



TEKSTİL ENDÜSTRİSİ REAKTİF BOYA BANYOLARINDA OZON İLE RENK GİDERİMİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLERİN BELİRLENMESİ

Tuğba ÖLMEZ, Işık KABDAŞLI ve Olcay TÜNEY

İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Maslak, 34469, İstanbul

Öz: 1600 Pt-Co birimi renge sahip reaktif boya banyosu numunesinde 30 dk ve 600 mg/l ozon dozu uygulanarak 55 Pt-Co birimi renk değerine kadar inilmiştir. Boyar maddelerin tekil veya birleşim halinde buldukları sentetik numunelerde ise çok daha kısa süre ve az ozon kullanımı ile aynı mertebede renk giderimi elde edilmiştir. NaCl ve Na₂CO₃'ün ozon ile oksidasyon mekanizmasını önemli derecede etkilemediği belirlenmiştir. Boyama prosesinde yardımcı kimyasal madde olarak kullanılan iyon tutucunun oksidasyon mekanizmasını etkilediği ve gerçek boya banyosu ve sentetik numuneler arasındaki farkın nedeni olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Boya banyosu yardımcı kimyasalları, ozonlama, reaktif boya banyosu, renk giderimi*

DETERMINATION OF THE FACTORS AFFECTING COLOR REMOVAL WITH OZONATION FROM REACTIVE DYE BATH IN TEXTILE INDUSTRY

Abstract: In a reactive dye bath sample with 1600 Pt-Co unit initial color, 55 Pt-Co unit effluent color was obtained with the application of 30 min and 600 mg/l ozone dosage. Shorter reaction time and less ozone utilization gave the same degree of color removal in synthetic dye samples containing single or a mixture of dyestuff. It was determined that NaCl and Na₂CO₃ have a slight effect on ozone oxidation mechanism. On the other hand it was concluded that the chelating agent, used as additive in dye bath, was affecting the oxidation mechanism and this was the reason of the difference between the experimental results of dye bath and synthetic samples.

Keywords: *Color removal, dye bath additives, ozonation, reactive dye baths*

GİRİŞ

Tekstil endüstrisi Türkiye'de en hızlı gelişen sanayi dallarından biridir. Bu endüstri dalında çok çeşitli üretim prosesleri olması sebebi ile oluşan birim atıksu miktarı, atıksuda bulunan kirletici tür ve konsantrasyonları farklılık göstermektedir. Tekstil endüstrisinde boyama yapılan proses atıksularının en karakteristik parametrelerinden biri renktir. Bu tür atıksularda çözünmüş veya kolloidal yapıda olabilen rengin başlıca kaynağı, kullanılan boyar maddelerdir. Boyar maddelerin moleküler özellikleri ve çevresel açıdan taşıdıkları önem nedeni ile arıtılabilirliklerinin araştırılması ve arıtma

seçeneklerinin ortaya konulması büyük önem taşımaktadır. Bununla beraber boyar maddeler ile birlikte boyama prosesinde kullanılan inorganik ve organik yardımcı kimyasalların arıtım yönteminin seçiminde göz önünde tutulması ve arıtım verimi açısından ayrıntılı değerlendirmelerinin yapılması gerekmektedir.

Su ve endüstriyel atıksulardan renk giderimi üzerine yapılmış ve yapılmakta olan birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar çoğunlukla kimyasal çöktürme, kimyasal oksidasyon ve adsorpsiyon ile renk giderimi üzerinde yoğunlaşmıştır. Ayrıca, literatürde, biyolojik arıtma esnasında renk giderimi konusunda yapılmış çalışmalar mevcuttur. Biyolojik arıtmadaki sınırlı renk giderimi temel olarak yumaklaştırma ve aktif çamurdaki askıda

katı maddelere adsorpsiyon ile gerçekleşir (Porter ve diğ., 1976). Pagga ve Brown (1986) farklı tipteki 87 boyar madde üzerinde yürüttükleri kısa süreli biyolojik parçalanma deneysel çalışmalarında, bu boyar maddelerin biyolojik arıtmaya karşı dayanıklı olduğunu ve renk gideriminin adsorpsiyon mekanizması ile gerçekleştiğini bulmuşlardır. Grau (1991) biyolojik arıtmadaki kısmi renk gideriminin boyar maddelerin aktif çamura adsorpsiyonu ile gerçekleştiğini belirtmiştir. Renk gideriminde kullanılan bir diğer yöntem olan adsorpsiyon prosesinin değerlendirildiği bir çalışmada doğal maddeler kullanılmış ve %50 civarında renk giderim verimlerinin gözlemlendiği belirtilmiştir (Meyer ve diğ., 1992). Davis ve diğ. (1982) tekstil endüstrisi boyama atıksularında adsorpsiyon uygulamasını aktif karbon kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada aktif karbon kullanılması durumunda renk giderim veriminin çok yüksek olduğu fakat bu giderim verimine ancak büyük bir karbon dozu uygulaması ile ulaşılabileceği belirtilmiştir. Tünay ve diğ. (1996) tekstil atıksularında renk giderimi için kimyasal çöktürme, kimyasal oksidasyon ve adsorpsiyon yöntemlerini kullanmışlardır. Sonuçta bazı durumlarda kimyasal oksidasyon ve kimyasal çöktürmenin bazen de kimyasal çöktürme sonrası kimyasal oksidasyonun renk arıtımı üzerine etkili olduğu belirlenmiştir. Davis ve diğ., (1982) tekstil endüstrisi atıksularını hidrojen peroksit ile oksitlemişler ve nötral pH değerlerinde renk giderimi olmadığını bulmuşlardır. Hidrojen peroksit ile yüksek verimde renk giderimi pH 12'de ve 24 saat sonra sağlanmıştır. Akirlik boyama atıksularında yürütülen bir çalışmada ham ve biyolojik arıtılmış atıksular için asit ve alkali pH değerlerinde hidrojen peroksitin verimli olmadığı gösterilmiştir. (Kabdaşlı ve diğ., 1995). Reaktif ve asit boyar maddelerin klorlama ve ozonlama ile renk giderimlerinin verimli olduğu bulunmuştur (Grau, 1991). Klor, düşük pH'larda daha verimli iken ozonun verimi pH'tan bağımsızdır (Grau, 1991). Yürütülen bir diğer çalışmada, NaOCl kullanılarak ham ve biyolojik arıtılmış atıksularda renk tamamen giderilmiştir. Gerekli olan dozların ise 500-2000 mg.Cl₂/l arasında olduğu bulunmuştur (Kabdaşlı ve diğ., 1995).

Reaktif boyar maddeler tekstil endüstrisinde en yaygın kullanıma sahip çözülmüş formdaki boyar maddelerdir. Bu tür boyar maddelerin sebep olduğu rengin gideriminde kimyasal oksidasyon uygulaması etkin bir yöntem olarak kullanılabilir. Literatürde birçok ozon oksidasyonu ile renk giderimi çalışmaları bulunmaktadır. Bu çalışmalar genel olarak bir çok boyar madde grubu

ile fakat tek boyar madde kullanılarak hazırlanmış sentetik numuneler üzerinde yürütülmüştür (Snider ve Porter, 1974; Teramoto ve diğ., 1981; Carrière ve diğ., 1993; Namboodri ve diğ., 1994a, b). Tekstil endüstrisinde boyama prosesinde bir veya birden fazla boyar maddenin bir arada kullanıldığı unutulmamalıdır. Aynı zamanda boya banyosu kaynak bazında renk giderim uygulamaları için kullanılacak oksidan miktarının toplam atıksulara nazaran daha az olacağı gözardı edilmemelidir. Namboodri ve diğ. (1994a, b) Dispers Red 13 ve Blue 60 boyar maddelerini kullanarak hazırlanan sentetik numuneler üzerinde ozon ile oksidasyon çalışmalarını yürütmüşlerdir. Bu çalışmada %50 renk gideriminin ilk 20-30 saniyede gerçekleştiği, 100% renk gideriminin ise 40-60 saniyede sağlandığı belirtilmiştir. Aynı çalışmada boyama prosesine ilave edilen yardımcı kimyasal maddelerin oksidasyon üzerine etkileri de incelenmiştir. EDTA ve organik bazlı köpük kırıcıların ozon ihtiyacını artırdığı ve renk giderimi için daha uzun sürelere ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir. Perkins ve diğ. (1980) yaptıkları çalışmada, dispers boyar maddelerin ozon ile oksidasyonunu pH 4-10 arasında incelemiş ve pH'ın oksidasyon üzerine etkisinin önemli düzeyde olmadığını bulmuşlardır. Namboodri ve diğ. (1994a, b) 6 farklı direkt boyanın ozon ile oksidasyonunu incelemişler ve %100 renk gideriminin 20 sn'de gerçekleştiğini belirtmişlerdir. 6 reaktif boyar madde üzerinde gerçekleştirilen çalışmada, artan boya konsantrasyonu ile giderim hızının yavaşladığı belirtilmiş, bunun nedeninin oluşan ara ürünlerin oksidasyona karşı gösterdikleri dirençten kaynaklandığı açıklanmıştır.

Bu çalışmada, reaktif boya banyosu üzerinde yürütülen ozon ile oksidasyon uygulaması, bu yöntemin renk gideriminde daha etkin kullanılmasını sağlamak üzere, boyama prosesinde kullanılan boyar madde türleri, inorganik ve organik yardımcı kimyasal maddeler de dikkate alınarak deneysel olarak incelenmiştir.

DENEYSEL ÇALIŞMA

Materyal ve Metot

Deneysel çalışma, bir tekstil fabrikası reaktif boya banyosundan kaynak bazında alınan numune üzerinde yürütülmüştür. Gerçek boya banyosu numunesinin seçiminde, reaktif boyama prosesinde en sık rastlanan üç tür boyar madde karışımının kullanımı göz önünde tutulmuştur. Alınan gerçek boya banyosu numunesinin uygulama reçetesi Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. Reaktif boya banyosu uygulama reçetesi

	Değer	Birim
Banyo Hacmi	2400	l
Kumaş Miktarı	350	kg
Procion Yellow HE4R	119	mg/l
Procion Crimson HEXL	96	mg/l
Procion Navy HEXL	525	mg/l
NaCl	28	g/l
Na ₂ CO ₃	7	g/l
Asetik Asit	1.6	g/l
İyon Tutucu	2	g/l

Deneysel çalışmalarda kullanılan sentetik boya numunesi uygulama reçetesinde kullanılan boyar madde miktarları göz önüne alınarak hazırlanmış ve boyama sonrası çıkış suyunu karakterize etmek için çıkış rengine uygun olarak seyreltilmiştir. Diğer yardımcı kimyasal maddeler boya banyosu uygulama reçetesine uygun olarak sentetik boya numunesine ilave edilmiştir. Boyar maddelerin sıcaklık ile hidrolizinin etkisi, uygulama prosesinde belirtilen sıcaklıklara ve sürelerle uygun olarak sentetik boya numunesi üzerinde yürütülerek görülmüştür. Sıcaklık uygulaması yapılmamış numune ile bu numune arasında oksidasyon karakteristiği açısından herhangi bir değişim görülmemiştir. Bu doğrultuda deneysel çalışmalarda kullanılan diğer sentetik numuneler sıcaklık-süre uygulamasına tabi tutulmamıştır. 100 Pt-Co birimi renk bu çalışmada, yapılan değerlendirmelerde renksiz olarak nitelendirilen alt değer olarak kabul edilmiştir.

Ozon kaynağı olarak PCI Model GL-1 marka, hava ile beslenen ve 20 SCFH'e kadar (9.44 l/dk) hava debisi ayarlanabilen, 15 PSIG hava basıncında (1.056 kg/cm²) bir jeneratör kullanılmıştır. Ozon jeneratörü ve diğer deneysel düzenekler arasındaki bağlantılar teflon borular kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Oksidasyon, 120 cm yüksekliğinde ve 4.5 cm iç çapında cam reaktörde gerçekleştirilmiştir. Oksidasyon reaktöründen kullanılmadan çıkan ozonun absorblanması için bu reaktörü takip eden, içinde KI (Potasyum İyodür) çözültisi bulunan 2 adet seri bağlı, 250 ml hacmindeki gaz yıkama şişeleri kullanılmıştır. Deneysel çalışmalar 1 l numune hacminde yürütülmüştür. Farklı ozon dozlarında yürütülen deneysel çalışmalar sonunda kullanılacak optimum ozon dozu 60 mg/dk olarak seçilmiştir. Renk ölçümleri, 0.45 µm membran filtreden süzölmüş numuneler üzerinde, HACK-Dr-B model renk ölçüm cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Ölçümler Standart Yöntemlere göre gerçekleştirilmiştir (APHA, 1998).

Deneysel Çalışma Sonuçları

Gerçek boya banyosu numunesi üzerinde yürütülen deneysel çalışma sonuçları Tablo 2'de verilmektedir. Tablodan da görüldüğü üzere, gerçek boya banyosu numunesinde 300 mg/l ozon dozunda 5 dk içerisinde %80 giderim verimi ile 1600 Pt-Co birimi renkten 330 Pt-Co birimi renge inilmiştir. 55 Pt-Co birimi renge inilebilmesi için ise 30 dk ve 600 mg/l ozon kullanımına ihtiyaç vardır.

Tablo 2. Gerçek boya banyosu numunesi ozonlama sonuçları

Süre (dk)	Uygulanan O ₃ (mg)	Kullanılan O ₃ (mg)	pH _{son}	Renk (Pt-Co Birimi)
0	-	-	10.471	1600
5	315	179	10.259	330
10	630	290	10.209	180
15	945	392	10.168	140
30	1890	605	10.102	55
45	2835	847	10.000	15

Reaktif boya banyoları atıksularında renk giderimi için ozon ile oksidasyon uygulamasının arıtımda daha etkin kullanılabilmesi için boyar madde türleri ve proste kullanılan yardımcı kimyasalların, oksidasyon verimi açısından değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, sentetik numuneler kullanılarak deneysel çalışmalar yürütülmüştür. İlk kademede boyar maddelerin ozon ile oksidasyonu üçlü karışım halinde bulunmaları durumu için incelenmiştir. Sentetik boya numunesi üzerinde yürütülen deneysel çalışma sonuçları Tablo 3'te verilmektedir.

Gerçek boya banyosu numunesi ve sentetik boya numunesi üzerinde yürütülen deneysel çalışma sonuçları arasında gerek kullanılan ozon, gerekse süre açısından mertebe farkı görülmektedir. Sentetik boya numunesinde 120 sn oksidasyon süresi ve 120 mg/l ozon dozu ile 60 Pt-Co birimi renge inilmiştir.

Bu mertebe farkı ozon ile oksidasyon uygulamasının, maliyet ve işletme açısından daha ayrıntılı incelenmesi gerektiği sonucunu doğurmaktadır.

Boyama prosesinde kullanılan boyar maddelerin tekil olarak bulunmaları durumundaki oksidasyon özelliklerinin belirlenmesi amacı ile yürütülen deneysel çalışma sonuçları Tablo 4'te verilmektedir.

Tablo 3. Sentetik boya numunesi ozonlama sonuçları

Süre (sn)	Uygulanan O ₃ (mg)	Kullanılan O ₃ (mg)	pH _{son}	Renk (Pt-Co Birimi)
0	-	-	6.222	1600
15	-	-	-	-
30	30	14	3.678	900
45	-	-	-	-
60	60	28	3.528	400
90	90	36	3.393	135
120	120	44	3.268	60
150	150	54	3.205	35

Tablo 4'ten de görüldüğü üzere başlangıç renkleri sırası ile 460 ve 190 Pt-Co birimi olan Procion Yellow HE4R ve Procion Crimson HEXL, 15 sn içerisinde 15 mg/l ozon dozunda 120 ve 20 Pt-Co birimi renge inmektedir. Buna karşın en yüksek başlangıç rengine sahip Procion Navy HEXL ancak 120 sn sonra 100 Pt-Co birimi renge inebilmektedir. Oksidasyon özellikleri açısından üç

boyar madde türü arasında en dirençlisi Procion Navy HEXL olarak görülmektedir.

Ozon ile oksidasyon uygulamasında, boyama prosesine ilave edilen inorganik ve organik kimyasal maddelerin renk giderim verimi açısından değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla 2. kademede sentetik boya numunesi üzerine boyama prosesi reçetesindeki klorür miktarına eşdeğer konsantrasyonda NaCl ilavesi yapılmıştır. NaCl ilaveli sentetik boya numunesi üzerinde yürütülen deneysel çalışma sonuçları Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5'ten de görüldüğü üzere NaCl ilavesi ilk 30 sn'de reaksiyonu oldukça hızlandırmakta, fakat 60 sn sonunda reaksiyon hızını yavaşlatmaktadır. Bu oksidasyon süresinde boyar maddenin hemen oksitlenebilir kısımlarının oksitlendiği görülmektedir. Boyar madde oksidasyonunun bu noktadan sonra yavaşlamasının Cl radikallerinin oluşumundan kaynaklandığı söylenebilir. Yüksek klorür konsantrasyonu bu oluşumu hızlandırabilmektedir.

Tablo 4. Tekil boya numuneleri ozonlama sonuçları

Süre (sn)	Procion Navy HEXL			Procion Yellow HE4R			Procion Crimson HEXL			
	Uygulanan O ₃ (mg)	Kullanılan O ₃ (mg)	pH _{son}	Renk (Pt-Co Birimi)	Kullanılan O ₃ (mg)	pH _{son}	Renk (Pt-Co Birimi)	Kullanılan O ₃ (mg)	pH _{son}	Renk (Pt-Co Birimi)
0	-	-	10.988	850	-	11.004	460	-	11.002	190
15	15	4	10.822	600	3	10.817	120	3	10.838	20
30	29	8	10.826	475	6	10.845	30	6	10.858	renksiz
45	44	14	10.806	410	10	10.870	20	-	-	-
120	116	24	10.803	100	-	-	-	-	-	-

Tablo 5. NaCl ilave sentetik boya numunesi ozonlama sonuçları

Süre (sn)	Uygulanan O ₃ (mg)	Kullanılan O ₃ (mg)	pH _{son}	Renk (Pt-Co Birimi)
0	-	-	6.220	1600
30	30	22	3.743	480
60	60	32	3.599	220
90	91	37	3.545	160
120	121	42	3.524	130
150	152	46	3.513	120
300	-	-	-	-

Tablo 6. Na₂CO₃ ilaveli sentetik boya banyosu numunesi ozonlama sonuçları

Süre (sn)	Uygulanan O ₃ (mg)	Kullanılan O ₃ (mg)	pH _{son}	Renk (Pt-Co Birimi)
0	-	-	11.043	1600
30	30	12	11.019	1000
60	59	20	11.007	650
150	148	50	10.983	95
300	295	76	10.944	35

Klorür ilavesinin sistem üzerinde belirgin bir etki yapmadığı deney sonuçlarından görülmektedir. Bu doğrultuda 3. kademe, boya banyolarına ilave edilen diğer bir yardımcı kimyasal madde olan Na_2CO_3 'ün ozon ile oksidasyon uygulaması üzerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla sentetik boya numunesi üzerine gerçek boya banyosu numunesine eşdeğer miktarda Na_2CO_3 ilavesi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 6'da verilmektedir. Tablodan da görüldüğü gibi Na_2CO_3 , klorüre benzer şekilde, ilk 100 sn'de reaksiyonu yavaşlatmaktadır.

4. kademe NaCl ve Na_2CO_3 'ün beraber ortamda bulunması durumunda ozon ile oksidasyon uygulamasına etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Deneysel çalışma sonuçları Tablo 7'de verilmektedir. Bu durumda, 90 sn'ye kadar oksidasyon hızı sentetik boya numunesine göre daha hızlıdır. NaCl ve Na_2CO_3 'ün beraber buldukları durumda, tekil etkilerinin ortadan kalktığı ve aynı zamanda reaksiyonu hızlandırdıkları görülmektedir.

Boyama prosesine ilave edilen inorganik kimyasal

maddelerin ozon ile oksidasyon uygulaması üzerine belirgin bir etki yapmadığı deneysel çalışma sonuçlarından görülmektedir. Boyama prosesine ilave edilen organik kökenli iyon tutucunun etkisinin belirlenmesi ise 5. kademe oluşturulmaktadır. Bu amaç doğrultusunda yapılan deneysel çalışmanın sonuçları Tablo 8'de verilmektedir.

NaCl , Na_2CO_3 ve iyon tutucu ilaveli sentetik boya numunesi oksidasyonu sonuçları ile iyon tutucu ilaveli sentetik boya numunesi oksidasyon sonuçları benzerlik göstermektedir. Renk giderimleri ve ozon kullanımları aynı mertebededir. Gerçek boya banyosu numunesi ozon ile oksidasyon sonuçları ile yapılan karşılaştırmada ise 300 sn sonunda ulaşılan renk giderim verimleri ve kullanılan ozon miktarları yaklaşık olarak aynı değerlerdedir. 300 sn sonrasında gerçek boya banyosu numunesinde ilave renk giderimi yüksek ozon kullanımı ile gerçekleşmektedir. Bunun nedeninin kumaş boyama sırasında ortama geçen liflerden ve safsızlıklardan kaynaklandığı söylenebilir.

Tablo 7. NaCl ve Na_2CO_3 ilaveli sentetik boya numunesi ozonlama sonuçları

Süre (sn)	Uygulanan O_3 (mg)	Kullanılan O_3 (mg)	pH_{son}	Renk (Pt-Co Birimi)
0	-	-	10.961	1600
30	30	17	10.819	600
60	61	39	10.770	150
90	92	59	10.790	95
120	122	66	10.787	85
150	153	79	10.771	80
300	305	129	10.594	80
600	610	331	10.560	20

Tablo 8. İyon tutucu ilaveli sentetik boya numunesi ozonlama sonuçları

Süre (sn)	Uygulanan O_3 (mg)	NaCl, Na_2CO_3 ve İyon Tutucu ilaveli Sentetik Boya Numunesi			İyon Tutucu ilaveli Sentetik Boya Numunesi		
		Kullanılan O_3 (mg)	pH_{son}	Renk (Pt-Co Birimi)	Kullanılan O_3 (mg)	pH_{son}	Renk (Pt-Co Birimi)
0	-	-	10.880	1600	-	11.008	1600
30	30	18	10.871	1400	17	10.857	1300
60	61	23	10.850	1350	26(17*)	10.777	1250
90	92	35	10.801	1200	38	10.758	1150
120	122	63	10.770	900	53	10.676	925
150	153	92	10.741	500	77	10.529	750
300	305	146	10.711	350	161(114*)	9.993	300
600	610	323	10.611	30	332(163*)	8.829	10

* tekil iyon tutucunun ozon sarfiyatı

SONUÇLAR

Bu çalışmada, boya banyolarında kaynak bazında renk giderimi için ozon kullanımının uygunluğu araştırılmıştır. Bu renk giderme yönteminin de etkin kullanılmasını sağlamak üzere boyama prosesinde kullanılan boyar madde türleri, inorganik ve organik yardımcı kimyasal maddeler dikkate alınarak değerlendirmeler yapılmıştır.

Tekstil endüstrisi atıksularının en büyük problemi olan renk, kaynak bazında ozon ile oksidasyon uygulamasıyla 30 dakikalık bir süre ve 600 mg/l ozon kullanımı ile çözülebilmektedir.

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda, sentetik boya numunelerinde gerçek boya banyosu numunelerine göre çok daha kısa süre ve az miktarda ozon kullanımı ile renk giderimi sağlanabilmektedir. Boyama prosesinde ilave edilen NaCl ve Na₂CO₃ gibi inorganik kimyasal maddeler bu mertebe farkının sebebini açıklayamamaktadır. Boyama prosesinde kullanılan organik kökenli iyon tutucunun sentetik boya numunesine ilavesi ile yürütülen deneysel çalışmalarda elde edilen sonuçlar oksidasyon mekanizması, renk giderimi için gerekli süre ve kullanılan ozon miktarı açısından gerçek boya banyosu numunesine paralellik göstermektedir.

Sadece boyar maddeler kullanılarak yürütülen oksidasyon çalışmaları, gerçek atıksularda ozon ile oksidasyon uygulamasını gerek proses verimi gerekse maliyet açısından değerlendirmeye imkan vermemektedir. Gerçek atıksularda bu uygulamanın daha etkin kullanımı, oksidasyon mekanizmasının ayrıntılı olarak incelenmesi ve kullanılan iyon tutucunun türünün değiştirilmesi veya modifikasyonu ile sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

- Carrière J., Jones P. ve Broadbent A.D. (1993). Decolorization of textile dye solutions. *Ozone Sci. Eng.*, **15**, 189-200.
- Davis, G.M., Koon, J.H. ve Adams, C.E. (1982). Treatment of Two Textile Dye House Wastewaters, Proc. 37th Industrial Waste Conference, pp.981-997, Purdue University, West Lafayette, Ind.
- Grau, P. (1991). Textile Industry Wastewaters

- Treatment, *Wat. Sci. Tech.*, **24**, 97-103.
- Kabdaşlı I., Tünay O., Artan R. ve Orhon D. (1995). Acrylic dyeing wastewaters characterization and treatability. In: *Proc. of 3rd International Conference Appropriate Waste Management Technology for Developing Countries*, Nagpur, India, 239-248.
- Meyer, V., Carlsson, F.H.H. ve Oellelmann, R.A. (1992). Decolorization of Textile Effluents Using a Low Cost Naturel Adsorbent Material, *Wat. Sci. Tech.*, **26**, 1205-1211.
- Namboodri C.G., Perkins W.S. ve Walsh W.K. (1994a). Decolorizing dyes with chlorine and ozone: Part I. *American Dyestuff Reporter*, March, 18-22.
- Namboodri C.G., Perkins W.S. ve Walsh W.K. (1994b). Decolorizing dyes with chlorine and ozone: Part II. *American Dyestuff Reporter*, April, 17-26.
- Pagga U. ve Brown D. (1986). The Degredation of Dyestuffs: Part II Behaviour of Dyestuffs in Aerobic Biodegradation Tests. *Chemosphere*, **15**(4), 479-491.
- Perkins W.S., Judkins J.F. ve Perry W.D. (1980). Renovation of dye bath water by chlorination or ozonation. *Textile Chemist and Colorist*, **12**(8), 27/182-32/187.
- Porter, J.J. ve Snider, E.I. (1976). Long-Term Biodegradability of Textile Chemicals, *J. Wat. Pollut. Control Fed.*, **48**, 2198-2210.
- Snider E.H. ve Porter J.J. (1974). Ozone destruction of selected dyes in wastewater. *American Dyestuff Reporter*, August, 36-48.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (1998). 20th edn, American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC, USA.
- Teramoto M., Imamura S., Yatagai N., Nishikawa Y. ve Teranishi H. (1981). Kinetics of the self-decomposition ozone and the ozonation of cyanide ion and dyes aqueous solutions. *J. Che. Eng. Of Japan*, **14**(5), 383-388.
- Tünay O., Kabdaşlı I., Eremektar G. ve Orhon D. (1996). Color removal from textile wastewaters. *Wat. Sci. Tech.*, **34**(11), 9-16.