden olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca MR19'un metal kompleksi olan Acid Red 180 (AR180) ile KOİ artım yüzdeleri karşılaştırıldığında, sırasıyla %58.2 ve %50.5 olduğu görülmüştür. Sulu çözeltilerinin ozonlanması ile renk giderimi çalışmalarında metal içeren boyarmaddenin, AR180, metalsiz olan çıkış boyarmaddesine (MR19) göre daha fazla ozon tükettiği tespit edilmiştir [13], [14].

Basic Red 54, Direct Red 74, Dispers Orange 39, Reactive Red 56 gibi farklı boya sınıflarından seçilen bir grubun ozonlanması çalışmasında biyolojik parçalanabilirliklerinin (BOİ₅/KOİ) sırasıyla; 70 dakikada 10.9, 20 dakikada 8.7, yine 20 dakikada 98, 50 dakikada 30 olduğu belirlenmiştir. Buna göre dispers boyanın biyolojik olarak parçalanması daha kolaydır. % KOİ azalmaları ise sırasıyla; 64.7, 47.1, 85.7, 88.4'tür. En uygun sonuç reaktif boyanın ozonlanmasında kaydedilmiştir. Boyarmaddelerin moleküler yapılarına bağlı olarak ozonlama süresinin değiştiği gözlenmiştir [15].

Reaktif Yellow 84 boyarmaddesinin ozonla parçalanması denemelerinde 18.5-9.1 mg/L ozon konsantrasyonlarında, 60-90 dakikada renk giderme gerçekleşmiş ve TOK azalımı %30, COD azalımı %50 olarak kaydedilmiştir. Biyolojik parçalanabilirlik oranı (BOİ₅/KOİ) 0.01'den 0.8'e kadar artmıştır. Ara ürünler olarak formik asit, okzalik asit ve sülfat yapıları belirlenmiştir [16].

2.1. Ozonlamanın Avantajları

İleri Oksidasyon Teknikleri arasında gösterilen ozonun; H_2O_2 , UV, fenton gibi farklı yöntemlerle birlikte kullanılan sistemlerin yanı sıra ıslak hava oksidasyonu ve süper-kritik su oksidasyonu yöntemleri ile kullanımı da sözkonusudur. Ozonun diğer oksidasyon tekniklerine göre avantajları aşağıda belirtilmiştir.

- Oldukça aktif bir dezenfektan olduğundan sucul yaşamda varolan mikroorganizmaların öldürülmesinde klorlamaya göre daha etkilidir. [17].
- Koku ve tat giderici olarak son derece etkindir. Merkaptanlar, H_2SO_3 veya organik sülfürleri oksitleyerek sülfatlara dönüştürdüğünden kokuyu ortadan kaldırır [18].
- En önemli avantajı direk olarak gaz halinde uygulandığı için atık suda hacim artışına neden olmaz.
- Tekstil atık sularında biyolojik olarak parçalanamayan bileşikler ile halojenli organik bileşikler oldukça fazladır ve ozon bu bileşiklerle reaksiyona girmeyi tercih eder.
- İşlem sonucu arıtma çamuru problemi yoktur.
- Parçalanma sonucu oluşan ürünler incelendiğinde diğer tekniklere göre metabolitlere ve toksik maddelere rastlanmaz [5],[1],[19].
- Sistem, kurulum maliyeti açısından Karbon adsorpsiyonuna göre daha ucuzdur [19].
- Ozonlamadan önceki halojenli metan bileşiklerinin seviyesi ozonlama ile düşer (örneğin başlangıçta 45 mg/L iken işlem sonunda 13 mg/L'dir, [20].

2.2. Ozonlamanın Maliyeti

Bazı araştırmacılar ozonun dezavantajı olarak genellikle işletme maliyetinin yüksekliğini gösterebilirler de günümüzde bu gerekçe rağbet görmemektedir. Yine de işletme ve ilk yatırım maliyet hesabı tahminleri, daima düşük ozon dozu baz alınarak yapılmaktadır. Fazla miktarda ozon harcanmaması için ön arıtma veya diğer tekniklerden biri ile kullanımı daha uygun görüldüğü için çalışmalar daha çok kombine sistemleri içermektedir. Böylece KOİ giderimi için ek ozon harcanmasına da gerek kalmamaktadır.

Gehring [21], saatte $50 m^3$ atıksu arıtımının yapıldığı bir işletme için ozon/biyolojik arıtma ve ozon/elektron ışın yöntemlerinin işletim maliyetlerini karşılaştırdığı çalışmada bu sistemler için maliyetin sırasıyla; 3,17 \$/m³ ve 3,04 \$/m³ olduğunu belirtmiştir.

Pamuklu elyaf boyaması yapan iki işletmede, biyolojik arıtmadan geçen atıksu ozonlanmış ve bu işlem sonunda %98 renk giderimi ve %38 KOİ

azalması tespit edilmiştir. Birim arıtma maliyeti, yapılan hesaplamalarda metreküp başına 0.20\$ olarak bulunmuştur [22].

Ciardelli ve arkadaşlarının [23], günde 500-1000 m³ atıksu arıtımı gerçekleştiren bir tesiste 30 dakika ozonlama süresince, endüstri ölçüleri, elektrik enerjisi ve kullanılan sıvı oksijen dikkate alınarak yapılan hesaplamalarında 0.1 Euro/m³ (40 g O₃/m³ iken) ve yaklaşık olarak 0.36 kg O₃/kg KOİ'ye karşı 0.63 Euro/Kg KOİ (yaklaşık 0.626 \$) bulmuşlardır. Yatırımın 8 yılda kendini amorti edeceği göz önüne alınırsa fiyatın 0.2-0.4 Euro (yaklaşık 0.16-0.36\$) arasında olacağını düşünmektedirler.

Marcucci1 [24] ise endüstriyel atıksuların arıtımı çalışmasında aktif karbon ile ozonu birlikte kullanmış ve tahmini maliyetini metreküp başına yaklaşık 0.55 Euro (0.51\$) olarak bulmuştur.

Koyuncu ve arkadaşları [25] yaptıkları çalışmada ozonlama işlemi sırasında atıksuyun metreküpü başına 10 KW-saat elektrik harcadığını bildirilmişlerdir. Sanayi elektrik tarifesine göre düşünülürse maliyeti 0.63 \$/m³'tür (<http://www.tedas.gov.tr/haziran02.html>,2002).

2.3. Ozon Kullanımının Diğer Yöntemlerle Karşılaştırma Çalışmaları

Ultrasonik ve ozonlama sistemlerinin bir arada kullanıldığı bir çalışmada reaktif boyanın (Reaktif Black 5) parçalanması ile sinerjik etkinin azaldığı tespit edilmiştir. Su ve ozon termolizi süresince radikal zincir reaksiyonlarının oluşumu, çözeltideki elektron eksiğinin artışı yanında ozonun parçalanmasına neden olan sinerjiye de katkıda bulunduğu tespit edilmiştir [26].

Toksik ve kanserojen reaktif boya içereri tekstil atık suyu için uygulanan ozon ve fotokimyasal yöntem sonucu TOK (Toplam Organik Karbon) giderimi, toksik özelliği ve renk giderimi karşılaştırmaları yapıldığında, fotokatalitik TiO₂ işlemi sonucu, rengin %90'ının giderildiği ve TOK azalmasının %50 oranında gerçekleştiği belirlenmiştir. Ozonlamada ise %60 renk giderimi, %60'ın üzerinde TOK giderimi kaydedilmiştir. Her yöntem için akut toksikliğin %50 civarında azaldığı gözlenmiştir. Her iki yöntem birleştirilerek uygulandığında ise renk giderimi %95'in, TOK giderimi %60'ın üzerinde gerçekleştirilmiştir [27].

Diğer yandan TiO₂ süspansiyonunda 7 azo boyarmaddenin fotokatalitik olarak parçalandığı bir çalışma, diazo bileşiklerinin mono azolara göre daha az parçalandığını göstermektedir. Fotokatalitik parçalanma hızlarının ozonlama hızı ile yaklaşık aynı olduğu belirtilmektedir ve TOK gideriminin %75 olduğu bildirilmektedir [28].

Ozonun hipoklorit ve fenton yöntemleri ile dispers boyaların parçalanması sonuçları karşılaştırıldığında hipoklorit yöntemi sonuçlarının oldukça başarısız olduğu, %35 renk giderimi, %10 KOİ azalması sağladığı tespit edilmiştir. En iyi sonuçların fenton işleminde sağlandığı belirlenmiştir. Deneysel sonunda pH=3'te renksiz bir çözelti elde edilirken KOİ son değerinin 100 mg/L olduğu bildirilmektedir. Elektrokimyasal oksidasyonda, asidik ortamda 40 dakika elektrolizle Ti/Pt-Ir anot kullanılarak %79 KOİ azalması gerçekleştirildiği, renk gideriminin ise %90 olduğu belirtilmiştir [29].

Ozonlamanın uygulandığı bir pilot fabrikada boyama ve bitirme işlemi sonucu elde edilen atıksuya aktif çamur ile ilk arıtma yapıldıktan sonra %95-99 oranında renk giderimi sağlandığı, KOİ'de %60 azalmanın gerçekleştirildiği bildirilmiştir. Tekniğin işlem fiyatını düşürmek için ikinci bir pilot fabrikada membran iletimi ile ozonun difüzyon değişimine bakılmış ve iç yüzeyde ozonun hemen çözünerek (kütle transferi için ek bir direnç olmaksızın) tüketildiği gözlemlenmiştir [30].

3. DEĞERLENDİRME

Tekstil endüstrisinde her türlü elyafın boyanmasında boyarmaddeler sarf edilmektedir. Elyafa tam fikse olmamış boyarmaddelerin uzaklaştırılması için yapılan yıkama sırasında çevreye boya ile renklenmiş ve kirlenmiş milyonlarca metreküp su atılmaktadır. Bu tür suların sucul yaşama büyük zararları vardır. Bu nedenle yıkama suları ancak arıtıldıktan sonra çevreye ve su kaynaklarına verilmektedir.

Bazı metal kompleks azo boyarmaddelerin polimer olarak yüksek yapıları nedeniyle biyolojik açıdan bozunmaları oldukça zordur ve arıtma maliyeti açısından biyolojik, kimyasal ve fiziksel metotların bir arada kullanılması ile maliyeti gittikçe artmaktadır [31]. Ancak ucuz maliyet anlayışı ile yaklaşılırken sadece sistemin kurulumu için yapılacak harcama tek başına ele alınmamalıdır. İşlem sonrası karşılaşılabilecek problemlerin giderilmesi için gereken harcamalarda göz önüne alındığında sağlıklı bir karar verilebilir. Uygulanan ileri oksidasyon tekniklerinden olan ozonun bu tip işletmelerde kullanımı karşılaştırmalı olarak değerlendirildiğinde tek başına uygulanması yerine moleküler yapıyı parçalama hızlarının da aynı olduğu düşünülürse, fotokataliz yöntemiyle daha uygun olacağı görülmektedir.

Dispers boyalarda elektrokimyasal oksidasyon yöntemi ile ozonun kullanılmasında da olumlu sonuçlar elde edildiği anlaşılmaktadır. Biyolojik arıtma veya aktif çamurla birlikte yapılan çalışmalarda iyi sonuçlar elde edilmesine rağmen işlem sonrası oluşan atık problemi nedeniyle uygun olmadığı düşünülmektedir.

Bazı ülkelerin ve Türkiye'nin atıksu deşarj sınır değerleri karşılaştırıldığında, farkın büyük olması düşündürücüdür. Günümüzde globalleşmenin etkileri üretilen ve tüketilen tüm ürünlerde kendini göstermiş ve ISO 14000 (International Standard Organization), çevre yönetimi, çalışmaları hayatımıza girmiştir. Bu nedenle TSE veya Türkiye Çevre Mevzuatı içeriğinin tekrar gözden geçirilmesi ve kabul edilecek değerlerin uluslararası standartlara daha uygun olması gerektiği düşünülmektedir. Ayrıca tartışmanın sonucu ile ilgili diğer bir beklenti ise Türkiye Çevre Mevzuatına renk deşarjı sınır değerlerinin de ilave edilmesidir.

KAYNAKLAR

1. Heuell M., Aydın K., *Tekstil Sektöründe Çevre Kaynaklı Sorunlar Sempozyumu*, *Textilewirtschaft*, 13, 62-63, (1998).
2. Churchley J., H., *Wat.Sci.Tech.*, 30, (3), 275-284, (1994).
3. Altay S., Eker M., Güneş A., VII. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Boyarmadde Özel İhtisas Kom. Rap., DPT, Yayın ve Temsil Dairesi Bşk., Yayın ve Basım Şube Müd., Ankara, (1996).
4. Türkiye Çevre Mevzuatı Cilt II. Türkiye Çevre Vakfı Yayını, Ankara, 1204, (1999).
5. Gähr F., Hermanutz F., Oppermann W. Ozonation, -An İmportant Technique to Comply With New German Laws For Textile Wastewater Treatment, *Wat. Sc. Tech.*, 30, (3): 255-263, (1994).
6. Snider E. H., Porter J. J., *American Dyestuff Rep.*, 60, 36-48, (1979).
7. Perkin W. S., Judkins J. F., Perry, W. D., *Textile Chemist and Colorist*, 12, 182-187, (1980).
8. Abeta S., Akahari K. ve ark. *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 107, 12-19, (1991).
9. Matsui M, *Enviromental Chemistry of Dyes&Pig. Etited By A. Reife, H. S. Freeman, John Willey and Sons.Inc, New York, 329 (1996).*
10. Arslan İ., Balcıoğlu I. A., *Effect of Common Reactive Dye Auxiliaries, Desalination* 130, 61-71, (2000).
11. Ledakowicz S., Maciejewska R., Perkowski I., Bin A, *Ozonation of Reactive Blue 81 in the Bubble Column, Water Sci.&Tech.*, 44, 5, 47-52, (2001).
12. Wu J., Wang T., *Effects Of Some Quality And Operating Parameters., J.Of Environmental Sci. Health Part A*, 36, 7, 1335-1347, (2001).
13. Yıldız E., Boztepe H. *Ozonation Of Some Commercial Azo Dyes., Epmr 2002 Environ Problems Of The Mediterranean Region, Cyprus, P. 312, (2002a).*
14. Yıldız E., Boztepe H *Bir Azo Boyarmaddenin Ve Metal Kompleksinin Ozonlanması, XIII. Ulusal Kimya Kongresi, Samsun, 1401, 752, (1999).*

15. Yıldız E., Boztepe H., CI 18735 Mordant Red 19'un Sulu Ortamda Ozonlama Kinetiği, IV. GAP2002 Uluslararası Mühendislik Kongresi, Şanlıurfa, 1538-1541, (2002b).
16. Koch M., Yediler A Et Al., Ozonation of Hydrolized Azo Dye Reactive Yellow 84(C1), *Chemosphere*, 46, 1, 109-113, (2002).
17. Bertiher N., Campo P. ve ark. Oxidative Decolorization of Wastewater with Ozone, *Ozonia, France*, 183 Av. Du 18 juin, 443-448, (1993).
18. Kuo W.S. Dept. of Safety Healty on Environ. Engineering, National Lien-Ho, Institute of Tech., Taiwan, 360, 20c, 34, 4, (1999).
19. Mock B., Hamouda H., Ozone Application to Color Destruction of Industrial Wastewater, *American Dyestuff Rep.*, 25, 18-22, (1998).
20. Dunkleberger G. W., Beaudet B. A., *WaterEng.&Managment*, 32-35, (1994).
21. Gehringer P., Fiedler H., Design of Combined Ozone/electron Beam Process, *Radiat. Phys. Chem.*, 52, 1-6, 345-349, (1998).
22. Sevimli M. F., Alp K., Övez S., Öztürk İ. ve Yazgan M. S, *Tekstil Endüstrisi Atıksularında Ozonlama ile Renk Giderimi*, 2000 Gap-Çevre Kongresi, Şanlıurfa (2000).
23. Ciardelli G., Ranieri N., The Treatment and Reuse of Wastewater in The Textile Industry By Means of Ozonation and Electroflocculation, *Water Research*, 35, 2, 2001, 567-572, (2001a).
24. Marcucci M., Tognotti L. Reuse of Wastewater for Industrial Needs: The Pontedera Case, *Resources, Conservation and Recycling*, 34, 4, 249-259, (2002).
25. Koyuncu İ., Afşar H., Decomposition of The Dyes in The Textile Wastewater With Ozon, *J. Environmental Sci. Healty*, A31, 5, 1035-1041, (1996).
26. İnce N. H., Tezcanlı G., Reactive Dyestuff Degradation by Combined Sonolysis and Ozonation, *Dyes&Pigments*, 49 (3) 145-153, (2001).
27. Moreas S. G., Freire R. S., Durán N., Degradation And Toxicity Reduction of Textile Effluent by., *Chemosphere*, 40, 4, 369-373, (2000).
28. Tanaka K., Padermpole K., Hisanaga T., Photocatalitic Degradition of Commercial Azo Dyes, *Water Research*, 34, 1, 327-333, (2000).
29. Szpyrkowicz L., Juzzolino C., Kaul S. N., A Comparative Study on Oxidation of Dispers Dyes, *Water Research*, 35, 9, 2129-2136, (2001).
30. Ciardelli G., Cappanelli G., Bottino A., Ozone Treatment of Textile Wastewaters for Reuse, *Water Sci.&Tech.*, 44, 5, 61-67, (2001b).
31. Lin S. G., Lin, C. M., Treatment of Textile Waste Effluents by Ozonation and Chemical Coagulation, *Water Research*, 27, 1743-1748, (1993).